کوره Q-MELT
آخرین تکامل طرح مفهومی EAF
برای صنعت فولاد[1]

ترجمه: محمدحسین نشاطی

خلاصه

کوره Q-MELT آخرین تکامل طرح مفهومی EAF برای کنترل خودکار هر مرحله از فرآیند ذوب، از برنامه‌ریزی برق گرفته تا بهینه‌سازی احتراق و همچنین مدیریت بر متالورژی سرباره و فولاد برای هر عملیات مورد نیاز در چرخه EAF می‌باشد. هسته اصلی سیستم اتوماسیون مدل ذوب (Melt-Model) است که بطور خودکار انحراف متغیرهای کنترل فرآیند را شناسایی کرده و آنها را اصلاح می‌کند تا از تلفات مواد یا اتلاف منابع انرژی موجود جلوگیری نماید. آنالیز آنلاین گاز خروجی در زمان واقعی (بلادرنگ)، از طریق سیستم لیزر در محل اصلی، ردیابی فرآیند را ارتقا می‌دهد و امکان بهینه‌سازی بیشتر با کنترل حلقه بسته فعال روی سوخت و اکسیژن پس‌سوزی را فراهم می‌سازد. برای به حداکثر رساندن زمان مولد و نرخ استفاده از ظرفیت مجموعه‌ای از بسته‌های تکمیلی مستقل Q-MELT را یکپارچه می‌کند، از اپراتورها برای کاهش زمان توقف خرابی‌ها، جلوگیری از عملکرد نادرست و/یا اشتباهات پشتیبانی می‌نماید.

1 کوره خودکار Q-MELT

پیچیدگی فزاینده فرآیند EAF همراه با افزایش تقاضای بهره‌وری و کاهش اثرات زیست محیطی نیاز به استراتژی‌های کنترل با در نظر گرفتن پویایی (دینامیک) سیستم نیازمند انطباق با نقاط عملیاتی ایستای (استاتیک) از پیش تعیین‌شده در زمان واقعی است.

کوره Q-MELT به عنوان یک ناظر کنترل فرآیند یکپارچه دیده شده است. این سیستم بطور خودکار انحراف از رفتار مورد انتظار را تشخیص داده و برنامه ذوب را باز–تنظیم نموده، بر اساس برنامه‌ریزی توان الکتریکی، بسته شیمیایی، متالورژی سرباره و فولاد عمل می‌کند. محدودیت‌های تجهیزات از طریق عیب‌یابی کارکرد در عمل به صورت یکپارچه کنترل می‌شوند.

ناظر فرآیند Q-MELT اتوماسیون پایه و وظایف تکنولوژیکی را یکپارچه می‌کند تا تولید فولاد در EAF را به روشی موثر و ایمن امکان‌پذیر سازد، از هر عملیات از مرحله شارژ کردن تا تخلیه پشتیبانی می‌کند. بخاطر نظارت گسترده بر فرآیند بر پایه سنسور و دوربین، این نسل جدید از اتاق کنترل دستگاه می‌تواند در یک موقعیت دلخواه نصب شود و نیازی به پنجره‌های اختصاصی برای داشتن بازخورد بصری مستقیم از فرآیند ندارد، ایمنی اپراتور و آگاهی از فرآیند را افزایش می‌دهند (**شکل 1**).

شکل 1: اتاق کنترل 3Q Automatic کارخانه فولادسازی Thy Marchinelle بلژیک.

برای به حداکثر رساندن زمان مولد، نرخ استفاده از ظرفیت و ایمنی، مجموعه‌ای از بسته‌های تکمیلی مستقل، Q-MELT را از طریق واحدهای مکاترونیک کنترل از راه دور یکپارچه می‌کند.

[1]- Q-MELT AUTOMATIC EAF- LATEST EVOLUTION OF EAF CONCEPT FOR STEEL INDUSTRY, Technical contribution to the 46º Seminário de Aciaria– Internacional, part of the ABM Week, August 2015, Rio de Janeiro, Brazil.

1.1 حالت ذوب

MELT-MODEL هسته اصلی کوره Q-MELT است (**شکل 2**) که بطور خودکار انحراف متغیرهای کنترل شده فرآیند را شناسایی کرده و آنها را جهت جلوگیری از اتلاف مواد و انرژی اصلاح می‌کند.

