

کوره قوس الکتریکی (EAF) با شارژ تک سبدي Fastarc™ در کارخانه جکسونویل¹

ترجمه: محمدحسین نشاطی

این مقاله ویژگی‌های اصلی کوره AC Fastarc™ EAF تامین شده توسط دانیلی برای کارخانه Gerdau Ameristeel واقع در جکسونویل (فلوریدا-آمریکا) را تشریح می‌کند. جدیدترین و پیشرفته‌ترین مدل UHP Fastarc™ EAF [سال 2010] دارای ظرفیت اسمی 95 sht (86 t) می‌باشد و قادر به کار با شیوه تولید تک سبدي، با شارژ 100 درصد قراضه است. به دلیل استفاده طولانی مدت از انرژی شیمیایی، توسط سیستم تزریق کوره DANARC با تکنولوژی مدول‌ها و اندازه مناسب ترانسفورمر EAF (90+12% MVA)، کوره به ذوب کردن بسیار سریع قراضه با ارقام مصرف نویدبخش دست یافت. EAF قبلاً به زمان پاور-آن در محدوده 35 دقیقه با حداکثر بهره‌وری تا t/h 115 رسیده است: این نتایج بواسطه تزریق مناسب کربن، اکسیژن و آهن، که امکان حفظ شرایط خوب سرباره پفکی را در طی تمام مدت فرآیند فراهم می‌کنند و به ذوب کردن سریع قراضه و گرم کردن فولاد مذاب منتج می‌شوند حاصل گردیده است. علاوه بر این عملکرد امیدوارکننده توسط آنالیز دود، که درجه بالای پس‌سوزی در داخل EAF را نشان داده، مورد تایید قرار گرفته است. وضعیت گرمایی همگن حمام (وان) مذاب به وضوح توسط کاهش محدود دمای فولاد بین EAF و ورود به دستگاه ریخته‌گری پیوسته (CCM)، با وجود اینکه خط فرآیند این کارخانه فاقد کوره پاتیلی (LF) در بالادست CCM می‌باشد، ثابت شده است. این مقاله، نتایج بسیار جالبی را از نظر بازده حرارتی و مصارف بر اساس داده‌های گردآوری شده در ماه‌های آخر عملیات EAF، و طراحی ابتکاری بکار گرفته شده در فرآیند، قسمت‌های مکانیکی و الکتریکی EAF نشان می‌دهد.

مقدمه

در آغاز استفاده از کوره قوس الکتریکی، ذوب کردن قراضه فقط با استفاده از تابش قوس به عنوان منبع انرژی انجام می‌شد. بجای آن، در دهه‌های اخیر، اهمیت انرژی شیمیایی بسیار زیاد شده است و اکنون استفاده صحیح از آن جنبه اساسی برای تولید سریع و با هزینه کم فولاد است. با توجه به این موضوع، کارخانه جکسونویل را می‌توان به واسطه نتایج عالی حاصل شده از نظر زمان فرآیند، مصرف برق و بازده حرارتی انرژی شیمیایی، یک نمونه نماینده در نظر گرفت. استفاده صحیح از تزریق اکسیژن، کربن و آهن امکان افزایش بازدهی اکسیژن و بهره‌مندی از واکنش پس‌سوزی CO در دود تا بیشترین حد ممکن را داده است.

ویژگی‌های EAF

EAF با نگهداشتن یک پاشنه مذاب 20 t تن کار می‌کند و برای اندازه تخلیه اسمی 95 sht (86 t) طراحی شده است. روش شارژ تک سبدي به منظور به حداقل رساندن زمان پاور-آف انتخاب شده است. برای دستیابی به بهره‌دهی حدود 116 t/h،



شکل 1- کوره قوس الکتریکی کارخانه جکسونویل.

¹ - One bucket charging Fastarc™ in Jacksonville, La Metallurgia Italiana - n. 2/2010.

زمان ذوب تا ذوب مورد انتظار 44.5 دقیقه است.

EAF کارخانه جکسونویل در شکل 1 آورده شده و داده‌های اصلی هندسی کوره در جدول 1 گزارش شده است.

کوره مستقیماً CCM را تغذیه می‌کند و تمام موارد افزودن فروآلیاژها در طی تخلیه انجام می‌شوند. فولاد در دمای بالاتر (1700°C) از حد معمول، به منظور تضمین مقدار فوق‌گذاز صحیح در ورود به CCM، بدون مرحله تصفیه در کوره پاتیلی (LF) تخلیه می‌شود. علاوه بر این، محتوای کربن در تخلیه 0.15 بیشتر است، که امکان محدود کردن موارد افزودنی در طی تخلیه و در نتیجه کاهش هزینه‌های مربوطه را می‌دهد.

قسمت برقی

AC EAF توسط یک خط ولتاژ بالا (HV) با ویژگی فرکانس 60 Hz و ولتاژ اسمی kV 230 تغذیه می‌شود که توسط ترانسفورمر کاهنده به 34.5 kV (ولتاژ خط MV) تبدیل می‌شود.

در خط MV یک راکتور سری بدون بار (off-load) به منظور افزایش راکتانس مدار نصب شده است. ترانسفورمر EAF دارای توان ظاهری اسمی 90+12% MVA می‌باشد و امکان انتخاب 15 موقعیت مختلف پله توان (تپ) را برای انتخاب بهترین ترکیب کشش طول قوس (arc tension)، جریان قوس و ضریب توان در طی مراحل مختلف فرآیند را فراهم می‌سازد. مدار ثانویه کوره برای حداکثر جریان 65 kA طراحی شده است.

