



کاهش تولید سرباره و افزایش ارزش آن در ریخته‌گری آلومینیم

“ Maximizing Dross Values and Minimizing Dross Generation

■ ترجمه: سیامک فتیحی*

■ منبع: Aluminium Times Sep 2007

در تمامی فرآیندهای ریخته‌گری آلومینیم از جمله ریخته‌گری پیوسته، شمش‌ریزی و قطعه‌ریزی، برای آنکه فرآیند ذوب اقتصادی باشد لازم است که اکسیداسیون مذاب در حداقل نگهداشته شود. در این مقاله بر این مهم تمرکز شده و برخی روش‌ها و تکنولوژی‌هایی توضیح داده می‌شود که می‌توانند به کاهش ایجاد سرباره در خلال فرآیند ذوب کمک نمایند.

بسته به عوامل، فرآیندها و تکنولوژی‌های مرتبط با ایجاد سرباره، فرصت‌ها و موقعیت‌های مساعدی هم برای کاهش سرباره وجود دارند. باید توجه داشت که طراحی کوره می‌تواند نقشی تعیین‌کننده در ایجاد سرباره داشته باشد و برای بازیافت قراضه‌ها انواع مناسبی از کوره باید انتخاب شوند. طراحی کوره به نوبه خود سرفصلی بسیار مهم است که البته در این مقاله فرصتی برای پرداختن به بحثی عمیق در مورد آن وجود ندارد.

قراضه

قاعده‌ای قدیمی در صنعت آلومینیم وجود دارد که می‌گوید به ازای هر ۱٪ از آلودگی موادی که شارژ کوره می‌شوند، حداقل ۱٪ از آلومینیم تلف می‌شود! بنابراین، نوع و آرایش قراضه در ایجاد سرباره نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. با آنکه تقریباً در انتخاب نوع قراضه‌ای که در کوره شارژ می‌شود محدودیت وجود دارد، باید توجه داشت که میزان آلودگی این قراضه‌ها (به آب، روغن، رنگ، پلاستیک‌ها و سایر آلاینده‌ها) فرآیند ذوب را با مشکل مواجه و راندمان بازیافت را کم می‌کنند. راه‌های مختلفی برای کاستن از آلاینده‌ها در قراضه وجود دارد. ساده‌ترین راه حلی که به ذهن می‌رسد، دست چین کردن قراضه می‌باشد که در آن قراضه‌ها توسط نیروی انسانی تفکیک و مواد مزاحم آن جدا می‌شوند. این فرآیند غالباً در کشورهای روبه توسعه دیده می‌شود، جایی که نیروی کار ارزان قیمت فراوان است. فرآیندهای پیشرفته‌تر شامل خطوط خردایش و جداسازی خودکار است که طی آن قراضه‌ها به ابعادی تقریباً یکسان خرد شده و مواد مزاحم توسط جداسازهای مغناطیسی و یا توسط جریان گردابی (eddy current) حذف می‌شوند. سرمایه‌گذاری و هزینه‌های نگهداری این تجهیزات شاید زیاد به نظر بیاید، اما بهبود حاصل در نرخ بازیافت مواد می‌تواند بازگشت سرمایه و هزینه‌ها را در مدتی کوتاه‌تر از آنچه تصور می‌شود ممکن سازد.

برای شرکت‌هایی که حجم زیادی از قراضه‌های پوشش‌دار، نظیر قوطی نوشابه‌های مصرف شده، براده، سفاله و گوشه ورق‌های رنگ شده را مصرف می‌کنند، سیستم‌های پوشش‌زدایی اغلب برای حذف آلودگی‌ها و پوشش‌های آلی قراضه‌ها بکار می‌روند. پوشش‌زدایی فرآیندی حرارتی است که طی آن ترکیبات آلی، نظیر رنگ‌ها

