(1)- فولادسازی با کوره EAF:
ایمنی، بهینه‌سازی فرآیند و حفاظت از محیط زیست[1]

ترجمه: محمدحسین نشاطی

فولادسازی الکتریکی مدرن امروزه توسط سه جنبه اصلی ایمنی، بهینه‌سازی فرآیند و حفاظت از محیط زیست هدایت می‌شود. اطمینان از سطح بالای ایمنی در حین کار و بهینه‌سازی پیوسته فرآیند برای افزایش بهره‌وری، مدت مدیدی از اهداف کلیه فولادسازان بوده است. حفاظت از محیط زیست جنبه‌ای ویژگی نه فقط فولادسازی، بلکه بطور کلی، تمام صنایع مدرن است. شرکت SMS راه‌حل‌های فنی و ابزاری را توسعه داده است که نیازهای مشتری را تامین می‌کند و استانداردهای جدید در سراسر جهان را برآورده می‌سازد.

ایمنی و بهینه‌سازی فرآیند

موضوعات ایمنی و بهره‌وری گاهی در تقابل با یکدیگر تلقی می‌شوند. از آنجا که ایمنی به عنوان یک عامل کلیدی در فرآیند تولید در نظر گرفته می‌شود، تلاش زیادی برای ایمن‌سازی تا حد ممکن فولادسازی با حداقل حضور اپراتورها انجام می‌شود. همراه با ابزارهای ایمنی، یک فرآیند بهینه‌سازی مورد مطالعه قرار گرفته است، به ویژه برای عملیات متالورژی ثانویه که در آن نتایج قابل اطمینان پایه تولید فولاد با کیفیت عالی است.

درب اتوماتیک سرباره (Condoor)

درب سرباره یکی از خطرناکترین مناطق اطراف کوره است. درب سرباره اتوماتیک جدیدا توسعه یافته (Condoor) دهانه کوره را کاملاً درزبندی می‌کند و در زمان سرباره‌گیری، چرخه تمیزکاری "فشاری" را برای زدودن هرگونه قراضه جلوی درب که می‌تواند در فعالیت‌های بعدی اختلال ایجاد کند انجام می‌دهد. Condoor نیاز به تمیزکاری خرده‌های باقیمانده اطراف درب سرباره به صورت دستی یا با سیستم‌های نیمه اتوماتیک را برطرف می‌سازد. Condoor همچنین مجموعه‌ای از صرفه‌جوئی‌ها و مزایای جانبی را که تجهیزات را از نظر هزینه عملیاتی (OPEX) و بهره‌وری به سرمایه‌گذاری خوبی تبدیل می‌کنند، با خود دارد. با درزبندی دهانه، و از این رو جلوگیری از نفوذ هوا، اکسید شدن الکترودها و مصرف دلتای سقف را کاهش می‌دهد. Condoor باعث صرفه‌جویی در مصرف اکسیژن اضافی برای تمیزکاری درب می‌شود و با گرمتر نگهداشتن حمام به صرفه‌جویی انرژی کمک می‌کند. به عنوان یک نتیجه مهم متالورژیکی، Condoor به احیای FeO از سرباره به حمام مذاب کمک می‌نماید، بنابراین بهره‌دهی شارژ را افزایش می‌دهد. Condoor از سال 2010 در چندین کوره جدید و موجود از قبل نصب شده است؛ نصب آن محدودیتی در رابطه با مخلوطهای شارژ متفاوت قراضه ندارد.

سیستم RobEBT

منطقه EBT (تخلیه از کف خارج از مرکز) یک منطقه عملیاتی است که در طی فعالیت‌های چرخش EAF بسیار شلوغ است و از نظر ایمنی بسیار حساس است. شرکت SMS سیستمی را به نام RobEBT در زیر EBT توسعه داده است که به تمیزکردن هرگونه باقیمانده فولاد یا سرباره از قسمت زیر سوراخ تخلیه کمک می‌کند و همچنین می‌تواند گرفتگی مجرا را از سمت داخل یا بالا برطرف کند. از زیر پوسته با کنترل نیمه اتوماتیک که توسط یک اپراتور از فاصله ایمن فرمان می‌گیرد، عمل می‌کند.