توان ویژه

برای EAF این کارخانه، توان ویژه بسیار بالایی انتخاب شده است: حداکثر توان 77-78 MW. با میانگین وزن تخلیه 87.3 t، توان ویژه بدست آمده حدود 0.9 MW/t است که در مقایسه با سایر EAF‌های موجود مقدار بسیار بالایی است. مقادیر جریان با

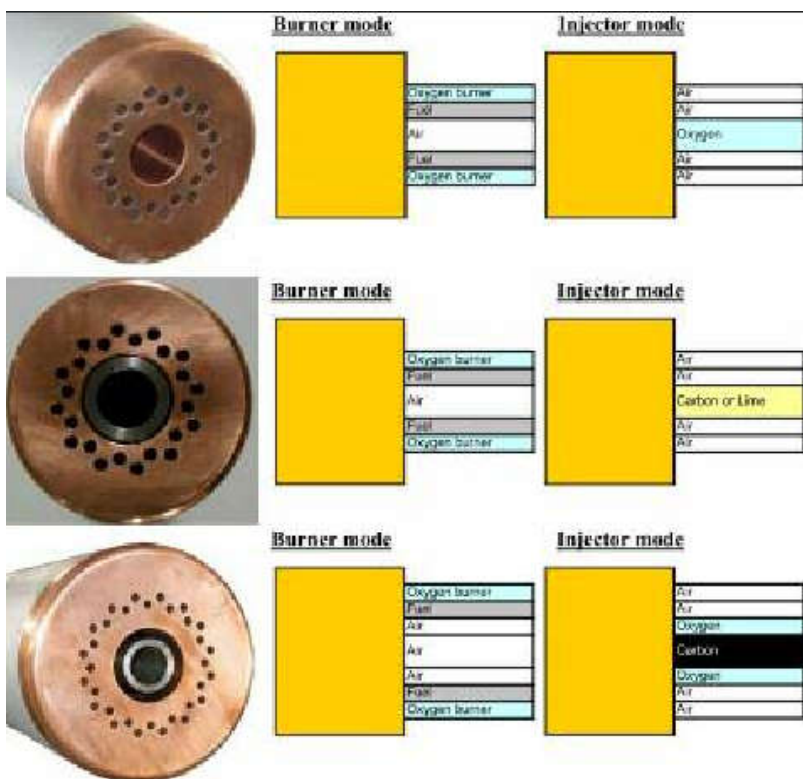
حداکثر حد 65kA بدون ریسک برای نیروگاه برق بکار گرفته می‌شوند؛ علاوه بر این، لایه سرباره پفکی خوب امکان انتقال این انرژی به حمام و محافظت از پانل‌های دیواره و سقف را فراهم می‌کند.

تکنولوژی تزریق FastArc

در این EAF، "سیستم مدول‌ها" برای دستیابی به بهترین عملکرد ممکن با چهار نوع انژکتور، هر کدام با وظیفه خاص خود، در نظر گرفته شده است. شکل 2

انژکتورهای نصب شده را نشان می‌دهد. در مورد جت‌های آهک و کربن، یک شعله پیلوت در طول دوره تزریق به منظور محافظت از جریان مواد و تأمین اکسیژن برای پس‌سوزی با تنظیم نسبت اکسیژن به گاز طبیعی بیشتر از میزان استوکیومتری، حفظ می‌شود.

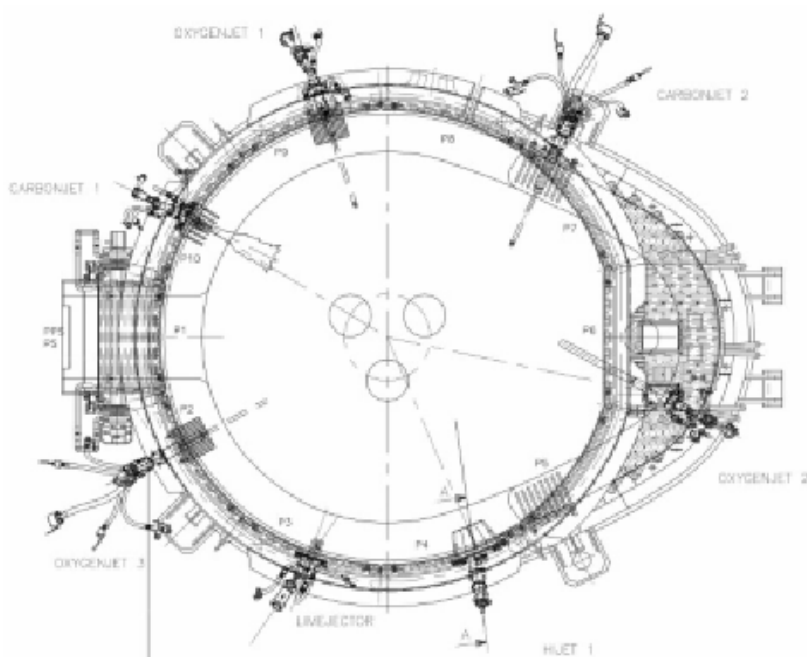
6.5	قطر پوسته پایینی [m]
130	حجم کل [m ³]
1250	قطر دایره مرکز الکترودها [mm]
610	قطر الکترودها [mm]



شکل 2 - نازل و حالت‌های عملیاتی برای Oxygenjet (بالا)، Limejet/Carbonjet (مرکز) و Hijet (پایین).



