

بررسی شارژ آهن اسفنجی در کوره‌های قوس الکتریکی از دیدگاه انرژی و تولید

مقدمه:

استفاده از شارژ آهن اسفنجی یا بریکت در کوره قوس تاثیراتی را در فرآیند ذوب بهمراه دارد که مصرف انرژی، بهره‌وری و بازدهی مواد متاثر از ترکیب شیمیایی DRI و درصد استفاده از آن در شارژ از آن قبیل است.

آهن اسفنجی به‌عنوان جایگزین قراضه و با توجه به ترکیب شیمیایی تقریباً یکنواخت آن به منظور کاهش غلظت عناصر ناخالصی و رسوبات در ذوب از طریق بالا بردن عیار آهن موجود در شارژ استفاده می‌شود.

در حقیقت با شارژ آهن اسفنجی در سبد قراضه آهن، سطح ناخالصی‌های موجود در شارژ کاهش یافته و سبب کاهش مقدار نیتروژن موجود در ذوب می‌شود.

کاهش نیتروژن در ذوب باعث می‌شود، تختال‌ها و بیلتهای با کیفیت جهت تولید ورق‌های گرم، وایر و انواع محصولات دیگر را بتوان تولید کرد.

مصرف انرژی:

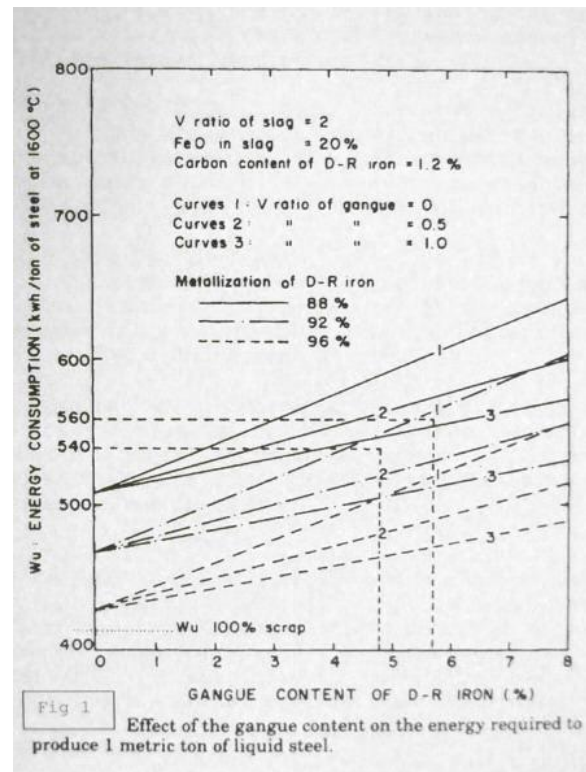
چند فاکتور در استفاده از شارژ آهن اسفنجی باعث افزایش مصرف انرژی می‌شوند. قابل ذکر است که در یک کوره قوس با شارژ ۱۰۰ درصد آهن قراضه سرد و ساخت سرباره پفکی خوب مقدار انرژی مصرفی جهت تشکیل ذوب حدود ۴۰۰ تا ۴۳۵ کیلووات ساعت بر هر تن ذوب صرف‌نظر از سایر انرژی‌ها است و به‌عنوان مقایسه، یک کوره قوس الکتریکی با شارژ ۹۸ درصد آهن اسفنجی و تشکیل سرباره پفکی خوب دارای انرژی مصرفی حدود ۶۳۵ کیلووات ساعت در هر تن ذوب است.

درصد متالیزاسیون آهن اسفنجی در مصرف انرژی فرآیند ذوب و تولید فولاد موثر است. متالیزاسیون پایین و بالا بودن مقدار FeO موجود در DRI سبب افزایش انرژی مصرفی در فرآیند فولادسازی می‌شود. (از لحاظ شیمیایی احیا FeO یک واکنش گرماگیر است).

قابل ذکر است که احیای یک تن FeO به حدود ۸۰۰ کیلووات ساعت انرژی نیازمند است.

افزایش مقدار SiO₂ در آهن اسفنجی نیز سبب افزایش مصرف انرژی می‌شود، زیرا به منظور حفظ بازیسیته ذوب نیاز خواهد بود به شارژ بیشتر آهک و شارژ بیشتر آهک تولید بیشتر سرباره را باعث خواهد شد و از آنجا که ذوب هر تن سرباره به حدود ۵۳۰ کیلووات ساعت انرژی نیاز دارد، لذا مصرف انرژی کل را افزایش می‌دهد.

از نمودار یک میتوان جهت تعیین انرژی مصرفی در فرآیند ذوب آهن اسفنجی کمک گرفت.



فسفر و گوگرد با توجه به این که باعث افزایش آهک مصرفی در فرآیند می شود تاثیر منفی در انرژی مصرفی دارد، اما در هر حال بسته به گرید فولاد نیاز است که درصد عناصر از جمله فسفر، کربن و سایر عناصر در حد استاندارد بوده و برای رسیدن به حد مورد نظر نیاز به یکسری اقدامات اجتناب ناپذیر است. جهت حذف فسفر به سرباره اکسیدی نیاز است، CaO فسفر موجود در **حمام مذاب** را جذب می کند و در صورتی که مقدار ثابت و مشخص از FeO در سرباره مدنظر باشد، لازم است تزریق بیشتر آهک و حذف بیشتر فسفر را داشته باشیم که بدین ترتیب همان طور که قبلا بیان شد، این افزایش سبب بالا رفتن مقدار مصرف انرژی و نیز کاهش بازده مواد آهنی می شود.