* info@ZPG-Tech.com

و پلاستیک‌ها، تحت شرایطی کنترل شده تبخیر می‌شوند. این سیستم‌ها هم بصورت تک‌بار (batch) و مداوم وجود دارند و نقش قابل توجهی در افزایش راندمان بازیافت فلز ایفا می‌کنند. بسته به نوع مواد، کاهش تلفات مواد در حد یک یا دو درصد منجر به بازگشت سرمایه‌گذاری صورت گرفته در مدتی کوتاه می‌گردد. در کشورهایی که قوانین مرتبط با محیط زیست به شکل سخت‌گیرانه‌تر اجرا می‌شوند هم سیستم‌های پوشش‌زدایی برای کنترل و کاستن از انتشار آلاینده‌های ناشی از فرآوری قراضه‌های شدیداً آلوده بکار می‌روند. برای آنکه چنین سیستمی از نظر اقتصادی عملکرد مناسبی داشته باشد بهتر است که حجم قابل توجهی از قراضه‌های یکسان در آن فرآوری شوند، اما مدل‌های اقتصادی‌تری هم در راه ورود به بازار هستند. در مجموع می‌توان گفت که این سیستم‌ها قطعاً تشکیل سرباره و تلفات مذاب را به شکل قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهند.

شارژ کوره

گام مهم بعدی در کنترل تولید سرباره، نحوه شارژ کوره است. می‌توان گفت که همواره غوطه‌ور ساختن قراضه‌های سبک و نازک در زیر مذاب یک مزیت به حساب می‌آید. بسته به نوع قراضه و نوع کوره بکار رفته، شاید این کار همواره امکان‌پذیر نباشد ولی در هر حال قراضه‌های سبک را باید در برابر تابش مستقیم و برخورد شعله محافظت کرد.

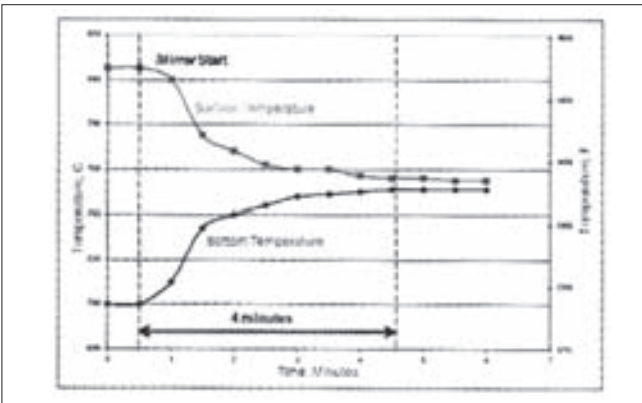
برای شارژ قراضه در کوره سکودار (dry hearth)، قراضه‌های سبک و نازک باید اول شارژ شده و سپس قراضه‌های سنگین‌تر روی آنها شارژ شوند. شارژ مستقیم و زیاد می‌تواند مفید باشد، مشروط بر آنکه مواد شارژ کوره را مقاطع سنگینی نظیر



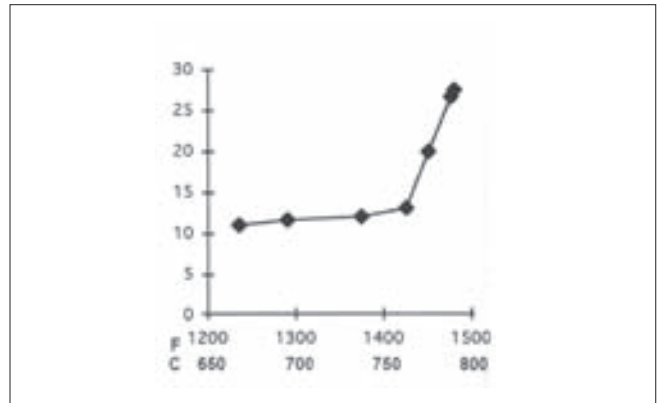
▲ شکل ۲- ماشین شارژ کوره



▲ شکل ۱- شارژ مستقیم در حمام کوره



▲ شکل ۴- تاثیر چرخش مذاب بر یکنواخت شدن دمای درون کوره



▲ شکل ۳- تولید سرباره بر حسب دما

این واکنش ایجاد شود منجر به افزایش سریع دما در سطح و گذر آن از 780°C می‌گردد و این یعنی اکسیداسیون بیشتر در سطح یا به عبارتی یعنی به دام افتادن در چرخه‌ای مخرب. علاوه بر افزایش اکسیداسیون مذاب، واکنش گرمازا می‌تواند منجر به تخریب نسوز و کوتاه شدن عمر عایق کوره گردد.