شکل 3- پانل‌های برآمده.



شکل 4- چیدمان مدول‌ها.

جدول 2- ویژگی‌های مدول‌ها.

مدول	دبی اکسیژن [Nm ³ /h]	سرعت جریان مواد [kg/min]	حداکثر توان مشعل [MW]
Oxygenjet 1	2250	-	3.5
Oxygenjet 2-3	1930	-	3.5
Hijet	1930	15-30	3.5
Carbonjet 1-	-	15-30	3.5
Limejet	-	110	3.5

جدول 3- مخلوط شارژ.

ذوبه‌های سیم مفتول	ذوبه‌های میلگرد آجدار
P&S (صفحه و مقاطع ساختمانی)	قراضه مخلوط HM 1&2
خرد شده (شرد)	خرد شده (شرد)
بوشلینگ	تراشه‌ها + اسکول
چدن خام	چدن

جت‌های اکسیژن 1 و 3 و Hijet در پانل‌های برآمده مسی (شکل 3) نصب می‌شوند که امکان فراهم کردن مدول‌ها در نزدیکی حمام را با محافظت از آنها در برابر ریزش قراضه و اطمینان از نفوذ آسانتر اکسیژن در حمام می‌دهد. شکل 4 چیدمان مدول‌ها در EAF را نشان می‌دهد.

جت‌های آهنک و کربن در سراسر سطح حمام برای ایجاد یک لایه سرباره پفکی همگن بر روی سطح فولاد توزیع می‌شوند. جت‌های اکسیژن نیز برای تضمین اکسیژن‌رسانی همگن و کربن-زدائی حمام به طور یکنواخت توزیع می‌گردند.

سرعت جریان‌ها و توان استفاده از مدول‌ها در جدول 2 گزارش شده است.

شرح فرآیند

مواد شارژ

محصولات اصلی این کارخانه، بیلت برای تولید میلگرد آجدار و سیم مفتول است. مخلوط شارژ این دو مورد در جدول 3 گزارش شده است. شکل 5 نمونه‌هایی از قراضه شارژ شده در EAF را نشان می‌دهد. تراکم قراضه به دلیل استفاده زیاد از قراضه خرد شده (تولید داخل کارخانه)، چدن و چدن خام، kg/m^3 750-850 می‌باشد. این قراضه متراکم امکان شارژ تمام مواد را فقط با یک سبد فراهم می‌کند زمان پاور-آف را کاهش داده و مصارف و شرایط فرآیند را بهبود می‌بخشد.

روش ذوب کردن



شکل 6 مشخصات مفصل ذوب کردن مورد استفاده در کارخانه جکسونویل را نشان می‌دهد.

نتایج عملیاتی

مصارف

شکل 5- نمونه‌هایی از قراضه شارژ شده در EAF کارخانه جکسونویل: خرد شده (در سمت چپ) و چدن (در سمت راست).

در ارزیابی مصارف 200 ذوب متوالی در نظر گرفته می‌شود. از جمله آنها، 7 دسته ذوب متوالی هر یک با حداقل 17 ذوب متوالی (تعداد کل 156 ذوب) انتخاب شده و میانگین تولید، زمان فرآیند و مصارف آنها محاسبه شده است.

متوسط وزن قراضه شارژ شده 94 t، در حالی که متوسط وزن فولاد تخلیه شده برابر 87.3 t می‌باشد. بهره‌دهی بدست آمده به میزان 93 درصد بخاطر کیفیت خوب قراضه و مهمتر از همه کنترل فرآیند صحیح است که امکان کاهش تلفات آهن در سرباره را از نظر اکسید آهن و آهن فلزی احاطه شده، گزارش شده در آنالیز شیمیایی سرباره فراهم می‌کند.

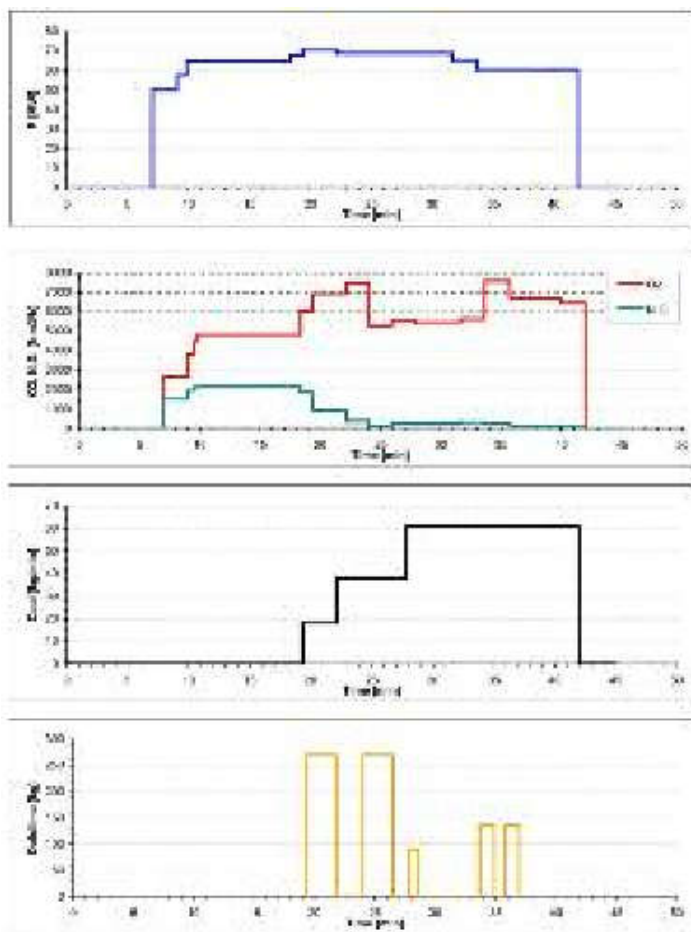
نتایج کلی در **جدول 4** گزارش شده است.