یکی دیگر از عملیات خطرناک EBT باز شدن غیر خود بخود سوراخ تخلیه پایین است؛ دستگاه دوم امکان استفاده از لانس اکسیژن برای برطرف کردن ماسه نسوز را می‌دهد، به اپراتور کمک می‌کند تا روش معمول تخلیه را انجام دهد.

---

[1]- EAF STEELMAKING: SAFETY, PROCESS OPTIMIZATION AND ENVIRONMENTAL PROTECTION, SMS group TECHNOLOGY BOOK, 2014?.

تنظیم EAF با سیستم تزریق SMS

برای دستیابی به کیفیت و بهره‌وری بالای فولاد در EAF، همه چیز از ذوب کردن تا تخلیه باید دقیقاً موازنه و کنترل شود. ابزارهایی همانند انژکتورهای اکسیژن تأثیر زیادی بر فرآیند EAF دارند زیرا از مراحل ذوب کردن و تصفیه در طول ذوب پشتیبانی می‌کنند. برخلاف راه‌حل‌های معمولی، سیستم تزریق SMS (SIS) مشعل و انژکتور اکسیژن را در یک ابزار خاص ترکیب می‌کند.

شکل 1 – انژکتورهای SIS در حال کار.

انژکتور SIS امکان سرعت بخشیدن به سرعت ذوب کردن و بهبود کربن‌زدایی فولاد مذاب با حداکثر کارایی تزریق اکسیژن را فراهم می‌کند. علاوه بر این، مزایای ثابت شده سیستم SIS این است که تأثیری بر فرسایش نسوز ندارد، تعمیرونگهداری کم، صرفه‌جویی تا 70 درصد در مصرف گاز و سهولت کار کردن دارد. انژکتور می‌تواند بر روی EAF های جدید یا موجود نصب شود تا از کاهش هزینه هر تن فولاد تولید شده اطمینان حاصل شود و بازگشت سرمایه (ROI) سریع را تضمین کند.

دستگاه پرکننده ماسه مجرای EBT

در پیکربندی معمول EAF، فعالیت‌های سنتی مانند عملیات پر کردن ماسه مجرای EBT و بررسی چشمی آن نیاز به حضور فیزیکی اپراتور در پانل EBT حتی گاهی قبل از اتمام تخلیه دارد. به همین دلیل پر کردن اتوماتیک ماسه ایجاد شده است؛ با استفاده از دوربین تصویری حرارتی، می توان شرایط EBT را بررسی کرد و مقدار مناسب ماسه را در سوراخ تخلیه پر کرد. علاوه بر افزایش آشکار ایمنی، کاهش قابل‌توجهی در زمان پاور–آف ثبت شده است زیرا چرخه پر کردن مجرا با ماسه به طور کامل در اتوماسیون EAF یکپارچه شده و به محض اتمام عملیات تخلیه شروع می‌شود.

پمپ خلاء مکانیکی XL Module

XL Module یک سیستم پمپ خلاء است که برای گاززدایی در خلاء فولاد استفاده می‌شود و به طور خاص برای صنعت فولاد طراحی شده است. هر ماژول از 3 پمپ (مرحله) نصب شده بر روی یک قاب مشترک به نام اسکید (skid) تشکیل شده است. اسکید ساخته شده توسط شرکت SMS دارای ظرفیت مکش در محدوده 45000 m^3/h در فشار 0.67 mbar است. ظرفیت مکش نهایی مورد نیاز برای فرآیند گاززدایی با سوار کردن مدول‌های بیشتر با هم حاصل می‌شود. در مقایسه با رقبا، SMS XL Module دارای پمپ‌ها و موتورهای بزرگتری است؛ که این ویژگی کمک می‌کند تا به یک زمان تخلیه کوتاه و انعطاف‌پذیری بالاتر سیستم برای شتابگیری سریع و واکنش برسد. از ارزش‌های دیگر این سیستم، سرعت پمپاژ بالا در حداقل سطح فشار بدست آمده، زمان تخلیه کوتاه، کنترل موثر فرآیند گاززدایی، دستیابی به عملکرد متالورژیکی حتی در صورت خرابی پمپ، واکنش سریع در برابر سرباره پفکی و عدم چرخه گرم کردن از شروع سرد است.

