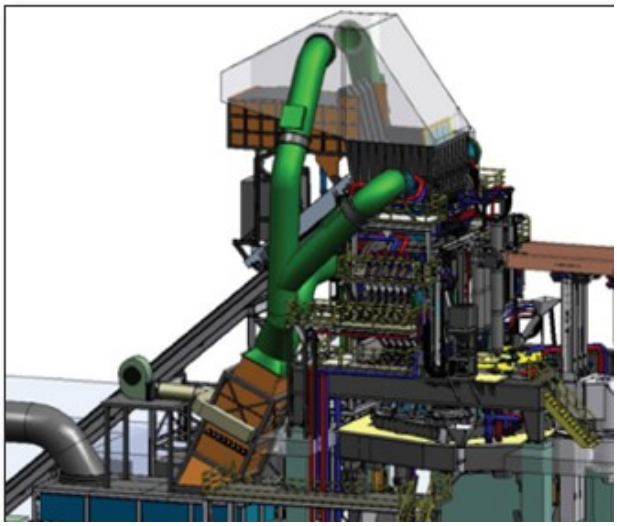
(۴)

فولادسازی با کوره قوس الکتریکی کوانتوم

(Simetal EAF Quantum™) [۴]

Simetal EAF Quantum™ یک طرح جدید کوره برقی تولید فولاد است که هزینه تبدیل کم، بهره‌وری بالا و عملکرد عالی محیط زیستی را فراهم می‌کند؛ برای مثال، دستیابی به مصرف برق فقط ۲۸۰ kWh/t و ۳۳ دقیقه زمان ذوب تا ذوب. این امر با ترکیبی از شارژ کردن جدید قراضه، ستون پیشگرمایش، عملیات حمام (وان) تخت، تخلیه بدون سرباره و سیستم‌های ارتقاء یافته غبارگیر امکان‌پذیر شده است.

نیاز به بازدهی عملیاتی بالا، کاهش هزینه‌ها و کنترل‌های زیست محیطی از عوامل اصلی حاکم بر عملیات فولادسازی امروزه است. زیمنس VAI [اکنون پرایمتالز تکنولوجیز] با بیش از ۴۰ سال تجربه در فولادسازی الکتریکی، شامل ۲۰ سال در تکنولوژی‌های پیشگرمایش، به این موارد پرداخته و مفهوم جدیدی از کوره را توسعه داده است: EAF Quantum™ (**شکل ۱**).



شکل ۱- نمای کلی EAF Quantum

جنبه‌های اصلی کوانتوم عبارتند از:

- شارژ کردن قراضه از طریق سیستم بالابر
- سیستم پیشگرمایش بازطراحی شده
- عملیات حمام تخت
- تخلیه بدون سرباره
- غبارگیری ارتقاء یافته.

تقریباً تمام اجزای این مفهوم به طور جداگانه در عملیات صنعتی در تاسیسات مختلف در سراسر جهان ثابت شده است، همانند مفهوم پوسته پائین متحرک در شرکت Sheerness UK (امروز Thamesteel) یا سیستم پیشرفته تخلیه بدون سرباره کوره (FAST) از سال ۲۰۰۱ در شرکت بودروس ادلشتال، آلمان. تفاوت‌های عمده در مقایسه با سایر طرح‌های تکنولوژی کوره ستونی و ستونی زبانه‌دار عبارتند از:

- بهبود درزبندی از سازه ستون ثابت و پوسته متحرک پایین که به حداقل ورود هوای ناخواسته منتج می‌شود
- طرح شفت ذوزنقه‌ای شکل برای توزیع بهینه قراضه و پیشگرمایش کارآمد، به ویژه با تراکم قراضه کمتر
- بهبود افتادن قراضه در پوسته از طریق سیستم نگهداری قراضه که به تازگی طراحی شده
- افزایش پاشنه مذاب برای بهبود انتقال حرارت و ذوب کردن سریع
- ذوب کردن بدون فلیکر فولاد به خاطر چیدمان جدید ستون–به–الکترود.

در ترکیب با طراحی سیفون سیستم FAST، شارژ کردن، تخلیه و پرکردن مجدد مجرای تخلیه همه تحت پاور–آن انجام می‌شوند و به بهره‌وری بالا زمان ذوب تا ذوب کم و تقریبا بدون زمان پاور–آف منتج می‌گردند.