این کارخانه در واقع یک گلوگاه در CCM موجود و زمان بزرگ ذوب تا ذوب EAF دارد، نتیجه این انتظار طولانی مدت به دلیل سرعت کم CCM است. یک زمان ذوب تا ذوب خالص محاسبه شده است که فقط بخش مربوط به نیازهای EAF را با صرف نظر کردن از تاخیر ناشی از CCM که می‌تواند حدود 10 تا 11 دقیقه ارزیابی شود در نظر می‌گیرد. به این ترتیب خالص بهره‌وری کوره 114-116 t/h می‌شود که کاملاً با نیازها مطابقت دارد.

مصرف انرژی الکتریکی بدست آمده کاملاً کم است، مهمتر از همه با در نظر گرفتن دمای تخلیه 1705°C، حدود 80°C بیشتر از مقادیر معمول 1620-1630°C (بدون وجود کوره LF) و تأخیرات CCM. هرگونه تردید در مورد قابلیت اطمینان دمای تخلیه ثبت شده می‌تواند با تجزیه و تحلیل افت دما در ورود به CCM برطرف شود. این مقدار (75°C) مطمئناً واقع‌بینانه است و با توجه به اینکه تمام فروآلیاژها در طی تخلیه مذاب شارژ می‌شوند، می‌توان اظهار داشت که

این مقدار نیز بسیار پایین است. بنابراین، این نتیجه تأیید می‌کند که حمام در طی مرحله تصفیه به طور یکنواخت گرم می‌شود و دمای اندازه‌گیری شده نماینده کل فولاد تخلیه شده است. جدول 4 همچنین بهترین نتایج بدست آمده را با رجوع به 10 ذوب متوالی نشان می‌دهد. شایان ذکر است که مصرف انرژی بدست آمده واقعا عالی است و می‌تواند یک سطح معیار (بنچمارک) برای EAF های استاندارد که فولاد مذاب را در دماهای پایین‌تری تخلیه می‌کنند لحاظ شود.

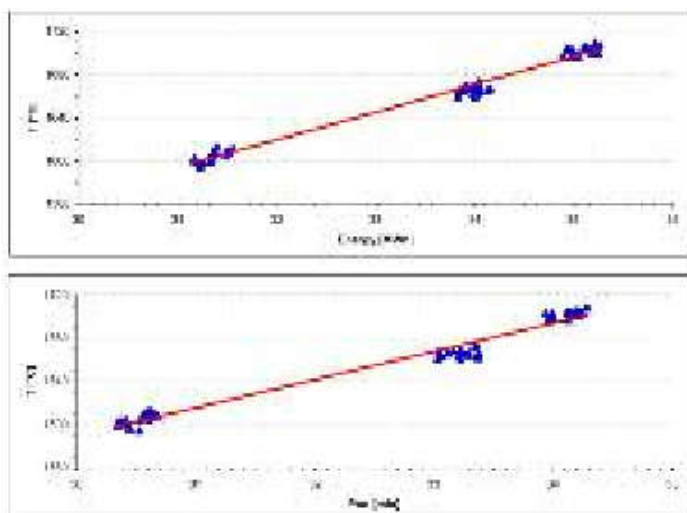
جدول 4- نتایج بدست آمده (بر اساس وزن فولاد مذاب).				
	واحد	کل	بهترین	داده‌ها در 1630°C
زمانهای فرآیند				(محاسبه شده از نتایج کل)
ذوب تا ذوب	دقیقه	56	54	52.5
پاور-آن	دقیقه	35	34.5	31.5
خالص ذوب تا ذوب	دقیقه	45-46	43-44	42-43
متوسط توان	MW	61	61	61
شرایط تخلیه				
کربن محتوی	%	0.17	0.15	0.15
دما	°C	1705	1703	1630
ورود به ریخته‌گری (CCM)				
دما	°C	1630	1627	
افت دما	°C	75	76	
مصارف				
انرژی الکتریکی	kWh/t	405	390	373
اکسیژن	Nm ³ /t	37	36	33
گاز طبیعی	Nm ³ /t	5.5	5.5	5.4
کربن تزریقی	kg/t	14	13	12
آهک شارژ شده	kg/t	28.5	25	28.5
دولومیت تزریقی	kg/t	12	13	12



شکل 6- نمودار تفصیلی ذوب کردن.

جدول 5- متوسط ترکیب شیمیایی سرباره.

CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	سایر
%30.0	%11.8	%17.8	%7.7	%6.4	%22.5	%3.8



شکل 7- افزایش دما به صورت تابعی از مصرف انرژی و زمان.