حفاظت از محیط زیست

واحد پالایش دود و غبار (FTP) یک بخش اصلی در بهره‌وری کلی کارگاه ذوب و برای مسائل زیست محیطی است. طی سال‌های اخیر، تقاضای بازار به بهینه سازی عملکرد مکش و میزان انتشار گازهای آلاینده در مراحل مختلف تولید حساس‌تر شده است. EAF به عنوان بزرگترین مصرف‌کننده انرژی، گازهای خروجی گرم و غباری ایجاد می‌کند که می‌تواند برای بازیابی انرژی مورد استفاده قرار گیرد. طراحی ویژه سیستم بازیابی انرژی Ecoplants (ERS) امکان تبدیل تا 20 درصد از کل انرژی ورودی EAF به آب گرم یا بخار را می‌دهد که می‌تواند برای کاربردهای مختلف استفاده شود.

FTP جدید- توان و انتشار آلاینده کم

شکل 2- FTP جدید- توان و انتشار آلاینده کم.

به تبعیت از تقاضای بازار برای کاهش بیشتر از لحاظ هزینه‌های انرژی الکتریکی و بهینه‌سازی انتشار آلاینده‌ها، شرکت SMS یک واحد پالایش دود و غبار را با ویژگی راه‌حل‌های پیشگامانه از نظر چیدمان و طراحی جدید کانوپی هود، کانال‌کشی، برج خنک‌کننده و گروه فیلتر–دودکش راه‌اندازی کرده است. این راه-حل‌های جدید به FTP امکان می‌دهد تا با مقادیر فشار کل زیر 3000 Pa، که بسیار نزدیک به حد پایین فیزیکی قابل‌دستیابی برای یک واحد صنعتی است، کار کند. علاوه بر این، این راه‌حل‌ها افزایش قابل‌توجهی در هزینه‌های تعمیرونگهداری ندارند و در عین حال مصرف انرژی الکتریکی را کاهش می‌دهند. به دلیل پیکربندی خاص، FTP دارای مصرف انرژی الکتریکی زیر 10 kWh/t فولاد تولید شده است. FTP جدید قادر به کاهش میزان انتشار آلاینده‌ها از نظر گردوغبار در دودکش، زیر 0.5 mg/Nm^3 می‌باشد و بخاطر یک انژکتور کربن فعال، که بطور خودکار بر حسب عملکرد دمای فرآیند آب و گاز خروجی کار می‌کند، توانائی کاهش انتشار PCDD/PCDF به کمتر از I-TEQ 0.1 mg/Nm^3 را دارد.

*****

(2)- تکنولوژی کارخانه تولید الکتریکی فولاد - طرح‌های مفهومی جدید[۲]

صنعت فولاد در سراسر جهان با ظرفیت اضافی مقابله می‌کند. قیمت‌های فولاد در سطح پایینی تثبیت شده‌اند در حالی که هزینه‌های مواد خام و مواد در حال افزایش است. تولیدکنندگان فولاد در پروژه‌هائی با قابلیت کاهش هزینه تولید مانند مدرن-سازی کارخانه های کوچک برای افزایش کارآیی تولید یا کاهش مصرف انرژی سرمایه‌گذاری می‌کنند. روند در صنعت فولاد به آگاهی از محیط زیست ادامه دارد. سایر درخواست‌های بازار بر مفاهیم کارخانه انعطاف‌پذیر و تولید گریدهای فولاد با کیفیت بالا تمرکز می‌کنند. تکنولوژی‌های کارخانه‌های نوآورانه انتخاب شده در متن زیر ارائه شده است.

SHARC - کوره ذوب مقرون به صرفه

شکل 1- کوره SHARC (کوره قوس ستونی).