[4]- Simetal EAF Quantum™ steelmaking, MILLENNIUM STEEL INDIA 2014.

شارژ کردن قراضه

با شروع از انبار قراضه، میتوان قراضه را یا از کامیون‌ها به داخل ناودانی قراضه موجود در سیستم بالابر و یا همانطورکه در **شکل۲** نشان داده شده است، با مگنت و چنگ از طریق یک ایستگاه بارگیری میانی که سپس قراضه را بر روی ناودانی قراضه تخلیه می‌کند بارگیری کرد.

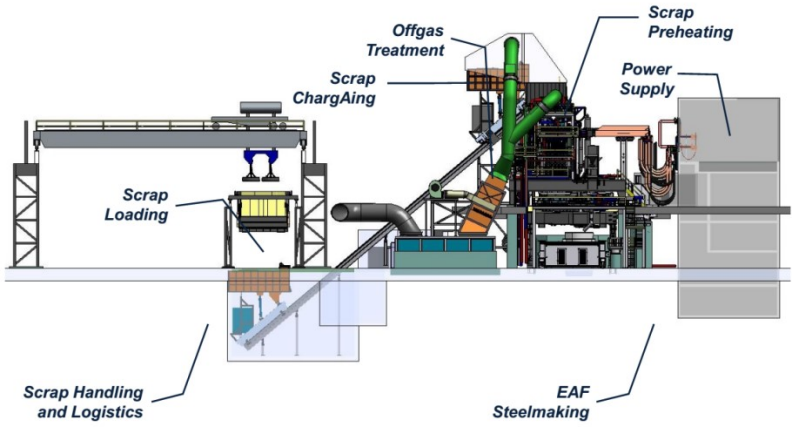
این مفهوم امکان شارژ تعریف شده و انعطاف‌پذیر را می‌دهد و هیچ جرثقیل یا سبدی برای شارژ کردن قراضه لازم نیست. بعلاوه، بر اساس یک چرخه کاری دقیق و زمان شارژ کردن، یک مفهوم اتوماسیون کامل امکان‌پذیر است.

چرخه کامل، از بارگیری ناودانی تا شارژ قراضه به ستون، در **شکل۳** نشان داده شده است.

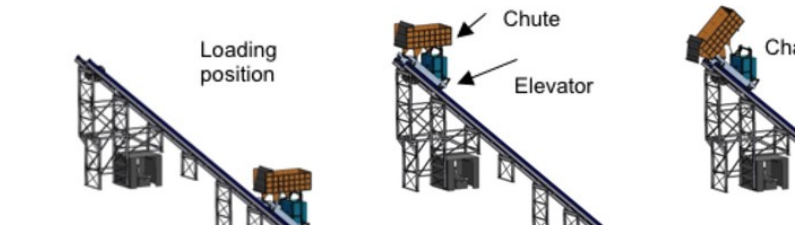
پیشگرمایش قراضه

بازیابی کارآمد انرژی به دلیل پیشگرمایش ۱۰۰ درصد قراضه پایه برای مصرف انرژی ۲۸۰ kWh/t یا حتی کمتر است. تعداد قابل‌توجهی از کوره‌های ستونی و زبانه‌ای در سراسر جهان در حال کار هستند (**شکل۴**). طرح کوانتوم بهبودی است که توسط یک طرح ستون ذوزنقه‌ای شکل در ترکیب با یک سیستم نگهدارنده بازطراحی‌شده منتج به توزیع بهتر قراضه و بهبود مسیر گاز خروجی برای انتقال حرارت بهتر و بنابراین مانع از چسبیدن قراضه و انسداد داخل ستون جلوگیری می‌شود، محقق گردیده است.