در آخرین ستون نتایج بالقوه اگر فرآیند در دمای 1630°C متوقف می‌شد گزارش شده است. 2.9 دقیقه کاهش در زمان پاور-آن با توجه به سرعت فوق-گداز دادن 26°C/MWh حاصل می‌شود، در نتیجه انرژی الکتریکی به 373 kWh/tls و مصرف اکسیژن به 33 Nm³/tls کاهش می‌یابند.

سرعت گرمایش

اندازه‌گیری‌های افزایش دما در طی مرحله تصفیه به منظور برآورد بازدهی انتقال انرژی از قوس به فولاد در شرایط حمام تخت که کاملاً به کارایی سرباره پفکی مربوط می‌باشد، گردآوری شده است. شکل 7 وابستگی دما به زمان و مصرف انرژی را نشان می‌دهد. شیب دو منحنی به ترتیب 26°C/MWh و 26°C/min می‌باشند. مقداری که معمولاً به عنوان گرمای ویژه فولاد در هنگام تصفیه در نظر گرفته می‌شود، 0.55 kWh/t است. با شروع از این مقدار امکان برآورد اینکه سرعت گرمایش با بازدهی حرارتی مفروض قوس باید چه میزان باشد وجود دارد. با دانستن اینکه میانگین وزن فولاد تخلیه شده 87 t می‌باشد و با در نظر گرفتن پاشنه مذاب 20 t، نتیجه بدست می‌آید:

$$\left(0.55 \frac{\text{kJ/kg}}{\text{t} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 107\right) \cdot 1000 \frac{\text{kJ/kg}}{\text{MWh}} = 17 \frac{^\circ\text{C}}{\text{MWh}}$$

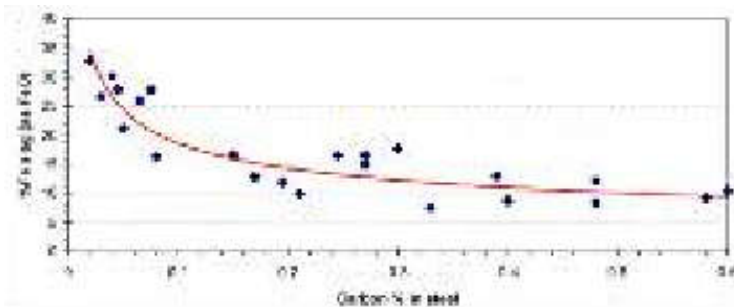
نسبت بین مقدار بدست آمده از اندازه‌گیری‌ها و این مقدار 1.53 (=26/17) می‌باشد، بدین معنی که بازدهی حرارتی قوس در EAF کارخانه جکسونویل 53 درصد بیشتر از مقدار معمولاً متصور است. این نتیجه را می‌توان با پوشش عالی قوس به دلیل سرباره‌ای که به راحتی پفکی می‌شود و امکان انتقال حرارت از قوس به حمام را به واسطه انتخاب صحیح سرعت جریان اکسیژن، کربن و آهن را فراهم می‌سازد، توضیح داد.

نمونه‌های سرباره

نمونه‌های سرباره در پایان ذوب گرفته شد و بنابراین

ترکیب شیمیائی اندازه‌گیری شده مربوط به سرباره‌ای است که درست قبل از تخلیه در کوره بود. متوسط ترکیب شیمیائی سرباره در **جدول 5** گزارش شده است.

نتایج درجه اکسیداسیون سرباره به دلیل محتوای کربن موجود در فولاد برابر با 0.15 درصد بسیار پائین است و تلفات آهن در سرباره به 15.8 درصد محدود می‌شود (**شکل 8** تغییر این مقادیر را در وابستگی به مقدار کربن فولاد بر اساس اندازه‌گیری‌های تجربی در واحدهای مختلف نشان می‌دهد). البته این مقدار امکان دستیابی به بازدهی بالا (93 درصد را که قبلاً بیان شد) را می‌دهد اما در عین حال مناسب بودن مصرف برق حاصل شده را نیز به اثبات می‌رساند. در حقیقت اگر امکان اکسید کردن بیشتری از



شکل 8- %Fe در سرباره (به صورت FeO) به صورت تابعی از کربن در فولاد.

آهن تا افزایش درصد آن در سرباره به 22-23 درصد می‌بود، بهره‌دهی اندکی کاهش می‌یافت (92 درصد) در حالی که انرژی الکتریکی به میزان حدود 10 kWh/t صرفه‌جویی می‌شود.

شاخص‌های بازبسته به شرح زیر هستند:

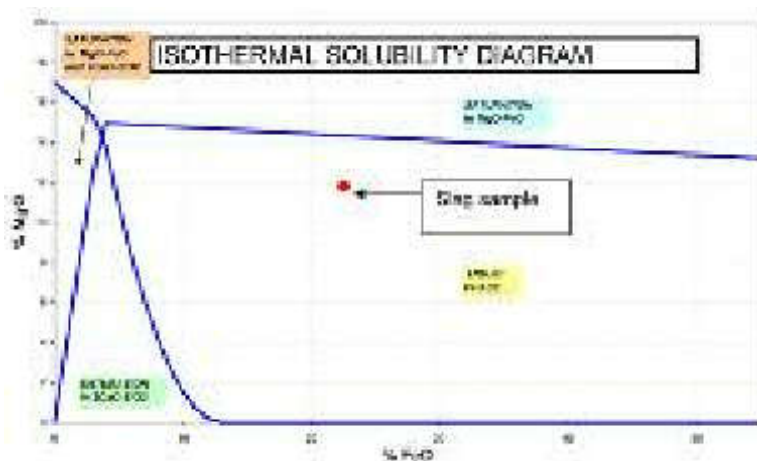
$$IB_2 = CaO/SiO_2 = 1.7$$

$$IB_3 = CaO/[SiO_2 + Al_2O_3] = 1.2$$

به دلیل محتوای زیاد عوامل روانساز (SiO_2).