کوره قوس ستونی 100 تن DC در شرکت Hellenic Halyvourgia (HLV) در Velestino، یونان، از سال 2001 در حال کار است و در طول 14 سال گذشته به طور پیوسته ارتقا یافته است. این مورد موفقیت قابل‌توجه کوره‌ای است که با چالش-های فنی آغاز شده و به کوره قوس الکتریکی بالغ، بسیار انعطاف‌پذیر و کارآمد تبدیل شده است. در توسعه تجهیزات فولادسازی، شانس وجود یک پیشرفت فنی با چنین نتایج پیشگامانه‌ای بسیار نادر است. مزایای طراحی پایه و بهبودهای انجام شده در طول سال‌ها باعث موفقیت این کوره شده است. کوره بسیار مقرون به صرفه، انعطاف‌پذیر و کارآمد، برای مثال مصرف انرژی الکتریکی زیر 280 kWh/t می‌باشد.

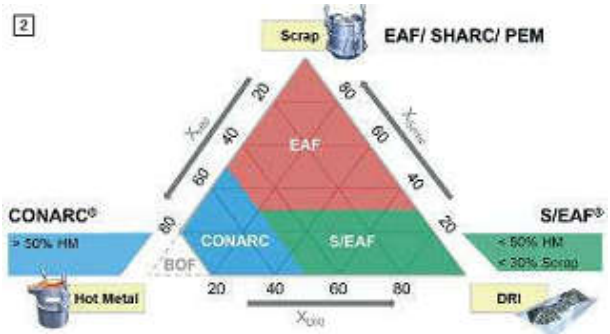
طرح دو ستون پیشگرمایش آن با بار حرارتی و مکانیکی متقارن، یک تکنولوژی اکسیژن به خوبی طراحی شده و سیستم نصب شده محکم و قابل‌اعتماد نگهداری قراضه است که به مزایای قابل‌توجه هزینه در زمینه‌های انرژی و بهره‌وری، زمینه-

[2]- ELECTRIC STEEL PLANT TECHNOLOGY – NEW CONCEPTS, SMS group TECHNOLOGY BOOK, 2014?.

های که در محیط اقتصادی امروزه مهمتر از همیشه هستند منتج می‌شود.

کوره قوس الکتریکی مداوم، S/EAF®- تا 30 درصد بهبود بهره‌وری

در مینی‌میل‌های تولیدکننده محصولات تخت با کیفیت بالا، ذوب کردن مواد دست اول مانند DRI/HBI در کوره قوس الکتریکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. شرکت SMS نوع جدیدی از کوره قوس الکتریکی را توسعه داده است. ARCCESS® EAF یا کوره EAF مداوم (S/EAF) یک کوره قوس الکتریکی ثابت است که برای شارژ بیش از 50 درصد DRI، HBI طراحی شده است. مولفه اصلی که عملیات پیوسته را تضمین می‌کند دستگاه نگهدارنده و لغزاندن الکترود به پائین شناخته شده از تکنولوژی کوره قوس غوطه‌ور (SAF) شرکت SMS است.



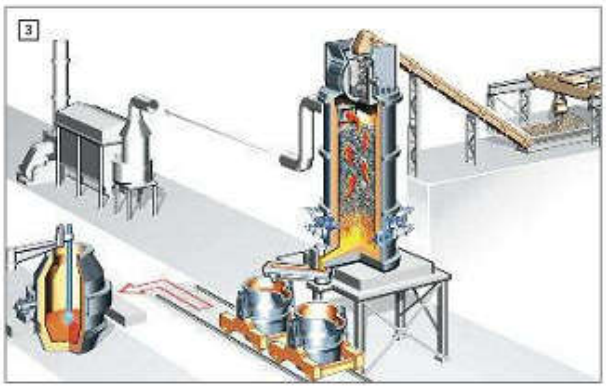
شکل 2- راه حل ها برای همه موارد مواد شارژ در فولادسازی الکتریکی.