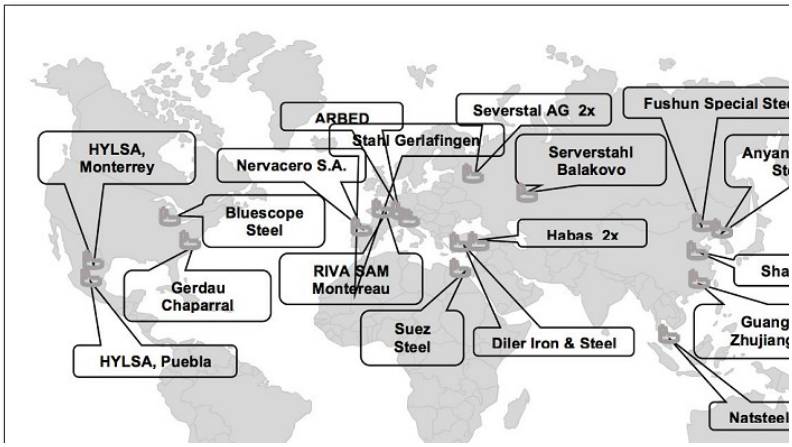
پس از پیشگرمایش، آنگاه قراضه با بیرون کشیدن زبانه‌ها از دیواره‌های جانبی ستون شارژ می‌شود (**شکل۵**). بخاطر مکانیزم جدید باز کردن و حجم زیاد پوسته "نعل اسبی"،



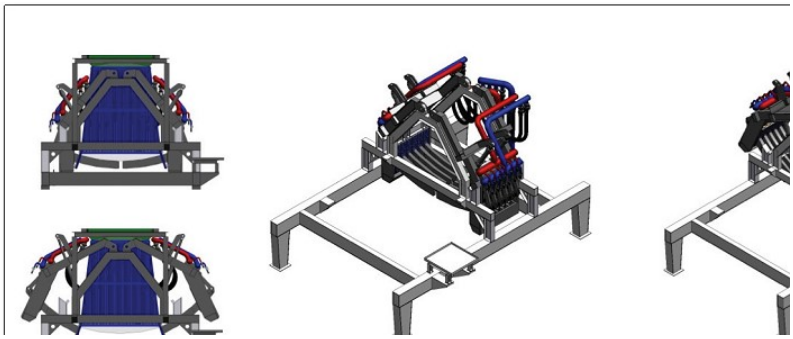
شکل ۲- ایستگاه و بالابر شارژ قراضه



شکل ۳- عملیات شارژ قراضه.



شکل ۴- کوره‌های ستونی و ستونی زبانه‌دار در حال بهره‌برداری.

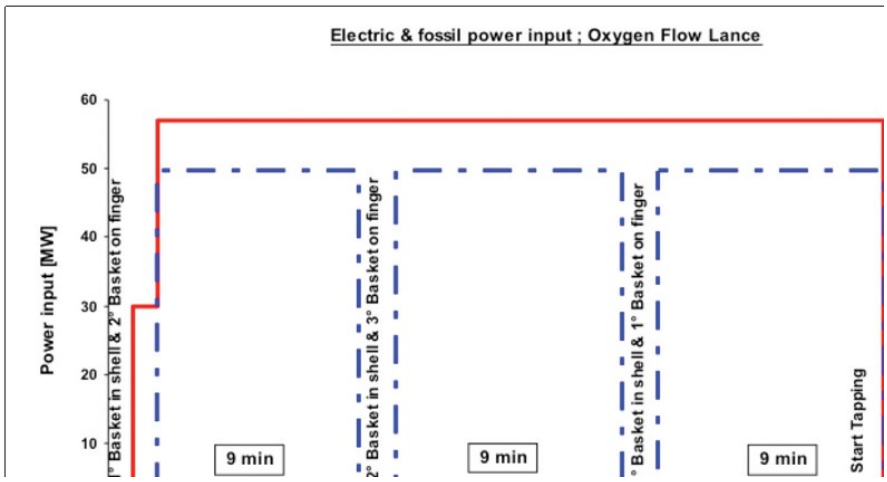


شکل ۵- سیستم نگهدارنده قراضه در موقعیت‌های بسته و باز.

قراضه پیشگرم شده به داخل پاشنه مذاب ریزش می‌کند و می‌توان بلافاصله پس از آن زبانه‌ها را برای بارگیری و پیشگرمایش دسته بعدی قراضه بست. همه این موارد را می‌توان تحت پاور–آن انجام داد.

