

فصل اول

کوره های قوس الکتریک

۱-۱- تاریخچه قوس الکتریک

در سال ۱۸۰۲ پتروف^۱ کشف کرد که اگر دو تکه زغال چوب را به قطب های باتری بزرگی وصل کنیم و آنها را به هم تماس دهیم و سپس کمی از هم جدا کنیم شعله روشنی بین دو تکه زغال دیده می شود، و انتهای آنها که از شدت گرماسفید شده است نور خیره کننده ای گسیل می دارد. هفت سال بعد دیوی^۲ فیزیکدان انگلیسی این پدیده را مشاهده نمود و پیشنهاد کرد که این پدیده به احترام ولتا قوس ولتانامیده شود.

۱-۲- یک آزمایش ساده برای ایجاد قوس الکتریکی

اگر بخواهیم در یک روش ساده ایجاد قوس الکتریکی را نشان دهیم باید دو تکه کربن را روی گیره قابل تنظیم سوار نمود (بهتر است که به جای زغال چوب معمولی میله خاصی که از کربن قوس ساخته می شود و با فشار دادن مخلوط گرافیت، کربن سیاه و مواد چسبنده به وجود می آیند استفاده شود). چشمه جریان می تواند برق شهر هم باشد برای اجتناب از اینکه در لحظه تماس تکه های کربن مدار کوتاه ایجاد شود باید رئوستایی به طور متوالی به قوس وصل شود. معمولاً برق شهر با جریان متناوب تغذیه می شود. ولی در صورتی که جریان مستقیم از آن عبور کند قوس پایدارتر است به طوری که یکی از الکترودها همیشه مثبت (آند) و دیگری همیشه منفی (کاتد) است.

۱-۳- ماهیت قوس الکتریکی

در قوس الکتریکی الکترودها در اثر حرارت سفید رنگ می شوند و ستونی از گاز ملتهب رسانای خوب الکتریکی بین الکترودها وجود دارد. در قوس معمولی این ستون نوری بسیار کمتر از نور تکه های کربن سفید شده از آزمایش های مربوط به گرما گسیل می کنند. چون الکتروود مثبت دمایش از الکتروود منفی بیشتر است زود تر از بین می رود. در نتیجه تصعید شدید کربن صورت گرفته و در آن الکتروود (الکتروود مثبت) فرورفتگی به وجود می آید که به دهانه مثبت معروف است و

^۱ V.P.Petrof

^۲ H.Davy

داغ ترین نقطه الکترودهاست. دمای دهانه در هوا و در فشار جو به ۴۰۰۰ درجه سانتیگراد می رسد. در لامپ های قوسی سازوکارهای منظم و خود کار خاصی برای نزدیک کردن تکه های کربن با سرعت یکنواخت وقتی با سوختن از بین می روند، مورد استفاده قرار می گیرند. برای اینکه سایش و خوردگی الکتروود مثبت به خاطر دمای بالایش بیشتر است، برای همین همیشه الکتروود کربن مثبت کلفت تر از الکتروود منفی اختیار می شود.

۱-۴- دماهای بالا در قوس الکتریکی

قوس الکتریکی می تواند بین الکترودهای فلزی ساخته شده از آهن، مس و غیره نیز انجام بگیرد. در این حالت الکترودها به میزان زیادی ذوب و تبخیر می شوند و این عمل به مقدار زیادی گرما احتیاج دارد. به این دلیل دمای مرکز الکتروود فلزی معمولا کمتر از دمای الکتروود کربنی است (۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ درجه سانتیگراد). قوسی که بین الکترودهای کربن در گاز فشرده ای قرار می گیرد حدود ۲۰ atm (بالا رفتن دمای مرکز مثبت تا ۵۹۰۰ درجه سانتیگراد) یعنی دما روی سطح خورشید را ممکن ساخته است. معلوم شده است که کربن در این حالت ذوب می شود. دمای باز هم بالاتری را می توان در ستونی از گاز و بخاری که از آن تخلیه الکتریکی می گذرد، به دست آورد.

بمباران شدید این گاز و بخار با الکترون ها و یون هایی که با میدان الکتریکی قوس شتاب گرفته اند دمای ستون گاز را ۶۰۰۰ تا ۷۰۰۰ درجه سانتیگراد می رساند. به این دلیل تقریبا تمام مواد شناخته شده در ستون قوس الکتریکی ذوب و تبخیر می شوند. و بسیاری از واکنش های شیمیایی که در دماهای پایین انجام شدنی نیستند، با قوس الکتریکی امکان پذیر می شوند. مثلا میله های چینی دیر گداز در شعله قوس به سهولت ذوب می شود.

۱-۵- چگونگی ایجاد تخلیه قوس الکتریکی

برای ایجاد تخلیه قوس الکتریکی به ولتاژ زیادی احتیاج نیست با ولتاژ ۴۰ تا ۴۵ ولت بین الکتروود ها می توان قوس را به وجود آورد. از طرف دیگر جریان داخل قوس زیاد است. مثلا

حتی در قوس کوچک جریان به ۵ آمپر می رسد، در حالیکه در قوس های بزرگ که در مقیاس صنعتی به کار می روند جریان به صدها آمپر بالغ می شود. این به این معناست که مقاومت قوس پایین است و از این رو ستون گاز تابان رسانای الکتریکی خوبی است.

۱-۶- یونیزاسیون گاز با انرژی قوس الکتریکی

یونش شدید گاز با قوس الکتریکی به آن دلیل امکان پذیر است که کاتد قوس الکتریکی تعداد زیادی الکترون گسیل می داد. این الکترون ها با برخورد با گاز داخل شکاف تخلیه گازی آن را یونیزه می کنند. گسیل الکترونی شدید از کاتد از آنجا ممکن می شود که خود کاتد تا دمای بسیار بالایی گرم می شود (بسته به ماده از ۲۲۰۰ تا ۳۵۰۰). وقتی که الکترودهای قوس در ابتدا تماس داده شوند تقریباً تمام گرمای ژول که از الکترودها می گذرد در ناحیه تماس که مقاومت بسیار دارد آزاد می شود.

به این دلیل انتهای الکترودها به شدت گرم می شوند که برای گیراندن قوس به هنگام جداکردن آنها کافی است آن وقت کاتد قوس توسط جریانی که از قوس می گذرد، در حالت التهاب می ماند. در این فرایند بمباران کاتد توسط یون هایی که به آن برخورد می کند نقش اصلی را ایفا می کند.

۱-۷- مشخصه جریان به ولتاژ قوس الکتریکی

یعنی بستگی جریان الکتریکی در قوس الکتریکی به ولتاژ بین الکترودها، ویژگی خاصی دارد. در فلزات و الکتروولیت ها جریان متناوب با ولتاژ افزایش می یابد (قانون اهم). در صورتیکه برای رسانش القایی گازها جریان ابتدا با ولتاژ زیاد می شود، سپس اشباع شده و مستقل از ولتاژ است. بنابراین افزایش جریان در تخلیه قوسی به اندازه مقاومت در شکاف بین الکترودها و ولتاژ بین آنها منجر می شود. برای اینکه تابانی قوس پایدار بماند رئوستا یا مقاومت الکتریکی قوی دیگری را باید به طور متوالی به آن بست.

۱-۸- قوس الکتریکی به عنوان چشمه های نوری

به علت دمای زیاد الکترودهای قوس نور خیره کننده ای گسیل می دارند (تابانی ستون قوس ضعیفتر است زیرا توان گسیلندگی گاز کمتر است). به این دلیل قوس الکتریکی یکی از بهترین چشمه های نور است. هر شمع فقط ۰.۳ وات توان مصرف می کند و از این رو از بهترین لامپ های التهابی اقتصادی تر است. قوس الکتریکی اولین بار در سال ۱۸۷۵ توسط یابلوخکوف^۱ مهندس و مخترع روسی برای روشنایی مورد استفاده قرار گرفت و به نور روسی یا نور شمالی معروف شد.

اکنون اگرچه لامپ های التهابی به طور کامل جایگزین لامپ های قوسی شده اند. ولی باز هم هر وقت به چشمه های قدرتمند و روشن نور نیاز باشد آنها را به کار می برند از جمله از دستگاه هایی که قوس الکتریکی به عنوان چشمه نوری در آنها نقش ایفا می کند، می توان پروژکتور ها ، نور پردازهای سینمایی و امثال آنها نام برد.

۱-۹- لامپ کوآرتز

لامپ کوآرتز که شامل قوس الکتریکی جیوه در لوله کوآرتز است، توجه زیادی را به خود جلب می کند. در این لامپ ، تخلیه الکتریکی نه در هوا بلکه در جوی از بخار جیوه روی می دهد. برای این منظور مقدار کمی جیوه به لامپ وارد و هوا با پمپ خارج می شود.

نور لامپ جیوه از نظرتابش های فرابنفش که اثرهای شیمیایی و زیست شناختی شدیدی دارند، بسیار غنی است. برای استفاده از این تابش ، لامپ را نه از شیشه که تابش فرابنفش را به شدت جذب می کند بلکه از کوآرتز گداخته می سازند. لامپ های جیوه در درمان بیماری های گوناگون "نور آفتاب مصنوعی" و در پژوهش های علمی به عنوان چشمه توانمندی از تابش فرابنفش به کار می رود. باید بدانیم نور لامپ جیوه بر چشم ها بسیار زیانبار است.

۱-۱۰- جوشکاری الکتریکی

^۱ P.N.Yablochkov

قوس الکتریکی برای جوش دادن قطعات فلزی استفاده می شود (جوش الکتریکی). امکان این کار برد قوس الکتریکی نیز توسط پتروف روسی نشان داده شد، و برای اولین بار توسط بنادروس^۱ در سال ۱۸۸۵ و در سال ۱۸۹۰ اسلاویانوف^۲ مخترعین روسی تکامل یافت.

قطعاتی که باید جوش داده شوند به صورت الکتروود مثبت به کار می روند. پس از تماس دادن آنها با الکتروود کربن که به قطب منفی چشمه جریان متصل است قوس الکتریکی زده می شود، و فلز ذوب می شود. جوشکار باید جلو صورت، به خصوص چشم هایش را با شیشه کلفت بگیرد. زیرا شیشه تابش فرابنفش را عبور نمی دهد، در غیر این صورت اشعه فرا بنفش نامرئی که به مقدار زیاد توسط قوس الکتریکی گسیل می شود، ممکن است باعث بیماری های جدی در چشم و پوست شود.

۱-۱۱- کوره قوس الکتریکی

اجازه ثبت رسمی برای ذوب الکتریکی فلزات نخستین بار در سال ۱۸۵۳ داده شد، اما پایه ریزی و ساخت کوره های جدید قوس الکتریکی در سال ۱۸۷۸ به دست سرویلیام زیمنس انجام گرفت. ابداع این روش مبتنی بر این بود که می توان برای ذوب فلزات از قوسی که بین دو الکتروود افقی زده می شود، استفاده کرد. طرح زیمنس برای قوس الکتریکی غیر مستقیم چندین نوع بوده اما تنها، در سال ۱۸۹۰ بود که هرولت طرح کوره های قوس الکتریکی مستقیم را ارائه کرد به طوری که تمام خصوصیات اساسی و بنیادی کوره های الکتریکی جدید را در بر می گرفت. کوره ابداعی هرولت از برق سه فاز استفاده می کرد، در هر فاز جریان از یک الکتروود عبور کرده و وارد حمام مذاب می شد و از آنجا به الکتروود دیگر می رفت. در نتیجه حرارت حاصل به وسیله حمام گرفته شده و به دنبال آن فرسایش مواد نسوز به حداقل خود می رسید. این کوره عمدتاً بمنظور تولید فروآلیاژها و کربور کلسیم به وجود آمده بود. اما با رشد روزافزون تقاضا برای تولید فولادهای آلیاژی، خیلی زود کارآیی آن برای تولید این فولادها مورد

¹ N.N.Bnadros

² N.G.Slavyannov

توجه قرار گرفت، در حالی که محدودیتهای تولید فولاد به وسیله کوره زیمنس - مارتین منجر به تولید مقادیر زیادی فولاد با عناصر آلیاژی اکسید شونده بود با شرایط موجود کوره های قوس الکتریکی، آلیاژ اکسید شونده به احیاء شونده تبدیل شد و به این ترتیب تولید فولادهای آلیاژی امکان پذیر گردید. انگیزه تحولات کوره قوس الکتریکی نیز همین مسأله بود. جنگ سالهای ۱۹۱۴ تا ۱۹۱۸، پیشرفت عظیمی را در ظرفیت کوره های قوسی به وجود آورد که این توسعه بعد از جنگ نیز ادامه یافت به طوری که در سال ۱۹۳۵ برای اولین بار تولید فولاد در کوره های قوسی در بریتانیا به بیش از ۱۰۰۰۰۰ تن در سال رسید. این رقم در سال ۱۹۷۷ به ۶۲۶۹۰۰۰ تن افزایش یافت که از این مقدار ۴۷۹۰۰۰ تن آن برای ریخته گری فولاد تولید شده بود.

در کشورهای صنعتی پیشرفته تولید کننده فولاد در سال ۱۹۹۰، حدود ۴۰٪ از تولید فولاد توسط کوره های الکتریکی صورت گرفت و با توسعه تکنولوژی این گونه کوره ها، استفاده وسیع تر از آنها روز به روز مشاهده می گردد.

۱-۱۱-۱- کوره قوس الکتریک چیست

این کوره ها زیرگروه کوره هایی با انرژی الکتریکی، متداول ترین نوع کوره برای ذوب فولادها به ویژه فولادهای ساده کربنی هستند، و دمای لازم برای ذوب فلزات طریق انتقال و تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی حرارتی توسط قوس به وجود آمده بین الکترودها و بار کوره تأمین می گردد. در طول جریان قوس الکتریکی انرژی به صورت نور و گرما آزاد می گردد. با افزایش شدت قوس می توان فلز را ذوب کرد و دمای قوس الکتریک را تا ۱۵۰۰۰ درجه سانتی گراد بالا برد.

۱-۱۱-۲- انواع کوره قوس الکتریک از لحاظ مسیر

جریان الکتریسته

کوره قوسی یکی از بهترین انواع برای ذوب، آلیاژسازی و تصفیه فولاد به حساب می آیند. در این کوره ها برای ایجاد حرارت از قوس الکتریک (یا بین دو الکتروود و یا بین الکتروود و شارژ) استفاده می کنند. کوره های قوس الکتریک

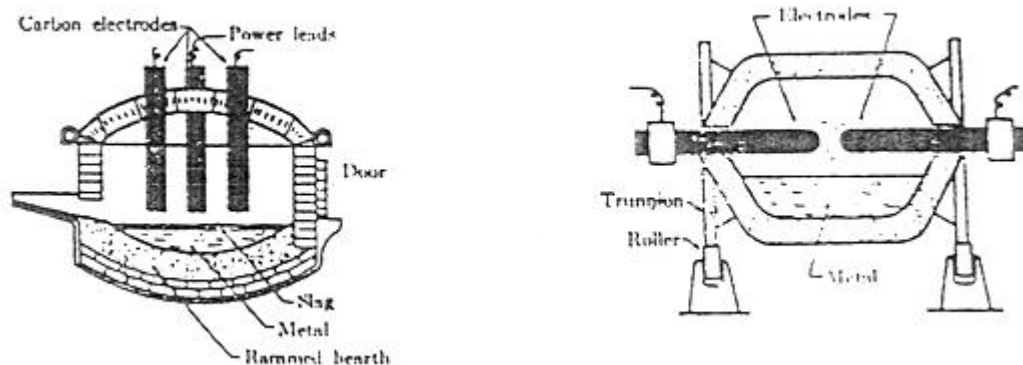
از لحاظ مسیری که جریان الکتریسیته طی می کند به دو دسته تقسیم می شوند :

۱ - کوره قوس غیر مستقیم

۲ - کوره قوس مستقیم

۱ - کوره های قوس غیر مستقیم بیشتر برای ذوب فلزات غیر آهنی و حداکثر چدن کاربرد دارند و کمتر برای ذوب فولاد از آنها استفاده می شود.

۲ - کوره های قوس مستقیم که استفاده وسیعی در فولاد سازی دارند توانایی ایجاد درجه حرارت بسیار بالایی (تا ۴۰۰۰ درجه) دارند که صرف ذوب کردن شارژ می شود.



شکل ۱-۱ - انواع کوره قوس الکتریک

در روش قوس غیر مستقیم قوس الکتریکی بین الکترود ها که ممکن است دوتایی یا سه تایی باشند برقرار می شوند و طراحی کوره به شکلی انجام می گیرد که شارژ بین آنه که در محدوده ، قوس قرار گرفته در اثر حرارت قوس ذوب بشوند. ولی در کوره های امروزی عمدتاً از روش قوس مستقیم استفاده می شود که قوس بین الکترود یا الکترود ها که ممکن است تکی دوتایی یا سه تایی باشند با جداره و کف برقرار می شود و شارژی که در محدوده قرار گرفته می شود ذوب می شود.

از میان کوره های قوس الکتریکی مستقیم نوع ۳ تایی آن هم در تناژهای کم وهم در تناژهای زیاد مورد مصرف صنعتی بیشتری دارد وهمین نوع کوره است که بیشتر برای ذوب و ریخته گری فولاد استفاده می شود.

اگر در این کوره ها از سقف نگاه کنیم الکترودها بصورت ۱۲۰ درجه نسبت به هم قرار دارند. برای نصب آنها از یک

سری اتصالات گرافیتی (Niple) استفاده می شود. قطر الکتروود ها به کوره و توناژ مذاب بستگی دارد. این الکتروودها امروزه بصورت خود پز ایجاد می شوند که در آنها مخلوط گرافیت + چسب + مواد دیگر که بصورت ملات است را از بالا به درون الکتروود می ریزند که در اثر حرارت وارده به آن پخته می شود و همواره طول مناسب الکتروود حفظ می شود. اکسیداسیون کربن در هنگام ایجاد قوس الکتریک، اعمال جریان در حد نامطلوب، مصرف الکتروود در مراحل پایانی، عوامل مکانیکی مانند برخورد با شارژ و یا ضربات مکانیکی هنگام مونتاژ عواملی هستند که موجب مصرف شدن الکتروود ها می شوند. سقف این کوره ها از بدنه جداست و قابلیت تحرک به منظور شارژ مواد را دارد. جداره نسوز در حالت اسیدی از آجرهای سیلیسی و در حالت بازی از آجرهای منیزیتی است. کف کوره به صورت قوسدار ساخته شده و بیشترین خسارت تخریب مواد نسوز در این ناحیه رخ می دهد.

۱-۱۱-۳- انواع کوره قوس الکتریکی بر اساس نوع

سرباره

کوره قوس الکتریکی بر اساس سرباره شان ممکن است قلیایی یا اسیدی باشند. یعنی اگر سرباره آن قلیایی باشد مواد نسوز نیز باید قلیایی باشد و اگر سرباره آن اسیدی باشد مواد نسوز نیز باید اسیدی باشد. سرباره قلیایی در مجاورت نسوز اسیدی با آن ترکیب شده و اشکالاتی بوجود می آورد. تقریباً ۹۵ درصد فولادها در جهان در کوره قلیایی تولید می شوند (زیرا با مواد قلیایی فسفرزدایی و گوگرد زدایی انجام می گیرد). از کوره های اسیدی در موارد مخصوصی استفاده می شود.

در کوره قوس الکتریکی با جداره بازی این قابلیت وجود دارد که بتوان از بدترین نوع قراضه بهترین و با کیفیت ترین نوع فولاد را تهیه کنیم .

۱-۱۱-۴ - ظرفیت کوره های قوس الکتریک

ظرفیت این کوره ها از ۱ تا ۲۰۰ تن متغیر است.

۱-۱۲- ساختمان کوره های قوسی

کوره های جدید قوس الکتریکی دارای یک بدنه فولادی با آستر نسوز، سطح مقطع مدور و کف گود هستند. یک حلقه سقفی متحرک و جدا شدنی که معمولاً با آب سرد خنک می شود، سقف گنبدی شکل نسوز را حمایت می کند. نحوه برداشتن سقف معمولاً به وسیله یک سیستم هیدرولیکی انجام می گیرد کار این سیستم به این نحو است که سقف را ابتدا بلند می کند و سپس آنرا به کنار حرکت می دهد، یک نمونه دستگاه کوره قوس الکتریکی با الکترودها و سقف بلند شده، پیش از کنار رفتن و جهت بارگیری در شکل (۱) نشان داده شده است. سقف متحرک و جدا شدنی، امکان بارگیری کوره را با دلوهایی که از کف باز می شوند، عملی می سازد. همچنین می توان از چنگکهای مکانیکی استفاده کرد، ولی معمولاً از دلوهای مخصوص جهت بارگیری این کوره استفاده می شود.



شکل ۱-۲- نمای از ساختمان کوره قوس

این گونه دلوها دارای کفی متشکل از قطعات مجزا از هم بوده و قطعات مجزا با یک طناب به هم بسته می شوند و هنگامی که دلو در بالای کوره داغ قرار گرفت، طناب خود به خود سوخته و بار به داخل کوره فرو می ریزد. در سقف کوره سه سوراخ قرار دارد و محل آنها چنان طراحی شده است که سه راس یک مثلث متساوی الاضلاع را تشکیل می دهند، از این سه منفذ الکترودها عبور کرده و به این منافذ "روزنه های الکترودها" و یا با اصطلاح عامیانه تر چشم گاوی می گویند. در محلی که الکترودها از این روزنه ها عبور می کنند به وضوح شکافی مشاهده می شود که اگر این شکاف به طور مؤثری مسدود نشود، اثر دودکش به هنگامی که درب کوره باز باشد، کم خواهد شد، همینطور میزان اکسیداسیون و نازک شدن

الکترودها پیش خواهد آمد. وسایل و روشهای زیادی برای مسدود کردن این شکاف ارائه شده است، ولی آنچه عمومیت بیشتری دارد، یک نوع واشر ساده ای است که با آب خنک می شود و همیشه از آن به عنوان یک وسیله ارزان قیمت استفاده می شود.

نکته ای که بخاطر داشتن آن در کارگاههای ذوب ارزشمند است، کاربرد عمومی این واشرهای ساده با راندمان بیشتر از وسایل پیچیده تر، برای عمل مشابه می باشد. تحت شرایط بسیار گرم و توام با گرد و خاک غالب بر اکثر کارگاههای ذوب و شرایط مشکل کاربرد تجهیزات، ملاحظه می شود، وسائلی برای صرفه جویی جزیی در مصرف الکتروود برای هر تن مذاب توسط افراد صرفه جو با طرحهای مفید ولی پیچیده تر عرضه می شود، در صورتیکه این وسایل در برابر انجام عمل خواسته شده متوقف گردند، بیهوده می مانند. البته این زیان تنها در اضافه هزینه های تعمیر و نگهداری دستگاه های خلاصه نمی شود، بلکه زیانهای ناشی از توقف کلی تولید با توجه به هزینه های نگهداری دستگاه ها خلاصه نمی شود، بلکه زیانهای ناشی از توقف کلی تولید با توجه به هزینه های مربوط به آن و دردسرهای ناشی از قطع جریان عادی کار بمراتب بیشتر خواهد بود. ساخت قطعات ساده و مستحکم در شرایط کارگاههای فولادسازی بسیار عملی تر هستند، لذا در درازمدت کاربرد وسایل ساده، اقتصادی تر از وسایل پیچیده با راندمان بالا می باشد.

برای تخلیه کوره های قوسی، آنها را ۴۰ تا ۵۰ درجه به جلو خم کرده، و برای تخلیه سرباره، آنها را ۱۰ الی ۱۵ درجه به عقب خم می کنند. متداولترین روش برای چرخاندن کوره، نصب یک قطاع ربع دایره در خط مرکزی کوره است که از نیروی هیدرولیکی و یا از سیستم چرخ دنده که با موتور الکتریکی کار می کند، به عنوان نیروی محرکه استفاده می شود.

در بالای سقف، بازوهای الکترودها قرار گرفته اند که دو کار مهم رساندن انرژی الکتریکی لازم به الکترودها و نگاهداری الکترودها انجام می دهند. بازوهای الکترودها هر کدام به ستون یا دکلی متصل هستند. این ستونها عموماً به دو نوع تقسیم می شوند: ستون ثابت و ستون متحرک. در نوع ستونهای ثابت، بازوها هر کدام به یک صفحه متصل هستند که با بالا و پائین رفتن صفحات بر روی ستونها، بازوها نیز

همراه آنها بالا و پائین می روند. در نوع متحرک، که ستونها بالا و پائین می روند، صفحه ای که الکتروود بر روی آن نصب شده و به انتهای دکل و یا ستون متصل است، با بالا و پائین رفتن در بین غلطکهای هدایت کننده، در ساختمان کوره قرار می گیرد. دکل الکتروودها به وسیله استوانه های هیدرولیکی و یا چرخهای الکتریکی حرکت می کنند.

بازوهای الکتروود، توسط کابلهای انعطاف پذیر به کلیدی از ترانسفورماتور که می توان با آن ولتاژ را انتخاب کرد متصل می گردند. در کوره های جدید این کابلها را می توان با آب خنک کرد، تا با ازدیاد ظرفیت حمل بار الکتریسیته در هر یک از آنها، از تعداد آنها کم گردد. جریانی که از طریق کابلها به دکلهای الکتروود می رسد از طریق لوله ایی که با آب خنک می شوند، به گیره های الکتروود هدایت می گردد. این گیره ها دو کار انجام می دهند، اول اینکه، الکتروودها را به بازوها به طور مکانیکی پیوند می دهند. دوم آنکه اتصال برق را عملی می سازند. در کوره های جدید، فشار لازم در گیره ها به وسیله فنرهای بسیار قوی ایجاد می شود، ضمناً گیره ها با نیروی هیدرولیکی آزاد می شوند تا جابجا کردن الکتروودها جهت تنظیم و جبران فرسایش آن در حین کار براحتی صورت گیرد. با وجود این هنوز کوره هایی وجود دارد که برای جابجا کردن الکتروود در آنها لازم است پیچهایی با دست باز و بسته شوند و یا حتی در این زمینه از چکش دستی استفاده گردد.

بطور کلی ساختمان کوره قوس الکتریکی ۳ الکتروودی شامل قسمتهای زیر می باشد :

۱-۱۲-۱- الکتروودها

در سقف کوره قرار می گیرند و توسط بازوهای نگهدارنده آن بالا پائین می روند، که در فصل های بعدی به طور کامل به تشریح این مطلب می پردازیم.

۱-۱۲-۲- تنظیم کننده های الکتروود

در حین ذوب، اعمال حداکثر توان کوره ضروری است، زیرا که قراضه ها بداخل حمام مذاب فرو ریخته و مقاومت شار کوره دائماً تغییر می یابد. علاوه بر این، الکتروودها فرسوده می

شوند و کم طول قوس بیشتر می شود. طول قوس، قدرت ورودی کوره را تعیین می کند، و وسایل و تجهیزات زیادی برای اندازه گیری آن ساخته شده است که "تنظیم کننده" نامیده می شوند، این تجهیزات میزان عدم تطابق توان مطلوب ورودی را با قدرت وارده اندازه گیری می نمایند و طرز کار آنها به این ترتیب است که الکترودها را برای تطابق زیاد و طول قوس مطلوب، بالا و پائین می برند و در نتیجه قدرت ورودی یکنواخت می شود. موفقیت در کار کوره از نظر متالورژی و همچنین از نظر اقتصادی بستگی کامل به کار منظم و درست این تنظیم کننده ها دارد.

وظائف یک سیستم ایده آل تنظیم کننده به قرار زیر است:
الف- در مقابل شرایط متغیر کوره خیلی سریع و فوری عکس العمل نشان دهد،

ب- اتصال الکتریکی را برقرار کند،

ج- توزیع قدرت را در الکترودها هماهنگ و یکنواخت کند،
در صورت بروز اشکال الکترودها را بالا بکشد و

ه- به طور خودکار هر شرایط الکتریکی از پیش تعیین شده ای را برقرار و حفظ کند.

برای کمک به عکس العمل سریع تنظیم کننده ها، الکترودها را با وزنه ای متعادل نگاهداشته و نیروی محرکه لازم به وسیله یک سیستم هیدرولیکی یا الکتریکی تأمین می گردد. گزینش نوع تنظیم کننده های مورد استفاده در هر دستگاه توسط مهندس الکترونیک صورت خواهد گرفت.

۱-۱۲-۳- سقف کوره

بصورت یک کلاهک است و سعی می شود سقف را بگونه ای طراحی بکنند که هم استحکام کافی داشته باشد و هم حتی الامکان از لحاظ وزنی سبک باشد.

در اکثر کوره ها قوس الکتریکی سقف همراه با الکترودها قابل حرکت است. مقداری سقف به طرف بالا حرکت می کند و بعد حرکت افقی می کند و کنار می رود و شارژ کوره از محل سقف آن وارد کوره می شود.

۱-۱۲-۴- دیواره ها

عموماً به صورت استوانه ای شکل اند و بسته به اینکه کوره اسیدی یا بازی باشد از جنس مختلفی تهیه می شوند.

۱-۱۲-۵- کف کوره

حالت قوسی شکل دارد برعکس سقف آن عمقش نسبتاً کم و سطح آن زیاد است تا فصل مشترک مذاب با سرباره بیشترین مقدار باشد.

۱-۱۲-۶- درب کار

در کوره های قوس الکتریک نیاز است که در حین ذوب موادی به ذوب اضافه شود مثل مواد فروآلیاژ یا مواد سرباره ساز یا مواد دیگر، در نتیجه این مواد از درب کار بداخل کوره شارژ می شوند.

۱-۱۲-۷- محفظه تخلیه مذاب

قبل از شارژ کوره این قسمت توسط گل نسوز بسته می شود و بعد از انجام فرآیند ذوب و تصفیه این قسمت باز می شود کوره خم می شود و مذاب از آن تخلیه می شود.