برای حذف سولفور به سرباره احیایی نیاز است. سرباره کوره های قوس الکتریکی معمولا سرباره اکسیدی بازی است و با وجودی که امکان حذف مقداری گوگرد در EAF با افزایش مقدار آهک وجود دارد، اما از آنجا که واکنش های فوق باعث افزایش انرژی مصرفی در کوره شده و بهره وری را نیز کاهش می دهد و **احتمال صدمه به نسوز کوره نیز وجود دارد**، لذا با توجه به اهداف فولادسازی در جهت تولید با حداقل انرژی مصرفی به ازای هر تن فولاد، جدایش گوگرد در EAF انجام نشده، بلکه در کوره پاتیلی انجام خواهد شد که در **نکات بشرح ذیل** به آن خواهیم پرداخت.

با توجه به قیمت انرژی و رعایت مسائل اقتصادی تولید ، مسئولیت سنگینی بر دوش بهره بردار بوده، لذا فولادساز حداکثر استفاده را از واکنش‌های موجود در فرآیند ، که می‌تواند در کاهش انرژی مصرفی موثر باشند، می‌نماید. در این راستا یک فرآیند سرباره‌سازی خوب در کوره قوس می‌تواند بهترین راندمان انرژی را برای کوره داشته باشد. حذف گوگرد لازم است در سرباره احیایی انجام شود، لذا عملیات جدایش گوگرد در مرحله متالورژی ثانویه و در کوره پاتیلی انجام می‌شود.

قابل ذکر است، در طراحی یک کارگاه فولادسازی به روش EAF که از شارژ آهن اسفنجی استفاده می‌کند، نیاز به وجود کوره پاتیلی جهت انجام مرحله متالورژی ثانویه است.

یکی دیگر از مواردی که باعث کاهش انرژی مصرفی به ازای هر تن تولید می‌شود، میزان کربن محتوی آهن اسفنجی است. در صورتی که محدودیتی جهت تامین اکسیژن مورد نیاز وجود نداشته باشد با شارژ آهن اسفنجی با کربن مناسب (معمولاً بیشتر از ۱/۵ درصد)، انرژی مصرفی ، حدود ۲-۴ کیلووات ساعت بر نرمال مترمکعب اکسیژن کاهش خواهد داشت. (در صورتی که از مقدار کربن مناسب استفاده شود و یک سرباره پفکی خوب ایجاد شود).

یکی دیگر از راه‌های کاهش انرژی مصرفی به ازای هر تن فولاد استفاده از شارژ داغ آهن اسفنجی بوده، اما این موضوع به دلیل مساله اکسید شدن سریع آن در حین حمل به کوره ، همواره به‌عنوان یک نکته مشکل‌زا هنوز مطرح است. جهت انتقال شارژ داغ آهن اسفنجی به درون کوره، نیاز است از یک اتمسفر خنثی با تزریق گاز نیتروژن به منظور جلوگیری از واکنش DRI با هوا استفاده کرد.

در این راستا، شرکت هیلسا در سال ۱۹۹۸ جهت کاهش انرژی مصرفی ، یک سیستم انتقال شارژ گرم با دمای ۶۰۰ درجه سانتیگراد به داخل کوره راه‌اندازی کرد.

بدیهی است، با توجه به مشکلات اجرای چنین خطی، در صورتی استفاده از این راه‌حل‌ها اقتصادی به‌نظر می‌رسد که قیمت انرژی باعث افزایش هزینه تولید به ازای هر تن فولاد و غیر اقتصادی نمودن تولید گردد، بنابراین استفاده از راه‌های کاهش انرژی بسته به محل قرارگیری کارخانه، مسائل فنی ، رعایت نکات زیست محیطی و و نیز مقایسه آنها از لحاظ اقتصادی قابل تصمیم‌گیری خواهد بود، اما یکی از مهم‌ترین روش‌های اجرایی کاهش انرژی مصرفی و نیز کاهش بهای سهم انرژی در تولید فولاد ، در فولادسازی بروس کوره قوس با شارژ آهن اسفنجی ، استفاده از DRI با درصدی از کربن محتوی، با درجه فلزی بالا و سیلیس، فسفر و گوگرد پایین و نیز استفاده از تزریق کربن و اکسیژن جهت ساخت سرباره پفکی است.