Al_2O_3 ، $n [FeO]$ و دمای بالای تخلیه، ویسکوزیته سرباره احتمالاً خیلی زیاد نخواهد بود. MgO ، که درصد آن کاملاً زیاد است، مطمئناً به عنوان ماده بالابرنده ویسکوزیته عمل می‌کند حتی اگر نیاز به مقدار بیشتری به منظور رسیدن به ویسکوزیته مناسب باشد (در این شرایط درصد اشباع MgO حدود 14-15 درصد است، به **شکل 9** نگاه کنید).

بازدهی زیاد سرباره در انتقال انرژی از قوس به حمام باید نتیجه تنظیم مناسب تزریق کربن، اکسیژن و آهن باشد. یک توضیح ممکن این باشد که توزیع همگن انرژیورها در اطراف حمام به تشکیل یکنواخت حباب‌های CO منتج می‌شود که پفکی‌سازی خوب کل لایه سرباره را انجام می‌دهد. بعلاوه $Hijet$ امکان نفوذ بیشتر کربن به لایه سرباره را می‌دهد که به تولید حباب‌های CO در عمق سرباره منتج می‌شود: این موارد همراه با حباب‌های حاصل از کربن‌زدائی حمام، زمان بیشتری را در داخل سرباره می‌گذرانند و بنابراین اثر پفکی‌سازی احتمالاً کارآمدتر است.



شکل 9- نمودار حلالیت ایزوترمال.

دود

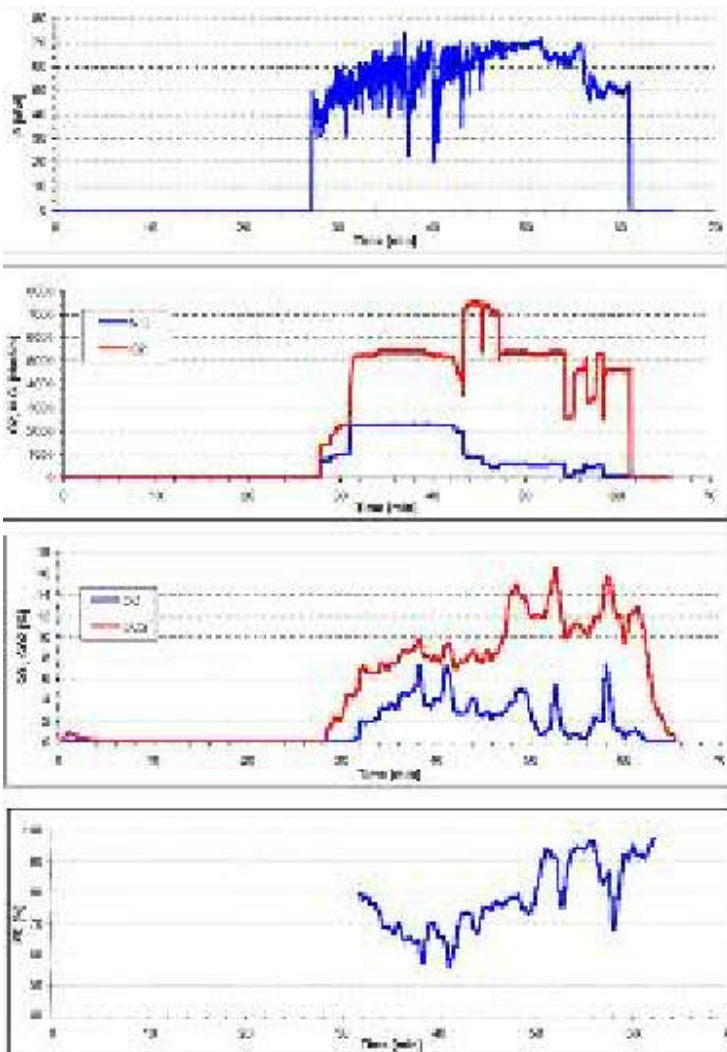
آنالیز دود نتایج بسیار جالبی را مهمتر از همه از نظر نسبت پس‌سوزی نشان داده است. **شکل 10** نشان می‌دهد که نمونه‌برداری از دود خروجی برای تعیین آنالیز شیمیائی در کجا صورت می‌گیرد.

مشاهده تغییرات درصد CO_2 و CO در طول فرآیند واقعاً ارزش دارد. **شکل 11** داده‌های یک ذوب نماینده را نشان می‌دهد. مقدار 0 مقیاس زمان به شروع اندازه‌گیری اشاره دارد

و به زمان فرآیند مربوط نیست. پروفیل‌های انرژی الکتریکی، اکسیژن و گاز طبیعی به عنوان مرجع برای ترکیب دود گزارش شده‌اند. CO_2 در تمام مدت فرآیند با مقادیر نسبت پس‌سوزی 60-70 درصد در طی مرحله مشعل و 80-90 درصد در طی مرحله



شکل 10- محل پروب نمونه برداری از دود.



شکل 11- نتایج آنالیز دود.