تکنیک‌های مختلفی برای هم زدن مذاب در بازار وجود دارند، که از میان آنها هم زدن مکانیکی در چاهک متصل به کوره رواج بیشتری یافته است. سیستم‌های الکترومغناطیسی در سال‌های اخیر رشد قابل توجهی داشته‌اند و هرچند که هزینه آنها بسیار بیشتر است، ولی قطعه متحرکی در آنها وجود ندارد که به تبع آن هزینه‌های نگهداری آنها پایین‌تر است. پمپ‌های مغناطیسی که از مگنت‌های دائمی بهره می‌گیرند هم مدتی است که وارد بازار شده‌اند. پمپ‌های اخیر ممکن است نسبت به پمپ‌های الکترومغناطیسی مزیت‌هایی داشته باشند، اما قابلیت اعتماد به آنها کم است و هنوز جای پای محکمی در بازار پیدا نکرده‌اند. چرخش مذاب به هر شکل که باشد می‌تواند در کاستن از دمای سطح مذاب و تشکیل سرباره موثر باشد. حفظ دمای سطح مذاب در پایین‌ترین حد ممکن عمر نسوز را افزایش داده و مصرف انرژی را کاهش می‌دهد.

تکنولوژی مشعل

انتخاب و نوع مشعل‌های بکار رفته در یک کوره بسیار اهمیت دارد و معمولاً تعادل ظریفی بین تامین انتقال حرارت کافی برای برآورده‌سازی نیازمندی‌های تولید و همزمان به حداقل رساندن اکسیداسیون فلز برقرار می‌گردد. تمامی مشعل‌ها مقداری سرباره تولید می‌کنند که منبع آن هم دو چیز است: برخورد مستقیم شعله با شارژ یا فلز مذاب و یا ایجاد نقاط داغ در سطح مذاب و

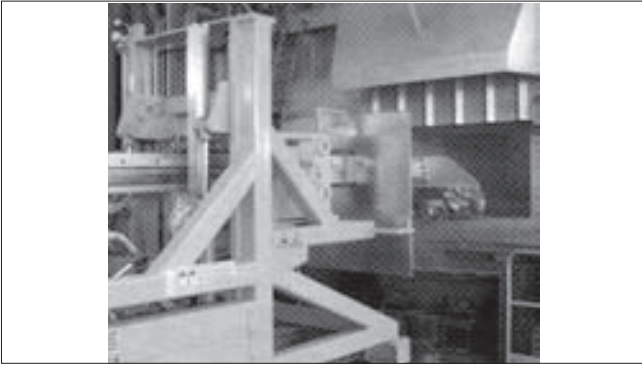
تی بار، پیگ یا شمش تشکیل دهد (شکل ۱). جریان کنوکسیون سریعی که به این مقاطع سنگین برخورد می‌کند به انتقال حرارت سریع کمک نموده، سرعت ذوب را افزایش داده و اکسیداسیون را در سطح مواد به حداقل کاهش می‌دهد. چنین کاری در زمان شارژ مقاطع نازک، نظیر ورق‌ها و پروفیل‌های اکستروژنه شده اما می‌تواند منجر به چسبیدن و ماسیدن مذاب بر روی دیواره‌های کوره و درب گردد که حاصل آن اکسیده شدن مواد در ادامه فرآیند است.

ماشین‌های شارژ جدید (شکل ۲) برای شارژ سریع قراضه‌ها و توزیع یکنواخت آن‌ها درون کوره طراحی شده‌اند. این ماشین‌ها می‌توانند به‌طور قابل ملاحظه‌ای زمان چرخه کاری کوره را کاهش داده و راندمان را در مجموع افزایش دهند.