۱-۱۲-۸- دریچه سرباره گیری

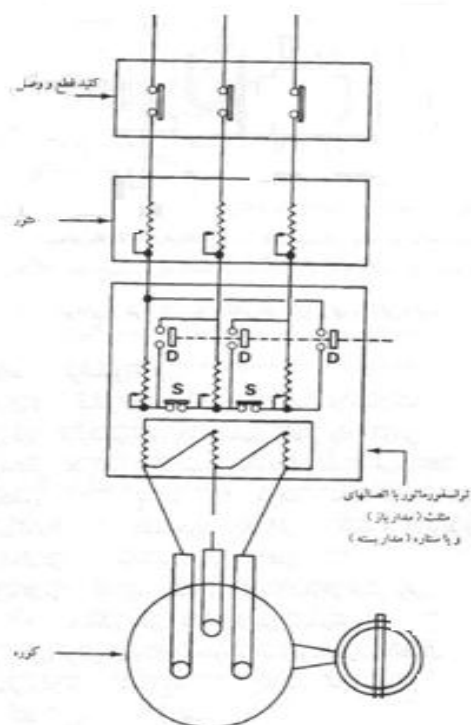
بعضی وقتها به طور مجزا وجود دارد که مشابه با محفظه تخلیه مذاب است. (خود سیستم قابلیت این را دارد که تا ۴۵ درجه کوره را برای تخلیه مذاب به جلو خم کند و تا ۱۵ درجه برای تخلیه سرباره به عقب خم کند).

۱-۱۲-۹- سیستم مکانیکی و محرک

که در کوره نقش دارند و وظیفه آن جابجایی درب کوره و الکتروود ها می باشد.

۱-۱۲-۱۰- تجهیزات الکتریکی

یک شرح شماتیک از مدار الکتریکی کوره قوس الکتریکی و نیز یک طرح کلی از تجهیزات الکتریکی و کوره نمایش داده شده است. (شکل شماره ۲) اکنون به تفصیل اجزاء متشکله مدار را جزء به جزء مورد بررسی قرار می دهیم.



شکل ۱-۳- مدار الکتریکی کوره قوسی به صورت ساده

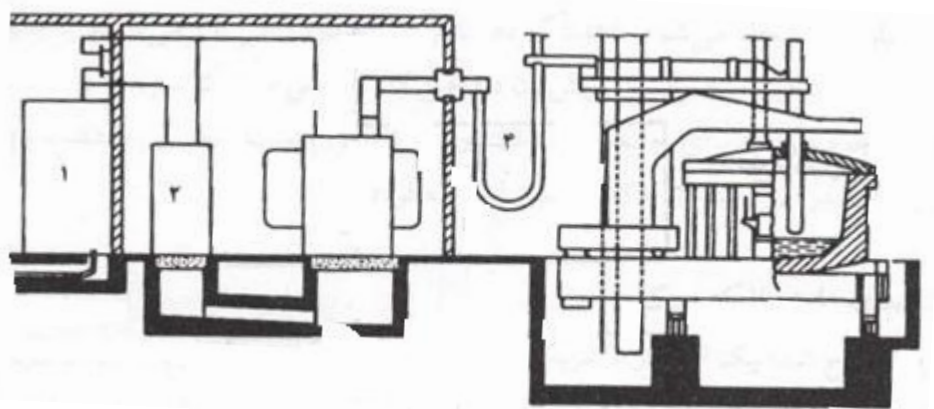
۱-۱۲-۱۰-۱ - کلید قطع و وصل مدار

بخاطر مصرف خیلی زیاد اثرپی در کوره های قوسی، این کوره ها به یک منبع الکتریکی فشار قوی متصل می شوند، در بریتانیا کوره هایی که در ریخته گری فولاد کار می کنند عموماً از یک منبع ۱۱۰۰۰ ولتی استفاده می کنند. به علت پائین بودن هزینه انتقال الکتریسیته در ولتاژهای بالا، مرکز تولید انرژی، مصرف کنندگان خود را به دریافت الکتریسیته ۳۳۰۰۰ ولتی، تشویق می کند.

مرکز مذکور، مصرف کنندگان این ولتاژهای بالا را از مزایا تعرفه برخوردار می کند و در نتیجه برای طراحی کوره های جدید امری طبیعی است که آنها را مجهز به دستگاههایی بکنند به طوری که متناسب با این ولتاژهای بالا باشد. در این میان کلید خودکار از وظیفه ای بسیار حساس و مشکل

برخوردار است، زیرا که در هر ذوب کوره شاید به تعداد پنج یا شش دفعه برق قطع می‌گردد، از این رو، ضروری است که از یک کلید قطع و وصل فوق العاده مقاوم استفاده شود و محل اتصالها، به تناوب بازدید گردد. در برخی موارد کنتورهای بمنظور ثبت تعداد قطع و وصلها نصب شده‌اند و نظارت بعد از یک سری قطع و وصل کردنها انجام می‌گیرد.

کلید خودکار می‌تواند از نوع هوای دمشی و یا از نوع غوطه‌ور در روغن باشد، نوع اول در سالهای اخیر کاربرد بیشتری داشته است. اگر از کلیدهای تعویض‌کننده ولتاژ با قطع بار الکتریکی استفاده شود، کلید خودکار در عین حفاظت از مدار در مقابل بار اضافی، معمولاً دارای یک بوبین ولتاژ صفر است که به این وسیله با کلید تعویض‌کننده ولتاژ نیز درگیر می‌شود.



شکل ۱-۴- نمونه ای از طرح تاسیسات الکتریکی

۱-۱۲-۱۰-۲- راکتور و ترانسفورماتور

راکتوری که در شکل نشان داده شده است در همان مخزنی قرار گرفته که ترانسفورماتور قرار دارد. ترانسفورماتور باید افزایشهای ناگهانی ولتاژ را وقتی که قوس الکتریکی برقرار می‌شود، کنترل کند. راکتور از یک سیم پیچ ساده تشکیل شده که جریانی الکتریکی از آن عبور می‌کند. جریان عبور کرده از سیم پیچ، ولتاژی را القاء می‌کند که مخالف جریان در سیم پیچ مجاور است. راکتوری که وارد یک خط شده، جلوی جریان را می‌گیرد، هر چه جریان قویتر باشد، بالطبع نیروی

راکتور برای پائین آوردن نوسانها و افزایشهای ناگهانی ولتاژ به کار می رود. به ویژه در یک کوره با بار متراکم، وقتی قوسی برقرار می شود، این عملاً یک اتصال کوتاه است که به طور عادی نوسانها و افزایش شدیدی در ولتاژ شبکه اصلی فشار قوی ایجاد می کند. راکتور، افزایش های ولتاژ را محدود می کند و نوسانهای بار را متعادل می سازد. افزایش و نوسان ناگهانی ولتاژ در مرحله شروع ذوب بسیار زیاد است، اما بتدریج با پیشرفت ذوب کاهش پیدا کرده و بار الکتریکی یکنواخت تر و منظم تر می شود، در نتیجه زمینه برای کاهش مقاومت القایی در مدار ایجاد می شود. وقتی ذوب کامل انجام شد، راکتور خارجی را می توان به طور کامل از مدار خارج ساخت و برای متعادل کردن و یکنواخت نمودن نوسانهای جزئی می توان از مقاومت القایی درونی خود ترانسفورماتور استفاده کرد.

در قسمت دیگر مدار، ترانسفورماتور قرار گرفته است، که مهمترین قسمت تجهیزات الکتریکی است. ترانسفورماتور اساساً یک وسیله الکترومغناطیسی است که جهت تغییر ولتاژ یک منبع جریان متغیر به میزانی که برای یک قسمت خاصی از دستگاه مورد نیاز باشد، به کار گرفته می شود. ترانسفورماتور اساساً از دو سیم پیچ اولیه و ثانویه تشکیل می شود. این دو سیم پیچ دارای یک مدار مغناطیسی مشترک هستند که آن دو را به هم متصل می کند. مدار یا هسته مغناطیسی از مجموعه ای از صفحات نازک بریده شده فولاد سیلیسیم دار ساخته می شود. فولاد سیلیسیم دار از این نظر به کار می رود که پس ماند مغناطیسی پائینی دارد و ضمناً افت انرژی بر اثر تولید جریانهای فوکو نیز به علت ساختمان ورقه ورقه ای آن کاهش پیدا می کند. هنگامی که ولتاژی بر سیم پیچ اولیه ترانسفورماتور اعمال می شود، ولتاژی نیز در سیم پیچ ثانویه القاء می شود. نسبت ولتاژ القاء شده در سیم پیچ ثانویه به ولتاژ سیم پیچ اولیه برابر با نسبت تعداد دور سیم پیچ ثانویه به تعداد دور سیم پیچ اولیه است.

وظیفه ترانسفورماتور یک کوره قوس الکتریکی بمراتب سنگین تر از ترانسفورماتورهای معمولی است و به علت پائین بودن ولتاژ سیم پیچ ثانویه، این سیم پیچ باید جریان بسیار سنگینی را تحمل بکند. عملاً تمام ترانسفورماتورهای کوره از نوع روغنی هستند. اندازه های کوچکتر این ترانسفورماتورها

را (پائین تر از ۱۰۰۰KVA) می توان به طور طبیعی خنک کرد، اما ترانسفورماتورهای بزرگ با آب خنک می شوند. در نمونه های انگلیسی، روغن را در مبدل های حرارتی به وسیله آب خنک می کنند. فشار روغن را همواره بیشتر از فشار آب نگه می دارند تا از نفوذ آب به داخل ترانسفورماتور جلوگیری شود. برای گزینش بهترین و مناسبترین ولتاژ جهت ذوب و تصفیه در کوره، یک سری انشعاب (برای تغییر ولتاژ) در سیم پیچ اولیه پیش بینی شده است که با تغییر تعداد دورهای مؤثر در سیم پیچ اولیه، ولتاژ القاء شده در سیم پیچ ثانویه نیز تغییر خواهد کرد.

در یک کوره دو یا سه تنی از پنج انشعاب (برای تغییر ولتاژ) استفاده می شود که ولتاژ از حدود ۲۱۰ یا ۲۲۰ ولت شروع شده و در چند مرحله تا ۱۴۰ ولت کاهش می یابد. ترانسفورماتورهای کوره با برق سه فاز کار می کنند و تغییر دادن ولتاژ، به نحوه ی ارتباط فازها نسبت به همدیگر نیز بستگی دارد. ولتاژهای ذکر شده بالا برای اتصالهای از نوع مثلثی هستند، وقتی اتصال فازها به نحوه ستاره ای باشد، یک سری دیگر از ولتاژها (تقریباً بین ۸۰ الی ۱۲۵ ولت) به دست خواهند آمد.

سیستم کنترل ترانسفورماتورهای کوره های جدید به صورتی است که گزینش ولتاژ مورد نیاز در اتصال ستاره ای یا مثلثی، همراه با درصد مورد نیاز مقاومت القایی به طور خودکار انتخاب می شوند.

در کوره های کوچک، تغییر و تعویض ولتاژ از طریق اتصالها ممکن است به طور دستی انجام گیرد. ولی در انواع کوره های بزرگتر، از موتور استفاده می شود. تعویض محل انشعاب یا اتصال، عموماً هنگامی که جریان الکتریکی قطع است، انجام می پذیرد. کلیدهای حفاظتی که در سیستم تعبیه شده اند از وصل شدن کنترل تعویض انشعاب در موقعی که کوره زیر بار است، جلوگیری می کند. برای کم کردن تعداد قطع و وصل کلید مدار، طریق معمول این است که با بالا کشیدن الکتروود جریان الکتریکی قطع گردد. در واقع با این طریق از سیستم الکتروودها به عنوان یک کلید خودکار با ولتاژ پائین استفاده می شود. در برخی از کوره ها تعویض محل اتصال یا انشعاب در حالی که جریان الکتریکی وصل است انجام می شود، مزیت این نوع تعویض کننده ها این است که شروع کار کوره

ها را با ولتاژ پائین هم امکان پذیر می سازد، و افزایش اولیه ناگهانی، جریان را نیز کم می کند، بدیهی است که از این طریق می توان بدون قطع جریان از کوره، ولتاژ را تا بالاترین اتصال افزایش داد.

تعویض محل اتصال در حالی که جریان الکتریکی پیوسته است، لزوم قطع برق را در حین ذوب منتفی می کند و در نتیجه از برقراری مجدد قوس الکتریکی و نوسانات ولتاژ کاسته می شود و از تعداد قطع و وصل کلید مدار نیز کاسته می گردد، ناگفته نماند که در مقابل این مزیتها، هزینه اولیه سنگین تر بوده و پیچیده تر بودن آن نیز نکته ای است که نباید نادیده گرفته شود.

یکی از عواملی که در رابطه با جنبه اقتصادی کار کوره از اهمیت زیادی برخوردار است، رابطه اندازه ترانسفورماتور با ظرفیت کوره است. از لحاظ نظری برای ذوب هر تن فولاد و گرم کردن آن تا درجه حرارت ریختن مذاب ۳۷۰ کیلو وات ساعت الکتریسیته لازم است. اما در عمل مشخص شده است که برای ریختن مذاب همین مقدار فولاد، بیش از ۵۰۰ کیلو وات ساعت الکتریسیته نیاز است، البته این رقم عملاً به طور قابل ملاحظه ای بستگی به انرژی ورودی دارد. برای مثال، اگر ظرفیت کوره ای ۶۰۰ کیلو ولت آمپر بر تن باشد، این کوره شارژ (متوسط) خود را در مدت یک ساعت ذوب می کند، حال اگر ظرفیت کوره به ۳۰۰ کیلو ولت آمپر بر تن تنزل یابد، همین مقدار بار در بیش از دو ساعت ذوب خواهد کرد. در شکل شماره ۳ به طور خلاصه رابطه تغییرات بالا را در کوره های جدید نشان می دهد، در این جدول، اندازه ترانسفورماتور برای داشتن ذوب نسبتاً سریع در کوره هایی که در ریخته گری فولاد استفاده می شوند، آمده است.

افزایش ظرفیتها یا توانهای ترانسفورماتور بیش از ارقام مذکور معمول نیست، زیرا با کاهش زمان تغییر دو اتصال، هزینه مصرف الکتریسیته بهمان نسبت افزایش می یابد و در نتیجه افزایش هزینه تجهیزات الکتریکی کوره، ترانسفورماتور و مصرف برق جبران نمی شود.

۱-۱۳- مراحل تولید فولاد در کوره قوس الکتریک

الکترودهای گرافیتی متحرک و دارای حرکت عمودی است، در زمانی که الکترودها در بالا قرار دارند و در کوره که متحرک و قابل جابجایی است کنار می رود و قراضه آهن حدود ۷۰ درصد توسط آهنربای الکترومغناطیس به داخل کوره ریخته می شود و سنگ آهن در حدود ۳۰٪ و مواد کمک ذوب مانند مواد اکسیدی آهک (Cao) جهت تشکیل سرباره و کک (Coke) جهت تأمین کربن و فلدسپار (Spare) برای کمک به جریان سرباره و تسهیل در واکنش اضافه می شوند و سپس در کوره بسته می شود. تا گازهای حاصله ناشی از واکنش از طریق لوله تعبیه شده در بالای کوره خارج می شوند و در این حالت محیط داخلی کوره اکسید نبوده بلکه کمی احیایی نیز باشد، در این زمان الکترودها پایین آمده و قوس تشکیل می شود و فلز ذوب می شود و سپس اکسیژن به داخل مذاب دمیده می شود و دوباره جهت اضافه کردن شارژ دوم، الکترودها بالا رفته، در کوره باز می شود و شارژ دوم اضافه می شود و بعد در کوره بسته و جریان تولید ادامه پیدا می کند و اکسیژن به حجم ۱۱۰ متر مکعب در دقیقه با فشار ۵/۱۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع از طریق لوله ای به قطر ۳/۴ اینچ به داخل کوره جهت تسریع در واکنش دمیده می شود و آهک اضافه می شود.

به دلیل اینکه قسمت اعظم مذاب را قراضه آهن تشکیل می دهد و مقادیری Si-S-P-C-Mn وجود دارد، جهت جداسازی این ناخالصی ها به صورت مولکولی و آمدن به سرباره در سطح مذاب (عمدتاً سرباره از اکسید آهن و آهک تشکیل شده است) اکسیژن دمیده می شود. اولین عنصری که خارج می شود سیلیسم است، اکسید آهن از سرباره وارد مذاب می شود و اتمهای اکسیژن اتمهای آهن خود را ترک می کنند تا به سیلیسم بپیوندند و آهن مذاب باقیمانده و سیلیس به سرباره می آید. سپس نوبت به کربن می رسد و اتمهای اکسیژن اتمهای آهن خود را ترک می کنند و با کربن مونو اکسید کربن (Co) را تشکیل می دهند و حبابهای مونواکسید به هنگام

خارج شدن موجب غلیان و ایجاد تلاطم می شوند. و فسفر و منگنز نیز به این ترتیب از مذاب خارج شده و به سطح می آیند. منگنز می تواند عنصر با ارزشی در فولاد باشد اما خروج آن در این مرحله اجتناب ناپذیر است. بعد از اتمام عمل تصفیه، برای تخلیه سرباره کوره به آرامی ۱۰ الی ۱۵ درجه به عقب خم می شود و سرباره از طریق دریچه تعبیه شده خارج شده و سپس به قسمت گرانول سازی (دانه بندی) جهت مصارف بعدی مورد استفاده قرار می گیرد، سپس دمای مذاب با پیرومتر اندازه گیری می شود و بعد از نمونه برداری و آنالیز مذاب در آزمایشگاه در صورت نیاز به تولید فولادی خاص تصفیه دوباره ای انجام می شود.

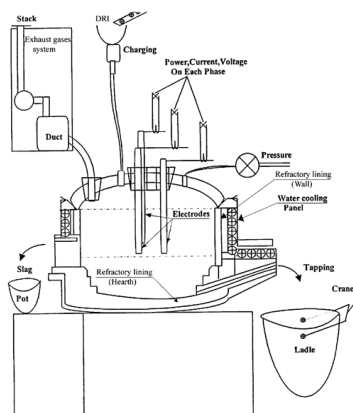
اولین سرباره یک سرباره اکسیدی است و دومین سرباره احیایی است و باقیمانده گوگرد و اکسید را از مذاب خارج می کند. بعد از تصفیه مجدد جهت به دست آوردن آنالیز مورد نظر عناصر آلیاژی مثل فرومنگنز و... به مذاب اضافه می شوند.

دامنه ذوب فرو آلیاژها عامل بسیار مهمی در انتخاب آنها است، و هر چه محدوده ذوب بالاتر باشد باید زمان بیشتری برای ل شدن آنها اختصاص داد.

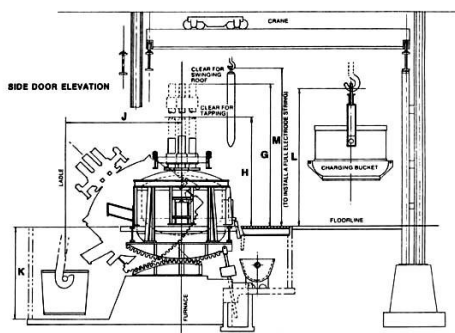
جدول ۱-۱ محدوده ذوب مواد مصرفی

دامنه ذوب °C	محدوده ذوب مواد آلیاژی و اکسیژن زدا
۱۲۸۰-۱۷۱۰	فرو کرم، کربن کم
۱۲۲۰-۱۵۳۰	فرو کرم، کربن زیاد
۱۲۰۰-۱۲۱۵	فرو منگنز، کربن کم
۱۰۷۰-۱۲۶۵	فرو منگنز، کربن زیاد
۱۰۷۰-۱۳۱۵	سیلیسم منگنز
۱۲۰۵-۱۳۱۵	فرو سیلیسم
۱۴۸۰-۱۵۲۰	وانادیم
۱۹۰۰-۲۰۰۰	مولیبدن
۱۲۶۰-۱۳۴۵	سیلیسم زیرکنیم
۹۸۰-۱۱۱۰	کلسیم_سیلیسم
۹۸۰-۱۰۹۵	کلسیم_سیلیکو_منگنز
۱۴۵۳	نیکل

در انتها کوره خاموش شده الکترودها به بالا رفته و درب کوره باز می شود و برای تخلیه مذاب کوره ۴۰ تا ۵۰ درجه به جلو خم می شود و مذاب به پاتیل می ریزد و در قالبهای شمش ریخته می شود تا در صنعت مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۱-۵-۱ - مراحل ذوب



شکل ۱-۶-۱ - مراحل تخلیه ذوب

جهت ریخته گری فولاد در کوره معمولاً موارد زیر طی می شود که این مراحل تا حد زیادی بر مصرف الکتروود نیز تاثیر دارند:

۱-۱۳-۱- تعمیر و آماده سازی کوره

معمولاً یک برنامه ذوب مشخص وجود دارد و طبق این برنامه کوره پس از هر ذوب بازدید می شود و اگر احتیاج به تعمیر داشت تعمیر می شود پس از هر هفته نیز یک بازدید کلی می شود.

۱-۱۳-۲- شارژ

عموماً سقف کوره برداشته می شود و توسط یک سری زنبیل ها شارژ به بالای کوره حمل می شود و پس از سوخته شدن که در کف زنبیل وجود دارند شارژ درون کوره ریخته می شود. صحیح چیدن شارژ داخل زنبیل تا حد زیادی از شکستن الکتروود جلوگیری می کند و باعث می شود مصرف الکتروود کاهش یابد.

کوره قوس الکتریک با ظرفیت کم (۱ تا ۱۰ تن) برای شارژ کردن آنها اصولاً از صد در صد قراضه فولاد و چدن استفاده می شود. قراضه های استفاده شده از لحاظ ظاهری به سه دسته تقسیم می شوند:

قراضه سبک: انواع ورق حلبی.

قراضه برگشتی: ضایعات شمش نوردی و قطعات برگشتی از واحد ریختگری.

قراضه ته پاتیل: باقی مانده های پاتیل مذاب.

در شارژ کوره قوس الکتریکی قراضه زیرین سبک و قراضه میانگین سنگین و قراضه بالا سبک می باشند.

در انتخاب انواع قراضه نکات زیر اهمیت دارد:

سعی شود قراضه ها طبق آنالیز مشخص جدا شوند، قراضه ها عاری از مواد ناخالص و غیر فلزی باشند.

قراضه سبک و سنگین از هم جدا شوند و از مصرف قراضه های بیش از حد زنگ زده و آلوده اجتناب گردد.

اضافه کردن شارژ قراضه به کوره در سه مرحله انجام می گیرد که هر مرحله با ذوب شدن در مرحله قبلی اضافه می گردد.

همراه قراضه مقدار معینی از آهک و مواد روانساز استفاده می شود (برای ایجاد سرباره روی مذاب و سیال شدن سرباره)

همراه شارژ قراضه می توان مقداری آهن اسفنجی برای رسیدن به یک ترکیب مناسب استفاده نمود. در کوره های با ظرفیت بالا که در فولاد سازی به روش احیاء مستقیم کاربرد دارند شارژ اصلی آنها آهن اسفنجی می باشد.

البته به دلایل زیر مقداری قراضه در ابتدا شارژ در کوره ریخته می شود:

وجود ناخالصی های اکسیدی در داخل آهن اسفنجی هدایت الکتریکی را مختل می سازد و باعث ایجاد قوس نامطلوب و نامناسب می نماید.

استفاده از قراضه فولاد بدلیل ارزان بودن و همچنین استفاده کمتر از انرژی الکتریکی برای ذوب، قیمت تمام شده فولاد تولیدی کاهش می یابد.

اصولاً شروع شارژ کوره با ۲۰ تا ۴۰ درصد قراضه و مقداری آهن اسفنجی با آهک می باشد مرحله بعد از آهن اسفنجی و آهک استفاده خواهد شد. همچنین در این کوره ها می توان کلا

شارژ را از صد در صد آهن اسفنجی انتخاب نمود و در طی سه مرحله توسط سبد مخصوص به کوره اضافه گردد.

بارگیری شارژ معمولاً به وسیله دلوهایی که توسط جرثقیلهای متحرک الکترومغناطیسی جابجا می شوند، به کوره حمل می شود. معمولاً تراشه یا قراضه سبک وزن را کف دلو قرار می دهند تا جلوی ضربه قراضه های سنگین را بگیرد. این کار باعث می شود که قراضه ها سبکتر و تراشه ها فشرده شده و محل زیادی را اشغال نکنند، بر روی اینها، قراضه های سنگین از قبیل، تغذیه های ریخته گری و بعد قراضه های متوسط را قرار داده، و روی همه اینها را با لایه ای از قراضه سبک و تراشه می پوشانند. قراضه های سنگین را در پائین کوره قرار می دهند تا اگر در حین ذوب بیفتد از شکسته شدن الکترودها جلوگیری شود. قراضه سبک موجود در بالای بوتله باعث می شود که الکترودها براحتی در داخل بار فرو رفته و در نتیجه، سقف از تشعشع حرارتی قوس، حفاظت شود.

قبل از اینکه شارژ به کوره ریخته شود، بعضی از انواع کربن زها نظیر آنتراسیت، کک و یا الکترودهای خرد شده را معمولاً در ته کوره قرار می دهند تا جوشش مطلوب و مناسب بخاطر وجود کربن زیاد، در ذوب حاصل شود. در مواقعی که جدا کردن فسفر ضرورت پیدا می کند، حتماً باید عمل تصفیه در درجه حرارت پائین شروع شود. مواد سرباره ای اکسید کننده، از قبیل اکسید آهن و سنگ آهک (یا آهک) را می توان به بار موجود در دلو اضافه نمود، گرچه معمولاً این اکسید کننده ها همراه کربن زها به بار کوره افزوده می شوند.

۱-۱۳-۳- ذوب

کوره روشن می شود و عمل ذوب انجام می گیرد. برای اینکه در این مرحله مصرف الکترودها کاهش یابد باید ولتاژ را مینیمم در نظر گرفت. روش بارگیری و ذوب علیرغم فرآیندهای بعدی، همچنان یکسان مانده است. وقتی بار به داخل کوره ریخته شد، سقف در جای خود قرار می گیرد و ذوب شروع می شود.

فرآیند ذوب سه مرحله زیر را پشت سر می گذارد:

الف- معمولاً مرحله شروع ذوب با ولتاژ کم قوس الکتریکی آغاز می شود تا از صدمه زدن قوس الکتریکی به سقف جلوگیری شود، در مواقعی که سرعت عمل ضروری است این مرحله حذف می شود.

ب- وقتی الکترودها به داخل بار وارد شدند ولتاژی انتخاب می شود که حداکثر انرژی ورودی را به کوره بدهد. ج- وقتی حوضچه مذاب ایجاد شد، میزان ولتاژ را به مقدار متوسط کاهش می دهد تا از آسیب رساندن تشعشع به آسترهای نسوز جلوگیری شود. به محض اینکه سه چهارم بار، ذوب شد یا در حوضچه فرو رفت، روش معمول این است که الکترودها را بالا می شکنند و قراضه های گداخته شده باقیمانده را که در قسمتهایی دیگر از کوره موجودند، به هم می زنند. این عمل را یا به وسیله میله مخصوص (میله کوچک سرکج) جابجا کردن قراضه و یا به وسیله لوله مخصوص دمش اکسیژن انجام می دهند. در این مرحله می توان اکسید کننده ها و یا دیگر مواد سرباره را اضافه نمود.

هنگامی که حمام نسبتاً داغ و شروع به جوشش کرد و محیط آن نیز همگن شد، برای تجزیه نمونه برداری می شود. در این مرحله، متصدی ذوب باید از میزان کربن اطلاع داشته باشد. اگر کربن به حد کافی موجود نباشد تا جوشش مطلوب را به وجود آورد، افزودن مواد کربن زا مجدداً ضروری خواهد بود. اگر کوره مورد استفاده باز باشد، دانستن میزان گوگرد و فسفر نیز ضروری خواهد بود، تا در صورت لزوم اقداماتی برای کنترل و تقلیل این مواد صورت گیرد. مقدار مواد باقیمانده موجود در مذاب باید تعیین شود و اقدامات لازم برای جدا کردن آنها صورت گیرد تا در صورتی که قادر به جدا کردن آن نباشند، از این نوع فولاد در ریخته گری برای قطعاتی که خصوصیات و کیفیت شان پائین تر است، استفاده شود.

چگونگی مراحل بعدی به نوع روش ذوب مورد استفاده بستگی خواهد داشت و در این مورد سه نوع روش عمده و جداگانه پیشنهاد شده است.

روش اسیدی:

علیرغم کاربرد وسیع کوره با آستر اسیدی جهت تولید قطعات فولاد کربن دار و کم آلیاژ در آمریکا، این روش در بریتانیا چندان مورد استقبال قرار نگرفته است. توضیح این روش در اینجا صرفاً بخاطر تکمیل این مبحث نبوده بلکه توضیح آن از این نظر است که استفاده از این روش برای

تولید فولاد ارزانتر ، کاملاً امکان پذیر بوده و فولاد تولیدی از کیفیت کافی نیز برخوردار خواهد بود.

همچنان که قبلاً نیز توضیح داده شد، برای کوره های اسیدی باید آنچنان قراضه و مواد خامی را انتخاب و استفاده کرد که گوگرد و فسفرشان پائین باشد، به علت اینکه در روش کار این کوره، خارج کردن دو عنصر ذکر شده امکان پذیر نیست. این خود مسأله ای است که کاربرد کوره هایی از این نوع را در بریتانیا محدود کرده است، دلائل استفاده این کوره ها در آمریکا به قرار زیر است:

سرعت ذوب و تولید سریع برای ذوبهای کم (یک الی ده تن).

۱- هزینه پائین مواد نسوز بخاطر قیمت پائین مواد اولیه آن و دوام بیشتر این نوع آسترها.

۲- مصرف کمتر انرژی.

۳- سیالیت بیشتر مذاب، که احتمالاً بخاطر درجه حرارت زیاد آن در زمان تخلیه می باشد. اگر چه در عمل مشاهده شده است که در یک درجه حرارت یکسان، فولاد اسیدی از فولاد بازی سیالیت بیشتری دارد.

۴- سیالیت سرباره کوره اسیدی معمولاً خیلی کمتر از سیالیت سرباره کوره بازی بوده از این رو، کنترل آن در موقع ریختن از پاتیل های معمولی یا سیفونی خیلی راحتتر است.

خرید قراضه با گوگرد و فسفر پائین همیشه عملی نیست و در مواقعی که این نوع قراضه در دسترس است، قیمتش خیلی بالاتر از قراضه با مرغوبیت استاندارد است. البته این خصوصیت منفی شاید در مقابل مزیت هایی که در بالا به آنها اشاره شد قابل چشم پوشی باشد، ولی نباید این مسأله را نادیده گرفت که اتکا به یک منبع خارجی جهت تأمین قراضه مرغوب، امری نامطلوب است. به هر حال در کارخانه هایی که از چند منبع کوره متفاوت استفاده می کنند، این مشکل حل می شود زیرا می توان قراضه ها و برگشتی های تولیدی از کوره بازی کارخانه را که طبعاً دارای گوگرد و فسفر کمی می باشند، در کوره های اسیدی استفاده کرد. بعبارت دیگر، می توان در کوره های اسیدی از برگشتی های خود کارخانه برای ذوب مجدد بارگیری نمود و در کوره های بازی از قراضه خریداری شده استفاده کرد.