سیستم کامل زبانه به منظور جلوگیری از اعمال نیروهای ناشی از بارگیری قراضه به سمت قسمت‌های خنک‌شونده با آب، بر روی یک سازه محکم ثابت سقف/ستون قرار می‌گیرد، بنابراین از خطر نشت آب جلوگیری می‌کند.

عملیات حمام تخت



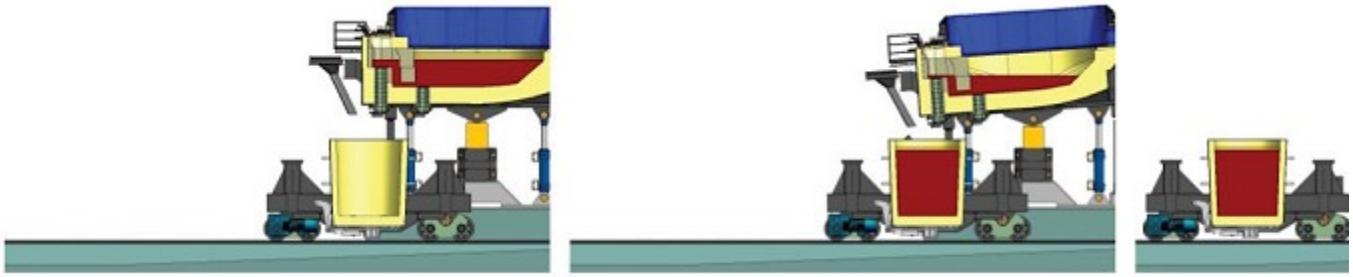
شکل ۶– پروفایل ذوب نمونه‌وار.

ذوب کردن قراضه در یک پاشنه مذاب بزرگ به عملیات حمام تخت با فلیکر کم و بهبود کارایی پیشگرمایش منتج می‌شود. انتقال حرارت از پاشنه مذاب به قراضه پیشگرم شده و همگن‌سازی حمام با بهره‌برداری از سیستم همزنی از کف کوره با استفاده از نیتروژن یا آرگون بهبود می‌یابد. ورودی پیوسته انرژی الکتریکی نه تنها بهره‌وری را بهبود می‌بخشد، بلکه با توجه به مشکلات فلیکر در شبکه‌های برق یک کشور برای زیرساخت‌های انرژی نیز مهم است.

یک پروفایل کاری معمول برای فرآیند با سه سبد (دسته) در **شکل۶** نشان داده شده است.

تخلیه بدون سرباره

یک مزیت دیگر این طرح پوسته تخلیه بدون سرباره است که بهره‌دهی مواد آلیاژی و عملکرد گوگردزدایی را افزایش می‌دهد. **شکل۷** فرآیند تخلیه را نشان می‌دهد. قابل‌مشاهده است که فولاد همیشه بالای کانال تخلیه وجود دارد و هیچ سرباره‌ای نمی‌تواند وارد و به داخل پاتیل مکش شود.