دمای کوره

دمای فلز مهمترین عامل قابل کنترلی است که سرعت تشکیل و رشد سرباره را درون کوره تعیین می‌کند. با گذر دما از 780°C ، همانطور که در شکل ۳ دیده می‌شود، تشکیل سرباره بصورت نمایی و به شدت افزایش پیدا می‌کند. گردش مذاب درون کوره می‌تواند در مدتی بسیار کوتاه به کم شدن گرادیان دما بین بالا و پایین کوره منتهی شود (شکل ۴) و تشکیل سرباره را تا ۲۵٪ کاهش دهد که البته برای این کار به پمپ‌های مکانیکی یا مغناطیسی بسیار گران قیمت و با تکنولوژی بالا نیاز می‌باشد.

اگر دمای مذاب به شکل مناسبی تنظیم نشده باشد، سرباره می‌تواند واکنشی گرمازا را آغاز نماید. هرگاه که واکنش گرمازا اتفاق بیافتد فلز از بین خواهد رفت و باید تمام تلاش خود را بکار گرفت تا جلوی چنین پدیده‌ای گرفته شود. سوخت مصرفی در این واکنش گرمازا آلومینیم است و حرارت زیادی که در اثر



▲ شکل ۵- ماشین روباتیک سرباره‌گیری

(exothermic) بطور گسترده‌ای در گذشته بکار رفته‌اند تا سرباره را داغ کرده و آلومینیم به دام افتاده در آن را به حمام مذاب بازگردانند. امروزه روشن شده است که در عمل خلاف این پدیده اتفاق می‌افتد. به دلیل خاصیت موینگی، آلومینیم به سمت نقاط کم فشار حرکت می‌کند، نقاطی که واکنش در آنها اتفاق افتاده و در نتیجه، آلومینیم به سمت بالا مکیده می‌شود. بدین ترتیب سوخت بیشتری برای ادامه واکنش تامین می‌گردد! امروزه عمدتاً فلاکس‌های گرماگیر (endothermic) در صنعت بکار می‌روند، هرچند که هنوز فلاکس‌های گرمازا هم در بخش‌هایی از آسیا کاربرد عمده دارند. آموزش اپراتور در رابطه با نحوه استفاده از فلاکس و دستیابی به اهداف تعیین شده از اهمیتی حیاتی برخوردار است.

نتیجه

هدف از این مقاله ایجاد بینشی مناسب در رابطه با مزایای مدیریت صحیح سرباره است. مهم است درک شود که برنامه‌ای کارآمد برای مدیریت سرباره از قراضه‌ای که در مذاب درون کوره شارژ می‌شود آغاز شده، با انتخاب سیستمی مناسب برای اداره کردن و خنک کردن سرباره ادامه یافته و با انتخاب روشی مناسب برای بازیافت فلز سرباره خاتمه می‌یابد. هر مرحله از فرآیند باید به دقت ارزیابی شود تا پتانسیل‌های بهبود مشخص شده و سرمایه لازم برای اجرای آنها تعیین گردد. دوره بازگشت سرمایه برای سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته در زمینه مدیریت سرباره بسیار کوتاه است، چراکه قیمت فلز امروزه بالاست. اغلب، بازنگری فعالیت‌های روزانه، نظیر سرباره‌گیری از کوره یا مدیریت دمای کوره می‌تواند تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر سودآوری یک کارگاه ریختن داشته باشد.

مراجع

- 1) Graham Guest & Richard Evans, "Stein Atkinson Stonby Ltd, The Aluminium Decoating Handbook"
- 2) Tomorrow Technology S.P.A, Padova, Italy, *Furnace Charging Machine*.
- 3) Dick Reed, North American Manufacturing, "Turning the Heat to Aluminium, (Heat Absorption by Liquid Aluminium)". Reprinted from *Light Metal Age*, Feb 1985.
- 4) Bill Andrews, Kothermic Inc., Apopka, FL, USA
- 5) Tomorrow Technology S.P.A, Padova, Italy, *Robotic Skimming Machine*.
- 6) Ray D. Peterson "Review of Aluminium Recycling Theory and Practice".