نظیر اغلب روشهای فولادسازی، جزئیات این روش نیز استاندارد نیست، از این رو، به همان تعداد کارخانه فولاد سازی وجود دارد، روشهای ذوب نیز در جزئیات متنوع می باشد. این گوناگونی به طور کلی از تغییر و تطبیق روشهای ذوب با مشخصات و ضروریات هر کارخانه ناشی می شود. بار و مواد خامی که به شرح بالا تهیه گردیده، همراه با مقداری کربن زها داخل کوره ریخته می شود. در شکل شماره ۱۱ آماری ذوب یک کوره به عنوان نمونه نشان داده شده است. هیچ نوع مواد سرباره زا در مرحله بارگیری به کوره افزوده نمی شود. گرچه ممکن است مقداری ماسه به راهگاهها و تغذیه کننده های قطعات ریختگی چسبیده و وارد کوره شوند. وقتی حمام مذاب تشکیل شد، ماسه و در مواردی به منظور روان کردن سرباره ۱ الی ۳ درصد سنگ آهک به آن افزوده می گردد که به علت قابلیت هدایت الکتریکی خوب، قوس آرامی (یکنواخت و بی سرو صدا) ایجاد خواهد شد. برای عمل اکسیداسیون معمول نیست سنگ آهن در حین انجام ذوب به حمام افزوده گردد، گرچه اغلب تصور می شود که در نتیجه جوش شدیدتر و اکسیداسیون حاصل بعد از ذوب کامل آن در بوت، فولاد مرغوبتری تولید می گردد. حمام مذاب ممکن است به علت وجود زنگ زدگی قراضه در جریان انجام ذوب هم نسبتاً فعال باشد. میزان جوش کربن حدود ۳۰ درصد می باشد و حداقل مقدار قابل قبول آن ۲۰ درصد است. اگر کربن حمام برای این منظور کافی نباشد باید به حمام مذاب، مواد کربن زا اضافه نمود. عمل اکسیداسیون را می توان با هر یک از روشهای معمول انجام داد، مزیتها و نکات منفی این روشها در کوره های اسیدی، مشابه کوره های بازی هستند و بررسی تک تک این روشها به موقع خود انجام خواهد گرفت. در هنگامی که برای کربن زدایی از اکسیژن استفاده می شود، منگنز باقیمانده در مذاب بعد از جوش، بیشتر از حالتی است که از سنگ آهن برای این منظور استفاده شود.

در روش اسیدی، تازمانی که فروسیلیسیم و فرومنگنز نهایی افزوده گردد، جوش ادامه دارد و هیچ مرحله احیا کنندگی وجود نخواهد داشت. با نزدیک شدن به پایان واکنش اکسیداسیون، شدت جوش را کاهش می دهند و در صورت لزوم عمل افزایش مواد کربن زا به حمام به وسیله آهن خام، کک و یا فرو بردن الکترودها انجام می شود، و آهن خام در این

مورد بیشتر به کار می رود. افزایش مواد کربن را از طریق فرو بردن الکترودها گران تمام شده و متداول نیست. جوش کربن بعد از افزودن کربن زها، عامل کاهش دهنده اکسید آهن (Feo) موجود در سرباره نیز می باشد. از افزودن فروسیلیسیم به صورت پودر نیز برای تقلیل بیشتر آهن سرباره استفاده می شود. ولی باید توجه داشت که نباید آهن سرباره را تا حد خیلی پائینی کاهش داد، زیرا در نتیجه تقلیل خیلی زیاد آهن، سرباره بیش از حد غلیظ خواهد شد و غلظت بیش از حد سرباره نیز موجب گیر کردن فروآلیاژهای افزوده شده در سرباره خواهد شد. حدود ۵ تا ۱۰ دقیقه قبل از تخلیه مذاب، آخرین فروسیلیسیم و فرومنگنز برای رساندن فولاد به ترکیب شیمیایی مورد نیاز به حمام افزوده می گردند. پس از این کار تخلیه مذاب صورت گرفته و اکسیژن زدایی نهایی با اکسیژن زدهای قوی در پاتیل انجام می گیرد.

اگر هدف تولید فولاد آلیاژی باشد که روش تهیه آن در بالا اشاره شد، لازم است ترکیب عناصر آلیاژی مورد نظر در مرحله نهایی افزودن مواد، تأمین گردد. در ساختن فولادهای آلیاژی، بازیابی نیکل و مولیبدن ۱۰۰ درصد است، به علت اینکه این مواد در مذاب اکسید نمی شود. افزودن این مواد نیز معمولاً همراه با بار صورت می گیرد. در صورت امکان این دو عنصر را می توان به صورت اکسید اضافه کرد. بازیابی کرم در مواردی که میزان آن تا ۲ درصد باشد، برابر ۸۵ درصد خواهد بود. اما در صورتی که مقدار کرم بیشتر باشد میزان بازیابی آن افت خواهد داشت.

تغییر دیگری در روش بالا، جوش کوتاه مدت کربن به مقدار ۰.۵ الی ۱.۰ درصد است.

به علت اینکه، در این روش ازت و هیدروژن به مقدار کمی خارج می شوند، استفاده از آن برای تولید قطعات ریختگی فولاد مرغوب توصیه نمی شود. البته به علت پائین آمدن زمان و هزینه های ذوب، این روش به طور محدودی مورد استفاده قرار می گیرد.

روش بازی:

کوره قوس الکتریکی با آستر بازی از نظر قابلیت تولید اغلب آلیاژها، سهل ترین واحد برای فولادسازی است. استفاده از

سرباره مناسب، خواه احیاء کننده و خواه اکسید کننده، کاهش گوگرد و فسفر را تا میزان بسیار پائین امکان پذیر می سازد، از این رو، در این کوره ها تبدیل نامرغوبترین قراضه به فولاد مرغوب کاملاً امکان پذیر است. فولاد سازی با روش بازی همانند کوره های اسیدی در دو روش کلی: روش یک سرباره ای و روش دو سرباره ای صورت می گیرد. روشهای بازی مورد استفاده نیز بسیار متنوع اند، در اینجا فقط نکات مهم و عمده این روشها مورد بررسی قرار خواهند گرفت. با وجود اینکه تقسیم بندی فوق عموماً مورد قبول است، معهذاً این دو روش را به طور مجزا مورد بحث قرار نخواهیم داد، چرا که یکی از این روشها کامل کننده منطق روش دیگر است برای نهایت صرفه جویی باید با توجه به ارزشهای ویژه، شارژ مشخص را انتخاب کرده و در صورت امکان از حداقل تعداد سرباره برای پائین آوردن فسفر و گوگرد تا حد مطلوب استفاده نمود. امروزه در فولادسازی استفاده از مرحله احیاء، بدون توجه به ضرورت و یا عدم ضرورت گوگردزدایی، گران تمام می شود. علاوه بر اینکه مشکلات دیگری نیز به علت جذب گاز در مذاب پیش می آید.

ضرورت حفظ مقدار گاز موجود در حداقل مطلق، به منظور جلوگیری از خلل و فرج دار شدن، کوتاه تر کردن هر چه بیشتر مرحله های احیاء را کاملاً ملزم می سازد، و حتی اگر مقدار گوگرد موجود در شارژ اجازه دهد، از سرباره احیاء کننده نباید استفاده کرد.

بعد از تهیه و تأمین بار مطابق آنچه که قبلاً گفته شد، آنرا همراه با کربن به داخل کوره می ریزند. معمول این است که مقداری آهک پخته یا سنگ آهک و در مواردی هم سنگ آهن به بار اضافه می کنند. اگر وجود فسفر مشکلی به شمار برود، مقداری آهک یا سنگ آهن نیز در حین انجام ذوب به کوره اضافه می شود تا اینکه مذابی با سرباره اکسید کننده آهک دار حاصل شود. در جریان ذوب کامل، نمونه ای برای تجزیه شیمیایی برداشته می شود که از روش چند سرباره باید مورد استفاده قرار گیرد. اگر وجود فسفر مشکل و پردردسر به حساب آید، سرباره پس از تکمیل ذوب، بلافاصله باید خارج گردد، علت این کار این است که با بالا رفتن درجه حرارت حمام، فسفر موجود در سرباره دوباره به حمام مذاب بر می گردد. اگر سرباره ذوب شده خارج شود باید به جای آن

سرباره جدید جایگزین گردد و مرحله اکسیداسیون ادامه یابد. اکسیداسیون به روشهای متداول انجام می گیرد و همچنانکه قبلاً هم اشاره شد باید هدف جوشش، رساند کربن به ۰.۳ درصد باشد.

نظرات در این مورد که چه موقعی باید جوشش را متوقف کرد، متفاوت است. بعضی از فولادسازان ترجیح می دهند که حمام مذاب را تا جایی اکسید کنند که کربن آن به ۰.۱۰ درصد کاهش یابد. در صورتی که از اکسیژن برای اکسیداسیون استفاده شود، با رسیدن کربن به مقدار ۰.۱۰ درصد، دود کربن غلیظ ناپدید می گردد، که بسهولت قابل تشخیص خواهد بود. سپس در حمام مذاب با اضافه نمودن آهن خام و تزریق پودر گرافیت و یا فرو بردن الکتروود در آن، کربن زایی مجدد انجام می گیرد، اگر چه روش آخر روش فوق العاده گرانی برای کربن زایی است، از طرفی دقت عمل در روش کاهش و تثبیت کربن، لزوم کربن زایی مجدد را منتفی می سازد.

در روش کاهش و تثبیت کربن اپراتور سعی می کند مقدار کربن را درست کمتر از مقدار کربن نهایی نگه دارد، بنابراین، تنها کربن زایی که مورد لزوم خواهد بود با افزودن فرومگنز و یا مقادیر اندکی از کربن زایها تأمین خواهد شد. اینکه چه موقع اپراتور باید جوشش مذاب را متوقف کند، وی می تواند با دانستن کربن اولیه (کربن مذاب قبل از دمش) و از روی ظاهر دود هنگام دمیدن اکسیژن و یا در صورت استفاده از سنگ معدن از روی مقطع شکست نمونه و نیز تجربه، عمل دمش را در حد لازم قطع نماید. روش قطعی تر دیگر برای کنترل جوشش، تخمین زمان دمش اکسیژن لازم است و این کار با مراجعه به نمودارهایی که رابطه کربن اولیه، درجه حرارت و کربن نهایی مطلوب را با مقدار اکسیژن مورد لزوم مشخص می نماید، صورت می گیرد. اخیراً وسیله ای ابداع شده است که مقدار کربن موجود را با اندازه گیری درجه حرارت شروع انجماد فولاد، سریعاً تخمین می زند. این دستگاه به اپراتور کمک می کند تا کربن موجود را سریعاً بسنجد و با استفاده از این روش در مواقع ضروری بدون انتظار کشیدن جهت دریافت نتیجه تجزیه شیمیایی نمونه، واکنش اکسیداسیون را قطع کند.

از دو روش مورد نظر، روش کاهش و تثبیت کربن آشکارا، سریعتر و ارزانتر است، از این رو، در صورت با اهمیت بودن

روش دیگر و استفاده از آن باید بعضی از ارزشهای فنی را در نظر داشت. اگر جوشش به حد مناسبی رسیده باشد (یعنی کربن کاهش یافته حداقل به ۰.۳۰ درصد رسیده باشد) و با کسب اطمینان از افت هیدروژن و ازت به اندازه کافی، دیگر نیاز به کاهش کربن تا کمتر از حدی که باید در فولاد نهایی بماند نخواهد بود. در حقیقت، به نظر می رسد که دلائل دیگری نیز وجود دارد که بخاطر آنها مقدار کربن نباید از یک حد لازم تنزل یابد، زیرا مقدار اکسیژن با کاهش مقدار کربن افزایش می یابد. این مسأله به ویژه وقتی که کربن تقریباً به زیر ۰.۱۵ درصد برسد کاملاً جدی خواهد بود.

هنگامی که واکنش اکسیداسیون تمام شد، عمل اکسیژن زدایی شروع می شود. اگر کربن حمام در مرحله اکسیداسیون بیش از حد کاسته شده باشد، باید حمام مذاب را تا حد لازم مجدداً کربن زایی کرد. ولی با روش کربن گیری کنترل شده (کاهش و تثبیت کربن) دیگر نیازی به "کربن زایی مجدد" نباید وجود داشته باشد. نمونه ای برای بررسی و کنترل برداشته شده و حمام مذاب با منگنز و سیلیسیم، عقیم می شود. همراه با منگنز و سیلیسیم برای عقیم کردن فولاد می توان آلومینیوم را نیز به حمام مذاب افزود. این کار به ویژه در مواردی مفید خواهد بود که هدف، تولید فولاد کم کربن باشد در این صورت احتمال اکسیداسیون بیش از حد در مرحله اکسیداسیون وجود دارد. به این منظور به مقدار ۰.۱ درصد وزن مذاب آلومینیم را، به میله ای بسته و قبل از افزودن، سایر اکسیژن زدها را به داخل حمام مذاب فرو می برند. اگر تغییر و اصلاحی در درجه حرارت یا ترکیب شیمیایی مذاب احتیاج نباشد تخلیه مذاب را شروع می کنند، که یک نمونه دستورالعمل جهت این کار در جدول ارائه شده است.

چنانچه عمل ذوب باید به صورت دو سرباره ای انجام گیرد، بعد از مرحله اکسیداسیون مقداری فرومنگنز پرکربن به مذاب افزوده می شود که مجدداً ایجاد کمی جوشش می نماید و پس از آن سرباره اکسید کننده را جدا می کنند. در جدا کردن این سرباره باید نهایت دقت صورت گیرد تا این کار به طور کامل انجام گیرد. زیرا که افزودنی های اکسیژن زدا باعث برگشت فسفر سرباره به حمام مذاب خواهند شد. پس از این مرحله فروسیلیسیم افزوده می شود و سرباره احیاء کننده ایجاد می شود. افزودن فلوراسپار (فلورور کلسیم) به سرباره جهت

روان ساختن آن متداول است. و موادی نظیر کربن، پودر فروسیلیسیم، کاربید کلسیم یا دیگر عوامل احیاء کننده نیز به سرباره افزوده می گردد. باید توجه زیادی داشت که مواد افزوده شده خشک باشند تا از افزایش گاز در مذاب جلوگیری شود. سرباره احیایی خوب معمولاً سفید رنگ است و وقتی سرد و منجمد می گردد پودر می شود، اگر مقداری سرباره مذاب را در داخل آب فرو برند، بوی استیلن ناشی از کاربید کلسیم موجود در سرباره کاملاً محسوس خواهد بود. وقتی فولاد در زیر سرباره احیاء کننده نگهداری می شود باید کاملاً مراقب بود، زیرا که امکان افزایش کربن مذاب در این عمل وجود دارد. توجه به این مسأله خصوصاً در مورد فولاد سازی با کربن کم، اهمیت خاصی دارد.

عقیم کردن حمام مذاب با آلومینیم، کمکی در ذوب دو سرباره ای خواهد بود، زیرا در جریان مرحله ای که فولاد در زیر سرباره احیاء کننده نگهداری می شود، مذاب آرام است، که در نتیجه سرعت واکنشهای بین سرباره و فلز کاهش می یابد و منجر به غیریکنواخت شدن ترکیب شیمیایی و درجه حرارت در نقاط مختلف مذاب می شود. در این صورت توصیه می شود، به طور مکرر مذاب به هم زده شود تا از غیر یکنواختی آن جلوگیری به عمل آید. به این وسیله سرعت گوگردزدایی نیز افزایش می یابد. یک نمونه دستورالعمل اجرایی برای ذوبهای دوسرباره ای بازی ارائه شده است.

برای تولید فولادهای کم آلیاژ از روش بازی و دو سرباره ای استفاده میکنند. در مدتی که فولاد مذاب زیر سرباره احیاء کننده است، هیدروژن و ازت جذب آن شده، لذا تا حد امکان باید مدت احیاء را برای جلوگیری از خلل و فرج دار شدن فولاد (شمش یا قطعه) کوتاه کرد. از ۷۰۰۰ مورد ذوب تک سرباره ای که گزارش شده، هیچ مورد مک سوزنی در قطعه وجود نداشته است، در صورتی که در مورد ذوبهای دو سرباره ای که از آنها، ۱۳۰۰۰ قطعه ریختگی تهیه شده، ۸ مورد تخلخل در قطعات وجود داشته است. می توان در درون کوره، اتمسفر کنترل شده ای به وجود آورد که میزان جذب گاز (در مذاب) کاهش یابد، اما این کار عملاً اقتصادی نیست.

موافقان روش دو سرباره ای ادعا می کنند در مواردی که تأخیری در امور کارگاه ریخته گری رخ می دهد، می توان مذاب را در زیر سرباره احیاء کننده نگهداشت بدون اینکه

در ترکیب شیمیایی مذاب تغییری صورت گیرد. این طرز فکر، نتیجه ای زیانبار و خطرناک دارد چرا که زمان طولانی احیاء به ویژه در کوره های کوچک، منجر به حبس شدن گاز و در نتیجه، حاصل کار قطعات همراه با مک سوزنی خواهد بود که بهتر است، نگهداری مذاب قبل از اکسیداسیون صورت بگیرد، زیرا که جذب گاز در این مرحله مهم نیست، و می توان گازهای محبوس در این مرحله را در جوشش کربنی خارج ساخت، در حالی که هزینه های انرژی جهت ذوب از اهمیت زیادی برخوردارند، ولی این هزینه ها فقط سهم اندکی از هزینه ریخته گری را در بر می گیرند. روشن است که هزینه های مربوط به مواد اضافی، اضافات ویژه و زمانی که صرف کربن زایی مجدد می شود در مقایسه با ضررهای مربوط به برگشت دادن قطعات معیوب و یا هزینه تعمیر آنها ناچیز به نظر می رسند، بهتر است تا موقعی که قالبها در کارگاه ریخته گری آماده نشده اند، مبادرت به عمل اکسیداسیون نگردد. به منظور رفع مشکل جذب گاز در مذاب، از روش گاززدایی مذاب استفاده می شود.

مقتضیات روز، اجازه نمی دهد که در فولادسازی از روش پرخرج گاززدایی در خلاء استفاده گردد، اما استفاده از روش خروج گازها توسط دمش گاز خنثی (آرگون) به داخل مذاب در مواردی که گاززدایی ضروری است، مفید و ارزان قیمت است. در بسیاری از فرآیندهای متالورژی استخراجی به منظور دستیابی به اهدافی نظیر اختلاط مذاب، گاززدایی و انجام واکنش های شیمیایی خاص، از دمش گاز بدون مذاب استفاده می شود.

انجام برخی از واکنش های خاص و استفاده از دمش به منظور نیل به اختلاط مذاب و همگنی در متالورژی پاتیلی و فرآیندهای تبدیل در کنورتورهای AOD، از جمله کاربردهای انجام فرآیند دمش در صنایع فولادسازی می باشند.

فرآیند دمش گاز به درون مذاب فلزات تحت دو رژیم خاص جت سازی و حباب سازی انجام می گیرد. تزریق گاز با استفاده از دمنده های با قطر کوچک و دبی دمش قابل توجه باعث حضور فاز گازی در سیال به صورت شایپوره ای قدرتمند با توان نفوذ بالا و متشکل از ذرات بسیار ریز گاز می گردد که به آن دمش تحت رژیم جت سازی گفته می شود. همچنین انجام فرآیند دمش با استفاده از دمنده ای با قطر دهانه بزرگ و

دبی دمش کم باعث حضور فاز گازی به صورت بسته های حباب با ابعاد قابل ملاحظه ای در سیال می گردد که شیپوره گازی بوجود آمده تحت چنین شرایطی، پس از طی خط سیر کوتاهی در درون سیال تحت تأثیر نیروی شناوری، تجزیه شده و از بین می رود. این چنین وضعیتی، دمش تحت رژیم حباب سازی نامیده می شود. دمش گاز خنثی در پاتیل مذاب، روشی است که کاهش نسبی همزمان میزان گازها و آخالها در فولاد مذاب را به همراه خواهد داشت. اصول اولیه گاززدایی با دمش گاز خنثی بر اساس اختلاف فشار جزئی گاز نامطلوب در حباب گاز خنثی و در مذاب مجاور آن استوار گردیده است. به هنگام دمش گاز آرگون به درون فولاد مذاب، نقش یک محفظه کوچک خلاء را بازی می کند. با توجه به اینکه فشار جزئی گازهای هیدروژن، اکسیژن و ازت درون هر کدام از این حبابها تقریباً صفر است، لذا در اطراف هر حباب یک شیب غلظتی بوجود آمده که نیروی محرکه ای را برای نفوذ گازهای حل شده به درون این حبابهای ریز ایجاد می نماید.

بنابراین هر حباب در مسیر صعود، مقداری از گازهای حل شده را با خود از مذاب خارج می سازد.

مؤثرترین شیوه دمش گاز، ایجاد یک جدار متخلخل در کف پاتیل است. این شیوه هنوز در فولاد ریزیها به کار گرفته نشده است. اگر چه چندین فولادساز، مفید بودن این روش را در کارخانه فولاد سازی نشان داده اند. با این روش، کاهش هیدروژن تا میزان کمتر از ۳ قسمت در میلیون امکان پذیر است.

اکسیژن زدایی نهایی در پاتیل به وسیله افزودن اکسیژن زداهای قوی مثل آلومینیوم صورت خواهد گرفت. در مذاب هایی که با سرباره احیایی در تماس بوده اند، ممکن است میزان گوگرد به ۰.۰۰۲ تا ۰.۰۰۳ درصد کاهش یابد.

مزایای ذوب در کوره های قوس الکتریک

- ۱- ایجاد یک اتمسفر احیاء شده در منطقه کار کوره.
- ۲- ایجاد حرارت بالا در سرباره و لذا افزایش فعالیت آن و تسهیل تصفیه مذاب (مقدار اکسید آهن در چنین سرباره ای یک دهم مقدار مربوط به کوره زیمنس مارتین است).

۳- حضور درصد کمتری اکسیژن در فضای کوره (اکسایش مذاب از طریق اکسیژن دمیده شده به مذاب یا مصرف سنگ آهن تأمین می شود).

۴- تولید فولاد باگوگرد و فسفرپایین.

۵- به هر جهت در منطقه ای که قوس الکتریک ایجاد می شود امکان پیدایش ازت فعال و وارد شدن آن به مذاب است.

نکات مهم قابل اجرا در قسمت ذوب

در مواردی که کوره از مذاب پر باشد قطع برق اتفاق بیافتد و امکان تأمین برق میسر نباشد می بایست بلافاصله قبل از انجماد و یا کاهش شدید درجه حرارت مذاب، اقدام به تخلیه کامل مذاب نمود.

در صورت خاموش شدن کوره به هر دلیل ممکن، می بایست قفل الکترونها انداخته گردد تا باعث شکسته شدن الکترونها یا کربن دهی به مذاب نگردد.

هنگام تخلیه مذاب رعایت فاصله الکترونها از سطح ذوب، قفل بودن الکترونها، نبودن الکتروند خردشده، و مغزی جدا شده در ذوب، بسته بودن کامل سقف، اطمینان از خاموش بودن جریان برق کوره (الکتروند)، رعایت فاصله با سیم بکسل جرثقیل و در هنگام تخلیه، باز بودن کامل ناودان مورد توجه قرار گیرد.

سرعت کم در تخلیه مذاب در درون قالب سبب اکسیداسیون مجدد شده و پوسته هایی بر روی قطعات ریختگری تشکیل می شود که در این حال فولاد کثیف تر به نظر می رسد.

سرعت کم در تخلیه مذاب همچنین زمان ریخته گری را افزایش داده و سبب ماسیدگی ذوب در کف پاتیل می گردد.

سرعت زیاد در تخلیه مذاب به درون قالب سبب سایش و خوردگی شدید و خطر پاشیدن شدن فلز مذاب و آسیب دیدگی می گردد.

روش کربن دهی از طریق الکتروند بسیار گران بوده و مقرون به صرفه نمی باشد لذا می بایست حتی المقدور از این روش استفاده نگردد.

در ذوبهای کربنی چنانچه بخواهیم به هر علتی ذوب را در کوره نگهداری نماییم می بایست این کار حتماً قبل از مرحله اکسیداسیون انجام گیرد چون جذب گاز در این مرحله اهمیتی ندارد و پس از عمل اکسیداسیون، گاززدایی صورت می گیرد.

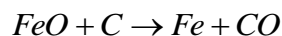
نگهداری مذاب در حالت احیاء سبب جذب گازهای مضر (هیدروژن ، اکسیژن ، ازت) به مذاب می گردد . بنابراین می بایست پس از احیاء از نگهداری مذاب در داخل کوره اجتناب نمود .

دقت شود هیچ گاه در دمای پایین دمش اکسیژن صورت نپذیرد زیرا اگر درجه حرارت مذاب خیلی کم باشد آهن در مذاب اکسید شده و وارد آن می گردد، و در نتیجه فولاد بیش از حد معمول اکسید می شود و اگر این مشکل برطرف نگردد، اکسیژن اضافی در حین ریختن مذاب در قالب با اکسیژن زداهای نهایی واکنش داده و در نهایت واکنش کربن با اکسید آهن ادامه پیدا می کند، که در نتیجه گاز منواکسید کربن بوجود آمده در قطعه ریخته شده، باعث ایجاد خلل و فرج خواهد شد.

سرعت و شدت اکسیداسیون باید آنقدر شدید باشد تا درجه حرارت به حدود ۱۶۵۰ درجه سانتیگراد برسد. قبل از باز کردن سقف کوره جهت شارژ مجدد می بایست برای کاهش افت حرارت مذاب و کوره کلیه وسایل مربوطه (جرثقیل ، وان قراضه ، مواد شارژ توزین شده) در نزدیکی کوره قرار گرفته باشند تا در کمترین زمان اتلاف درجه حرارت، شارژ کوره صورت گرفته و بلافاصله سقف کوره بسته شود.

۱-۱۳-۴- اکسیداسیون و تشکیل دود قهوه ای رنگ

هدف از مرحله اکسیداسیون تصفیه ذوب است، به این معنی که باید بعضی از عناصر ناخواسته و همچنین گازهای حل شده را خارج ساخت، اگر چه در حین این عمل سیلیسیم و منگنز نیز خارج می شوند، اما مهمترین واکنشی که انجام می گیرد خارج شدن کربن از طریق واکنش زیر است:



حبابهای CO در حال بالا آمدن از میان مذاب، گازهای محلول در مذاب را خارج می کنند.

بمنظور انجام اکسیداسیون، چند روش زیر در فولادسازی به کار می رود:

الف- جوشش با سنگ معدن آهن

ب- دمش اکسیژن

ج- تزریق مواد اکسیدی

د- مشعل های سوخت اکسیژنی

جوشش به وسیله سنگ معدن آهن اولین روشی است که برای انجام اکسیداسیون معمول بوده است، برای این کار کلوخه های سنگ معدن را با بیل به داخل مذاب می ریزند، اکسید آهن در سرباره جذب شده و اکسیژن از مرز سرباره و فلز بداخل حمام منتقل می شود که در آنجا واکنش در حمام مذاب انجام گرفته و حبابهای CO میان مذاب، جوانه می زنند. جنبه های منفی جوشش با سنگ آهن به قرار زیر است:

الف- واکنش آهسته انجام می شود

ب- واکنش گرماگیر است

هنگامی که اکسیژن فشرده در دسترس قرار گرفت، امکان سرعت بخشیدن به واکنش نیز عملی گردید و در نتیجه، استفاه گسترده از این روش خیلی زود رایج شد. در این روش، کربن زدایی سریعتر امکان پذیر است، که نتیجه اش افزایش بازده کلی کوره خواهد بود. علاوه بر این، از آنجایی که واکنش حرارت زا است، در مصرف انرژی الکتریکی نیز صرفه جویی می شود.

جنبه منفی دمش اکسیژن این است که در جریان کرین زدایی دود غلیظ قهوه ای رنگ متصاعد می شود و این مسأله هنگامی رخ می دهد که بازرسان ذوب قلیایی اصرار بر حداقل بودن دود در کارگاه های ریخته گری دارند. مشعلهای با سوخت اکسیژن برای کربن زدایی بدون دود فولاد به کار می روند، اما سرعت کربن زدایی در این روش پائین است. فرسایش جداره نسوز در بیشتر موارد فوق العاده زیاد بوده و اکسیداسیون بیش از حد و باقی ماندن زیاد گاز در مذاب نیز از جمله مواردی است که پیش آمده است. از این رو، مشعل های سوخت اکسیژن، عمومیت زیادی پیدا نکرده است، گرچه برای کمک به ذوب از آنها استفاه می شود که شرح آن قبلاً داده شده است. اخیراً روش تازه ای به وسیله انجمن پژوهشی ریخته گری فولاد اسکراتا ابداع شده است. در این روش، اکسید فلز به صورت پودر، به وسیله یک گاز حامل بداخل حمام تزریق می شود و ایجاد جوشش کربنی بدون دود قهوه ای رنگ (که در تزریق اکسیژن ایجاد می شود) می نماید این روش که به وسیله بازرسان ذوب قلیایی نیز مورد تائید قرار گرفته است (چرا که خروج گازها برای حفظ محیط زیست منطبق با مقررات است)، در بریتانیا برای کوره های قوس الکتریکی به ویژه در فولاد ریزیها به طور وسیع مورد استفاده قرار گرفته است. این

روش به طور موفقیت آمیزی در ذوب های تا ۲۵۰ تن، به کار رفته است.

از نقطه نظر اقتصادی، این روش در مقایسه با روش تزریق اکسیژن مناسب تر است، به ویژه وقتی که پوسته های اکسیدی نورد یا اکسید مناسب دیگر به عنوان تولید جنبی کارخانه در دسترس باشد.

امروزه بازیابی ضایعات اکسیدی در مجتمع های تولید فولاد مورد توجه جدی قرار گرفته است و در این میان پوسته های اکسیدی نورد بخش قابل ملاحظه ای از این ضایعات به شمار می روند که ضمن فرایند نورد گرم به میزان تقریبی (۳-۴) درصد کل تولید فولاد تولید می گردد.