لنس به طور مداوم بیشتر از محتوای CO است. این نتیجه به معنی آن است که درجه بالایی از پس‌سوزی که در داخل کوره حاصل می‌شود، بسیار بیشتر از حد انتظار است. این نتیجه بسیار خوب احتمالاً ناشی از دو دلیل است:

- به دلیل استفاده از شارژ تک سیدی، سطح قراضه در نیمه اول ذوب بسیار زیاد است و حتی اگر واکنش پس‌سوزی در نزدیکی بالای EAF رخ دهد، انرژی آزاد شده قابل تبادل با قراضه است.

- در طی نیمه دوم ذوب، لایه سرباره پفکی خوبی که در تماس با فولاد است، زمان ماندگاری حباب‌های CO را افزایش می‌دهد امکان وقوع واکنش پس‌سوزی در داخل سرباره را فراهم می‌کند. به این ترتیب انرژی آزاد شده به حمام منتقل می‌شود.

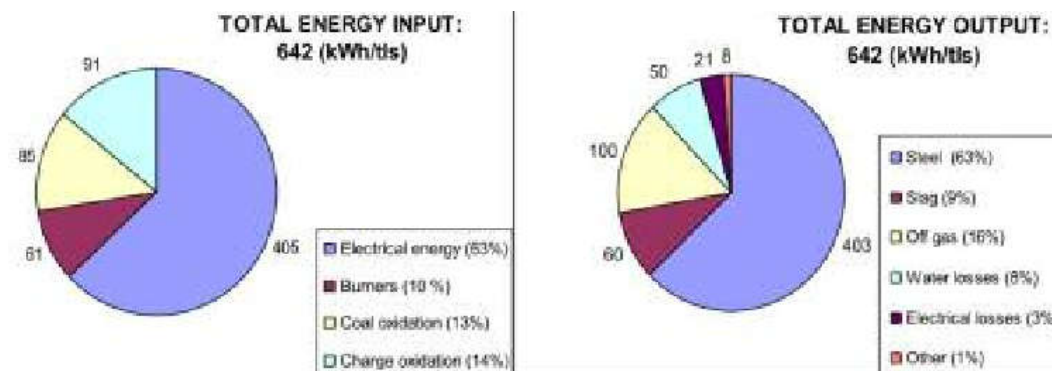
اکسیژن لازم برای پس‌سوزی از موارد زیر می‌آید:

- اکسیژن اضافی در طی مرحله مشعل بخاطر نسبت O_2 به N.G. بیشتر از استوکیومتری. دبی اضافی مورد استفاده حدود $700 - 750 \text{ Nm}^3/\text{h}$ می‌باشد.

- استفاده از [اکسیژن] احاطه‌کننده برای جت‌های کربن و آهنک و مهمتر از همه از اکسیژن تزریق شده از نازل حلقوی Hijet در طی مرحله لنس.

تأیید بیشتر مقدار زیاد CO_2 در دود، دمای اندازه‌گیری شده پس از محفظه ته‌نشینی است. در این نقطه مقدار مورد انتظار حدود 800°C در حالیکه مقدار اندازه‌گیری شده نزدیک به 450°C می‌باشد. این اختلاف احتمالاً به دلیل کمبود CO در دودهایی است که با اکسیژن واکنش نشان می‌دهد.

دهند، که با ورود هوا از شکاف بین زانوئی EAF و مجرای اولیه FTP وارد می‌شود، CO₂ تولید کرده و انرژی آزاد می‌کند.



شکل 12- موازنه انرژی.

شبیه‌سازی فرآیند

بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده در مورد: مصارف، آنالیز سرباره، آنالیز گاز خروجی و تلفات حرارتی در پانل‌های آبگرد EAF، موازنه انرژی فرآیند مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در شکل 12، مجموع انرژی ورودی و انرژی خروجی گزارش شده است.

تامین کل انرژی ورودی توسط:

- انرژی الکتریکی، 405 kWh/tls،
- انرژی مشعل، 61 kWh/tls مطابق با مصرف گاز طبیعی 5.5 Nm³/tls،
- اکسیدشدن شارژ، 91 kWh/tls ناشی از اکسیدشدن عناصر موجود در شارژ: C، Si، Mn و Fe در مقدار مجاز از آنالیز سرباره،
- اکسیدشدن کربن، 85 kWh/tls: در این مورد ما احتراق کربن تزریق شده



شکل 13- روند دمای خروجی و ورودی در EAF کارخانه چکسونویل در طی ذوب.

به CO، بعلاوه پس‌سوزی جزئی CO را لحاظ کردیم، با در نظر گرفتن 72 درصد متوسط PCR داخل EAF.

مصرف کل انرژی خروجی توسط:

- انتالپی فولاد، محاسبه شده طبق متوسط دمای تخلیه 1705°C،
- انتالپی سرباره، محاسبه شده طبق مقدار سرباره در نظر گرفته شده در فرآیند، 103 kg/tls. این رقم از افزودن سرباره سازها، 40.5 kg/tls و ترکیب شیمیائی سرباره، که در بالا گزارش شد، تأیید شده است،
- تلفات آب از اندازه‌گیری‌های متوسط تغییرات دما (دلتا T) در پانل‌های آبگرد سقف و پوسته محاسبه شده است. اختلاف دما (خروجی-ورودی) از ابتدا تا انتهای فرآیند از 1.5 تا 7.2°C متغیر است، که از نظر تلفات حرارتی متناظر با 2 MW در آغاز فرآیند و 12 MW در پایان فرآیند است، شکل 13 را ببینید،
- تلفات الکتریکی: این تلفات ناشی از اثر ژول با متوسط جریان ثانویه 55 kA می‌باشد.
- پراکنش از نسوز، پاشنه مذاب و سرباره باقیمانده،