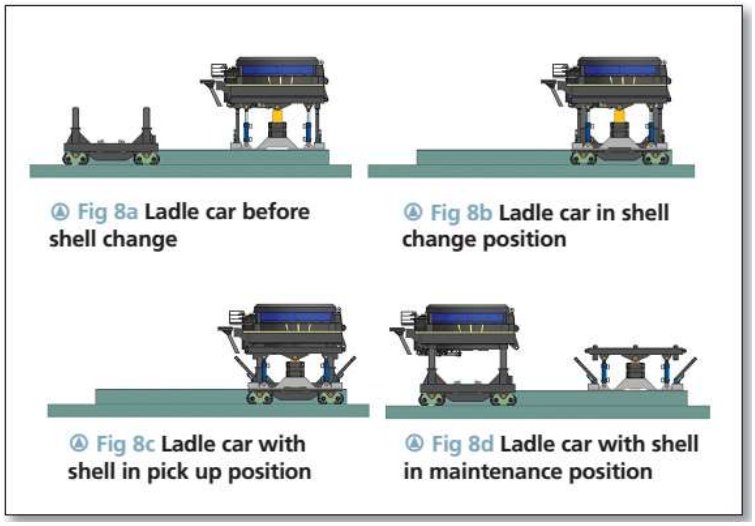


شکل ۷– a : قبل از تخلیه، b : پایان تخلیه، c : پس از تخلیه

به حداقل رسیدن حرکات کوره

از آنجا که سازه ستون ثابت است، پوسته باید برای تخلیه و سرباره‌گیری حرکت کند (در صورت لزوم). پوسته با سیلندرها و راهنماها روی یک قاب (فریم) پایه قرار دارد و امکان می‌دهد تا در دو جهت تخلیه و سرباره کج شود. دروازه با سیستم بالابر الکترود و نگهدارنده‌های لانس برای اکسیژن و کربن کج نمی‌شوند و فقط برای لغزش الکترود و تعویض سریع قطعه مرکزی سقف پاندولی می‌چرخند. تنش‌های زیاد ناشی از کج شدن کوره، از جمله دروازه در EAF معمولی، با تمام عواقب آن برای تکیه‌گاه و یاتاقان، کابل‌های جریان بالا و غیره، وجود ندارد.

برای تعمیرونگهداری، یک مفهوم ساده انتقال و تعویض پوسته باعث کاهش حرکات کوره و بهبود تعمیرونگهداری سیستم از طریق تعویض سریع پوسته می‌شود. از ماشین انتقال (ترانسفرکار) هم به عنوان ماشین تخلیه (پاتیل بر) و هم ماشین انتقال پوسته کوره استفاده می‌شود. توالی تعویض پوسته در **شکل۸** نشان داده شده است. برای برداشتن پوسته از قاب، ماشین باید در موقعیت تعویض در زیر پوسته قرار گیرد. پوسته با استفاده از سیستم سیلندر و راهنما پایین آورده می‌شود. هنگام نشستن روی ماشین انتقال، پوسته آزاد می‌شود و می‌تواند برای تعمیرات نسوز یا تعویض پوسته به خارج از منطقه کوره منتقل شود.

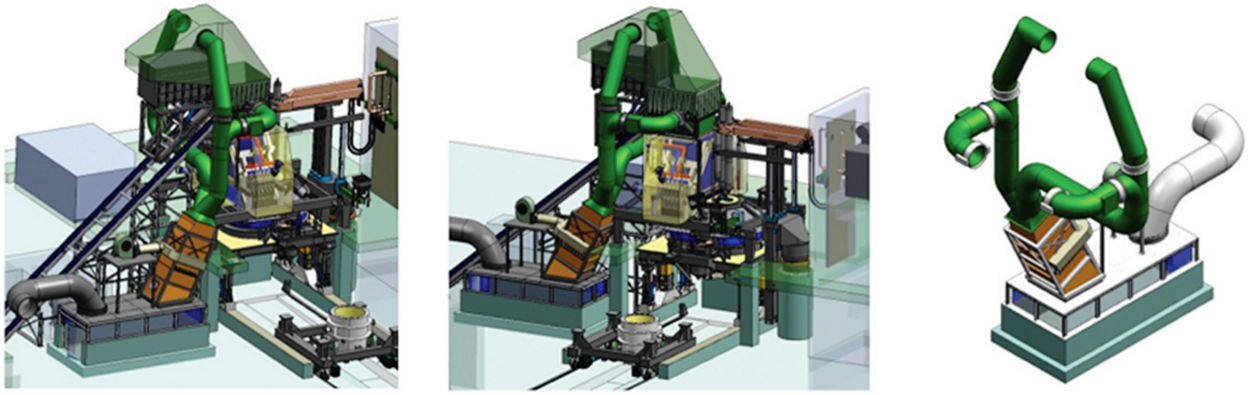


شکل ۸a– ماشین پاتیل بر قبل از تعویض پوسته
شکل ۸b– ماشین پاتیل بر در موقعیت تعویض پوسته
شکل ۸c– ماشین پاتیل بر با پوسته در موقعیت بلند کردن پوسته
شکل ۸d– ماشین پاتیل بر با پوسته در موقعیت تعمیرونگهداری

برای آماده سازی کوره برای راه‌اندازی مجدد، پوسته را می‌توان با فولاد مذاب یا قراضه قبل از انتقال به موقعیت عملیاتی بارگیری کرد. هنگامی که در موقعیت عملیاتی قرار گرفت، سیستم سیلندر و راهنما بالا رفته و قاب پایه به پوسته متصل می‌شود.