پوسته های اکسیدی جمع آوری شده، حاوی بیش از ۶۰٪ آهن به صورت ترکیبات Fe_2O_3 ، FeO ، Fe_3O_4 می باشند که بازیابی آن به لحاظ اقتصادی با ارزش می نماید.

علاوه بر این، با توجه به صرفه جویی در هزینه های تصفیه دود قهوه ای کوره و از دست دادن فلز در حمام مذاب، هزینه های اجرایی کل در روش تزریق اکسید تا یک لیره استرلینگ در تن (1f/tonne) کمتر از هزینه روش تزریق اکسیژن خواهد بود.

به علت جرم مخصوص نسبتاً بالا و مقدار زیاد اکسید آهن محتوی، پوسته های اکسیدی نورد مناسبترین مواد برای این روش می باشند. اما دیگر مواد پودر شده را نیز، مثل ذرات سنگ معدن، با همین موفقیت می توان به کار برد. علاوه بر این، از پودرهایی که حاوی اکسیدهای عناصر فلزی تشکیل دهنده فولاد (مثلاً: اکسیدهای نیکل و یا مولیبدن) هستند، در عملیات آلیاژسازی و تصفیه می توان به طور همزمان استفاده کرد.

هوای فشرده به عنوان گاز حامل پودر به داخل مذاب از طریق یک لوله مصرف شدنی (که برای تزریق اکسیژن هم به کار میرود) تزریق می شود. افشانک پودر از یک شیر چرخان که سرعت آن قابل تنظیم است تشکیل شده و با آزمایشهای وسیع، کارآیی آن مورد تأیید قرار گرفته است. این وسیله با قابلیت انعطاف و کنترل لازم، مقدار دلخواهی از پودر را می تواند بداخل گاز حامل وارد کند جوشش کربنی قابل کنترل و پیش بینی است، و میزان کربن زدایی تا ۰.۱۰ درصد در هر

دقیقه جهت خارج ساختن، هم هیدروژن و هم ازت به اندازه کافی بالا است. در کوره های بزرگتر سرعت واکنش کندتر است (روش تزریق اکسیژن نیز چنین است). میزان کربن زدایی در روش تزریق پوسته اکسیدی نورد، در مقایسه با جوش سنگ معدن آهن برای کوره ۳۵ تنی در جدول ارائه شده است. واکنش مؤثر، در درجه حرارت‌های نسبتاً پائین حمام مذاب که معمولاً انتظار نمی رود جوش سنگ معدن در آن دماها شروع گردد، بهتر و سریعتر انجام می شود و چون شرایط حرارتی کلی کوره گرماگیر است، کنترل حرارت داده شده به کوره در مدت زمان تزریق، منجر به کنترل کاملاً دقیق درجه حرارت حمام مذاب می گردد. پائین بودن درجه حرارت در حین انجام واکنشها، دارای مزیت‌های قابل توجهی است. با مخلوط کردن پودر آهک و فلوراسپار (فلورور کلسیم) و پوسته های اکسیدی نورد، فولاد با فسفر فوق العاده کم به دست می آید. و در صورت لزوم، مقدار کرم و منگنز را نیز می توان به سهولت پائین آورد. در بریتانیا که اغلب واحدهای فولادسازی از شیوه تزریق اکسیژن استفاده می کنند، دستگاه تصفیه دود برای این واحدها ضروری است. واحدهایی که دارای افشانکهای پودر هستند و از شیوه های تصفیه بدون دود استفاده می کنند، هنوز مجبور نشده اند که از دستگاههای تصفیه دود نیز استفاده کنند، اگر چه شرایط و ضوابط آینده بازرسان ذوب قلیایی ممکن است شامل خروج هر نوع مواد زائد در هر سطح و میزانی از واحدهای ذوب گردد. از غبارگیرهای کوچک نیز در صورتی که روش ابداعی اسکراتا برای تصفیه بدون دود، پذیرفته شود، می توان برای این کوره ها استفاده کرد. در صورت کاربرد روش تزریق اکسی، ظرفیت غبارگیرها باید برای حجم های زیادتر دود و گازهای خروجی مهیا شود. علاوه بر این، اگر به غبارگیرها دود قهوه ای وارد نشود، نیاز به تعمیر و نگهداری کمتری دارند، و آشکارا استفاده از این دستگاهها مقرون به صرفه است.

جدول ۱-۲- زمانهای متفاوت کربن زدایی، به طریقه تزریق اکسیژن و روش معمولی جوش با سنگ آهن در یک کوره قوسی ۳۵ تنی

زمان لازم برای کربن زدایی- دقیقه		جوش کربن مورد نیاز
جوش با سنگ آهک به طریق معمول	تزریق پوسته های نورد	
۱۰۰	۱۵	۶۰/۰٪
۸۳	۱۲/۵	۵۰/۰٪

۶۷	۱۰	٪۰/۴۰
۵۰	۷/۵	٪۰/۳۰
۳۳	۵	٪/۲۰
۱۶/۵	۲/۵	٪۰/۱۰

در هنگامی که از روش تزریق اکسیژن استفاده می شود، دستگاه غبارگیر باید قادر به جمع آوری ذرات خیلی ریز اکسید آهن همراه دود نیز باشد، در نتیجه وجود یک دستگاه غبارگیر یا صافی الکترواستاتیک یا غبارگیر کیسه ای ضروری خواهد بود. اگر در کوره از روش تصفیه غیر مستقیم استفاده شود، به هوای بیشتری در جریان کار احتیاج است، اما گازهای خروجی سردتر بوده، در این صورت می توان از غبارگیر کیسه ای نیز استفاده کرد. در مورد تصفیه مستقیم از کوره، مقدار حجم هوا اندک است، اما درجه حرارت آن بالاست و غلظت دود زیادتر است، از این رو، باید از غبارگیرهای متعدد پشت سرهم استفاده کرد. نکته منفی دیگر در تصفیه مستقیم، افزایش مقدار جریان هوا در کوره است که در نتیجه، مصرف و فرسایش الکتروود و مواد نسوز بیشتر بوده و حفظ شرایط احیاء در مرحله احیاء مشکلتر می شود. برای اکسیداسیون چند زیردر فولاد سازی به کار می رود :

۱-۱۳-۴-۱- غلیان با سنگ آهن

غلیان به وسیله سنگ آهن اولین روشی است که برای انجام اکسیداسیون معمول بوده است. غلیان با سنگ آهن دو جنبه های منفی دارد یکی اینکه واکنش آهسته انجام می گیرد و دیگر اینکه واکنش گرما گیر است.

۱-۱۳-۴-۲- دمش اکسیژن فشرده

اکسیژن فشرده به دلیل تسریع در واکنش از سنگ آهن مقدم است. استفاده از اکسیژن مزایای زیر را به همراه دارد. مزایای دمش اکسیژن فشرده :

کربن زدایی سریع تر انجام می گیرد و بازده کلی کوره افزایش می یابد. واکنش گرما زا است (زیرا اکسیداسیون کربن تحت این شرایط مانند کنورتور گرما زا است). باری که دارای سیلیسم و فسفر بیشتر از حد معمول است را تصفیه نمود. در مصرف انرژی الکتریکی صرفه جویی می شود. سرعت کار تا حدود ۳ تا ۵ برابر می شود. جنبه منفی دمش اکسیژن این است که در جریان کربن زدایی دود غلیظ قهوه ای رنگ متصاعد می شود و وجود دستگاه تصفیه ضروری است.

۱-۱۳-۴-۳- استفاده از فلاکس مناسب

به منظور تصفیه فولاد و رفتن ناخالصی های مضر از فلاکس استفاده می شود و از آنجایی که حرارت حاصل از قوس الکتریک به سرباره منتقل می گردد، در نتیجه فلاکس کاملاً گرم شده و پتانسیل آن در تصفیه فولاد افزایش می یابد. استفاده از فلاکس در این کوره ها به سه منظور است: تقلیل اکسیداسیون مذاب تصفیه مذاب حفاظت از سقف کوره در مقابل تشعشعات حرارتی مذاب

۱-۱۳-۵- فسفرزدایی

قبل از فسفرزدایی باید عناصری را که بیشتر از فسفر احیاء کننده هستند، اکسید کرد. چرا که در غیر این صورت این عناصر، فسفر را حفاظت خواهند کرد. شرایط زیر به فسفرزدایی مؤثر یاری خواهد کرد:

الف- سرباره بازی

ب- مقدار اکسید آهن محتوی حدود ۱۵ درصد

ج- درجه حرارت پائین

لزوم درجه حرارت پائین، این مسأله را ضروری می سازد که اگر هدف حداکثر فسفرزدایی باشد، در درجه حرارت کم، این فسفرزدایی قبل از دمش اکسیژن انجام شود، زیرا در عمل دمش، درجه حرارت فوق العاده، بالا خواهد رفت. حتی اگر فسفر به داخل سرباره نیز رسیده باشد، افزایش درجه حرارت

باعث برگشت مجدد آن خواهد شد، از این رو، جدا کردن سرباره قبل از دمش اکسیژن در صورتی که هدف تولید قطعات فولادی کم فسفر باشد، ضروری است. وجود سیلیس در سرباره، عملاً مقدار آهک موجود و خاصیت بازی آنرا پائین می آورد. در نتیجه ماسه چسبیده به تغذیه ها و قراضه با سیلیسم زیاد می تواند مانع فسفرزدایی شود، و لزوم استفاده از روش دو سرباره، اکسید کننده در این مورد، باید مورد نظر قرار گیرد. وقتی اکسیژن زدهاها به فلز اضافه می شوند، آهن موجود در سرباره کاهش یافته و مقداری از فسفر دوباره به مذاب بر می گردد. از این نکته چنین برمی آید که فسفرزدایی با روش یک سرباره ای امکان پذیر نیست و جدا کردن تمام سرباره اکسید کننده قبل از افزودن اکسیژن زدهاها در روش دو سرباره ای، باید حتماً انجام بگیرد. روشهای تزریق پودر، در مواردی که وجود فسفر مسأله و مشکلی محسوب می شود، مورد استفاده قرار می گیرند. با افزودن، آمیخته ای از آهک، اکسید آهن و فلوراسپار، علاوه بر فسفرزدایی سریع، کربن نیز به مقدار قابل ملاحظه زدوده خواهد شد. مخلوط مناسبی که برای این منظور به دست آمده شامل ۴۵ درصد اکسید کلسیم، ۴۵ درصد اکسید آهن (FeO) و ۱۰ درصد فلوراسپار است. با استفاده از این مخلوط میزان کربن زدایی در هر دقیقه ۰.۰۷ درصد و میزان فسفرزدایی حدود ۰.۰۰۵ درصد در دقیقه خواهد بود.

۱-۱۳-۶- گوگردزدایی

در کوره های قوس الکتریکی با محیط بازی، عمل گوگردزدایی بتدریج در تمام مراحل فولادسازی انجام میگیرد. در اینجا هدف بررسی گوگردزدایی تحت سرباره بازی است. شرایط یک گوگردزدایی موفق به صورت زیر است:

الف- سرباره بازی

ب- شرایط احیایی

ج- درجه حرارت بالا

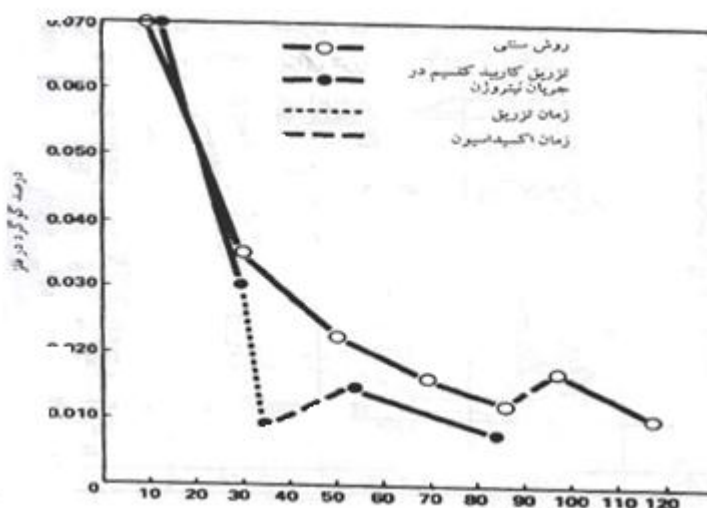
نیاز به شرایط احیایی بالا، به این مفهوم است که در گوگردزدایی متداول و سنتی واکنش های زیر اتفاق می افتد:

الف- جذب کربن یا سیلیسیم بیش از حد در مذاب، زیرا که اینها متداولترین عوامل احیاء کننده هستند.

ب- جذب هیدروژن و ازت بیش از حد در مذاب.

به علت آرام بودن حمام مذاب، به منظور شتاب دادن به گوگرد زدایی و کوتاه شدن مدت زمان احیاء باید مذاب را مرتب به هم زد. سرعت واکنش را می توان با تزریق پودر سرباره که مواد اصلی اش آهک یا کاربید کلسیم، همراه با منیزیم و فلوراسپار است، افزایش داد. سرباره های کاربیددار، باعث جذب کربن شده و پودرهای آهک، موجب جذب هیدروژن در مذاب می شوند. با تبدیل و برگشت دادن سرباره، می توان بر این مشکلات فایق آمد، به این طریق که ابتدا عمل احیاء را انجام داده تا گوگرد جدا شود. سپس واکنش اکسیداسیون انجام شود تا کربن زدایی و سیلیسیم زدایی صورت گیرد و ضمناً گازهای ناخواسته به این وسیله از بین بروند. البته این روش، خیلی عملی نیست چرا که برگشت گوگرد در مرحله اکسیداسیون از بوته انجام خواهد گرفت و این مسأله به ویژه در مورد مواد نسوز دولومیتی بیشتر به چشم می خورد. در نتیجه یک سرباره دیگر احیایی ضروری خواهد بود. در شکل شماره ۱۴ تخییرات میزان گوگرد موجود با استفاده از این روش در مقایسه با روش سنتی نشان داده شده است.

پائین آوردن مقدار گوگرد با استفاده از سربار احیاء کننده، در بالا ذکر شد و آزمایش ها جهت استفاده از سرباره پیش ذوب شده، نشان می دهد که به این وسیله گوگردزدایی سریعتر انجام می گیرد.



شکل ۱-۷- میزان گوگرد

گوگردزدایی فولاد در کوره منیزیته توسط روشهای سرباره تبدیل و برگشت شده در مقایسه با روش سنتی گوگردزدایی با تزریق پودر انجام میشود.

این روش به روش پرین معروف است. البته در عمل، استفاده از این روش در ریخته‌گری‌ها با اشکالات زیادی همراه بوده است و در نتیجه از آن استفاده نمی‌شود. استفاده از سرباره احیاء کننده، علی‌رغم اشکالات و نارسائی‌های آن، هنوز هم تنها روش مؤثر و عملی در گوگردزدایی است.

۱-۱۳-۷- نمونه گیری از مذاب و سرباره کوره قوس الکتریکی

یکی از مراحل مهم ذوب کنترل فرایند متالوژیکی مذاب می‌باشد. نمونه‌گیری از مذاب و سرباره اطلاعات زیادی به ما می‌دهند که این اطلاعات برای تولید فولاد مرغوب و با آنالیز از پیش تعیین شده ما را یاری می‌دهند.

کنترل عناصر آلیاژی فولاد مثل کربن و منگنز و مس و کرم و... فولاد با خصوصیات معینی به دست خواهد آمد و همچنین کنترل عناصر مضر در فولاد مثل گوگرد و فسفر در خواص فولاد تاثیر زیادی خواهند داشت. دانستن ترکیب سرباره برای به دست آوردن میزان دانستیه و موفقیت در فسفر و گوگرد زدایی اهمیت فراوانی دارد که با نمونه‌گیری حاصل می‌شود.

۱-۱۳-۷-۱- زمان نمونه برداری

نمونه برداری زمانی مناسب است که حداقل ۸۰ تا ۹۰ درصد از کل ظرفیت شارژ ذوب شده باشد. بعد از اضافه کردن عناصر آلیاژی به مدت ۳ تا ۵ دقیقه باید صبر کرد تا آنالیز مذاب و همچنین دمای کوره یکنواخت شود. حالت سرباره و میزان درجه حرارت و همگن بودن مذاب از فاکتورهای مهم برای زمان نمونه‌گیری می‌باشد.

۱-۱۳-۷-۲- تعداد دفعات نمونه گیری

اولین نمونه: برای تعیین ترکیب شیمیایی فولاد.
دومین نمونه: برای تعیین آنالیز عناصری که باید کنترل شود (کربن و فسفر و گوگرد).
سومین نمونه: قبل از تخلیه مذاب صورت می‌گیرد (برای تست کردن میزان کربن و منگنز).

۱-۱۳-۷-۳- زمان مناسب برای آخرین نمونه برداری از مذاب و سرباره

حالت سرباره: دارای ویسکوزیته پایین یا سیال باشد.
درجه حرارت: حداقل ۱۵۵۰ درجه سانتی گراد.
مذاب کوره: دارای آنالیز شیمیایی همگنی باشد.

نمونه گیری از فولاد مذاب با روش ملاقه

برای خارج کردن مقداری از مذاب یا سرباره از وسیله ای به نام ملاقه استفاده می گردد. جنس این ابزار از فولاد است و برای جلوگیری از آسیب دیدن آن هنگام فرو بردن در حمام مذاب ابتدا قبل از نمونه برداری ملاقه را روی سرباره مذاب قرار می دهند و آن را حرکت داده تا کلیه سطح ملاقه به پوشش سرباره ای روی مذاب به دست آید. دلیل این امر حفاظت مذاب از اکسید شدن و سریع منجمد شدن مذاب داخل ملاقه می باشد.

۱-۱۳-۸- عملیات سرباره گیری

با ذوب شدن قراضه ها بتدریج لایه ای از سرباره نیز روی ذوب را فرا می گیرد. سرباره مهمترین عامل پایداری فولاد در داخل کوره و تنظیم عناصر آلیاژی در فولاد و خارج ساختن عناصر مضر از فولاد می باشد و به همین دلیل شناخت سرباره از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بطور کلی مهمترین وظایفی که سرباره بعهدہ دارد عبارتند از:

- ۱- عمل نمودن بعنوان یک لایه پوشش و محافظ بمنظور جلوگیری از نفوذ گازهایی مثل نیتروژن و هیدروژن به داخل مذاب.
- ۲- جذب ناخالصی های اکسیدی و سولفیدی و غیره از داخل ذوب.
- ۳- جلوگیری از اتلاف حرارت ذوب بصورت تشعشعی و محافظت از دیواره و سقف کوره در مقابل تشعشع قوس.
- ۴- تامین اکسیژن مورد نیاز ذوب جهت عملیات اکسیداسیون.
- ۵- تدارک و آماده نمودن شرایط مطلوب برای حذف فسفر و گوگرد.
- ۶- عامل تنظیم آنالیز ذوب.

برای اینکه موارد فوق به نحو مطلوب عملی گردد لازم است که سرباره ضمن داشتن بازیسته لازم همواره بصورت مذاب بوده و از سیالیت و روانی لازم برخوردار باشد.

۱-۱۳-۹- تخلیه مذاب

مذاب از ناودانی داخل پاتیل تخلیه می شود. در اینجا نیز با افزودن پودر گرافیت مرغوب تا حدودی می توان در صد کربن را در صورت نیاز بهبود بخشید.

۱-۱۴- مواد اولیه

برای دستیابی به یک تولید مؤثر با بازده بالا شناخت و اطلاع از کیفیت، قیمت و در دسترس بودن انواع گوناگون مواد خام مورد استفاده در تولید فولاد در کوره های قوسی، ضرورت اساسی دارد.

در بسیاری از واحدهای ریخته گری یک کوره قوسی به تنهایی برای تولید فولاد کربن دار و طیف وسیعی از فولادهای آلیاژی از جمله فولاد زنگ نزن و فولاد مقاوم در برابر حرارت به کار برده می شود. مسأله انبار کردن مواد خام می تواند کاملاً پیچیده باشد، به ویژه آنکه این مشکل در مورد انبار کردن و جداسازی قراضه ها بیشتر از مواد دیگر است.

۱-۱۴-۱- قراضه

تمام کوره های قوس الکتریکی موجود در واحدهای ریخته گری فولاد بریتانیا به طور عمده از قراضه، به عنوان ماده خام استفاده می کنند. قیمت و کیفیت قراضه، هزینه فولاد مذاب را تعیین خواهد کرد. معمولاً دو نوع قراضه برای استفاده ریختهگری ها موجود است:

الف- برگشتی های خود واحد ریخته گری
ب- قراضه خریداری شده

۱-۱۴-۱-۱- برگشتی های خود واحد ریخته گری

در تولید فولادهای ریختگی مقدار زیادی قراضه به شکل تغذیه و راهگاه باقی می ماند، به طوری که ممکن است حتی وزن کل برگشتی ها دو برابر وزن قطعات مفید و مطلوب باشد، از این رو، قراضه داخلی کارگاه ممکن است بخش اعظم بار را تأمین نکند. اگر واحد، قطعاتی با ترکیبات متفاوت تولید می کند، مجزا کردن دقیق قراضه نه تنها در کارگاه ذوب بلکه در تمام کارخانه باید به دقت رعایت شود. در مجزا کردن دقیق قراضه مستلزم وجود انبارهای کوچک و مناسب یا یک سیستم کد بندی با نظارت کامل می باشد.

۱-۱۴-۱-۱- قراضه خریداری شده

قراضه ای که خارج واحد تولیدی وارد کارخانه می شود از دو منبع عمده تأمین می شود که شامل قراضه صنعتی (برای مثال قراضه به دست آمده از کارگاههای پرس) و یا قراضه به دست آمده از اوراق چپها است. این قراضه ها معمولاً بر حسب اندازه و ترکیب شیمیایی آنها رده بندی می شوند. در درجه نخست، قطعات نسبتاً بزرگ، متناسب با میزان سهولت در جابجایی آنها و نیز بخاطر کم بودن رطوبت، اکسیدها و دیگر آلودگی هایش جزو مطلوبترین قراضه طبقه بندی می شوند. عموماً تراشه، بدترین نوع قراضه به حساب می آید، به علت اینکه معمولاً آلوده به روغن بوده، و دارای مقادیری فولاد مستعد ماشینکاری با گوگرد زیاد و همراه با فلزات غیر آهنی نیز هستند. این قراضه ها همچنین بسیار جاگیر بوده و چندین محل انبار برای کوره لازم دارند. برای ساختن فولادهای نوع عالی باید توجه شود که مقدار این نوع قراضه در شارژ نباید بیش از ۱۰ الی ۱۵ درصد کل بار باشد. بهترین نوع قراضه به طور قطع قراضه به دست آمده از کارخانه های صنعتی است، به علت اینکه ترکیب شیمیایی این نوع فولادها کاملاً مشخص است و عناصر ناخالصی آن نیز کم

است. استفاده از قراضه بسته بندی شده نیز بسیار جالب است، اما از نظر کیفیت گران است. مسأله انتخاب قراضه نباید بدون ارتباط با سایر جنبه های تولید مورد بررسی قرار گیرد، چرا که معمولاً یک رابطه معکوس بین قیمت قراضه و هزینه فرآیندهای بعدی انجام شده بر روی آنها وجود دارد، به این معنی که برای قراضه ارزان، هزینه فرآیندهای بعدی انجام شده بر روی آنها وجود دارد، به این معنی که برای قراضه ارزان، هزینه فرآیندهای بعدی بیشتر و در نتیجه، فولاد به دست آمده نیز گرانتر خواهد بود. قراضه خوب را می توان سریعتر و ارزانتر در کوره هایی با جداره اسیدی ذوب کرد.

قراضه های ارزان را بدون استثناء باید با روش سرباره گیری دو مرتبه یا چند مرتبه، تصفیه نمود، ضمناً جداره کوره هایی که از این نوع قراضه استفاده می کنند، باید از نوع بازی باشد. اگر اندازه و شکل قطعات قراضه برای کوره نامناسب باشد و یا اگر قراضه دارای کلوخه های نسوز و یا تکه های لاستیکی باشد (که باعث افزایش میزان گوگرد می شود)، هزینه کلی فولاد مذاب در پاتیل را گرانتر خواهد نمود.

انتخاب قراضه با در نظر گرفتن عناصر باقیمانده در آن رفته رفته اهمیت پیدا می کند. به طور عمده گوگرد و فسفر، اساسی ترین عناصر ناخالصی در فولاد به شمار می آیند. عناصر دیگری نیز ممکن است به خصوصیات فولاد آسیب برسانند، متداولترین این عناصر در جدول نشان داده شده است و سهولت خارج کردن این ناخالصی ها نیز به ترتیب در این جدول آمده است.

عناصری که در ستون سمت چپ جدول هستند شکل شماره ۱-۳- تا حد زیادی غیر قابل اکسید شدن هستند و از این رو، در جریان تصفیه نیز خارج نمی شوند. عناصر ستون وسط جدول تا حدی اکسید شده و از این میان، کربن، فسفر، منگنز، و کرم رامی توان به طور اساسی با استفاده از سرباره های اکسید کننده خارج نمود، اما برای این کار به دانش تخصصی حتماً نیاز است. در حالی که گوگرد، به طور جزئی اکسید می شود و با این وجود در رده بندی خاص خود قرار می گیرد، چرا که می توان آنرا، به هر مقدار هم که زیاد باشد، تحت شرایط احیاء در کوره بازی، جدا نمود. برای انجام این عمل نیز

تسلط و تجربه کافی ضروری است. عناصری که هم در فولاد و هم در سرباره غیر قابل حل هستند و بیش از دیگر عناصر گرایش به تبخیر دارند، فلزات سرب، روی و کادمیم هستند. سرب می تواند از آجرهای کف اجاق نفوذ کرده و از کوره خارج شود. آنچه از اهمیت بیشتری برخوردار است، و باید مورد توجه قرار گیرد، خاصیت سمی بودن عناصری است که تبخیر می شوند. بخارات سمی دیگری نیز در مواقعی که از روی عدم توجه، موادی مانند PVC و یا PTFE (تفلون) در داخل قراضه موجود باشد، تولید خواهد شد. عناصر ستون سمت راست جدول تقریباً به طور کامل اکسید شده و در جریان اکسیداسیون و یا در جریان شروع ذوب به طور کامل جدا می شوند مگر آنکه مقادیرشان بیش از حد باشد.

جدول ۱-۳- تأثیر عملیات تصفیه سازی عناصر موجود در بار

تمام آن بازیابی می شود	بخشی از آن بازیابی می شود	به طور کلی از بین می روند
Cu	S	Zn
Ni	P	Si
Co	Mn	Al
Sn	Cr	Ti
Sb	C	Zn
As	N	Mg
W	H	Ca
Mo	Pb	Cd
	V	B

۱-۱۴-۲- فروآلیاژها

ترکیب شیمیایی فولاد تأثیر عمده ای بر خواص فیزیکی داشته و در نتیجه عامل مهمی در خواص نهایی فولاد ریختگی شده است. از این رو، دستیابی به ترکیب شیمیایی دلخواه، نخستین هدف تولید کنندگان فولاد است. عناصر آلیاژی ممکن است در مراحل مختلف عملیات فولادسازی به بار، حمام مذاب و یا به پاتیل اضافه شوند. عناصر افزوده شده، غالباً به صورت فروآلیاژها هستند و گاهی اوقات از فلزات بسیار خالص مانند، ساچمه، نیکلی نیز استفاده می شود. انتخاب فروآلیاژها از طریق دو عامل زیر تعیین می شود:

۱- سهولت افزایش عنصر آلیاژی، که به نتایج پایدار و مطلوب منجر شود

۲- هزینه نهایی

فروآلیاژها با درجه خلوص متفاوت قابل دسترسی هستند، این آلیاژها هر چه خالص تر باشند، قیمتشان نیز بالاتر خواهد بود. درجه خلوص از طریق وجود عناصر زیان آور و یا عناصر مزاحم، از قبیل گوگرد، فسفر و کربن سنجیده می شود. برای مثال، فروکرم کم کربن خیلی گرانتر از فروکرم پرکربن است، در نتیجه برای تولید ارزان فولاد با کرم زیاد تا جایی که امکان داشته باشد، کرم را به فرم فروکرم پرکربن است، در نتیجه برای تولید ارزان فولاد با کرم زیاد تا جایی که امکان داشته باشد، کرم را به فرم فروکرم پرکربن قبل از عمل کربن زدایی اضافه نموده و تنها برای اصلاح ترکیب شیمیایی نهایی فولاد به دست آمده از مواد کم کربن استفاده می شود.

محدوده ذوب فروآلیاژها عامل بسیار مهمی در انتخاب نوع آن می باشد، به ویژه هنگامی که مقادیر زیادی از آن مورد استفاده قرار می گیرد. هر چه این محدوده بیشتر باشد، باید زمان بیشتری برای حل شدن آن اختصاص داده شود.

معمولاً هر چه آلیاژ موجود در فروآلیاژها بیشتر باشد، گاز موجود نیز در فروآلیاژها بهمان نسبت بالاتر خواهد بود. فلزات خالصی که به طریق الکترولیتی تهیه شده اند، از این جهت اشکالات بیشتری را موجب خواهند شد. تراکم و اندازه نیز در میزان بازیابی تأثیر داشته و کلوخه های بزرگ با تراکم زیاد در هنگامی که به کوره اضافه می گردند، در داخل سرباره فرو رفته و بازیابی بهتری دارند. فروآلیاژهایی که بلافاصله قبل از تخلیه مذاب به پاتیل اضافه می شوند برای حل شدن سریع آنها، باید اندازه های بسیار ریز داشته باشند.

فروآلیاژها معمولاً در معرض هوا تجزیه نمی شوند، اما باید نهایت تلاش بشود که از آلوده شدن آنها با رطوبت و دیگر مواد نامطلوب جلوگیری گردد. در مورد فروآلیاژهایی مانند ۴۵ درصد فروسیلیسم و کلسیم - سیلیسیم - منگنز باید دقت زیادی شود، زیرا که این آلیاژها در صورتی که به مدت زیادی در انبارها بمانند، فرسوده می شوند.