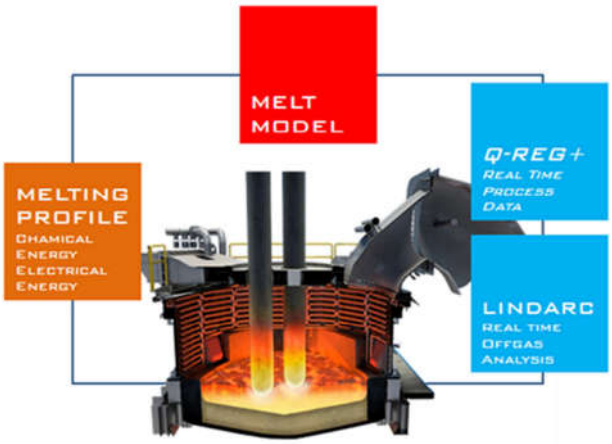
"MELT-MODEL" داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط سنسورهای متنوع تعبیه‌شده در زمان واقعی، و متغیرهای فرآیند محاسبه‌شده بر اساس پروفیل‌های ایستای (استاتیک) ذوب را که از پیش تعیین شده‌اند هماهنگ می‌کند. "MELT-MODEL" یک کنترل حلقه بسته را توسط Q-REG+ برای انرژی الکتریکی و Q-JET برای بسته انرژی شیمیایی یکپارچه می‌کند.

پاسخ سریع آنالیز گاز خروجی توسط آنالیزور گاز LINDARC در محل اصلی تامین می‌شود و بازخورد سریع اطلاعات را برای تنظیم تزریق اکسیژن در طی مرحله تصفیه، کنترل کربن‌زدائی فولاد و محدود کردن اکسید شدن حمام بطور همزمان فراهم می‌سازد.

Q3 Intelligence موتور داده‌کاوی قدرتمندی است که برای این کاربرد کنترل توسعه و بطور ویژه متناسب‌سازی شده است. متغیرهای داده‌های مربوطه جمع آوری‌شده و بطور خودکار به روابط ساختاری دسته‌بندی می‌شوند.

آنالیز فرآیند آماری گسترده در مورد تعداد زیادی از اطلاعات استفاده می‌شود، و رفتار سازگار و ناهنجاری‌های مورد انتظار متمایز می‌شوند. انحراف پیوسته از شرایط فرآیند مورد انتظار به بهینه‌سازی پیوسته احتراق CO و مصرف کارآمد سوخت با تطبیق پروفایل ذوب با شرایط عملیاتی متغیر منتج می‌گردد. کنترل یکپارچه فرآیند ذوب به عنوان یک کل، همراه با ردیابی در زمان واقعی متغیرهای کوره که انحرافات از شرایط فرآیند مورد انتظار را مطرح می‌کند، فرصت قابل‌توجهی را برای بهبود بازدهی و بهره‌وری انرژی فراهم می‌سازد.

مزیت اصلی Q-MELT نسبت به اکثر سیستم‌های موجود، ظرفیت انطباق با شرایط عملیاتی پیوسته در حال تغییر است و عملکرد EAF را بالا نگه می‌دارد. توانایی واکنش به شرایط عملیاتی پیوسته در حال تغییر در EAF (برای مثال مخلوطهای مختلف شارژ) با استفاده از نقاط تنظیم‌شده غیرپویا قابل‌حصول نمی‌باشد. این در مقایسه با نمودارهای کنترل متعارف، صلب بر اساس زمان و انرژی، پیشرفت قابل‌توجهی است. علاوه بر این، اساس درک عمیق‌تر فرآیند فولادسازی EAF و فرآیندهای مربوطه قبل و پس از آن استفاده از آخرین تکنولوژی‌های اندازه‌گیری و راه‌حل‌های نظارت بر شرایط است.



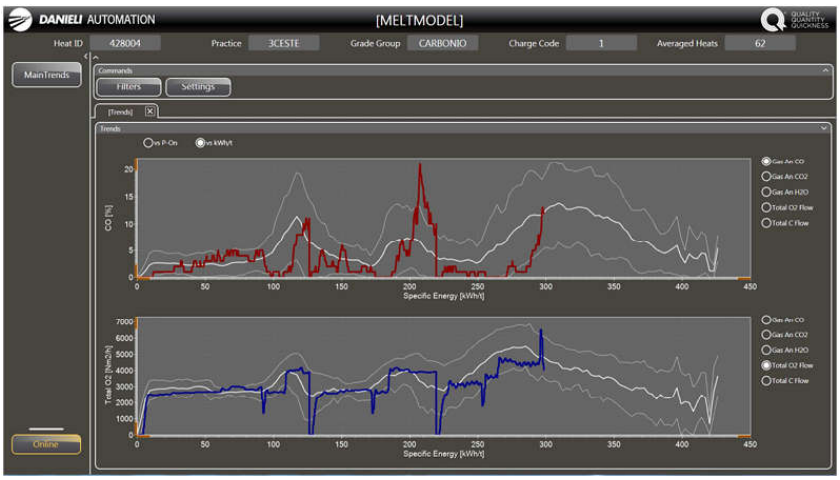
شکل 2: MELT-MODEL – پیشقدم در کنترل حلقه بسته پویای EAF.