به دلیل اینکه S/EAF می‌تواند بطور پیوسته کار کند، بویژه برای شارژ مستقیم DRI گرم با دمای تا 600 °C مناسب است. DRI سرد و آهن بریکت شده گرم (HBI) نیز می‌توانند شارژ شوند در صورتی که کارخانه احیای مستقیم در تولید نباشد. با تجهیزات اختیاری S/EAF همچنین می‌تواند به طور پیوسته با قراضه خرد شده (شرد شده) یا چدن خام مذاب شارژ شود.

عملیات پیوسته (شارژ و تخلیه با وجود پاور-آن) برای حدود یک هفته همراه با عملیات سقف بسته تلفات تابش را به حداقل می‌رساند. عملکرد پیوسته حمام تخت با استفاده از سرباره پفکی این اثر را تقویت می‌کند. در نتیجه عملیات S/EAF® در هزینه‌های انرژی و تولید صرفه‌جویی می‌کند و بهره وری را تا 30 درصد بهبود می‌بخشد.

ذوب‌کننده انرژی اولیه (PEM) – روش ذوب سازگار با محیط زیست

ذوب‌کننده اولیه انرژی (Primary Energy Melter) یک کوره ستونی مقرون به صرفه و سازگار با محیط زیست برای ذوب قراضه است (**شکل 3**). ایده اصلی فرآیند PEM استفاده مستقیم از انرژی اولیه بجای برق برای ذوب قراضه است (برای کنترل اکسید شدن آهن، کوره ستونی با نسبت زیر استوکیومتری از پایین با مشعل‌های گاز/اکسیژن مشتعل می‌شود. سپس گاز در سطوح بالای کوره ستونی سوزانده می‌شود). هدف این است که حداقل انرژی ترمودینامیکی مورد نیاز برای پیشگرمایش و ذوب کردن (90 درصد انرژی مورد نیاز) توسط انرژی اولیه و انرژی مورد نیاز برای فوق‌گداز دادن به مذاب (10~ درصد) توسط برق در محفظه دوم بعدی تغذیه شود. تلفات انرژی از طریق تولید و انتقال برق به حداقل می‌رسد و کل انتشار CO_2 بیش از 30 درصد کاهش می‌یابد. بنابراین فرآیند PEM برای مناطقی که قابلیت‌دسترسی به برق محدود یا پایداری شبکه برق محدود دارند، از پیش تعیین شده است.



شکل 3- ذوب‌کننده انرژی اولیه (PEM).

PEM یک کوره ستونی است که بطور پیوسته از بالا از طریق یک دهانه با قراضه توسط تسمه نقاله، سبد یا اسکیپ قراضه شارژ می‌شود. ذوب شدن در قسمت پایین ستون توسط مشعل‌های سوزاننده گاز طبیعی- یا گاز فرآیند یا سوخت مایع صورت می‌گیرد. پیشگرمایش قراضه از اصل جریان مخالف استفاده می‌کند که به حداقل مصرف کلی انرژی منتج می‌شود. مواد ذوب شده به طور پیوسته به ظرف دوم بعدی، برای مثال به پاتیل (کوره پاتیلی) از طریق ناودانی بارریز منتقل می‌شود.

در یک کارخانه تولید فولاد با کوره بازی اکسیژنی (BOF)، می‌توان با نصب PEM در بالادست تولید را افزایش داد. این یک تاسیسات انعطاف‌پذیر برای تولید است زیرا برخلاف کوره بلند می‌تواند بلافاصله خاموش و روشن شود. علاوه بر این، سرمایه‌گذاری در مقایسه با EAF نسبتاً کم است و از گازهای فرآیندی نیز می‌توان به عنوان سوخت استفاده کرد. شرکت‌های آرسلورمیتال و SMS اولین PEM مقیاس کارخانه آزمایشی (نیمه صنعتی) را در محل مجتمع فولاد یکپارچه Gent در بلژیک برای افزایش عرضه چدن خام مذاب برای BOF با ظرفیت 30 t/h، ساخته‌اند.

PEM یک کوره ذوب بهینه برای کارخانه‌های فولاد در مقیاس نانومیل، میکرومیل و مینی‌میل با ظرفیت سالانه تا 1 mt/y یا یک واحد اضافی ذوب برای افزایش تولید در کارخانه‌های معمول فولاد است.