۱-۱۴-۳- فروکربن در تولید فولادهای پرآلیاژ و ابزار (ذوب با قوس مستقیم)

فروکربن دانه بندی شده یک اکسیژن زدای قوی در هر دو روش سرباره تکی و سرباره دو گانه (مضاعف) می باشد. جایگزینی فروکربن به جای فروسیلیسیم - گرافیت باعث کاهش زمان تولید می شود زیرا واکنش فروکربن با فولاد، واکنشی گرمازا (به ازای هر تن فولاد ۲۰۰۰ کیلو کالری گرما تولید می شود) است. افزودن ۳ تا ۴ کیلوگرم فروکربن (به ازاء هر تن فولاد مذاب) به سرباره باعث احیاء آن می شود و عناصری چون وانادیم و کرم و ... را که به صورت اکسید وارد سرباره شده اند، احیاء کرده و به مذاب بر می گرداند.

در روش عملیات سرباره دوگانه، فروکربن در طی دو مرحله افزوده می شود، به این ترتیب که در مرحله اول ۳ الی ۴ کیلوگرم از آن (به ازای هر تن فولاد مذاب) به سرباره افزوده می شود و سپس حدود ۲ کیلوگرم دیگر در مرحله پایانی فولادسازی به مذاب افزوده می گردد. در کوره های قوس الکتریکی، فروکربن به عنوان یک ماده افزودنی از سالها قبل مورد مصرف قرار گرفته است. به منظور شکستن اتصال سیلیسیم- کربن و افزایش درصد این عناصر به فولاد، باید فروکربن به مذاب آن افزوده شود. این محصول می تواند در جداره ها و یا کف قالب نیز به عنوان یک ماده افزودنی مورد استفاده قرار گیرد.

قدرت اکسیژن زدایی فروکربن تا حدی است که فولاد کشته شده توسط آن آرام شده و قدرت خوردگی آن که باعث کاهش عمر جداره و همچنین کف کوره و یا حتی پاتیل می شود، شدیداً کاهش یابد. اهداف مورد نظر از مصرف فروکربن در فولاد سازی عبارتند از:

الف- فروکربن را می توان به عنوان یک اکسیژن زدای قوی هم به کوره و هم به پاتیل افزود تا فولادهایی همچون فولادهای کار شده (جهت تولید ورقها و صفحات با کمک روش کشش عمیق)، فولادهای با خواص بالا و فولادهای کشته و فولادهای نیمه کشته تولید شوند.

ب- خواص فیزیکی و شیمیایی مخصوص فروکربن (به عنوان یک اکسیژن زدای قوی) و جایگزینی آن به جای فروسیلیسیم و آلومینیم در فولاد سازی باعث می شود که:

- ۱- فولادهای تولید شده با آن دارای کیفیتی بهتر و ارزانتر باشند زیرا در اینصورت، لایه های سولفیدی تبدیل به ذرات سولفیدی می شوند، میزان ناخالصی ها کاهش یافته و توزیع این ذرات بهتر و یکنواخت تر خواهد شد و کیفیت سطح بسیار مطلوب می گردد.
- ۲- به خاطر گرمازا بودن واکنش حلالیت آن در فولاد، باعث صرفه جویی در انرژی می شود.
- ۳- نقطه تسلیم شمش ها و تختال ها کاهش یافته و لذا انرژی مصرفی جهت نورد آنها نیز شدیداً کاهش می یابد.
- ۴- هزینه های تولید به علت افزایش بازیابی عناصر آلیاژی نیز کاهش می یابد.

۱-۴-۴- مواد سرباره زا

مواد اصلی سرباره زا برای کوره بازی، سنگ آهک و آهک پخته هستند که تقریباً هر دو کار واحدی را انجام می دهند. وقتی در کوره قوس الکتریکی، سنگ آهک اضافه می شود، این سنگ آهک خشک شده و به آهک پخته تبدیل می شود، ولی این عمل خشک شدن و تبدیل به آهک، مستلزم هزینه مصرف برق نیز خواهد بود. آهک پخته خیلی گرانتتر از سنگ آهک است و به این لحاظ هزینه کلی ذوب را بالا می برد، بعلاوه انبار کردن سنگ آهک نیز آسان تر می باشد، در حالی که آهک پخته خیلی زود آب را به خود جذب می کند و اگر از این کار جلوگیری نشود، فولاد هیدروژن آب را جذب خواهد کرد. این مسأله تا حدی، با خریداری آهک پخته در کیسه های پلی اتیلن قابل حل است. مزیتی که برای سنگ آهک ذکر می شود این است که سنگ آهک، در جریان تکلیس (تبدیل شدن به آهک) نقش هم زدن را در کوره ایفاء می کند. مهمترین عاملی که در انتخاب سنگ آهک یا آهک باید مورد توجه قرار بگیرد، مقدار گوگرد موجود در آنهاست. اگر هدف، تشکیل سرباره احیاء کننده جهت تولید فولاد کم گوگرد باشد، در این صورت به طور متداول سنگ آهک بر آهک ترجیح داده می شود. گوگرد زیاد آهک پخته، بیشتر به این دلیل است که سنگ آهک در جریان تبدیل به آهک پخته، گوگرد موجود در کک (سوخت) را جذب می کند. از این رو، مشاهده می شود که انتخاب انواع آهک قبل از اینکه بستگی به عوامل فنی و اقتصادی داشته باشد، بیشتر به مورد خاص بستگی پیدا می کند.

۱-۱۴-۴- روان سازها

از دیگر موادی که در ساختن سرباره به کار می رود، روانسازها هستند که این مواد سیالیت سرباره را افزایش می دهند. فلوراسپار (فلورورکلسیم) برای سرباره های بازی و آهک برای سرباره های اسیدی به کار می روند. بعضیها موادی نظیر بوکسیت را به عنوان جانشین معرفی می کنند که هیچکدام از اینها مورد استفاده وسیعی قرار نگرفته اند. البته شاید به مرور زمان اگر دسترسی بر فلوراسپار کمتر شود، این وضعیت تغییر یابد. معمولاً فلورورکلسیم با عناصر نامطلوب در فولاد سازی آلوده نبوده ولی ممکن است سرب همراه داشته باشد و در بعضی موارد، مواد همراه سنگ معدن در مقادیر زیادی ظاهر می شوند. انواع مختلف اکسیدهای آهن در مقادیر کم برای تسریع شرایط اکسیداسیون و نیز فروسیلیسم ، آلومینیم و یا انواعی از کربن نیز در مقادیر کم برای تسریع شرایط احیاء به کار می روند. انتخاب مواد خاص با توجه به قیمت و قابل دسترس بودن آنها صورت می گیرد، اگر چه سلیقه شخصی اپراتور کوره نیز در این انتخاب سهم به سزایی دارد.

۱-۱۵- جداره کوره های قوس الکتریک

آستر نسوز کوره های قوسی از مواد مقاوم در مقابل حرارت و مناسب در مقابل واکنشهای شیمیایی انجام شده در کوره و در برابر اثرات تخریبی مختلف در نتیجه بارریزی ذوب، تصفیه و ریختن فولاد بوجود می آید، مقاوم باشند.

۱-۱۵-۱- کاربرد دیرگذاها در کوره های قوس الکتریک

قسمت های مختلف بدنه داخلی کوره قوس الکتریک از انواع مختلف مواد دیرگذاز تشکیل یافته که هر قسمت بستگی به انتظار طراح کوره و واکنش شیمیایی و اثرات فیزیکی انتخاب می شوند. هر چه در این انتخاب دقت بیشتری شود عمر نسوز و دیرگذاز بالاتر رفته و نیاز به تعمیر کردن مواد نسوز آن کم خواهد شد. در کوره های قدیمی قوس الکتریک تمام قسمتهای داخلی کوره مثل کف و جداره و سقف از مواد دیرگذاز تشکیل یافته بود. این مطلب باعث مصرف زیاد نسوز و دیرگذاز می شود و در نهایت هزینه فولاد بدست آمده بالا می رفت. با بکار گیری پانل ها (جعبه) که توسط آب سرد می شوند (آب در داخل آنها

گردش می کند) مصرف نسوز در کوره های قوس الکتریک به $1/3$ کاهش یافته که باعث کاهش هزینه تولید فولاد می شود. جنس پانل از یک نوع فولاد تشکیل شده است که در سقف کوره و جداره کوره تعبیه می شود. در واقع هم اکنون کوره های قوس الکتریک فقط در قسمت وان مذاب تا خط سرباره از مواد دیرگذاز تشکیل یافته و بقیه قسمت ها از پانلها استفاده می شود.

۱-۱۵-۲- مواد نسوز

آستری های کوره های قوسی از مواد مقاوم در برابر حرارت ساخته می شوند که به مواد نسوز معروفند. این مواد نسوز باید برای واکنشهای شیمیایی در روند فولادسازی مناسب بوده و بتوانند در برابر اثرات تخریبی مختلفی که در نتیجه بارگیری، ذوب، تصفیه و ریختن فولاد به وجود می آیند، مقاومت کنند.

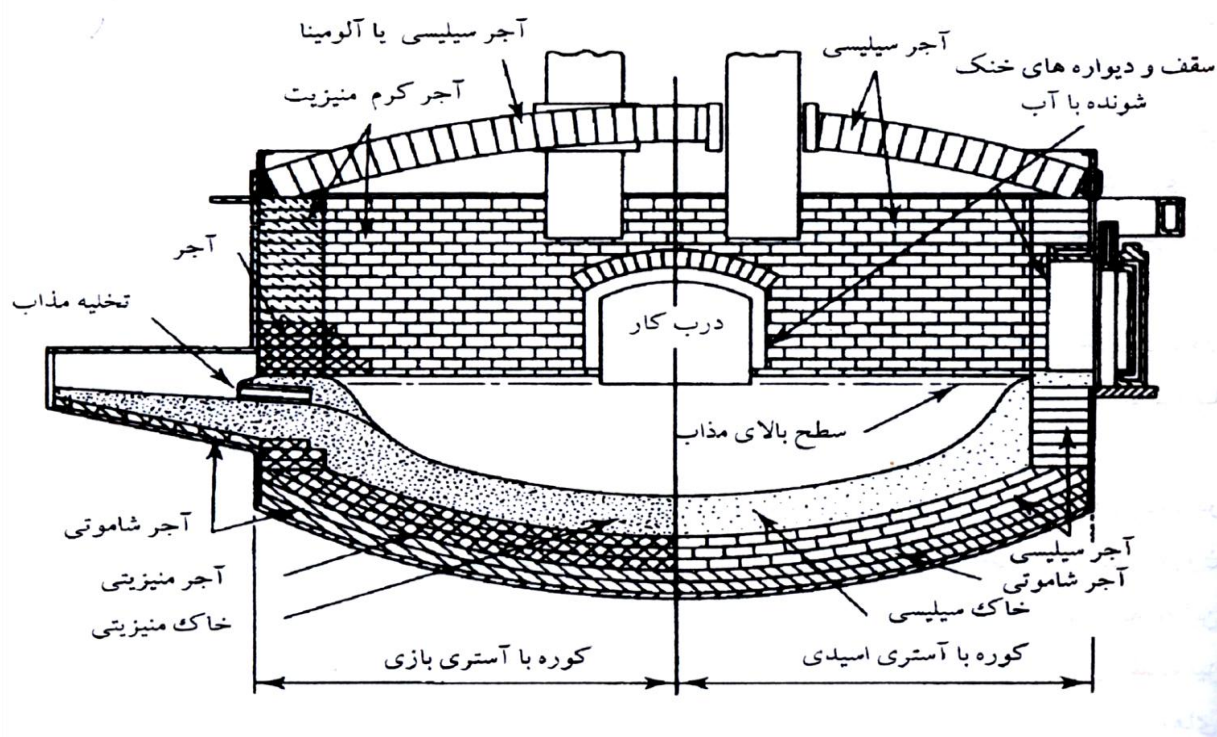
بخش های آسترکشی شده کوره عبارتند از : کف یا بوته، دیواره جانبی، سوراخ خروج مذاب، سقف و ناودان تخلیه مذاب.

بوته آن قسمت از جداره آسترکشی شده است که بر روی محفظه یا بدنه قرار دارد و تا خط سرباره ادامه می یابد، بالای آن دیواره جانبی است که روبروی درب کوره قرار گرفته و سوراخ خروج مذاب نیز بر روی آن قرار دارد، معمولاً به عنوان دیواره پشتی معروف است.

برشی از کوره قوسی که نسوزهای مورد استفاده در بخشهای مختلف برای کوره های بازی

و اسیدی را مشخص کرده است. در شکل مشاهده می شود.

تصویر شماتیک یک کوره قوسی که کاربرد نسوزهای نمونه را که معمولاً در روش های اسیدی و بازی مصرف می شوند، نشان می دهد.



شکل ۱-۸- نمای شماتیک نسوز بازی و اسیدی

۱-۱۵-۳- ساختمان بوته و دیواره ها

از آنجایی که کوره های قوسی موجود در بریتانیا اکثراً آستر دولومیتی دارند، لذا نصب و ساختمان این آستر را با تفصیل بیشتری مورد بررسی قرار خواهیم داد. البته آسترهای

سیلیسی و منیزیته به شیوه ای مشابه، منتها با استفاده از نسوزهای مناسب، نصب می شوند.

آستر مطمئن از آجرنسوز، آجر عایق و یا ترکیبی از هر دوی اینها را ابتدا روی جداره فولادی نصب می کنند، بر روی آن شبه بوتله ای از آجرهای منیزیته، کرم منیزیته یا دولومیتی ساخته می شود. بوتله اصلی بر روی این شبه بوتله با کوبیدن و فشردن دولومیت خشک یا آغشته به قیر ساخته می شود و نمای اصلی بوتله شکل می گیرد. بدنبال ساختن بوتله، دیواره جانبی ساخته می شود که از جنس دولومیت آغشته به قیر یا فولاد روکش شده منیزیته است. انواع متنوع از آجرهای نسوز موجود هستند و سالها باید بگذرد تا اپراتور هر کوره بتواند بهترین ترکیبی را که با طرز کار کوره بیشتر مناسب است، دریابد. در این مورد هیچ قانون کامل و جامعی را نمی توان ارائه داد.

پس از نصب آستر، آنرا خشک کرده و با حرارت می پزند. بوتله قبل از بارگیری، توسط ورقه های فولادی حفاظت می شود، آنگاه به طریق معمول عمل ذوب انجام می گیرد. در حالی که سابقاً به نظر می رسید که انجام یک نوبت پخت جداگانه ضروری باشد، در روشهای جدید از این عمل صرف نظر شده و در اولین نوبت مذاب تهیه می شود. این عمل مزیتهای اقتصادی آشکاری در بردارد، اما ضروری است که ذوب موجود در حمام با کربن زیاد صورت گیرد تا در نتیجه، جوشش خوب کربن مانع جذب هیدروژن موجود در رطوبت آستر توسط مذاب گردد.

در هنگامی که مواد نسوز اسیدی درون کوره پخته می شوند، باید بدقت میزان حرارت دادن کنترل شود، زیرا یکی از اجزاء عمده متشکله آن، به نام کریستوبالیت، تغییر فازی می دهد که با انقباض حرارتی قابل برگشت همراه بوده می تواند به ترک خوردگی قطعی منجر شود.

مواد نسوز دولومیتی که در نتیجه جذب رطوبت، هیدراته و کشته می شوند، باید در محوطه کاملاً خشک انبار نگهداری شده و خود کوره نیز باید برای بازرسی، از نظر نفوذ آب به درون کوره خصوصاً در مواردی که در آخر هفته خاموش می شود مرتباً مورد بازدید قرار گیرد. که به این منظور منیزیت ترجیح داده می شود، البته آستر کردن با منیزیت فوق العاده مشکل است و اغلب نیز برای این کار از دولومیت استفاده می شود. از این رو، بتدریج بوتله های منیزیته

تبدیل به بوت‌های دولومیتی می‌شوند و مشکل جذب رطوبت بیشتر مطرح می‌شود.

۱-۱۵-۴- ساختمان سقف

برای اینکه شکل دلخواه گنبد سقف به دست آید، آنرا بر روی شابلون می‌سازند. به طور معمول برای ساختن سقف کوره‌های بازی و اسیدی از آجرهای سیلیسی استفاده می‌شود. اخیراً کاربرد محدودی از آجرهای با آلومینای زیاد نیز متداول شده است، هر چند که سقفهای آجر آلومینی‌گرانت‌تر تمام می‌شود اما دوام بیشتر، وقفه کمتر برای ترمیم خرابیها و نیز هزینه پائین آجرچینی، از مزایای کاربرد آن به شمار می‌آید.

سقف کوره‌های کوچک را می‌توان کاملاً با عمل کوبیدن، ساخت گِرچه روش معمول این است که محیط اطراف سقف را آجرچینی کرده و قسمت مرکزی آنرا که در مجاورت سوراخهای الکتروود است، کوبیده و یا اینکه سر تا سر سقف را آجرچینی کنند. آجرهایی که در ساختن سقف به کار می‌روند، شکل استاندارد دارند و معمولاً بین آنها فاصله ای به عنوان فاصله مجاز انبساطی با جا دادن ورقه‌های آغشته به قیر مخصوص بین ردیفهای آجر تعبیه می‌کنند. در بعضی موارد بعد از آجرچینی، سطح بیرونی سقف را دوغاب می‌مالند که هر نوع منفذ و درز احتمالی را مسدود کرده و به این ترتیب سقف را در مقابل گاز نیز نفوذ ناپذیر می‌کنند. تغییرات حجمی زیاد بخاطر سیلیس، می‌تواند منجر به پولک زدن سقف بشود، از این رو، بمنظور کاهش ایجاد ترک لازم است سرعت گرم کردن سقف نو بدقت کنترل شود. روش معمول (کنترل حرارت) به عنوان پایدار کننده نامیده می‌شود که درجه حرارتی بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد انجام می‌گیرد.

۱-۱۵-۵- تعمیر مواد نسوز

به طور کلی سقف کوره، قاعداً بدون احتیاج به تعمیر، باید تا سرآمدن عمر مفیدش، دوام بیاورد. سطح دیواره‌های جانبی که در تماس مستقیم با سرباره است، و چهارچوب درب کار، گوشه‌های بالایی دیواره و مناطق گرمی که با الکتروودها در ارتباط هستند، بدون استثناء نیاز به تعمیر و وصله کاری

دارند. این وصله کاری به دو طریق انجام می پذیرد: نخست کوره را خاموش می کنند و بعد از سرد شدن، محوطه ای را که آجرهای آن آسیب دیده بر می دارند و بجایش آجرهای سالم نصب می کنند. اندازه آجرهای جانشینی کوچکتر خواهد بود و به خاطر اینکه، کوره به ضخامت یکنواخت قبلی برسد تا بتوان دوباره از کل سیستم بهره گیری کامل را به عمل آورد. تعمیرکاریهای جزئی را می توان در کوره گرم با استفاده از وسیله پرتاب کننده ای انجام داد، به این ترتیب که مواد خمیری کوبیده شده را به جاهای آسیب دیده پرتاب می کنند. چسباندن این مواد با بیلچه های مخصوص هم امکان پذیر است. چسباندن مواد از طریق پرتاب کردن مواد خمیری در کارگاههای ریخته گری بریتانیا معمول نیست، اما در امریکا این روش به طور وسیع مورد استفاده قرار می گیرد. می توان وصله کاری را تا حد زیادی ادامه داد، اما هدف این نیست که از آستر به طور نامحدود کار کشید، بلکه منظور این است که هزینه های مربوط به مواد نسوز را به ازاء تولید هر تن فولاد پائین آورد. بدیهی است که در ادامه تعمیر آسترهای آسیب دیده به نقطه ای می رسیم که در اقتصاد به آن، نقطه سر به سر، یا نقطه هزینه دخل و خرج گفته می شود که فراتر از این نقطه، دیگر نگر داشتن آتسرها و کار کشیدن از آن به کمک تعمیر و وصله کاری، هزینه اش به مراتب بیشتر از به کار گرفتن آستر تازه خواهد بود. این نیز موردی است که هزینه های مواد مصرف شده، برای حفظ سود و عملکرد اقتصادی کوره، باید به دقت ثبت شود به ویژه در مواقعی که از روش پرتاب مواد نسوز برای تعمیر استفاده می شود.

عمل تعمیر بوته در فاصله هر ذوب انجام شده را آستر کردن می نامند. برای آسترهای بازی از دولومیت پخته شده و برای آسترهای اسیدی از ماسه سیلیسی استفاده می شود، این مواد را به جایی که بدنه تماس مستقیم با سرباره دارند، می چسبانند تا جایی که زاویه انحناء بوته به حالت و شکل اولیه برسد. اگر حفره های عمیق تری در آستر بوته مشاهده شود، می باید قبل از پر کردن و چسباندن دولومیت، مواد فلزی داخل سوراخ بیرون کشیده شود.

- ۱- ساده ترین و راحت ترین وسیله ذوب فولاد است و اکسایش فولاد بهتر انجام می گیرد.
- ۲- در درجه حرارت یکسان فولاد اسیدی سیالیتش بیشتر از فولاد بازی است.
- ۳- مدت زمان ذوب کاهش می یابد و سرعت تولید برای ذوب های کم (۱ تا ۱۰ تن) است.
- ۴- عمر جداره دیرگداز بالا و هزینه مواد نسوز پایین است.
- ۵- مصرف انرژی الکتریکی کمتر است.
- ۶- محدودیت کوره های با جداره اسیدی این است که امکان گوگرد و فسفرگیری نیست.

۱-۱۵-۷- مزایای جداره بازی

- ۱- امکان گوگرد و فسفرگیری تا میزان بسیار پایین امکان پذیر است. از این رو در این کوره ها تبدیل نامرغوب ترین قراضه به فولاد مرغوب، امکان پذیر است.
- ۲- برای تولید فولادهایی با استحکام بالا یا فولادهای مقاوم به حرارت با استحکام بالا بسیار مناسب است.

۱-۱۶- الکترودها

کار الکترودها انتقال جریان از بازوهای الکترودها به بار کوره از طریق ایجاد قوس الکتریکی است. امروزه الکترودها از گرافیت ساخته می شوند، اگر چه در ابتدا کربن بی شکل در ساخت آن به کار می رفت، ظرفیت انتقال جریان الکتریکی الکترودهای گرافیتی که در کوره های الکتریکی مصرف می شوند بیشتر است.

در حین عمل کوره، الکترودها در نتیجه اکسیداسیون، تصعید و شکستگی از بین می روند، در نتیجه تعویض مرتب آنها ضروری است. بخش انتهایی هر یک از الکترودها دارای یک سرپیچ گرد مخروطی شکل است که در داخل آن می توان یک مغزی پیچ داد.

برای تعویض یک الکترودها، نخست سرپیچ را با استفاده از یک لوله دمنده هوا و یا در صورت لزوم به وسیله یک برس سیمی به دقت تمیز می کنند. سرپستانک یا مغزی را بعد از تمیز کردن سرپیچ، در داخل سرپیچ الکترودها جدید پیچ می دهند، و سپس به میزان دور، پیچ آنرا شل می کنند که در حین کار

فشار متعادل برقرار باشد. آنگاه، یک سرپیچ فولادی که برای بالا بردن به کار می رود به انتهای پیچ دار الکتروود متصل می گردد و این مجموعه به وسیله جرثقیل بلند می شود، در حین جابجا کردن باید کمال دقت را به عمل آورد که مغزی و لبه خارجی الکتروود کوچکترین آسیبی نبینند. الکتروود جدید در بالای سرپیچ الکتروود دیگر، به صورت معلق آویزان شده، و با استفاده از یک فاصله انداز و یک هادی برای جلوگیری از هر نوع آسیب، آنرا در محل خود پیچ داده و با استفاده از یک آچار گشت آور آنرا کاملاً محکم می کنند. نکته مهم این است که اتصال با "گشت آوری" محکم می گردد که به وسیله کارخانه سازنده توصیه می شود، زیرا در اتصال های سست، جریان بجای اینکه از تمام الکتروود عبور کند، تنها از مغزی عبور می نماید، و به این ترتیب باعث افت زیاد انرژی الکتریکی می شود، در حالی که بیش از حد محکم کردن الکتروود نیز منجر به شکاف برداشتن آن در ناحیه گردن می گردد.

اهمیت اتصالهای محکم، در صرفه جویی مصرف انرژی است، در صورت سست بودن، مقاومت افزایش یافته که منجر به گرم شدن اتصال می شود و در نتیجه اکسیداسیون سطح الکتروودها بیشتر شده که باعث کاهش سطح تماس و افزایش مقاومت می گردد. الکتروودها به هنگام کار کوره همواره در معرض ضربه و لرزش قرار دارند و مخصوصاً در هنگام تخلیه مذاب و تخلیه سرباره که کوره خم و راست می شود، اتصال سست، رفته رفته سست تر خواهد شد و بتدریج سطح تماس کمتری برای محکم گرفتن اتصال باقی خواهد ماند. وقتی تمام یا بخش زیادی از جریان از مغزی عبور کند، مقاومت آن بیش از حد بالا رفته و شروع به داغ شدن و انبساط می کند و در نتیجه سرپیچ ترک خورده و منجر به از کار انداختن کامل اتصال می گردد. اگر مواد زائدی در اتصال گیر کرده باشد، میزان مقاومت در آن نقطه بالا می رود و این نیز به نوبه خود منجر به بیش از حد گرم کردن همان محل شده که اشکالات بعدی را به همراه خواهد داشت. بهترین روش و طرز کار با الکتروودها در توضیحات و شکل های مربوطه خلاصه شده اند. گران بودن الکتروودها اهمیت استفاده از روش های پیشرفته تر را در کاربرد آنها ایجاب می کند.

اگر چه کاربرد و اتصال صحیح الکترودها، مصرف آنها را تا حدی کاهش می دهد، معهداً، سایش الکترودها به علت تبخیر درانتهای جایی که قوس الکتریکی برقرار می شود و نیز طرفین جانبی آن در نتیجه اکسیداسیون جو کوره و سرباره همچنان ادامه خواهد داشت. در نتیجه تبخیر، فرسایش قسمت انتهایی تقریباً به میزان ۶ درصد الی ۳۰ درصد خواهد بود در حالی که فرسایش بر اثر اکسیداسیون سطوح جانبی ۷۰ درصد کل فرسایش است. میزان این فرسایش به نسبت شدت جریان در واحد سطح خواهد بود. از این رو، اگر بتوانیم میزان اکسیداسیون سطوح جانبی را کاهش داد، فرسایش الکترودها نیز به همین میزان کاهش خواهد یافت و می توان از توانهایی با شدت جریان زیاد بهره گرفته بدون اینکه نیازی به افزایش قطر الکترودها باشد.

اخیراً الکترودهای پوشش داری به بازار عرضه گردیده است، یک پوشش مفید و موفق باید دارای شرایط زیر باشد:

الف- حائلی بین گرافیت و جو کوره به وجود آورده تا مانع اکسیداسیون شود.

ب- در برخورد با سرباره مقاوم باشد.

ج- در مقابل الکتریسیته مقاومت کمتری داشته باشد تا تماس بین گیره نگهدارنده الکترودها و خود الکترودها برقرار و حفظ گردد.

د- از نظر قیمت آنقدر گران نباشد که کاربرد آنها را که بمنظور کاهش هزینه تولید انجام می گیرد، منتفی سازد.

به طور عمده دو نوع پوشش، خصوصیات مذکور را دارد:

۱. سطح خارجی الکترودها بطرق گوناگون روکش فلزی شده باشد، موفق ترین مواد برای این نوع پوشش، آلومینیم و یا مخلوطی از آلومینیم و کاربید سیلیسم است.

۲. سطح خارجی الکترودها با مواد شیمیایی از جمله، نمکهای باریم، اسید بوریک، بوراکس و یا ترکیبی از این مواد با مواد دیگر تلقیح شده باشد.

تصمیم به استفاده از الکترودهای روپوش دار، صرفاً از نقطه نظر اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته، لذا قبلاً باید دقیقاً هزینه های عمل با انجام آزمایشهای لازم مورد ارزیابی قرار گیرد. مسأله ای که باید در نظر داشت مقایسه افزایش هزینه ناشی از خرید الکترودهای گرافیتی روپوش دار

با کاهش هزینه عملیات کوره است. مصرف الکتروود عامل مهمی در تعیین اقتصادی بودن کار کوره است. میزان مصرف الکتروود از ۳ الی ۱۰ کیلوگرم برای هر تن متغیر است و مقدار آن عمدتاً بستگی به نوع فولاد تولیدی و طرز کار کوره دارد. مثلاً در کوره های ۳ تنی که مستقیماً دوده از آنها استخراج می شود، برای تولید فولادهای کربن دار و کم آلیاژ با روش دو سرباره گیری، رقم مصرف الکتروود ۵/۷ کیلوگرم برای هر تن فولاد می باشد. وقتی دود زدایی به روش غیرمستقیم صورت گیرد رقم مصرف الکتروود ۳/۵ کیلوگرم برای هر تن فولاد خواهد بود.