در زیر شعله. سطحی که مستقیماً در زیر شعله قرار دارد می‌تواند بیش از حد داغ شود و مذاب را سوزانده به سرباره تبدیل نماید. این فرآیند خود را تشدید نموده و سرباره بطور تصاعدی افزایش پیدا می‌کند. افزایش ضخامت سرباره لایه‌ای از عایق را بر روی سطح مذاب ایجاد می‌نماید که نفوذ حرارت به درون مواد را کند می‌سازد، در نتیجه مشعل باید با توان بیشتری کار کند و این یعنی سرباره بیشتر و بیشتر. چرخه‌ای معیوب به معنی واقعی!

مشعل‌های سقفی با شعله متحرک مشکل نقاط داغ را حل کرده و تولید سرباره را حداقل ۲۰٪ کاهش داده‌اند. دمش هوا از طریق فن دمده سبب می‌شود که شعله‌ها به تناوب به عقب و جلو حرکت کنند. این حرکت جلوی تشکیل نقاط داغ را گرفته و توزیع بسیار یکسانی از حرارت را درون کوره به وجود می‌آورد. همانطور که قبلاً تأکید شد، چرخش مذاب هم به جلوگیری از ایجاد نقاط داغ کمک می‌کند.

سرباره‌گیری در کوره

سرباره‌گیری قسمت عمده‌ای از سرباره را از کوره خارج نموده و راندمان ذوب و کنترل دما را بهبود می‌بخشد. اینکه چه هنگام و چگونه سرباره‌گیری نماییم اهمیت بسیاری دارد و بر راندمان بازیافت فلز موجود در سرباره تاثیر می‌گذارد. زمان بندی بسیار مهم است؛ سرباره‌گیری دیر هنگام می‌تواند منجر به ضخیم‌تر شدن لایه سرباره و کاهش راندمان ذوب شده، به گرم شدن بیش از حد سطح مذاب بیانجامد که در نهایت خود سرباره بیشتری ایجاد می‌کند.

بطور سنتی از ابزار مناسب که در محل تولید ساخته می‌شوند و لیفتراک برای انجام عملیات مربوط به کوره، نظیر سرباره‌گیری و پاکسازی، استفاده می‌شود. در عمل، نتایج تقریباً ناپایدار و تکرارناپذیرند و بستگی به تشخیص و مهارت اپراتور دارد. تکنیک نامناسب سرباره‌گیری می‌تواند منجر به خروج حجم قابل توجهی از آلومینیم به همراه سرباره گردد. از نظر اقتصادی روشن است که مذاب باید درون کوره نگاه داشته شود تا اینکه همراه سرباره از کوره خارج شده و سپس به روش‌هایی دشوار آن را بازیابی نمود.

ماشین‌های نوین سرباره‌گیری می‌توانند راه حل‌های به مراتب اقتصادی‌تری را در مقایسه با لیفتراک‌ها ارائه نمایند. چنین سیستم‌هایی بطور ویژه برای محیط‌های شديداً خورنده کارگاه ریختن طراحی شده‌اند و عمر مفید آنها به بیش از ۱۰ سال هم می‌رسد. کنترل دقیق با استفاده از چنین تکنولوژی‌هایی امکان‌پذیر است و بدین ترتیب اپراتور قادر خواهد بود تا مقدار فلز موجود در سرباره خارج شده از کوره را به حداقل کاهش دهد.

استفاده از ماشین‌های رباتیک سرباره‌گیری هم رو به گسترش است (شکل ۵). این سیستم‌ها کاملاً خودکار بوده و در نتیجه، عملکرد آن‌ها بستگی به مهارت یا تشخیص اپراتور ندارد. چنین تجهیزاتی نه تنها مقدار فلز موجود در سرباره خارج شده از کوره را به حداقل می‌رسانند، بلکه می‌توانند برنامه‌ریزی شوند، به نحوی که با دیواره‌های کوره برخوردی نداشته باشند و عمر نسوز هم بدین ترتیب افزایش می‌یابد.

فلاکس استفاده شود یا نه

نظریه‌های فراوانی در باره لزوم فلاکس زدن در کوره‌های تشعشی و کوره‌های مجهز به چاهک شارژ مطرح شده است. بطور کلی می‌توان گفت که فلاکس زنی برای جدا کردن اکسیدها و آلودگی‌ها از فلز صورت می‌گیرد. فلاکس‌های گرمازا