غبارگیری

کوره کوانتوم به یک سیستم فرآوری گاز خروجی با هدایت خودکار جریان گاز، درزبندی عالی نشتی و هود مخصوص برای برآمدن از پس انتشار غبار و گاز خروجی در طی شارژ کردن مجهز شده است (**شکل ۹**). این مفهوم نیازهای زیست محیطی مورد انتظار فعلی و آینده را برآورده می‌سازد، نصب کانوپی کاهش یافته و در نهایت یک سیستم غبارگیری کوچکتری را فراهم می‌کند.



شکل ۹– نماهای مختلف از غبار گیر کوره ستونی کوانتوم.

عملکرد واحد

داده‌های اصلی فنی با ارقام مصرف مربوطه در **جدول ۱** نشان داده شده است.

نتیجه‌گیری

مزایای اصلی کوره کوانتوم عبارتند از:

- مصرف انرژی کمتر از ۲۸۰ kWh/t

- زمان ذوب تا ذوب ۳۳ دقیقه
- بهره‌وری بالا، برای مثال، ۱٫۳۵ Mt/a از یک کوره t ۱۰۰EAF
- شارژ کردن، تخلیه و پر کردن مجدد مجرای تخلیه تحت پاور–آن
- بازیابی مستقیم انرژی به دلیل پیشگرمایش ۱۰۰ درصد قراضه با منفعت نصب ترانسفورمر کوچکتر
- انطباق بهینه محیط زیستی به دلیل طراحی با تغییرات اساسی سیستم گاز خروجی
- عملکرد حمام تخت و در نتیجه فلیکر کم
- تا ۳۰ درصد کاهش مصرف الکترود
- مزیت کل هزینه تبدیل ۲۰ درصد.

علاوه بر این، به دلیل امکان اتوماسیون کامل و عدم حرکت جرثقیل در منطقه کوره، که باعث کاهش خطر ناشی از بارهای متحرک می‌شود، می‌توان بهبودهای ایمنی را نیز ادعا کرد. بازده سرمایه‌گذاری بسته به هزینه‌های انرژی و برنامه تولید می‌تواند بین دو تا چهار سال باشد.

اولین قرارداد برای کوره کوانتوم در پایان سال ۲۰۱۱ به عنوان بخشی از یک کارخانه کامل فولاد برای بهره‌برداری در اواسط سال ۲۰۱۴ امضا شد.

طراحی کوره	واحد	۳ دسته	۴ دسته
اندازه ذوب، متوسط	t	۱۰۰	
اندازه پاشنه مذاب	t	۷۰	
قطر پوسته پائینی	m	۶٫۳	
قطر پوسته بالائی	m	۱٫۷	
تراکم قراضه	t/m^3	۰٫۶۵–۰٫۷	۰٫۵–۰٫۶۵
تفکیک زمان			
زمان پاور–آن	min	۳۰	۳۴
زمان پاور–آف	min	۳	۳
شارژ کردن (تحت پاور–آن)	min	۰	۰
تخلیه، پر کردن مجرای تخلیه، تعویض الکترود	min	۱	۱
تاخیرات	min	۲	۲
زمان ذوب تا ذوب	min	۳۳	۳۷
بهره‌وری	t/h	۱۸۲	۱۸۲
ظرفیت سالانه (۷۵۰۰ ساعت)	Mt	۱٫۳۶	۱٫۲۲
تکنولوژی تزریق			
ظرفیت تزریق اکسیژن	Nm^3/t	۲*۲۹۰۰	۲*۲۶۰۰
ظرفیت تزریق کربن	kg/min	۲*۲۰–۶۰	۲*۲۰–۶۰
ارقام مصرف برای دمای تخلیه ۱۶۱۰ °C			
انرژی الکتریکی، تا	kWh/t	۲۸۰	۲۹۵
مصرف الکترود، تا	kg/min	۰٫۸۵	۰٫۹
اکسیژن، تا	Nm^3/t	۲۵	۲۵
گاز طبیعی پس سوزی و FAST، تا	Nm^3/t	۴٫۵	۴٫۹
کل کربن (شارژ شده و تزریق شده)، تا	kg/t	۲۸	۲۸

جدول ۱– داده‌های اصلی و ارقام مصرف