جدول ۱-۴ - ارقام

مربوط به کار کوره های قوس الکتریکی

کوره ۳ تنی	کوره ۲۵ تنی	عمق مفید حمام مذاب
۵۰۸ میلیمتر	۸۳۸ میلیمتر	قطر اجاق در ناحیه دهانه
۱۵۴۹ میلیمتر	۳۳۵۳ میلیمتر	ارتفاع از حمام تا سقف
۸۷۰ میلیمتر	۲۲۸۶ میلیمتر	عمق اجاق
۲۲۹ میلیمتر	۶۱۰ میلیمتر	قطر نگهدارنده، الکتروود
۷۲/۲۸ لیره انگلیسی	۱۲۰۰ لیره انگلیسی	قیمت یک سقف
۱۳/۵۰ لیره انگلیسی	۷۴/۹۱ لیره انگلیسی	دستمزد
۱۹۵/۳۵ لیره انگلیسی	۷۴/۹۱ لیره انگلیسی	قیمت آستر نسوز
۲۷/۶۲ لیره انگلیسی	۱۴۴/۶۱ لیره انگلیسی	دستمزد
۳۳۷ تن	۷۴۰۶ تن	تن مذاب بازاء هر سقف
۹۵ دفعه	۲۷۰ دفعه	تعداد دفعات گرم کردن بازاء هر سقف
۲۰۶	۲۵۲۳	مذاب برای هر تن آستر نسوز
۵۸	۹۲	دفعات گرم کردن برای هر بار آسترکشی
۱/۸	۷/۵	ظرفیت ترانسفورماتور KVA
۱۰	۶	دفعات تنظیم ولتاژ
۸۵-۲۱۵	۱۳۶-۳۰۰	محدوده ولتاژ
۸۵-۱۱۵-۱۶۵-۲۱۵	۳۰۰-۲۵۴-۲۲۰-۱۷۳	تعریض ولتاژهایی که معمولاً انجام می گیرد
۱۴۲۵ KW	۶۳۰۰	انرژی مصرفی در حین ذوب، KW
۲۰۳ میلیمتر	۳۵۶ میلیمتر	قطر الکتروود
۵/۷ کیلوگرم	۶/۴ کیلو وات ساعت	مصرف الکتروود برای هر تن مذاب
۶۶۶ کیلو وات ساعت	۶۶۰ کیلو وات ساعت	متوسط مصرف برق، کیلو وات ساعت در هر تن مواد مصرفی در کوره
آجر سیلیسی با ۲۴%		
Al_2O_3 که پشت آن قوسی ۵۴%	Al_2O_3	سقف
شکل است		

پائین سطح مذاب	آجر منیزیت	آجر منیزیت
بالای سطح مذاب	آجر دلمویت قیر مخصوص	منیزیت با پوشش فولادی RW100
آستر	۷۶ میلیمتر کرم منیزیت	آجر منیزیت
اجاق کوره	دلمویت قیر مخصوص دار	دلمویت قیر مخصوص دار
مواد مصرفی	فشرده (کوبیده شده)	فشرده (کوبیده شده)
طرز قرار گرفتن		

همانند همه محصولات صنعتی که به روش منقطع تولید می شوند، الکترودها می توانند خصوصیات مختلفی به خود بگیرند. فقط آزمایشهای مقاومت کششی، مقاومت الکتریکی و اشعه ایکس معیارهایی هستند که معمولاً برای تأیید کاربرد الکترودهای استفاده می شوند. از آنجا که مقاومت الکتریکی، ساده ترین آزمایش غیرمخرب بوده و بمنظور کنترل کیفیت، مورد استفاده قرار می گیرد، آزمایش نمونه سالم، مقاومت الکتریکی ۱۵ میکرو اهم سانتیمتر را در جهت طول، ارائه می دهد ولی اصولاً حد تغییرات قابل قبول برای الکترودهای سالم حداقل ۱۲ و حداکثر ۲۲ میکرواهم سانتیمتر است. الکترودهایی که مقدار مقاومت آنها خارج از محدوده این دو رقم باشد، احتمالاً در حین کار با سرعت زیادی سائیده می شوند. به دلیل وجود شکاف هوا در اتصالات، مقاومت در این نقاط بیشتر از مقاومت مناطق سالم الکترودها است.

۱-۱۶-۱- الکترودها در کوره قوسی

پیشرفت کوره های قوسی از روزهای نخستین تا به امروز، طراحی های مدرن کوره قوسی با افزایش ظرفیت و بیشترین تناژ، تنها به وسیله پیشرفت همزمان در تولید الکترودها گرافیتی امکان پذیر می باشد. با توجه به خصوصیات ویژه الکترودها رشد سریع برای بهبود بخشیدن به خصوصیات الکتریکی و مکانیکی نیاز می باشد. علاقه زیاد سراسر جهان به تولید فولاد به طریق الکتریکی، که بخصوص در دهه گذشته ثابت شده است، توجه و تحقق زیاد در پروسه های عمومی ذوب را بالا برده و باعث ساخت و کاربرد کوره های قوس الکتریکی با بیشترین ظرفیت حجمی شده است و در نتیجه باعث تولید بالا و اقتصادی شده است. با توجه به تکامل کیفی در الکترودهای گرافیتی که مناسب چنین شرایطی می باشد به هرحال باید به یاد داشت هر

تغییری در شرایط عملی، متالوژی، الکتریکی و مکانیکی به طور قطع بر رفتار الکتروود تاثیر خواهد داشت.

تکنیک های جدید ذوب در حجم های زیاد امروزی منجر به انتقال سریع حرارت از الکتروودها در کوره های باتوان بالا نسبت به کوره های کوچکتر شده است و لازم است قطعاً مقاومت الکتروودها را در برابر شوکهای حرارتی و مکانیکی بهبود داد.

احتیاج به دقت بیشتر نسبت به خواص الکتروود، نیازمند کوشش علمی زیاد همراه با شناخت و کاربرد موادم با کیفیت بالا و تکنولوژی ساخت جدید می باشد.

در این پروژه درباره الکتروود گرافیتی که در یکی از شرکت های آلمانی تولید می شود توضیح داده می شود و با شرایط عملی کوره های قوسی مدرن امروزی با استحکام مکانیکی بالا، هدایت حرارتی عالی، مقاومت الکتریکی پایین که اینها فاکتورهایی هستند که به طور قطع برای بدست آمدن مقدار مصرف اقتصادی اهمیت دارند سازگارند.

الکتروود در حین کار کوره سائیده می شود، در هنگام برقراری قوس الکتریکی نوک الکتروود اکسیده شده و تبخیر می شود و همچنین تمام بدنه الکتروود واقع در کوره نیز در اثر اکسیداسیون سائیده می شود.

الکتروودها معمولاً با ابعاد $1/5$ تا $2/5$ متر طول در قطرهای مختلف ساخته می شوند. دو انتهای الکتروودها قلاویز شده و توسط مغزی هایی می توان دو الکتروود را به یکدیگر متصل نمود تا بطول دلخواه برسند.

معمولاً هرستون الکتروود کوره قوسی از دویا سه تکه الکتروود به هم متصل شده تشکیل می شوند. معمولاً در هر ذوب $300-450$ میلیمتر از نوک الکتروود مصرف می شوند و بنابراین پس از هر ذوب بایستی طول قسمتی از الکتروود را که وارد کوره می شود تنظیم نمود.

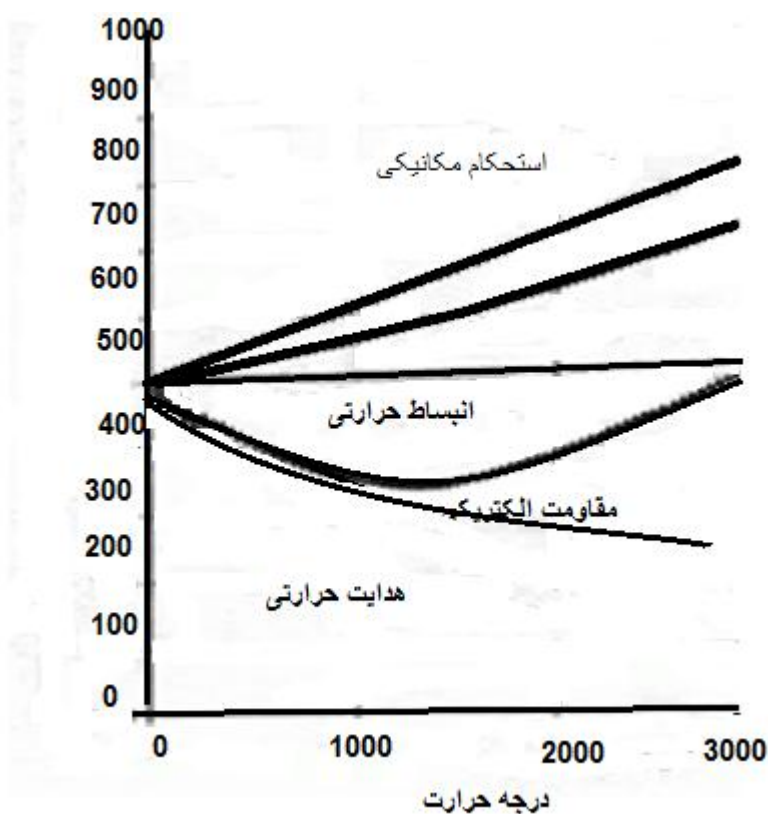
پس از آنکه الکتروود به اندازه ای مصرف شد که دیگر توسط گیره های الکتروود قابل گرفتن نباشد تکه دیگری الکتروود به انتهای ستون الکتروودها اضافه می شود.

معمولاً الکتروودهای نازک را از کربن با دانه بندی ریز می سازند که مقاومت بیشتری دارد و بالعکس الکتروودهای ضخیم را از کربن با دانه بندی درشت تر می سازند.

الکترودهای قطور بادانه بندی درشت عموماً برای پایداری در مقابل تغییرات شدید درجه حرارت ضروری می باشد، زیرا الکترودهای با قطر ۴۰۰-۶۰۰ میلیمتر در معرض تغییرات شدید درجه حرارت می باشند که این تغییرات تنش را، الکترودها با بادانه بندی درشت بهتری توانند تحمل کنند ولی در عوض مقاومت مکانیکی این قبیل الکترودها (در مقایسه با الکترودهای ریزدانه) کاهش خواهد یافت.

۱-۱۶-۲- مشخصات فیزیکی، الکتریکی و شیمیایی الکترودهای گرافیکی

به علت پروسه های مختلف ساخت سرامیک خواص فیزیکی و شیمیایی تابع صعود و نزول تولیدات عمومی سرامیک ها هستند. مقادیر متوسط براساس قطر الکترودها تغییر می کنند.



شکل ۱-۹- تغییرات خصوصیات فیزیکی الکترودهای گرافیکی با درجه حرارت

۱-۱۶-۲-۱- مشخصات الکتریکی

مقاومت الکتریکی الکتروود گرافیکی بین ۶۰۰ تا ۱۲۰۰ میکرواهم در سانتیمتر طول می باشد (بستگی به قطر الکتروود دارد) امروزه ساخت الکتروود گرافیتی به ضخامت ۶۰۰ میلیمتر و با مقاومت الکتریکی ۷۵۰ تا ۱۰۰۰ میکرواهم در سانتی متر معمول می باشد.

به علت آنکه الکتروودهای گرافیتی دارای قابلیت هدایت خوبی می باشد، بنابراین قادرند شدت جریانهای نسبتاً بالایی را تحمل کنند. اگر چه مقدار دانسیته شدت جریان برای الکتروود ۲۲۵ میلیمتری ۲۲ آمپر برسانتیمتر مربع و برای الکتروود ۶۰۰۰ میلیمتری ۱۴ آمپر برسانتیمتر مربع می باشد.

امروزه دونوع الکتروود در بازار موجود می باشد که یکی تحت عنوان درجه معمولی که با علامت مشخص می شود و دیگری بنام درجه ممتاز که با علامت مشخص می شود. الکتروود نوع الکتروودی است که مقاومت کششی و هدایت الکتریکی آن بالا بوده و از بهترین مواد اولیه ساخته شده اند. مصرف این نوع الکتروود در کوره های که شدت جریان بالا می باشد مقرون به صرفه است.

۱-۱۶-۲-۲- استحكام مکانیکی

در حین عملیات ذوب کوره، الکتروود ها در معرض تنش های مکانیکی بالایی بویژه موارد زیر قرار می گیرند:

(الف) خم شدن کوره.

(ب) ارتعاش بخاطر حرکت زیاد نگهدارنده های الکتروودها.

(ج) ریزش غیر قابل کنترل قراضه ها در اثر پائین آمدن سطح مذاب.

(د) وجود مواد عایق در قراضه.

(ه) تنظیم نبودن فاصله الکتروود.

به جز حالات فوق الکتروودهای گرافیکی توانایی مقاومت کردن در برابر چنین تنش هایی را دارند.

به این ترتیب مزیتی که وجود دارد این است که استحکام مکانیکی الکتروودهای گرافیتی با افزایش درجه حرارت افزایش می یابد. بنابراین در بالاترین درجه حرارت، بیشترین تنش های مکانیکی در الکتروود به وجود می آید.

استحکام مکانیکی نیز همچنین در ارتباط با کاهش سطح مقطع عرضی نوک الکتروود ها که موجب اکسیداسیون بدنه الکتروود می شود اهمیت ویژه ای دارد.

۱-۱۶-۲-۳- مقاومت به شوک حرارتی

علاوه بر تنش مکانیکی، الکترودهای گرافیتی شوک حرارتی زیادی را نیز تحمل می کنند. این بیشتر در مراحل ابتدایی ذوب به خاطر درجه حرارت خیلی زیاد نوک الکترودها اتفاق می افتد. در ادامه مرحله ذوب شیب درجه حرارت مابین سطح و مغز الکتروود گسترش پیدا می کند. در انتهای مرحله ذوب اختلاف این درجه حرارت می تواند به مقادیر بین ۳۰۰ تا ۸۰۰ درجه سانتیگراد برسد که بستگی به شدت بار الکتریکی و حرارتی دارد.

دقت در انتخاب مواد خام، مخلوط کردن و عمل آوردن آنها اساساً باعث افزایش مقاومت شوک حرارتی می شود. بنابراین استحکام الکتروودها به مقدار خیلی زیادی بهتر می شود و از تمایل زیاد به ترک الکترودها تحت بار بالا در نتیجه موازنه کم درجه حرارت در شرایط عملیاتی گوناگون کاسته می شود.

مقاومت به شوک مطلوب، قطعاً توسط موازنه خصوصیات ذاتی موادمانند انبساط حرارتی، هدایت حرارتی و خاصیت ارتجاعی حاصل می شود.

۱-۱۶-۲-۴- هدایت الکتریکی

مهمترین ویژگیهای الکتروود گرافیتی مقاومت الکتریکی پائین و هدایت حرارتی بالا می باشد. این دو ویژگی مخصوصاً برای الکتروودها و مغزی های با شدت جریان بالا در کوره های قوسی امروری ضروری هستند.

۱-۱۶-۲-۵- درجه خلوص بالا

الکتروود های گرافیتی حدود درجه حرارت ۲۸۰۰ درجه سانتیگراد گرافیت زدایی می شود، در نتیجه به علت خلوص بالای الکتروودهای گرافیتی این الکتروودها برای ساخت فولادهای ویژه بابت بیشترین دقت مناسب هستند. همچنین برای ذوب مس، تصفیه آلومینیوم و فرآیندهای مشابه با تعداد ناخالصی بسیار کم، مناسب هستند.

۱-۱۶-۲-۶- ظرفیت عبور جریان الکتروود

نمودار های زیر پیشنهاد شده جریان الکتریسته و دانسیته جریان قطرها و کلاسهای مختلف الکترودهای گرافیتی رانشان می دهد. در شرایط عملیاتی بستگی به ویژگی خاص هر کوره اگر مقادیر سفارش شده از حدودش تجاوز پیدا کند باعث افزایش مصرف الکتروود می شود.

صرف نظر از شکستن جزئی که بخاطر ماشینکاری پیش می آید، مقدار مصرف الکتروود بستگی به شدت الکتریسته اولیه و شدت حرارت که از پارامترهای مهم هستند، دارد.

مصرف نوک الکتروود بخاطر عبور بار الکتریکی در نتیجه ایجاد قوس می باشد، درحالی که مصرف بدنه الکتروود (اکسید شدن) در نتیجه شدت حرارت ایجاد شده می باشد.

صرفنظر از تأثیرات ناشی از طراحی کوره افزایش درجه حرارت الکتروود می تواند بخاطر دلایل مختلفی باشد، برای مثال :

ندرتاً باگذشت زیاد زمان، کافی نبودن سیستم سرد کننده رینگها یا گیره های الکتروود، غلظت اکسیژن در کوره. معمولاً افزایش درجه حرارت مابین پوشش الکتروود و گیره های الکتروود موجب مصرف بیشتر بدنه الکتروود (اکسید شدن) می شود، و در نتیجه موجب کاهش سطح مقطع عرضی الکتروود می شود، که این با نشان دادن یک ناحیه تابشی مشخص روی الکتروود مشخص می شود.

عملاً اگر درجه حرارت خیلی بالا باشد باند مرکزی (شکل ۳- الف) رابرای شدت جریان الکتریسته الکتروودها پیشنهاد می کنیم.

۱-۱۶-۳- انواع الکتروود

وظیفه الکتروودها در کوره قوسی انتقال جریان برق به داخل کوره و تبدیل این انرژی الکتریکی به حرارت می باشند. بطور کلی دو نوع الکتروود وجود دارد: ۱- الکتروود کربنی ۲- الکتروود گرافیتی.

که از مهمترین مواد مصرفی در کوره های قوس محسوب می شوند و تاثیر زیادی بر کیفیت مذاب و تولید محصول داشته و از نظر اقتصادی نیز سهم قابل توجهی از هزینه ها را به خود اختصاص داده، لذا يك الکتروود خوب باید خواصی بشرح ذیل داشته باشد:

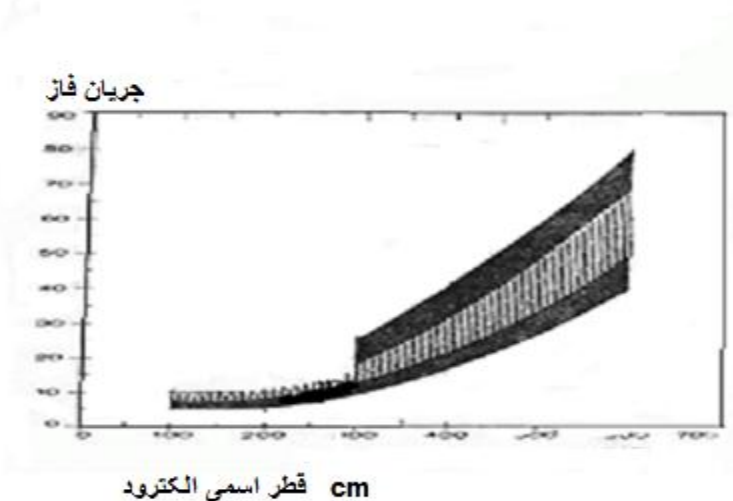
۱- مقاومت الکتریکی خوب.

- 2- مقاومت مکانیکی بالا.
 - 3- مقاومت در مقابل اکسایش به ویژه در درجه حرارات ذوب.
 - 4- حاوی حداقل عناصر مضر مانند گوگرد و فسفر باشد.
 - 5- تهیه ارزان قیمت آنها.
- الکترودهای دیگری که در صنعت استفاده می شوند عبارتند از :
- 1- الکترودهای زینتر شده.
 - 2- الکتروود آندی.
 - 3- بلوکهای کاتد و آند.

۱-۱۶-۳-۱- الکتروود گرافیتی

هدف از تهیه ذوب در کوره های قوس الکتریکی تولید فولاد و فولادهای آلیاژی با خلوص بالا ، تصفیه آلومینیوم و تهیه ذوب های دیگر با خواص بهتر می باشد.

گرد کک خالص با مقداری ماسه مخلوط شده و در داخل قالب مخصوص الکترودها ریخته می شوند و سپس الکترودهای ساخته شده را در کوره مخصوص تا ۱۶۰۰ درجه حرارت می دهند تا کربن متبلور شده و به گرافیت تبدیل شود. و در حین کار کوره این الکترودها در نتیجه اکسیداسیون، تصعید و واکنش با سرباره و مذاب خوردگی پیدا می کنند و باید تعویض شوند. الکتروود گرافیتی از طریق قراردادن کربن آمورفی در درجه حرارت بالاتر از ۲۰۰۰ درجه سانتیگراد در کوره مخصوص تهیه می شود.



شکل ۱-۱۰- محدود جریان پیشنهاد شده برای الکتروود گرافیکی

امروزه در اکثر کوره های قوسی مدرن از الکتروود گرافیتی استفاده می شود که در حقیقت برای الکتروود گرافیتی این ضریب، چهار برابر الکتروود کربنی می باشد. استفاده از الکتروودهای کربنی در کوره های قوسی با ظرفیت بالا امکان پذیر نمی باشد.

۱-۱۶-۳-۲- الکتروود کربنی

این الکتروود در صنعت با سطح مقطع های دایره، مربع وجود دارد و برای محصولات سیلیکان، آلیاژهای آهنی، کاربید کلسیم، فسفر و کربوران دوم استفاده می شود. الکتروود کربنی عمدتاً از کربن با خلوص خیلی بالا مثل آنتراسیت کلسینه شده یا کک نفتی تشکیل شده است. این مواد پس از آسیاب درجه بندی شده با چسبی از جنس قیر مخلوط شده و به شکل خمیر کربن در می آیند، سپس این مخلوط خمیری توسط پرس اکستروژن فرم داده شده و آنگاه در کوره های پخت که درجه حرارت آن حدود ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد می باشد در محیطی که اکسید اسیون انجام نگیرد پخته می شود.

۱-۱۶-۳-۳- الکتروود زینتر شده

کاربرد این نوع الکتروودها (الکتروودهای زینتر شده) که معمولاً در محل ساخته می شوند در ارتباط با تولید انبوه

فولاد یا آلیاژها می باشند. مشخصات سه الکتروود ذکر شده در بالا در جدول ۶ مشاهده می گردد.

جدول ۱-۵- مقایسه خواص فیزیکی سه نوع الکتروود

مشخصات	گرافیتی	کربنی	زینتر شده
مقاومت ویژه الکتریکی $\text{mm}^2/\text{m}\Omega$	۸-۱۴	۴۰-۶۰	۵۰-۷۰
وزن مخصوص gr/cm^3	۱/۵۵-۱/۶	۱/۵-۱/۶	۱/۵
شدت جریان قابل عبور مجاز a/cm^3	۱۳-۲۸	۴-۱۱	۷-۱۰
درجه حرارت اکسید شدن در هوا	۶۵۰	۴۵۰	
درصد خاکستر	< ۱/۵	۵-۶	-
استحکام فشاری mg/cm^2	>۱۶۰	>۲۰۰	۱۵۰

۱-۱۶-۳-۴- الکتروود آندی

برای الکتروولیز آبی، سود سوز آور، کلرات ها و پیر کلرات ها وبعلاوه برای الکتروولیز کردن مذاب نمک، محصولات فلزات قلیایی و قلیایی خاکی، عناصر کمیاب و غیره استفاده می شود.

۱-۱۶-۳-۵- بلوک های کاتد و آند

برای الکتروولیز محصولات آلومینیومی استفاده می شود.

۱-۱۶-۳-۶- الکتروودهای انتقالی

اگر به دلیل عملیاتی، الکتروودها و مغزی ها از نوع رزوه ای که مورد نیاز می باشند، منحرف شوند. الکتروودهای انتقالی آماده شده با رزوه های مختلف سر پیچ ها در هر انتها می توانند مورد استفاد قرارگیرند.

یک الکتروود انتقالی برای هر ستون الکتروود لازم می باشد. الکتروودهای انتقالی برای تشخیص دادن با علامتهای ویژه ای مشخص شده اند، و تنها می توان از طریق آزمونهای دامنه دار آزمایشگاهی، همراه با مشاهدات آماری رفتار الکتروودها را در عمل به دست آورد.

۱-۱۶-۴- عوامل موثر بر مصرف الکتروود

مقدار مصرف الکتروود بستگی به شش عامل مهم زیر دارد :

- ۱- اکسید اسیون که در آن الکتروود از کناره مصرف شده ولاغر می شود.
- ۲- سوبلیمه شدن که در آن نوك الکتروود مصرف می شود.
- ۳- ذوب شدن در فولاد مذاب که در آن نوك الکتروود مصرف می شود.
- ۴- جدا شدن قسمتی از نوك الکتروود.
- ۵- شکسته شدن الکتروود.
- ۶- سایش الکتروود.

۱-۱۶-۴-۱ - اکسید اسیون

گرافیت در درجه حرارت بالا به آسانی با اکسیژن ترکیب شده و تولید CO یا CO_2 می نماید، لذا برای کاهش میزان اکسیداسیون باید آن را از اکسید شدن محافظت نمود.

حفاظت الکتروود در مقابل اکسید اسیون

درجه حرارت کوره در حین کار معمولاً بین ۱۴۰۰ تا ۱۷۰۰ درجه سانتیگراد می باشد. در این شرایط در مجاورت هوا الکتروودها اکسید می شوند.

معمولاً ۴۰ تا ۶۰ درصد سایش الکتروود در اثر اکسید شدن بدنه الکتروود مصرف می شود. به ازای هر تن فولاد مذاب که از کوره تولید می شود ۴ تا ۹ کیلو گرم الکتروود مصرف می شود، اگر با انجام اقداماتی بتوان میزان اکسیداسیون الکتروود را کاهش داد صرفه جویی زیادی صورت خواهد گرفت. اقدامات زیر می تواند در کاهش اکسیداسیون الکتروودها موثر باشند :

- ۱- پوشش دادن سطح الکتروود با موادی که درجه ذوب آنها بالا می باشد، (مثل دیرگدازها) و به سادگی توسط کربن در درجه حرارت بالا احیاء نشوند.
- ۲- با نفوذ دادن مواد نسوز به داخل خلل موجود در سطح الکتروود گاهی باعث می شوند هوا و گازهای اکسید کننده نتوانند به داخل سوراخ های سطحی الکتروود وارد شوند.
- ۳- مکش های جمع آوری دود زیاد قوی نباشد.
- ۴- هنگام تزریق اکسیژن، نوك لوله تزریق رو به الکتروود نباشد.

- ۵- کلیه دریچه های کوره محکم بسته شوند تا اکسیژن به همراه هوا وارد کوره نشوند.
 - ۶- در صورت امکان الکتروود را با آب خنک نکه داشت.
 - ۷- زمان ذوب تا ذوب را تا حد امکان کاهش داد.
 - ۸- زمان شارژ کردن کوره را کاهش داد.
 - ۹- با اضافه کردن مواد مناسبی در خمیر الکتروود در هنگام ساخت الکتروود.
- از نه روش فوق بیشترین کوشش در جهت تهیه پوشش الکتروود با مواد دیر گداز مناسب صورت گرفته است. پوشش دیر گداز الکتروود باید دارای خواص زیر باشد :
- الف) مواد دیر گداز باید در جه حرارت ذوب بالائی داشته باشد و در درجه حرارت کوره احیاء نشوند.
 - ب) باید از نظر شیمیایی پایدار بوده و اکسید آهن و سر باره بر روی آن تاثیر نکند.
 - ج) باید ضریب انبساط آن در حدود گرافیت باشد تا در درون کوره شکسته و خرد نشوند.
 - ح) بایستی به سادگی قابل اعمال بر روی الکتروود بوده و در صورتی که این مواد از نظر الکتریکی عایق باشند باید بتوان در حین کار کوره توسط اسپری آنرا به سطح الکتروود اعمال کرد.
- موادی که خواص الف و ب را دارا می باشند عبارتند از :
- سیلیکا ، آلومینا ، مگنزیا و اکسید تیتانیوم. ولی به علت آنکه درجه حرارت ذوب این مواد خیلی بالا می باشد، بایستی با وسایل مخصوص (مثلاً با دستگاه پرتاب اکسی - اسیتلن) به سطح الکتروود اعمال شوند.
- اگر چه اعمال این مواد بر روی سطح الکتروود با موفقیت انجام می گیرد. ولی این اکسید ها دارای ضریب انبساط حرارتی نسبتاً بالائی می باشند که در عمل باعث خرد شدن و جدا شدن آنها از سطح الکتروود می گردد. و این عمل معمولاً قبل از آن که حفاظت کافی برای الکتروود در حین کار ایجاد کنند صورت می گیرد.
- پوشش های فلزی نظیر آهن، نیکل و فولاد ضد زنگ به علت هادی بودن بر مشکل هدایت جریان برق به داخل الکتروود غلبه کرده ولی به علت دارا بودن ضریب انبساط حرارتی بالا خیلی بیش از پوشش های اکسیدی در معرض خرد شدن قراردارند.

کاربیدها و نیترات های نسوز از نظر پوشش خیلی موثر می باشند ولی مشکل، اعمال این مواد خیلی دیر گداز بر روی الکتروود می باشد.

کاربید های سیلیسی که توسط روش القائی بطور موفقیت آمیزی بر روی الکتروود اعمال می شوند در مقابل اکسیده شدن الکتروود، حافظ بسیار خوبی می باشند ولی هزینه اعمال آنها آنقدر زیاد می باشد که تقریباً استفاده از آن را منتفی کرده است.

الکتروودهای گرافیتی بین ۲۰ تا ۳۰ درصد تخلل دارند که خیلی از این سوراخها در سطح الکتروود به یکدیگر متصل شده و سوراخ هایی با ابعاد بین ۵/۰ تا ۱۰۰ میکرون را تشکیل می دهند. این سوراخها را بطور جزئی یا کامل می توان با مواد مناسب پر کرد.

روش کار بدین صورت می باشد که الکتروود را در سیلندری قرار می دهند، سپس هوای داخل سیلندر را تخلیه می کنند (تا چند میلیمتر فشار جیوه) سپس محلول مناسب را از مجرایی وارد سیلندر کرده و فشار آنرا به ۱۴-۱۰ اتمسفر می رسانند، تا به این وسیله این محلول با فشار وارد حفره های الکتروود شود.

نفوذ پذیری گرافیت را بانفوذ متوالی سیالاتی نظیر سیلیکات اتیل، محلول شکر والکل فور فوریل می توان کاهش داد. ولی این مواد تنها مانع اکسید شدن الکتروودتا درجه حرارت حدود ۸۰۰ درجه سانتیگراد می شوند که در نتیجه کاربردی در کوره های قوسی نخواهند داشت.

اضافه کردن موادی به الکتروود در حین ساخت که بتواند از اکسیداسیون الکتروود جلوگیری بعمل آورد تقریباً امکان پذیر نمی باشد. زیرا تمام اکسیدهایی که برای این کار ممکن است مناسب باشند در درجه حرارت بالای کوره به فلز پایه خود بر می گردند (احیاء می شوند) و در اغلب اوقات زود تبخیر می شوند.

البته امکان دارد بعضی کاربیدها نظیر کاربید برن و تیتانیوم از اکسید آنها که در حین عمل گرافیت زدایی تشکیل می گردد، جهت حفاظت الکتروود درمقابل اکسیده شدن استفاده می شود.

۱-۱۶-۴-۲- سوبلیمه شدن

گرافیت در درجه حرارت بالا بخار می شود و سوبلیمه شدن الکتروود حین عملیات در قسمت نوک آن به وقوع می پیوندد. میزان سوبلیمه شدن با شدت جریان افزایش می یابد، لذا باید شدت جریان را تا حد امکان پایین نکه داشت.

۱-۱۶-۴-۳- ذوب شدن در فولاد مذاب

گرافیت به آسانی در فولاد مذاب ذوب می شود. بنابراین مصرف الکتروود بالا می رود برای جلوگیری از آن باید از فرو بردن الکتروود در مذاب خودداری نمود، همچنین باید مواظبت نمود که قوس کوتاه برقرار نشود.