Q-MELT تعدادی از تکنولوژی‌های آنالیز را برای تشخیص سرباره (Q-SLAG) و آنالیز گاز خروجی (LINDARC) یکپارچه می‌کند؛ همراه با موازنه جرم کربن، نظارت و آنالیز کلیه داده‌های ورودی و خروجی مربوطه تامین می‌شود.

چنانکه در آزمایش‌های کارخانه‌ای نشان داده شده است، سیستم می‌تواند خیلی زودتر از آنچه اپراتورها بر اساس الگوریتم‌های کنترل پویا و پیش‌بینی‌کننده انجام دهند، به شرایط بحرانی واکنش نشان دهد. بنابراین می‌توان از شرایط بحرانی جلوگیری کرد یا حداقل خسارات ناشی از آن را به حداقل رساند. به این ترتیب سیستم "MELT-MODEL" (با تکنولوژی‌های LINDARC و Q-REG+) در حوادث بحرانی نشت آب و تابش قوس عظیم به پانل‌ها نیز بکار می‌آید.

1.1.1 "MELT-MODEL" – سیستم آنالیز گاز خروجی در زمان واقعی Lindarc

سیستم آنالیز گاز خروجی لیزری Lindarc یک تکنولوژی بسیار دقیق برای بدست آوردن داده‌های واقعی برای انواع مختلف مواد گازی در سیستم گاز خروجی EAF ناشی از احتراق و تزریق کربن در EAF است.

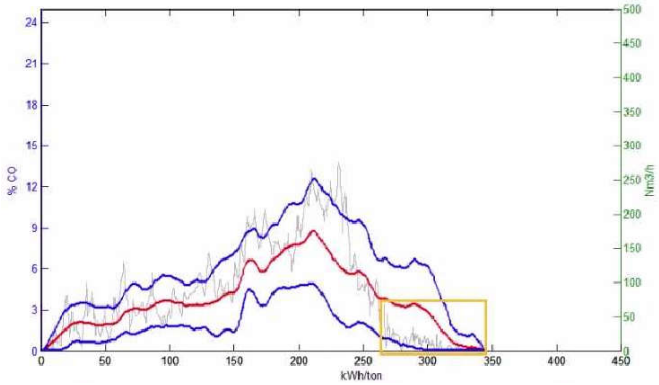


شکل 3: MELT-MODEL – روند آنالیز گاز خروجی کنترل حلقه بسته (CLC).

این اندازه‌گیری در زمان واقعی انتشار گاز خروجی (CO، O_2، CO_2، H_2O) و دما را انجام می‌دهد و نتایج سریع (کمتر از 2 ثانیه در مقایسه با بیش از 30 ثانیه سیستم استخراج داده سنتی) حتی با وجود گرد و غبار بسیار زیاد و دمای بالای گاز خروجی تامین می‌نماید.

داده‌های ترکیب شیمیائی گاز خروجی امکان تجزیه‌وتحلیل کارایی فعلی شیوه عملیات EAF و تدوین استراتژی‌های بهینه‌سازی ممکن برای شیوه عملیات EAF و همچنین نظارت در زمان واقعی مقادیر آب محتوی برای بهبود ایمنی و جلوگیری از انفجارها را فراهم می‌سازد (**شکل 3**).

داده‌های گرفته شده از لیزر توسط "MELT-MODEL" (**شکل 4**) که کنترل و مدیریت بر کل فرآیند ذوب را فراهم می‌کنند، با جزئیات بررسی می‌شوند. نرم‌افزار خاصی برای ایجاد یک کنترل حلقه بسته (CLC) بین تکنولوژی آنالیز گاز خروجی و مشعل‌ها/انژکتورها/پس‌سوزها توسعه داده شده است. نسبت اکسیژن/گاز طبیعی مشعل‌ها بر اساس قرائت CO_2، CO و H_2O توسط CLC به صورت پویا کنترل می‌شود. جریان اکسیژن از طریق پس‌سوز نیز با هدف به حداکثر رساندن پس‌سوزی داخل کوره و صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی در طی ذوب کردن قراضه توسط نرم‌افزار CLC کنترل می‌شود (**جدول 1**).



شکل 4: MELT-MODEL – آنالیز روند زمان واقعی.

جدول 1: متوسط نتایج عملیاتی LINDARC™ از چند واحد نصب شده [1].

نتیجه متوسط	LINDARC
٪-5.0	مصرف انرژی الکتریکی
٪-10	مصرف اکسیژن
٪-6.0	مصرف گاز طبیعی
٪-10	مصرف کربن تزریقی

در یک ذوب واحد، چنانکه در کارخانه‌های مختلف فولاد نشان داده شده است، Lindarc و MELTMODEL امکان پیش‌بینی کربن فولاد مذاب (%C) و دما را فراهم می‌سازند؛ این داده‌ها ورودی مدل پویا برای مدیریت انرژی الکتریکی و تزریق O_2 با هدف به حداقل رساندن زمان فوق‌گداز دادن، کنترل همزمان سطح کربن‌زدائی است. این استراتژی کنترل بهره‌دهی بالاتر فرآیند و کارایی دستگاه را امکان‌پذیر می‌کند.