• تلفات گاز خروجی. این تلفات به صورت گرمای محسوس در گاز خروجی در نظر گرفته شده‌اند. داده‌های اندازه‌گیری شده از گاز خروجی EAF فقط آنالیز است، به طور خاص تر CO، CO₂، H₂O، O₂. هیچ اندازه‌گیری دما یا سرعت جریان متناظر محل پروب نمونه‌برداری انجام نشده است. به هر حال درصد CO و CO₂ اندازه‌گیری شده امکان تعیین درجه پس‌سوزی حادث در داخل EAF، و در نتیجه کل انرژی حاصل از احتراق کربن را می‌دهد.

از این آنالیز شیمیایی می‌توان اظهار داشت که بازدهی انرژی کل، بیان شده به صورت نسبت بین انتالپی فولاد مذاب و مجموع انرژی ورودی فرآیند برابر با 63 درصد است.

این مقدار بالاتر از مقادیر تجربه شده در سایر فرآیندها با مصرف کلی معمولاً یکسان، اما دماهای تخلیه پایین‌تر (1630°C) و کربن تخلیه تقریباً 0.06-0.08 می‌باشد.

از موازنه حرارتی و جرمی نتیجه می‌شود که از کل 37 Nm³/tls اکسیژن مصرفی، مقدار 8.2 Nm³/tls در احتراق CO در داخل کوره مصرف شده است. به طور خاص‌تر، به این معنی است که 1 Nm³/tls از مقدار اکسیژن اضافی در طی مرحله مشعل ناشی می‌شود، در حالی که 7.2 Nm³/tls اکسیژن باقیمانده در طی مرحله لنس تأمین می‌شود. به عبارت دیگر 35 درصد اکسیژن تأمین شده در طی مرحله لنس در پس‌سوزی CO مصرف شده است.

سود انرژی این اکسیژن پس‌سوزی 4.7 kWh/Nm³ محاسبه می‌شود که متناظر با ورودی خالص 38.5 kWh/tls می‌باشد. این نتایج بدون هیچ تأثیر مخرب بر بازدهی فرآیند بدست آمد، که در سطوح بالا، 93 درصد، حفظ می‌شود. از آنالیز و مقدار سربراه می‌توان ملاحظه کرد که آهن از دست رفته در سربراه به 16 kg/tls محدود می‌شود.

پیشرفت‌های آینده

برخی پیشرفت‌ها برای کوره در آینده نزدیک پیش‌بینی شده است. اول از همه یک Limejet ثانویه به جای Carbonjet 2 به منظور افزودن تمام سربراه‌سازها با محدود کردن تزریق انتشار پودر و بهبود کنترل سربراه نصب خواهد شد.

پس از آن نصب یک دستگاه LF و نوسازی CCM احتمالاً در سال‌های بعد انجام می‌شود و در نتیجه می‌توان دمای تخلیه را تا 1620-1630°C کاهش داد که باعث بهبود زمان EAF (حذف زمان‌های تاخیر) و کاهش مصرف می‌شود. با فرض مقادیر سرعت گرمایش بیان شده قبلی (26°C/min)، زمان صرفه‌جویی در حدود 3 دقیقه است در حالی که با استفاده از توان یکسان در طی تصفیه (60 MW) صرفه‌جویی انرژی حدود 30 kWh/t می‌باشد که به معنای مصرف کل 375 kWh/t است. حذف زمان‌های تاخیر به کاهش بیشتر انرژی مصرفی در حدود 17-19 kWh/t منتج می‌گردد، می‌توان ارزیابی کرد که کوره در هر دقیقه تاخیر 1.73 kWh/t از دست می‌دهد. **جدول 6** بهبودهای مورد انتظار به دلیل پیشرفت‌های

جدول 6- پیشرفت‌های مورد انتظار آینده.		
زمان پاور-آن	دقیقه	32
بهره‌وری	t/h	125
انرژی الکتریکی	kWh/t	355

آینده را نشان می‌دهد (بهره‌وری با فرض 10 دقیقه برای متوسط زمان پاور-آف و 87 t برای اندازه تخلیه محاسبه شده است).

نتیجه‌گیری

فرآیند EAF کارخانه جکسونویل بازدهی گرمایی خوبی را نشان داده است. این امر با بهره‌مندی از کیفیت عالی مواد شارژ شده، درجه فلزی بالای آن، و فرآیند شارژ تک سبیدی قراضه بدست آمده است. این دو پیش شرط امکان می‌دهند تا سرعت فرآیند، ارائه شده توسط انرژی الکتریکی مصرفی، با بازدهی انرژی جایگزین مصرفی به بهترین وجه ترکیب شوند تا امکان بهره‌مندی از پس-سوزی CO به اندازه خوبی را فراهم آورند. این نتیجه با رعایت کامل شرایط تخلیه درخواست شده توسط عدم وجود کوره پاتیلی، و بدون تأثیرات مخرب بر بازدهی فرآیند بدست آمد.

همانطور که در بخش پیشرفت‌های آینده توضیح داده شد به محض نصب کوره پاتیلی و حذف زمان‌های تأخیر لجستیکی، افزایش بیشتری در عملکرد EAF مورد انتظار است.