۱-۱۶-۴-۴- جدا شدن قسمتی از نوک الکتروود

جدا شدن قسمتی از نوک الکتروود تحت اثر انبساط در نتیجه اختلاف درجه حرارت به وقوع می پیوندد که در آن بخشی از نوک الکتروود نسبت به سایر قسمتها ی دیگر از درجه حرارت بیشتری برخوردار است و سبب جدا شدن بخشی از آن می شود. هرچه معادله $kst/\alpha E$ بیشتر باشد، امکان جدا شدن کمتر است، اما از طرف دیگر ازدیاد شدت جریان و قوس کوتاه سبب افزایش میزان جدا شدن می شود.

مدول یانگ : E

ضریب انبساط حرارتی : α

استحکام : St

ضریب هدایت گرما : K

۱-۱۶-۴-۵- شکستن الکتروود

الکتروودها طبیعتاً شکننده بوده و به سادگی صدمه می بینند. بیشتر صدمات الکتروود به علت فرو ریختن قراضه در داخل کوره در حین عمل ذوب می باشد.

برای جلوگیری از فرو ریختن قراضه در داخل کوره همانطوری که قبلاً ذکر شد باید قطعات بزرگ قراضه را با برشکاری به تکه های کوچکتر تبدیل کرد و قطعاتی مانند تکه های ورق، ریل و دیگر قطعات ناجور را به دقت در کوره جای داد تا در

صورت فرو ریختن به الکترودها برخورد نکنند و منجر به شکستن الکتروود نشوند.

همانطوری که قبلاً گفته شد مواد غیر هادی می توانند باعث صدماتی به الکتروود شوند، به ویژه برگشتیهای کارگاه ریخته گری که به آنها ماسه و آجرهای نسوز چسبیده باشد و همچنین قطعات بزرگ سنگ آهک و آنتراسیت اگر زیر الکترودها قرارگیرند سبب می شوند (به علت عایق بودن این قطعات) قوس الکتریکی برقرار نشود و سیستم کنترل فاصله الکتروود بطور اتوماتیک الکتروود را به پائین خواهد آورد که در این صورت به علت برخورد الکتروود با این قطعات شکستگی الکتروود بوقوع می پیوندد.

عوامل دیگری که باعث شکستن الکتروود می شود عبارتست از :

۱- الکتروود از قسمت بست نکه دارنده و یا از مغزی اتصال بشکند که علل آن می تواند شارژ قراضه درشت، محکم نبودن اتصال مغزی، دقیق قرارندادن محل ورودی الکتروود در سقف کوره، یا لرزش بازوی نکه دارنده الکتروود باشد.

۲- جدا شدن الکتروود در محل مغزی اتصال که علت آن می تواند عدم استحکام مغزی باشد.

۳- ترك خوردن که علت آن می تواند نامرغوب بودن جنس الکتروود و یا بیش از حد بودن شدت جریان باشد.

۴- حرکت بازوهای نکه دارنده الکتروودها باید به سادگی و بدون ارتعاش باشد به طوری که الکتروودها بتوانند بدون برخورد با دیواره رینگ های خنک کننده و دیواره سوراخ الکتروود در سقف به داخل و خارج کوره حرکت کنند.

لقی کافی بین الکتروود و سوراخ الکتروود در سقف کوره بایستی منظور گردد، تا هم بتواند انبساط الکتروود وهم تغییر فرم جزئی آن را تحمل کند.

۵- سیستم تنظیم کننده الکتروود بایستی مرتباً تنظیم گردد تا عکس العمل این سیستم در مقابل شدت جریان های شدید، که در اثر فرو ریختن قراضه ها، اتصال کوتاه وغیره ایجاد می شود سریعاً انجا گیرد.

حساسیت رگولاتور وشتاب گیری بازوهای نکه دارنده بایستی به دقت تنظیم گردند. تا مانع تعادل الکتروود نشوند.

در غیر این صورت به علت ارتعاش شدید بازوهای نکه دارنده، متصل کننده الکتروود ها خواهند شکست.

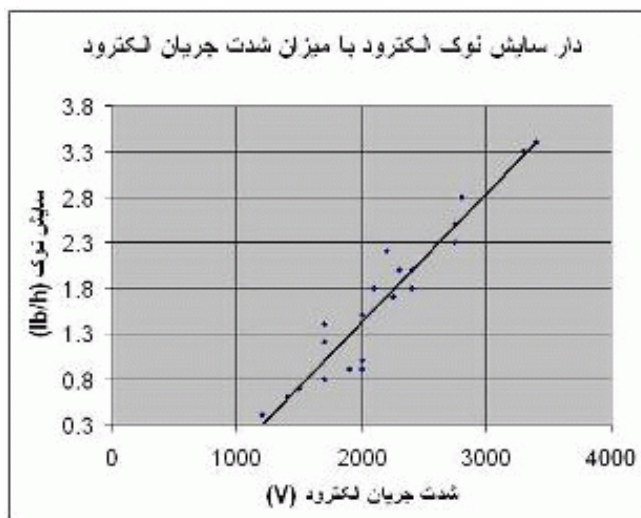
در کوره هایی که تنظیم کننده بازوهای الکتروود الکتروود هیدرولیکی می باشد، منبع هیدرولیک بایستی مرتباً هوا گیری شود تا حرکت های غیر قابل کنترل و در نتیجه شکست الکتروود پیش نیاید.

۶- اتصال دو الکتروود به یکدیگر باید با گشتاور معین صورت گیرد تا در حین عمل این اتصالات شل نشود. محکم نبودن اتصالات بین دو الکتروود سبب می شود که مقاومت الکتروود بالا رفته و الکتروودها بیش از حد گرم شوند. گرم شدن بیش از حد الکتروود کمک به افزایش اکسید شدن بدنه الکتروود و در نتیجه افزایش سایش می کند.

۷- الکتروودها در حین کار کوره در معرض بارهای ارتعاشی، ضربه ای، خمشی و دیگر انواع تنشها می باشند، از این رو محل اتصال دو الکتروود تمایل دارد که شل تر شوند، زیرا در این محل سطح تماس کمتر می باشد، و به علت آنکه اکثر جریان برق از محل مغزی عبور می کند، مقاومت آن زیاد شده و در نتیجه حرارت زیادی تولید شده و مغزی منبسط خواهد شد و چون سطح تماس کمتر گرم می شود این اختلاف درجه حرارت باعث ترك خوردگی در محل اتصال می شود. با بزرگ شدن ترك در اثر تنشهای مختلف، به تدریج تمام اتصال خواهد شکست. اگر این اتصال، اتصال بالائی دو الکتروود باشد باعث صدمه خوردن به تمام الکتروود می شود.

۱-۱۶-۴-۶- سایش الکتروود

الکتروود کوره های قوسی از دو طریق سائیده می شوند : یکی از نوک الکتروود که عامل آن قوس الکتریکی می باشد، دیگری سایش از طریق اکسید اسیون در قسمتی از بدنه الکتروود که در کوره وجود دارد می باشد. مقدار سایش نوک الکتروود متناسب با میزان شدت جریانی که از الکتروود می گذرد می باشد. شکل شماره ۱-۱۱- رابطه مقدار سایش نوک را با میزان شدت جریان الکتروود نشان می دهد.



شکل ۱-۱۱- مقدار سایش نوك با میزان شدت جریان الكترود

مقدار سایش الكترود به علت اكسید اسیون عمدتاً بستگی به درجه حرارت كوره و خاصیت اكسید كنندگی گاز های كوره دارد. هر چه كوره بلندتر و قطورتر باشد، سطح بیشتری از الكترود در معرض اكسید شدن قرار گرفته و بیشتر سائیده خواهد شد.

بنابراین همیشه سعی می شود قطر الكترود مینیمم ممکن در نظر گرفته شود (با در نظر گرفتن مقدار شدت جریانی که بایستی از آن عبور کند و مقاومت کششی لازم برای الكترود). در حین عمل ذوب میزان سایش نوك الكترود بیشترین مقدار می باشد، زیرا در مرحله ذوب بیشترین مقدار انرژی و در نتیجه بیشترین شدت جریان از الكترود عبور می کند.

در این مرحله درجه حرارت كوره نسبتاً پایین می باشد یعنی حدود ۹۰۰ تا ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد (زیرا بیشتر انرژی جذب قراضه های در حال ذوب می شود) در نتیجه میزان سایش بدنه الكترود در اثر اكسیداسیون کم می باشد.

پس از آنکه قراضه ها کاملاً ذوب شدند میزان انرژی الكتریکی ورودی كوره به میزان ۱/۳ حالت ذوب می رسد و در نتیجه میزان سایش نوك الكترود کاهش خواهد یافت.

ولی در عوض به علت بالا رفتن درجه حرارت كوره در مرحله تصفیه که به حدود ۱۷۰۰ درجه سانتیگراد خواهد رسید، میزان سایش بدنه الكترود حداکثر خواهد شد.

در واقع در در مرحله تصفیه ذوب میزان سایش از طریق اکسید اسیون به حدود ۷۰ درصد کل سایش در این مرحله خواهد رسید.

کنترل دقیق میزان انرژی الکتریکی ورودی به کوره در مرحله ذوب می تواند میزان سایش الکتروود را کاهش دهد. تجربه نشان داده است که حفظ ماکزیمم انرژی ورودی در مرحله ذوب باعث نمی شود که مرحله ذوب شدن سریعتر انجام شود.

اگر برنامه دقیق کاهش میزان انرژی ورودی از اواسط مرحله ذوب تا انتهای مرحله ذوب اجرا شود (با کاهش شدت جریان ولتاژ) علاوه بر کاهش زمان مرحله ذوب میزان سایش نیز کاهش خواهد یافت.

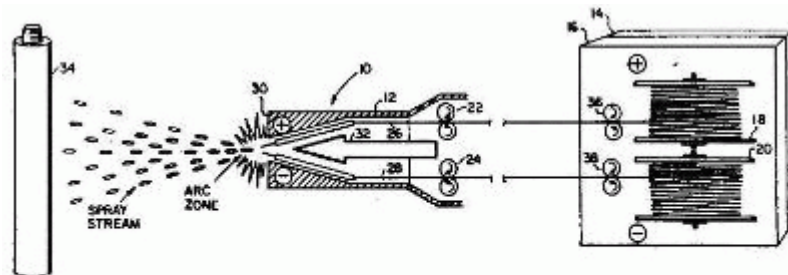
انتخاب شدت جریان و ولتاژ در مرحله احیاء که معمولاً در اختیار مسئولین ذوب می باشد اثر مهمی در سایش الکتروود دارد. البته فکر می کنند که هر چه شدت جریان الکتروود بیشتر باشد حرارت بیشتری جذب فولاد خواهد شد.

البته این نظر تا حدودی صحیح است، زیرا طول قوس الکتریکی متناسب با عکس شدت جریان می باشد. ولی اگر شدت جریان بیش از حد اضافه شود طول قوس چنان کاهش خواهد یافت که الکتروود در سرباره فرو رفته و در نتیجه باعث خوردگی شدید نوک الکتروود در اثر سائیدگی سرباره مذاب و شدت جریان زیاد می شود.

۱-۱۶-۵- لایه محافظ برای مواد کربنی و روش ایجاد آن

قطعاتی از جنس گرافیت مخصوصاً الکتروود کوره های قوس الکتریکی به علت تماس با دمای بالا و حرارت با اکسیژن واکنش می دهد و گازهای CO و CO_2 ایجاد می کند، که عمر مفید این قطعات گرافیتی را خیلی کاهش می دهد. در طول ۲۰ سال اخیر تلاش های فراوانی برای رفع این عیب و کاهش اکسید شدن و ایجاد پوشش محافظ بروی گرافیت انجام شده است و عمده این تلاشها در جهت ایجاد پوشش بروی الکتروودهای گرافیتی کوره های قوس الکتریک که بیشترین کاربرد در صنعت را دارند انجام شده است. تلاش های اولیه سعی در ایجاد یک پوشش سیلیکوتی کاربید سیلیکون بوسیله اسپری پلاسما یا رسوب بخار شیمیایی بر روی سطوح استوانه ای الکتروودها ارائه

شده است. روش استفاده شده دیگر پوشش دادن کاربید سیلیکوت با روش رنگریزی (استفاده از قلمو) ، خشک کردن و تکرار رنگریزی بود.



شکل ۱-۱۲-۱- مراحل پوشش یک الکتروود با اسپری

روش دیگری که تحت عنوان (انقلابی در پوشش الکتروودهای گرافیتی) نام گرفت در ۱۹۸۳ ایجاد شد و روش کار آنها (به طور خلاصه) ایجاد یک لایه محافظ نارسانا بوسیله قلم مو بر روی الکتروودها می باشد. این پوشش الکتروود باعث افزایش طول عمر الکتروودها از ۱۰ تا ۲۰ درصد می شوند. اما از آنجایی که این پوشش نارسانا می باشد باید در قسمت اتصال الکتروودها با حلقه اتصال بارالکتریکی به الکتروودها قرار نگیرد و لازم است قبل از ورود الکتروود به کوره پوشش روی این قسمت از الکتروود انجام نشود و این فرآیند باعث افزایش هزینه وقت و مشکلات جانبی دیگر در رسانایی الکتریکی الکتروودها می شود. مقاله دیگری تحت عنوان (کاهش اکسید شدن سطحی الکتروود و کاهش مصرف الکتروود) در ۱۹۸۵ نیز ارائه شده است، که بطور خلاصه از ترکیب ۳ فرآیند متفاوت پوشش دهی ایجاد شده است. این ۳ فرآیند شامل: ۱- پوشش اولیه ۲- سرد کردن در آب ۳- پوشش دادن در محل استفاده الکتروود می باشد. کل فرآیند به صورت اتومات به وسیله ربات انجام می شود که در بالای کوره نصب شده است و به صورت پاشش، پوشش را بر روی الکتروود انجام می دهد. این پوشش یک لایه شیشه ای بعد از سرد شدن در کوره ایجاد میکند. این پوشش می تواند عمر الکتروود را از ۱۶ تا ۲۰ درصد افزایش دهد و بعد از برآورد قیمت به طور کلی حدود ۱۵

درصد از قیمت کلی الکتروود را کاهش می دهد. این پوشش نارسانا است و نیاز به سرمایه گذاری اولیه بالایی در راه اندازی فرآیند دارد. مقاله دیگری تحت عنوان تکنولوژی پوشش سطح در ۱۹۸۷ از تکنولوژی پوشش بوسیله پلاسما صحبت می کند که برای قطعات گرافیتی کاربرد دارد. پودری که برای استفاده در پلاسما به کار می رود آلومینیوم و کاربید سیلیسیوم، تیتانیوم و کاربید تیتانیوم می باشد. ابتدا لایه تیتانیوم و کاربید تیتانیوم پودری به سطح پاشیده می شود و یک ضخامت ۵۰ میلی متری ایجاد می کند. این لایه می تواند به عنوان لایه چسبنده ی لایه محافظ بکار رود و سپس لایه دوم از آلومینیوم و کاربید سیلیسیوم به صورت اسپری به سطح الکتروود پاشیده می شود و به ضخامت ۷۰۰ میلیمتری رسد. این لایه محافظ در دمای بالای ۸۰۰ درجه حساس می شود و به صورت پایدار بر روی سطح الکتروود (در قسمت هایی از الکتروود که وارد فضای کوره می شود) باقی نمی ماند. بطور کلی لایه چسبنده با ایجاد یک فاز که چسبندگی خوبی ایجاد می کند باعث حفاظت از الکتروود در این فرآیند می شود.

فرآیند های دیگری نیز با استفاده از مواد پایه آلومینیومی برای پوشش الکتروودها بوسیله پاشش پلاسما بکار برده شده است که ضخامت زیادی را ایجاد می کنند. ضخامت پوشش از ۱ تا ۲ میلی متر می باشد که باعث کاهش اکسیداسیون سطحی الکتروود از ۲۵ تا ۳۰ درصد می شود، بدون اینکه اثرات منفی بر روی هدایت الکتریکی و هدایت گرمایی الکتروودها داشته باشد.

یک فرآیند ثبت شده آلمانی با استفاده از پاشش پلاسما در خلاء بر روی الکتروودهای گرافیتی را انجام می دهد. در این فرآیند از رسوب سیلیکون تا ضخامت ۰/۱ میلیمتر استفاده می شود. در این فرآیند الکتروودها باید ابتدا سند بلاست شوند (به وسیله یک گاز خنثی) و پس از پوشش دادن در یک محیط کنترل شده به آرامی تا دمای محیط سرد شود تا یک پوشش یکنواخت حاصل شود. یک مقاله ژاپنی نیز روشی با استفاده از پاشش پودر مخلوطی از Si_3N_4 فسفات $AlAl_2O_3$ و در یک زمینه شیشه ای ($FWZO_3m.9, sioz, 2ro2$) همراه با پودر مس و نیکل و فولاد ضد زنگ و آهن و قلع بر روی الکتروودهای گرافیتی را بیان می کند. طبق نتایج آنها عمر الکتروودها تا ۱۱/۷ درصد افزایش

می یابد. البته طبق نظر کارشناسان، پوشش باید عمر الکترودها را تا بیشتر از ۱۵ درصد افزایش دهد تا با ارزش محسوب شود.

یک آمریکایی نیز برای ایجاد یک پوشش نیتريد تیتانیومی بر روی الکترودها ابتدا پوششی از اکسید تیتانیوم یا اکسید تیتانیوم همراه با کربن به عنوان اتصال دهنده بر روی الکترودها ایجاد کرده و سپس آن را در دمای بالا در جوی از نیتروژن واکنش داده و رسوب نیتريد تیتانیم را روی سطح الکترودها ایجاد کرده است. یک ثبت آمریکایی دیگر استفاده از پوشش ضخیمی را عنوان می کند که در آن از ۱۵ تا ۹۰ درصد وزنی از یک ماده زمینه که دمای ذوبی بالاتر از ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد دارد استفاده می شود و از یک ماده پرکننده به میزان ۱۵ تا ۸۵ درصد وزنی که ماده ای نسوز و نارسانا می باشد استفاده می شود. این پوشش نباید در محل اتصال بارالکتریکی به الکترودها وجود داشته باشد. این پوشش هر دو ساعت یک بار در شرایط کاری یا بعد از هر سیکل کاری که الکترودها وارد فضای کوره برای ذوب می شوند باید تکرار شود. این پوشش ها را می توان به صورت پیش ساخته تهیه کرد و به صورت ورق هایی با چسب به سطح الکترودها چسباند.

شماره ثبت های بسیار زیاد دیگری نیز از آمریکا برای پوشش الکترودها وجود دارند که هر یک به نوعی باعث ایجاد پوشش های محافظ اکسیداسیون یا پوشش برای جلوگیری از آسیب سطحی این الکترودها می شوند.

در زیر دو نوع پوشش الکترودها را به طور کامل تشریح میکنیم :

۱-۱۶-۵-۱- پوشش پلاسما

لایه محافظ مواد کربنی مخصوصاً در الکترودهای گرافیتی با پوشش پلاسما از موادی شامل ۹۸-۶۵٪ از آلومینیوم فلزی و ۲۰-۵٪ سیلیسیم همراه با SiO_2 و حداکثر ۱۶٪ ترکیبات اکسیدی آلومینیوم، انجام می شود. مقاومت لایه پوشش $0/07 \times 10^{-6}$ تا $0/3 \times 10^{-6}$ اهم متر در ۲۰ درجه سانتیگراد و $0/12 \times 10^{-6}$ تا حداکثر $0/7 \times 10^{-6}$ اهم متر در ۴۰۰ درجه سانتیگراد می باشد. مراحل پوشش شامل :

پاشش پلاسمای ایجاد شده به وسیله مشعل پلاσμα (که با آب حفاظت می شود) روی سطوح گرافیتی می باشد. موادی که به مشعل پلاσμα وارد می شود حدود ۹۵-۸۵٪ پودر آلومینیوم با اندازه دانه حدود 0/09-0/18mm و ۱-۱۵٪ سیلیکون به اندازه دانه حدوداً 0/07-0/185 mm می باشد. پیشینه بحث:

این تکنولوژی باهدف ایجاد لایه محافظ بر روی الکترودهای گرافیتی وممانعت از سوختن جداره ی الکترودها در حین ذوب در کوره قوس می باشد. لایه محافظ سرامیکی وفلزی شناخته شده هستند و فرمولهای متفاوتی از این ترکیبات برای شرایط کاربردی خاص استفاده می شوند.

پوشش های فلزی برای مقاومت خوردگی استفاده می شوند ولایه های مخلوط سرامیک وفلز دارای خصوصیات هر دو ترکیب می باشند.

به هر حال خصوصیات گفته شده بالا در برخی شرایط سخت کاری مانند قوس الکتریکی، کافی نیست که نیاز به مقاومت شدید خوردگی در دمای بالا وهدایت الکتریکی خوب دارد. مشاهده می شود که گرافیت در بالاتر از ۶۰۰ درجه سانتیگراد شروع به سوختن می کند ومقادیری به صورت زیر دارد:

0/7 kg/m² در ۶۰۰ درجه سانتیگراد

5/5kg/m² در ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد

10kg/m² در ۱۶۰۰ درجه سانتیگراد .

طبق نتایج آلمانی ها می توان با استفاده از پوشش آلومینیوم - سیلیکون لایه محافظ ایجاد کرد که لایه ابتدایی از سیلیکون ولایه نهایی سطحی را از آلومینیوم به وسیله اسپری کردن شعله ای ایجاد می کنند. البته در برخی از مواقع استفاده از لایه فیبری در این دو لایه نیز گزارش شده است.

در شوروی نیز از ترکیبات Tib2 همراه چسب سیلیکات استفاده شده سپس ۱۰-۳ دقیقه به وسیله گدازش پلاσμα از ۳۰۰۰ درجه سانتیگراد تا ۶۰۰۰ درجه سانتیگراد با ولتاژ آندی 10 kv وجریان 3/5 تا 5 آمپر وطول پلاσμα ۸۰-۸۰۰ میلیمتر پخته شد (زینتر شدن).

در چك اسلواکی نیز از پودر سرامیک همراه با زمینه فلزی مس یا نیکل استفاده شده است.

در انگلیس نیز روش با استفاده از لایه های مختلف از آلومینیوم و مواد سرامیکی استفاده شده است.

تمامی این لایه های ایجاد شده تاکنون چسبندگی خوبی با گرافیت ندارند. مخصوصاً در دماهای بالاتر از ۸۰۰ درجه سانتیگراد و سرد و گرم شدن های متوالی که ترك در پوشش و پوسته شدن ایجاد می شود.

بعضی از پوشش ها که با تکنیک های پیچیده ایجاد می شوند خواص بهتری دارند ولی مقرون به صرفه نیست. البته بسیاری از آسیب ها به پوشش الکتروود نیز در انبار کردن آنها پیش می آید.

شرح کار :

پوشش محافظ بوسیله پاشش پلاسما با ترکیباتی از ۶۵-۹۸٪ وزنی آلومینیوم فلزی و از ۲۰-۱٪ وزنی سیلیس و سیلیسیم و حدود ۱۵٪ از ترکیبات اکسیدهای آلومینیوم موضوع کار می باشد.

این پوشش رسانای الکتریکی است و مقاومتی برابر $0/07 \cdot 10^{-6}$ تا $0/3 \cdot 10^{-6}$ اهم متر در ۲۰ درجه سانتیگراد، $0/12 \cdot 10^{-6}$ تا حداکثر $0/7 \cdot 10^{-6}$ اهم متر در ۴۰۰ درجه سانتیگراد می باشد.

ضخامت این پوشش در بهترین حالت $0/3-1/5$ mm است. وزن مخصوص لایه های پوششی $900-2300 \text{ kg/m}^3$ میباشد. مقاومت الکتریکی بعد از گرم کردن الکتروود تا ۴۰۰ درجه سانتیگراد و سرد کردن آن تا حدود ۱۵-۱۰٪ کاهش می یابد و به حالت پایدار می رسد.

پوشش به وسیله یک مشعل پلاسما حفاظت شده با آب ایجاد می شود و با موادی شامل ۸۵ تا ۹۸٪ وزنی آلومینیوم با اندازه دانه $0/9$ تا ۱۸٪ میلیمتر و ۱٪ وزنی سیلیکون با اندازه دانه $0/07 \text{ mm}$ میباشد. اندازه ذرات وارد شده به مشعل پلاسما از اهمیت بالایی برخوردار است.

زمانی که این ذرات درشت باشند یک لایه متخلخل با مقاومت الکتریکی زیاد ایجاد می کنند. با ریز تر شدن اندازه ذرات مقاومت الکتریکی آن کمتر می شود، تا یک اندازه خاص با ریز تر شدن اندازه ذرات مقاومت کم و کمتر شده تا که به مقداری می رسد که با ریز تر شدن اندازه دانه مقاومت کاسته می شود. دلیل افزایش مقاومت با ریز تر شدن دانه ها

افزایش کسر اکسیدی ذرات با گرم شدن در گرم شدن در جریان پلاسما است.

برای افزایش کیفیت اسپری بهتر است که آلومینیوم وسیلیکون از چند مسیر متفاوت که در اطراف شعله پلاسما با فاصله تنظیم شده قرارگرفته اند به سر مشعل تغذیه شوند این کار توسط فشار هوا یا گازهای دیگر امکانپذیر است. برای مثال نیتروژن، دی اکسید کربن، هیدروژن، آرگون، پرویان بوتان، استیلن و غیره که مخلوط این گاز به منظور کاهش اکسید شدن ذرات اسپری شده مناسب است.

گازهای نامبرده بالا می توانند به تنهایی و یا به صورت ترکیبی استفاده شوند.

بهترین سرعت پلاسما برای پوشش چیزی حدود ۰/۸ متر برثانیه و مقدار ۶۰ کیلو گرم بر ساعت می باشد.

با توجه به ضخامت مورد نیاز پوشش محافظ می توان تعداد دفعات اسپری کردن را افزایش داد (در حالت بهینه ۲ تا ۴ بار مناسب است).

سیلیکون اسپری شده همراه با آلومینیوم باعث افزایش چسبندگی لایه محافظ در دمای بالا بوسیله ایجاد یک پیوند شیمیایی با مواد کربنی می شود و در عین حال در دمای بالا باعث افزایش مقاومت لایه محافظ می شود.

برای به دست آوردن خواص بالا بهترین مقدار سیلیکون قابل استفاده حدوداً ۵-۱۰ درصد وزنی می باشد.

برای ایجاد لایه محافظ گفته شده می توان از سیلیکون تجاری دارای ۹۶-۹۹ درصد سیلیسیون و آلومینیوم تجاری با کیفیت معمولی استفاده کرد.

لایه محافظ ایجاد شده در این فرآیند مقاومت خوبی در دمای بالا همراه با چسبندگی خوب به مواد کربنی در دمای بالاتر از ۸۰۰ درجه دارد و در طول سیکل گرم و سرد شدن الکترودها ترک ایجاد نمی شود و پوشش پوسته پوسته نمی شود. حتی در زمانهای طولانی انبار کردن پوشش از بین نمی رود.

روش های ایجاد و تولید این فرآیند ساده و موثر است این لایه هم در حالت گرم و سرد هدایت خوبی دارد و مقاومت آن در طول زمان انبار کردن افزایش نمی یابد این پوشش می تواند بر روی مواد کربنی چه صاف و چه استوانه ای حتی ابعاد کوچک تا ۳ میلیمتر مانند صفحات گرافیتی، بوته های ذوب، الکترودها با ابعاد متفاوت به راحتی ایجاد شود.

يك مثال :

يك الكترود با قطر 350 mm وطول 1800 mm لايه محافظ با ضخامت 0/45 mm ومقاومت $10^{-6} \times 136$ اهم متر در 20 درجه سانتیگراد به وزن مخصوص 2120 kg که بوسیله مشعل پلاسما با خروجی 160kw مواد پوشش شامل 0/92 وزنی آلومینیوم که 1/3 ذرات آن اندازه ای از 0/09 تا 0/118 mm و 2/3 آن اندازه ای بین 0/118 تا 0/175 mm دارد و 0/08 اکسید سیلیسیم با اندازه ذرات بین 0/071 تا 0/112mm دارد این ترکیب با سرعت 13 kg در ساعت به مشعل پلاسما تغذیه می شود. سرعت اسپری کردن 0/62m/s الكترودها سپس روی کوره قوس الكتریک با ظرفیت 40 ton نصب شده است حدود 20-15 درصد از سوختن الكترود کم می شود (افزایش عمر الكترود).

۱-۱۶-۵-۲- پوشش محافظ رسانا و نارسانا

يك پوشش محافظ برای جلوگیری از اکسید شدن و سوختن که تا دمای 1000 درجه مناسب می باشد. این پوشش هم به صورت رسانا و هم به صورت نارسانا وجود دارد که برای پوشش الكترودها و بوته ها مناسب است ترکیب آن از يك چسب و محلول تعلیق که 40-45 درصد فاز را تشکیل می دهد. ترکیب از محلول چسب شیشه، محلول فسفات آلومینیوم و اتیل الکل است.

پوشش نارسانا مخلوطی از اسید بوریک و کاربید سیلیسیم و يك عامل تعلیق (چسب) تشکیل شده است.

پوشش رسانا مخلوطی از Sic - Tic که Sic جزء نارسانا است. این پوشش پایدار است و به صورت قلم مویی بر روی گرافیت زده می شود و در دمای اتاق نیز خشک می شود.

با ضخامت 0/23-0/15 mm مقاومت خوب در مقابل اکسید شدن دارد.

شرح :

گرافیت به راحتی در دمای بالاتر از ۵۰۰ درجه سانتیگراد اکسید می شود و گازهای منو اکسید و دی اکسید کربن تولید می کند. در مورد الکترودهای گرافیتی این واکنش باعث نازک شدن الکترودها می شود. بسیاری از این پوشش دهی ها باید در دمای بالا تحت یک گاز خنثی انجام شود تا چسبندگی مناسب ایجاد شود. به علت شرایط کاری سخت یک فاصله بین الکتروود و پوشش ایجاد می شود که باعث اکسید شدن آن قسمت می شود (در دمای کم). به این دلیل از دمای بالا استفاده می شود. ترکیبات اکثراً سیلیکون، کاربید سیلیکون و آلومینیوم، مولایت و مقادیر متفاوتی از فسفات و بسیاری از اکسیدهای نسوز دیگر است.

بسیاری از این ترکیبات که حاوی سیلیکات هستند جاذب رطوبت بوده و این رطوبت می تواند مشکل ساز باشد و با فلز واکنش داده یا مقاومت الکتریکی را بالا ببرند. دلیل استفاده از اسید بوریک این است که چون پوشش را می توان در دمای محیط انجام داد و نتیجه مناسب نیز بدست آورد.