بهره‌وری و راندمان تولید:

تعداد واحدهای فولادسازی به روش کوره قوس در منطقه آسیا رو به افزایش بوده و این در حالی است که امکان تهیه قراضه آهنی با کیفیت در منطقه آسیا با توجه به این که باید دارای دانسیته **حدود ۱** تن بر مترمکعب باشد بسیار دشوار بوده، لذا استفاده از شارژ پیوسته آهن اسفنجی به عنوان بهترین راه حل در جهت تامین مواد آهنی به طور فزاینده‌ای مورد توجه قرار گرفته است. یکی دیگر از مزایای استفاده از شارژ پیوسته آهن اسفنجی و یا بریکت در کوره، کاهش تعداد سبدهای شارژ قراضه آهنی به کوره است. بدیهی است با کاهش تعداد سبدها از زمان آماده‌سازی کم شده و این نیز باعث بالا رفتن بهره‌وری و افزایش تولید خواهد شد.

تا قبل از این که امکان تزریق کربن و دمش اکسیژن به داخل کوره و ساخت سرباره پفکی و نیز گرم کردن شارژ قراضه امکان پذیر باشد، بهترین شارژ جهت به دست آوردن بیشترین بهره‌وری، شارژ پیوسته ۵۰-۲۰ درصد آهن اسفنجی بود (لازم به ذکر است، موارد فوق الذکر در مواقعی صحیح است که شارژ قراضه از لحاظ کیفیت نامناسب و از دانسیته پایین برخوردار باشد که در این موارد شارژ DRI می‌تواند سبب افزایش بهره‌وری شود).

بهره‌وری یک کوره قوس الکتریک که به طور پیوسته با DRI تغذیه می‌شود، بسیار زیاد بستگی به ترکیب شیمیایی DRI، سرباره پفکی و کنترل خوب نسبت شارژ DRI دارد. (بهره‌وری کوره با شارژ بیش از حد لازم DRI کاهش خواهد یافت).

راندمان تولید فولاد از طریق شارژ DRI یا HBI تابعی از نسبت متالیزاسیون، گانگ، تزریق کربن و سایر عملیات است.

یک نمونه آهن اسفنجی محتوی ۹۳ درصد آهن کل، ۸۶ درصد آهن فلزی و ۹۲ درصد متالیزاسیون را در نظر بگیرید. اگر امکان احیای ۱۰۰ درصد Feo فراهم بود، با شارژ کامل DRI، ۹۳ درصد بازدهی حاصل می‌شد، اما این موضوع عملاً در صنعت اتفاق نمی‌افتد و در صورتی که در یک واحد فولادسازی بازدهی امری مهم و پراهمیت برای صاحبان واحد باشد، لازم است نسبت به تولید یا خریداری آهن اسفنجی و یا بریکت با درصد متالیزاسیون مناسب و قابل انتظار اقدام کنند.

از آنجا که ترکیب شیمیایی مواد و وزن سرباره در بازدهی هر کوره قوس الکتریک تاثیر دارد، لذا در حین فرایند ذوب آهن اسفنجی و یا بریکت باید دقت کافی در ساخت سرباره بعمل آید، به طوری که یک سرباره پفکی خوب با حداقل وزن و با بازیسیته مناسب ایجاد شود.

برای به دست آوردن اطلاعات از سرباره ساخته شده، معمولاً از طریق نمونه‌گیری و به کمک دستگاه XRF و یا روش شیمی تر اقدام به تست سرباره کرده و در صورت انحراف از وضعیت مطلوب، در جهت اصلاح سرباره به سمت جلوگیری از خوردگی و فرسایش نسوز کوره و افزایش بازدهی کوره برمی‌آیند.

همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شده، انتخاب شارژ DRI به دلایل متعدد نیاز به بررسی‌هایی از جمله مسائل اقتصادی، عدم دسترسی به قراضه مطلوب، مصرف انرژی و... دارد، لذا وقتی استفاده از DRI مدنظر قرار می‌گیرد، بهتر است یک ارزیابی هزینه تولید با درصد‌های مختلف DRI در مقایسه با تولید از طریق قراضه بعمل آید. (لازم به ذکر است در نواحی که تهیه قراضه سخت و گاهی غیرممکن است، انتخابی جز استفاده از آهن اسفنجی برای روش‌های قوس الکتریکی وجود نخواهد داشت).
به‌طور کلی در صورتی که بخواهیم از آهن اسفنجی به‌عنوان شارژ در کوره قوس استفاده کنیم، لازم است به چند فاکتور به شرح زیر توجه شود:

- قیمت آهن اسفنجی
- بهای حمل و انبار کردن آن
- سرمایه‌گذاری‌های لازم از جمله ایجاد نوار نقاله به منظور برقراری شارژ پیوسته
- فلاکس مورد نیاز
- بهره‌وری
- بهای جمع‌آوری و سرمایه‌گذاری جهت فرآوری سرباره
- امکان برقراری سیستم تزریق کربن و اکسیژن
- سایر موارد

قابل ذکر است که استفاده از آهن اسفنجی در کوره خود یک روش است که نیاز به اطلاعات مربوطه دارد، لذا لازم است به بهره‌بردار آموزش کافی داده شود، بنابراین در شروع راه‌اندازی هر واحد فولادسازی به لحاظ وجود منحنی آموزش تا رسیدن به حداکثر توانایی بهره‌برداری، نیاز به صرف مدت زمان لازم جهت رسیدن به ۱۰۰ درصد توان تولید است.

تهیه کننده: علیرضا بنکدار