دوغاب مورد استفاده برای پوشش دهی می تواند از محلول کلوئیدی سیلیکون همراه محلول فسفات آلومینیوم باشد. این محلولها بصورت تجاری وجود دارد و شامل 8 mgr ذرات کروی سیلیس و محلول تجاری فسفات آلومینیوم با ۸ درصد Al_2O_3 و ۳۳ درصد P_2O_4 با $\text{PH}=1$ میباشد.

در حین مخلوط کردن الکل اتیلیک افزوده می شود و حدود ۱۱ درصد حجم کل محلول را از این الکل می افزاییم. این کار باعث ایجاد یک ترکیب چسبنده و خمیری می شود و در حین پوشش دادن یک لایه تقریباً ضخیم ایجاد می کند که بسیار یکنواخت و یک دست بوده و دوام زیادی در طول انبار کردن دارد. در این ترکیب مخلوطی از فسفات آلومینیوم و سیلیکون به صورت آگلومره شده در اسید فسفریک و الکل ایجاد می شود. جدول ۱-۶- ترکیب کاملی این مخلوط را نشان می دهد.

Item	wt %	mol %		40
		Excluding H ₂ O	Including H ₂ O	
SiO ₂	12.96	42.3	5.6	
Al ₂ O ₃	4.06	7.8	1.0	
P ₂ O ₅	17.12	23.7	3.2	
Na ₂ O	0.19	0.6	0.1	
C ₂ H ₅ OH	6.02	25.6	3.4	
H ₂ O	59.65		86.6	45

جدول ۶-۱ - ترکیب یک نوع پوشش

برای تبدیل ترکیب گفته شده به یک پوشش نارسانا از اسید بوریک در فاز مایع آن می توان استفاده کرد و همچنین پودر کاربید سیلیس را نیز باید افزایش داد. ترکیب حاصل ۵۰ درصد مایع و ۲/۵ درصد وزنی H₃BO₃ و ۴۷ درصد وزنی SiC می باشد. (جدول ۷-۱)

Item	mol %	60
B ₂ O ₃	9.7	
SiO ₂	51.8	
Al ₂ O ₃	9.6	
P ₂ O ₅	29.0	

جدول ۷-۱ - ترکیب یک نوع پوشش

البته مکانیزم ایجاد پوشش محافظ کاملاً کشف نشده ولی به نظر میرسد که فسفات آلومینیوم در دمای بالاتر ALPO و نسبت مولی اولیه 0/33 AL₂O₃P₂O₅ و مقداری P₂O₅ ایجاد میکند. این ترکیبات باعث تولید فازهای 2SiO₂·2P₂O₅-BP₄ و ALPO₄ می شود، که فازهای BP₄ و ALPO₄ و SiO₂ یک محلول جامد تشکیل می دهد.

با استفاده از درصد آن در فاز پوشش می توان دمای ذوب پوشش که حدوداً ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد است را بدست آورد.

پوشش رسانا نیز با همین مکانیزم ایجاد می شود و شامل ۴۲ درصد فاز مایع و چسبنده و ۲/۱ درصد H3BO3 و ۴۵/۹ درصد Tic و مقداری پودر Sic می باشد.

پودرهای مورد استفاده با خلوص ۹۹ درصد و با اندازه دانه ای ۴۴ میکرومتر است. این پوشش تا دمای ۶۰۰ درجه سانتیگراد رسانا است و در بالاتر از آن به دلیل اکسید شدن Tic رسانای کم می شود که این اکسید شدن اثر مضر بر روی مذاب ندارد.

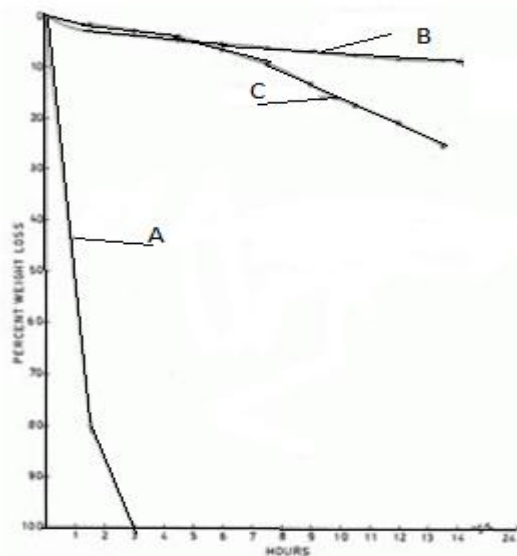
۱-۱۶-۶- آزمایش مقاومت پوشش

برای بدست آوردن کیفیت پوشش های محافظ آزمایش زیر انجام می شود که در آن ورقه های گرافیت با ابعاد 1-2 cm * 1-2 cm * 2-3 cm می باشد.

پوشش به صورت مرحله به مرحله وسه لایه انجام می شود و بعد از هر مرحله پوشش خشک شده تا برای پوشش بعدی آماده شود. لبه های نمونه به منظور جلوگیری از سائیدگی به دلیل شدت جریان بالا در لبه، یک بار دیگر پوشش داده می شود. ضخامت کلی پوشش ۰/۲۳mm تا ۰/۱۳ در هر بار پوشش می باشد. برای انجام آزمایش اکسیداسیون طبق سیکل های متفاوت تا ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد گرم شده و سپس تا دمای محیط سرد می شود.

دمای نگهداری در ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت بوده و قطعه در کوره سرد شده و بعد از سرد شدن کاهش وزن قطعه نشان دهنده مقدار اکسیداسیون نمونه است.

در شکل ۱-۱۳- منحنی سه نوع حالت متفاوت بدون پوشش، پوشش نارسانا نمایش داده شده است.



شکل ۱-۱۳- مقدار اکسیداسیون سه نوع پوشش

منحنی A : گرافیت بدون پوشش است که در سیکل اول ۸۰ درصد و در سیکل دوم کاملاً اکسید شده است.

منحنی B : اطلاعات داده های نمونه پوشش داده شده نارسانا است که بعد از ۱۰ سیکل در ۱۰۰۰ درجه فقط ۱۰ درصد کاهش وزن دارد.

متوجه می شویم که پوشش رسانا در ۶۰۰ درجه اکسید شده و به نارسانا تبدیل می شود.

در تمام تستها از نمونه گرافیت های مشابه طبق استاندارد شماره ۲۰-۲۰ استفاده شده است.

ضریب انبساط حرارتی گرافیت متغیر است و ساختار آن هگزاگونال می باشد.

این ضریب به طور آهسته اضافه می شود و تا 4×10^{-6} درجه سانتیگراد افزایش می یابد.

به دلیل هگزاگونال بودن ساختار پوششی که به گرافیت داده می شود باید جای نفس کشیدن (انقباض و انبساط) داشته باشد.

دو نوع Sic موجود میباشد: آلفا و بتا که دارای ضریب انبساط حرارتی متفاوت می باشند. اثرات این دو نوع بر روی پوشش محافظ بررسی شده است.

در نوع آلفا در ۵ سیکل بیشتر از ۱۰ درصد اکسایش صورت نمی گیرد ولی در نوع بتا در ۵ سیکل کمتر از ۱۰ درصد سوختن

انجام می شود. البته نوع بتا پوشش هایی ایجاد می کند که در ۱۱ سیکل هم کمتر از ۱۰ درصد کاهش وزن دارد. به عبارتی کیفیت آن هم از نوع آلفا بهتر است.

تحقیقی نیز بر روی محلول انجام شده است که آن را شرح می دهیم:

هنگامی که در فاز مایع از اتیل الکل در محلول کلوئیدی سیلیس استفاده می شود رسوب نداریم و پیوند مناسبی برقرار نمی کند، ولی وقتی که الکل همراه با محلول فسفات آلومینیوم اضافه می شود رسوب تشکیل می شود. اما توضیح مناسبی ندارد که قابلیت ایجاد پیوند داشته و نیاز به هم زدن دارد. علاوه بر این، این پوشش بعد از خشک شدن تمایل به پوسته پوسته شدن دارد. هنگامی که محلول کلوئیدی سیلیس و فسفات آلومینیوم با هم ترکیب شوند حالت پف کردن از بین رفته، تخلخل کمتر میشود و چسبندگی و یکنواختی بالاتر می رود.

ولی به هر حال این پوشش هم، جاذب رطوبت است (ایجاد ترکیب شیمیایی، خوردگی)،

قابلیت تعلیق مناسب نداشته و قابلیت تعلیق مواد اضافه شده را ندارد که بتواند جلوی اکسید شدن پوشش گرافیت را بگیرد.

آزمایش دیگر بر روی غلظت دوغاب انجام شده است که اسید بوریک تا ۲/۵ درصد باعث بهبود حفاظت و کاهش سوختن تا ۱۷ درصد می شود. بهترین حالت برای ترکیب نسبت مساوی از محلول کلوئیدی سیلیس و محلول فسفات آلومینیوم است که ۱۳-۹ درصد الکل اتیلیک دارد.

رنج افزودن اجزاء اصلی ۳۵-۶۵ درصد حجمی سیلیس کلوئیدی و ۳۵-۶۵ درصد ارزش حجمی فسفات آلومینیوم و ۰/۵-۴۵ درصد الکل می باشد. اگر مقدار محلول کلوئیدی سیلیس در ترکیب بیش از ۶۵ درصد شود، ضخامت یکنواختی از پوشش بدست نیامده و محلول تعلیق خوبی نخواهد داشت.

اگر جزء فسفات آلومینیوم از ۶۵ درصد بالاتر رود فاز مایع به صورت صمغ درآمده و به راحتی خشک نمی شود.

اگر اتیل الکل کمتر از ۰/۵ درصد باشد محلول مناسبی ایجاد نمی شود و اگر بیش از ۴۵ درصد باشد محلول به شدت رقیق می شود و تعلیق مناسبی بوجود نمی آید. در هر حال پوشش های

رسانا و نارسانا بر روی کاهش اکسیداسیون الکترودهای گرافیتی موثر می باشد.

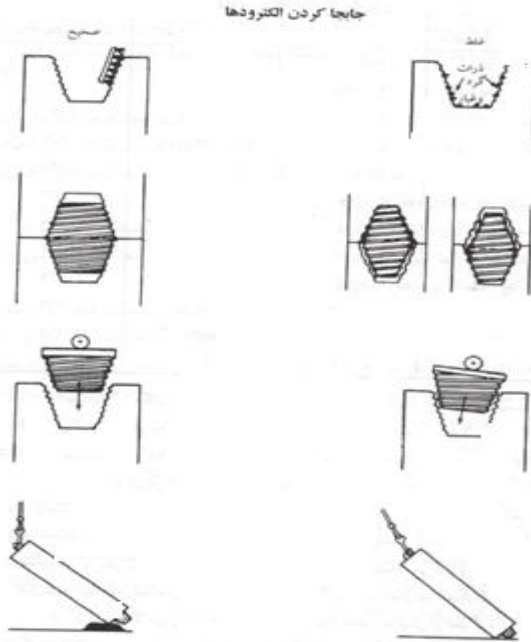
۱-۱۶-۷- کلیاتی در مورد الکترودها

اندازه الکترودها از قطر ۱ اینچ تا ۳۵ اینچ و طول ۲۴ اینچ تا ۷ فوت متغییر است.

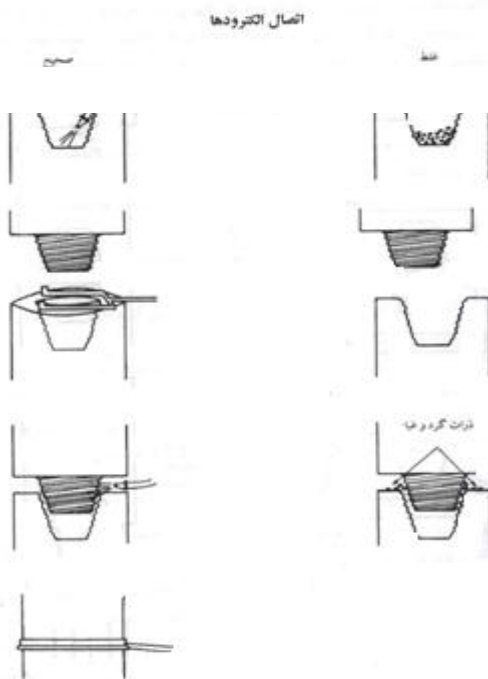
علت استفاده از گرافیت دمای ذوب بالا و رسانایی الکتریکی و استحکام مکانیکی مناسب و مقاومت مناسب به شوک حرارتی می باشد.

مقدار مصرف الکترودها به کارآیی و کیفیت سیستم ذوب بستگی دارد ولی به طور کل، ۷ تا ۱۵ پوند در هر تن فولاد است. مصرف الکترودها هم در نوک آن (محل ایجاد قوس) و هم در جداره آن رخ می دهد، ولی تنها ۱۲ درصد از مصرف الکترودها به این قسمت از الکترودها مربوط می شود و چیزی بیشتر از ۷۵ درصد از مصرف الکترودها بر اثر اکسید شدن گرافیت در جداره الکترودها است، که در دمای بالای کوره رخ می دهد و حدود ۱۸ درصد از مصرف الکترودها مربوط به شکستن الکترودها بر اثر سر خوردن از محل اتصال به روی کوره، یا خرد شدن آن در حین ذوب (قوس) است. از ۱۵ پوند مصرف الکترودها در یک تن فولاد، ۷ پوند آن مربوط به اکسید شدن سطح جداره است. تمام پوشش های ایجاد شده برای الکترودها فقط برای کاهش همین مقدار مصرف الکترودها که بر اثر اکسیداسیون ایجاد می شود، می باشد.

شکل های زیر نحوه جابجا کردن و اتصال الکترودها را نشان می دهند.



شکل ۱-۱۴- روش توصیه شده جهت جابجا شدن الکتروندها



شکل ۱-۱۵- روش توصیه شده برای اتصال الکتروندها در کوره های قوس

۱-۱۷- بکارگیری لاستیک های فرسوده در کوره های

قوس الکتریکی لاستیک های فرسوده خود رو منبع مناسب سوخت جهت

ذوب فولاد در کوره های قوس الکتریکی است. لاستیک های خود رو به قراضه فولاد بعنوان منابع انرژی شیمیائی جهت جایگزینی ذغال، کک و گاز طبیعی افزوده می شود. کربن و هیدروژن لاستیک ها انرژی سوختی را تامین کرده و نوار سیم لاستیک قسمتی از شارژ فلزی را تشکیل می دهد. هنگام احتراق لاستیک ها به منظور کامل و تمیز سوختن به درون کوره اکسیژن دمیده می شود. لاستیک های فرسوده در حین فرایند، فولاد سازی کاملاً می سوزند و هیچ گونه انتشار آلاینده مشاهده نمی شود و بالعکس باعث کاهش انتشار آلاینده ها می گردد.

در بعضی ایالت های امریکا مسئولین، برنامه های تشویقی برای مصرف کنندگان لاستیک های فرسوده دارند. بعنوان مثال در خرید تجهیزات برای آنها تخفیف قائل می شوند و مبلغی را تحت عنوان خالی و تمیز کردن محل جمع آوری لاستیک های فرسوده پرداخت می کنند. ارزش حرارتی لاستیک های فرسوده 15800 BTU برپوند بوده و به میزان ۲۰ درصد از ارزش حرارتی ذغال بالاتر است. ارزش حرارتی ۲۰ پوند لاستیک فرسوده بطور تقریبی ۲۱۶ هزار BTU معادل ۹۲ کیلو وات انرژی برقی می باشد.

با بکارگیری لاستیک های فرسوده جمع آوری آنها روی خاک انجام نگرفته و محیط زیست پاک می شود. ضمناً نیاز انرژی به منابع نظیر برق، ذغال و گاز طبیعی کاهش می یابد. جایگزینی لاستیک های فرسوده بجای ذغال انتشار آلاینده ها را نسبت به پروسه های دمای بالا کاهش می دهد. بکارگیری لاستیک ها در کوره های قوس الکتریکی منجر به کاهش هزینه های انرژی برق و شیمیائی می گردد و انتشار

آلاینده ها از فرایند، کاهش پیدا می کند. لذا صرفه جویی قابل توجهی در هزینه های انرژی بدست می آید و مقدار قابل توجهی قراضه فولاد بازیافت می گردد. ۲۵٪ وزن لاستیک های فرسوده کامیونها را نوار و سیم فولادی تشکیل می دهد، این مقدار برای لاستیک های خودرو سواری ۱۰٪ وزن می باشد. مقدار زیادی لاستیک های فرسوده را می توان در پروسه کوره قوس الکتریکی به مصرف رساند. در دنیا سالانه بیش از یک میلیارد حلقه لاستیک از رده خارج می شود. در امریکا سالانه بیش از ۲۵۰ میلیون حلقه لاستیک از ماشین ها جدا می گردند.

بررسی اقتصادی

قیمت یک حلقه لاستیک فرسوده سواری و کامیون به ترتیب ۱ و ۲ دلار است. قیمت آنها ممکن است در محل های مختلف کمتری یا بیشتر باشد. در این تحقیق بازای هرتن فولاد دو حلقه لاستیک سواری به راحتی و با موفقیت بکار برده شده است. بسته به شرایط کوره و تجهیزات کارگاه تعداد حلقه لاستیک بازای هرتن فولاد ممکن است بیشتر هم باشد.

در شرایطی که بازای هرتن فولاد دو حلقه لاستیک استفاده شود، قیمت لاستیک افزوده شده دو دلار می شود.

صرفه جویی الکتریکی

با در نظر داشتن اینکه قیمت برق ۰.۰۵ دلار بازای هر کیلووات انرژی برق باشد به ازای هر حلقه لاستیک ۴.۶۰ در انرژی برق صرفه جویی میشود.

۱-۱۷-۱- شرح پروسه

اجرای پروسه در یک کارگاه در حال کار به سادگی صورت می گیرد. مطلب اصلی اینست که از تعدادی لاستیک فرسوده استفاده شود که منجر به ایجاد حرارت بیش از حد نشود.

تعداد حلقه لاستیک قابل شارژ با تجهیزات قابل دسترسی در کارگاه با تعداد دود و غبارگیر وجود، سیستم خنک کننده در دودکش تعیین می گردد. لاستیک ها در سبد بارگیری نزدیک به کف سبد قرار داده می شود، قراضه فولاد روی لاستیک ها قرار می گیرد. تحت فشار قراضه فولاد، لاستیک ها فشرده گشته و فضای خالی بین آنها کم می شود. قراضه با کمک چنگک (یا نوار نقاله یا توسط مگنت) در صورتی که لاستیک ها پاره شده باشد (از نظر ایمنی اگر- لاستیک ها در بسته های قراضه قرار گیرد باید آنها را بصورت تکه تکه در آورد). بعد از بارگیری سبد با قراضه و لاستیک های فرسوده آنها را در داخل کوره تخلیه می کنند. در اثر برخورد با نسوز گرم و یا مذاب باقی مانده در کوره با تماس با شعله اکسی فویل یا در اثر ایجاد قوس، لاستیک ها مشتعل شده و می سوزد. اکسیژن توسط لانس یا مشعل اکسی- سوخت با جریان گاز طبیعی تغذیه می شود. بعد از اشتعال لاستیک ها این جریان قطع می شود. در اثر احتراق، لاستیک ها جایگزین گاز طبیعی می شوند. شعله و گازهای حاصله از احتراق لاستیک ها از بین قراضه عبور کرده و صعود می کنند. اکسیژن دمشی از طریق اکسی- سوخت با مواد منتشره از لاستیک ترکیب شده و می سوزد و در اثر حرارت ایجاد شده قراضه پیشگرم شده و گازها به سمت بالا حرکت می کنند. هوای اضافی احتراق ممکن است از طریق درب کوره یا دریچه های مکش غبار وارد کوره شود، لذا از میزان اکسیژن مصرفی کاسته می شود. مقداری از کربن لاستیک توسط قراضه جذب می شود و همانند روش مرسوم افزودن کربن، میزان کربن فولاد افزایش می یابد.

آزمایشات اولیه و یافته ها

قبل از اینکه لاستیک های فرسوده در کوره قوس الکتریکی بکار برده شود، تحقیقات در زمینه کاربرد لاستیک های فرسوده در دیگر صنایع انجام پذیرفته است. به غیر از کوره های سیمان، لاستیک های فرسوده در رشته های دیگر بعنوان سوخت مورد استفاده قرار نگرفته است، سیم و نوار فولادی موجود در درون لاستیک ها و بزرگ بودن ابعاد لاستیک های فرسوده در مقایسه با سوخت های مرسوم استفاده آن را در صنایع دیگر محدود کرده است.

لاستیک های فرسوده همراه با ذغال در نیروگاه حرارتی بصورت ترکیبی در بیلرهای ویژه مورد استفاده قرار گرفته است. در کاربرد ترکیبی

لاستیک ها بریده و خرد شده و باندازه دانه بندی ذغال مصرفی می رسد. عملیات بریدن هزینه های زیادی در برمی گیرد. هنگامیکه لاستیک و ذغال مشتعل می شوند سیم های فولادی ذوب شده و لوله های بیلر را می پوشانند.

این برای تعمیر و نگهداری بیلرها مشکلاتی ایجاد می کند و قابل قبول نمی باشد. در بعضی موارد سیم های لاستیک ها از بدنه جدا می گردد، ولی این عملیات نیز هزینه های زیادی را به همراه دارد. در هر حال کاربرد لاستیک در بیلرها انتشار آلاینده ها را بهینه می سازد. لذا با توجه به موارد بیان شده کاربرد لاستیک ها در کوره های قوس الکتریکی پتانسیل بزرگی را دارا است، چون سیم فولادی برای کوره قوس الکتریکی مشکل ایجاد نکرده و انتشار آلاینده ها کاهش می یابد.

قبل از شروع آزمایشات آموزش و یادآوری های لازم به پرسنل کارگاه داده شده است. پیش بینی می گردید که هنگام بارگیری لاستیک ها دود زیادی در اثر اشتعال لاستیک ها پدیدار شود و کارگاه را در بر گیرد. از این جهت مطالعات و تمرکز روی شیمی فولاد و تجهیزات نظیر غبارگیر، بک هاوس و سیستم دودکش صورت گرفته است.

اولین آزمایشات با بکارگیری تعداد کم از لاستیک ها شروع شده است. آزمایشات ابتدائی جهت ارزیابی فرایند و پائین آوردن حوادث احتمالی با ۲ الی ۳ لاستیک در شارژ ۲۰ تنی قراضه آغاز گردید و مشکلی مشاهده نگردید.

نتایج تست ها نشان می دهد ۲ لاستیک برای یک تن فولاد در کوره های مرسوم قابل قبول است. بازای هر ذوب سه یا چهار شارژ صورت گرفته است. در صورت بکارگیری مقدار بیشتر لاستیک در شارژ اول و دوم بدلیل خنک بودن کوره مشکلی وجود ندارد. در شارژهای بعدی بدلیل گرم بودن کوره و اشتعال سریع لاستیک ها از تعداد لاستیک ها کاسته می شود.

هنگام اشتعال لاستیک ها در کوره برعکس اشتعال آن در هوای آزاد دوده سیاه ایجاد نمی شود. لاستیک ها بدون ایجاد دوده بصورت تمیز بدون انتشار آلاینده می سوزند. بدلیل اینکه کوره دارای خنک کننده در قسمت دودکش مکنده نداشتن بالابردن تعداد لاستیک مصرفی محدود

بوده است. آزمایشات در کارگاه دیگر نیز انجام گرفته ولی مشکل اساسی نظیر دوده و انتشار آلاینده ها مشاهده نشده است.

از نظر دما و فشار در غبارگیر و بک هاوس تعمیرات قابل توجه ای مشاهده نگردیده است. در فولاد تولیدی افزایش مس و گوگرد دیده نشده است. نوارهای فولادی موجود در لاستیک ها از جنس فولاد ۱۰۷۰ کربنی می باشد. سطح آنها جهت جلوگیری از خوردگی با لایه نازک برنز پوشش داده شده است. لاستیک ها برای تولید فولادهای با ناخالصی و گوگرد کم بکاربرده شده است. همانند ذغال و کک لاستیک ها نیز می توانند کربن فولاد را افزایش دهند. در حین ذوب الکترودها با لاستیک ها تماس حاصل نکرده است. اگر تماس هم بوده است مشاهده نشده است. شایان ذکر است استفاده از لاستیک های فرسوده در کنورتر اکسیژنی در کارخانه فولاد سازی هیروواتای ژاپن با موفقیت انجام پذیرفته است.

بکارگیری لاستیک در فولاد آوبرن- نوکر

در کارخانه فولاد آوبرن- نوکر آمریکا ۳۵۰ تن لاستیک فرسوده مصرف شده است که معادل ۳۵ هزار لاستیک خودرو سواری است. در این تحقیقات شرکت یاد شده از لاستیک های فرسوده با زیافت کربن، انرژی و فولاد را بطور مطلوب انجام داده است. در این راستا جایزه را دریافت کرده است. در این کارخانه بکارگیری لاستیک های US EPA حفظ محیط زیست فرسوده در شارژ کوره قوس الکتریکی بصورت فرایند معمول درآمده است و تحقیقات انجام شده نشان می دهد که استفاده از لاستیک های فرسوده در فرایند فولاد سازی مداوم امکان پذیر است. طبق اطلاعات و گزارشات دریافت شده از لاستیک سازی گودییر و دیگر شرکت های مشابه در صورت احتراق لاستیک ها در دمای بالای اکسین تشکیل نمی شود. احتراق لاستیک ها نسبت به احتراق ذغال VOC ترکیبات عالی فرار کمتری ایجاد میکند.

ضمناً در صورت بکارگیری ترکیبی از ذغال و لاستیک میزان VOC منتشر شده نسبت به ذغال تنها خیلی کمتر است.

۱-۱۷-۲- انتشار آلاینده ها ناشی از مصرف لاستیک های فرسوده در کوره

نتایج آزمایشات و تحقیقات نشان می دهد که انتشار گاز CO_2 از کوره های قوس الکتریکی در ذوب های با لاستیک های فرسوده نسبت به ذوب های معمولی کمتر است.

خلاصه

۱- بکارگیری لاستیک های فرسوده در کوره های قوس الکتریکی در هزینه های ذوب چندین دلار بازای هر تن فولاد صرفه جویی بعمل می آورد.

۲- استفاده از لاستیک ها، هزینه های شارژ کربن را کم یا حذف می کند.

۳- قیمت هر حلقه لاستیک فرسوده تقریباً یک دلار است.

۴- لاستیک های فرسوده دارای فولاد با کیفیت بالا در نوار و سیم است.

۵- لاستیک ها انتشار آلاینده ها را در کوره قوس الکتریکی کاهش می دهند.

۶- لاستیک ها بعنوان کاتالیزاتور در تبدیل CO به CO_2 نقش ایفا می کنند لذا انتشار گاز CO_2 در اتمسفر کاهش می یابد.

۷- انرژی قابل دسترسی در کوره با تبدیل CO به CO_2 افزایش می یابد.

۸- لاستیک ها نسبت به گزینه ذغال تنها ۱۹.۵٪ کمتر گاز CO_2 منتشر می کنند.

۹- استفاده از لاستیک ها بعنوان انرژی شیمیائی اضافی منجر به کاهش میزان مصرف انرژی الکتریکی می گردد.

۱۰- لاستیک ها بغیر از صنایع فولاد در کارخانه های سیمان و نیروگاه با موفقیت مصرف شده است.

۱۱- لاستیک های فرسوده دارای ۱.۵ درصد گوگرد می باشند که نسبت به ذغال و کک خیلی بالا است ولی بدلیل سوختن کامل آن، امکان تولید فولادهای با گوگرد زیر ۰.۰۲۵ درصد امکان پذیر است.

۱۲- در کشور ژاپن در فولاد سازی هیروها تا در کنورتر اکسیژنی، ۶۰ هزار تن لاستیک فرسوده در سال ۲۰۰۳ با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است.

۱-۱۸- آینده کوره های قوس الکتریکی در فولادسازی

موقعیت کوره های الکتریکی در صنعت فولادسازی، در چشم انداز آینده، مطمئن به نظر می رسد، اما نسبت بین تعداد کوره های قوس الکتریکی و کوره های القایی احتمالاً تغییر خواهد کرد.

در حال حاضر برای ذوبهایی با ظرفیت بالا، از کوره های قوس الکتریکی استفاده می شود، گرچه استفاده از کوره های القایی مختلف (برق شهر، برق سه فاز ۹ خطه و تاینر ستوری بدون جداره و غیره) رو به افزون است.

کوره های قوس الکتریکی با توجه به فراوانی آهن قراضه بخصوص در کشورهای توسعه یافته، فقط با آهن قراضه شارژ می شوند و برای دستیابی به حداکثر باردهی، آهن قراضه تنها در کوره های قوس الکتریکی قوی ذوب می شود. تصفیه نهایی و جداسازی عناصر نامطلوب برای فولاد در کوره های دیگر صورت می گیرد و فولاد با کیفیت مطلوب به دست می آید. از ۷۹۲ میلیون تن فولاد خام تولید شده در سال ۱۹۹۷ حدود ۳۳/۷ درصد یعنی حدود ۲۶۷ میلیون تن با فرآیند کوره های الکتریکی انجام شده است.

کوره مضاعف SKF که از مشعلهای سوخت اکسیژن برای پیش گرم کردن و تصفیه و نیز از قوس الکتریکی برای ذوب استفاه می کند، در صنعت فولادسازی احتمالاً کاربرد پیدا خواهد کرد. با توجه به تقاضای روز افزون فولادهای مرغوبتر، استفاده از گاززدایی در خلاء رواج خواهد یافت.

گرچه در حال حاضر، در صنعت فولادسازی، از کامپیوتر در سطح گسترده ای استفاده نمی شود، معهذا کاربرد آن برای عملیات محاسباتی و انتخاب مواد خام مناسب (شارژ کوره) از مواد موجود، می تواند به طور مؤثری ارزنده و یاری دهنده باشد. و همچنین استفاده از آن صرفه جویی زیادی را به ویژه در ساختن فولادهای آلیاژی، به همراه خواهد داشت. کامپیوتر، همچنین برای کنترل مصرف انرژی الکتریکی به کار می رود تا حداکثر بازدهی را ایجاد نماید. کامپیوتر نه تنها از نظر اقتصادی در فولادسازی کمک می کند، بلکه به طور مستمر می تواند نقش یک راهنما و مشاور مدیریت را در امر تولید ایفا کند و از این رو، بازدهی و سود کارخانه را به حداکثر می رساند.

پایان 1