علاوه بر این، مزایای اضافی عبارتند از: کاهش اسکول (قراضه ذوب نشده) روی دیواره‌های کوره، با نتیجه شارژ کردن بهتر قراضه و دانش بهتر از فرآیند ذوب کردن کوره.

با استفاده از آنالیز لیزر گاز خروجی، بخاطر کنترل دقیق تمام مراحل ذوب کردن و کاهش هزینه‌های کلی تبدیل، صرفه‌جوئی 2 دلار بر تن حاصل شده است (**جدول2**).

جدول 2: نتیجه عملیاتی LINDARC™ در کارخانه ABS ایتالیا.

نتیجه متوسط	LINDARC
٪+1.4	بهره دهی

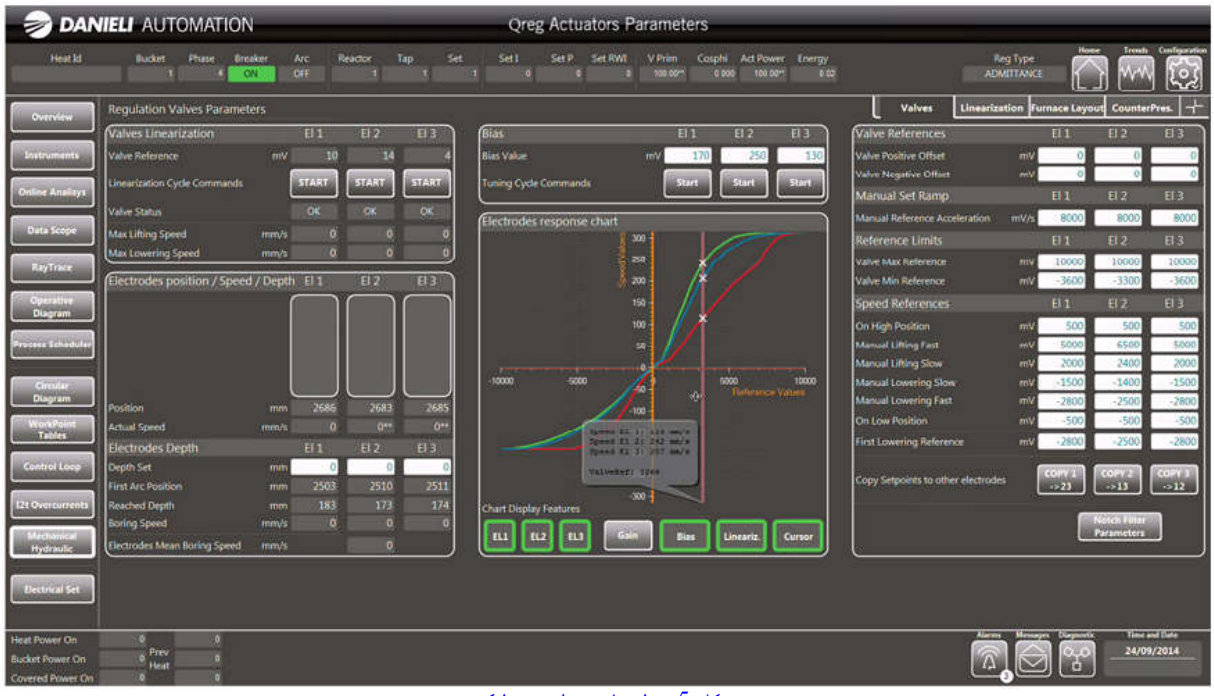
1.1.2 مدل ذوب (MELT-MODEL) – سیستم پیشرفته تنظیم الکترود Q-REG+

Q-REG+ یک سیستم خیلی پیچیده کنترل الکترود بر پایه PAC برای EAF های AC و DC است. این سیستم از الگوریتم‌های با عملکرد سطح بالا همراه با تکنولوژی اندازه‌گیری هوشمند استفاده می‌کند. استراتژی کنترل بر پایه داده‌یابی سریع و فرآوری "مدل ذوب" MELT-MODEL، برای مدیریت انرژی الکتریکی و شیمیایی فرآیند EAF است.

1.1.2.1 Q-REG+ تنظیم انرژی الکتریکی پویا

با کنترل موقعیت هر ستون الکترود، سیستم به صورت پویا نقاط تنظیم الکتریکی را برای تطبیق با شرایط فعلی کوره و شبکه و دستیابی به بالاترین توان فعال ورودی ممکن، تنظیم می‌کند.

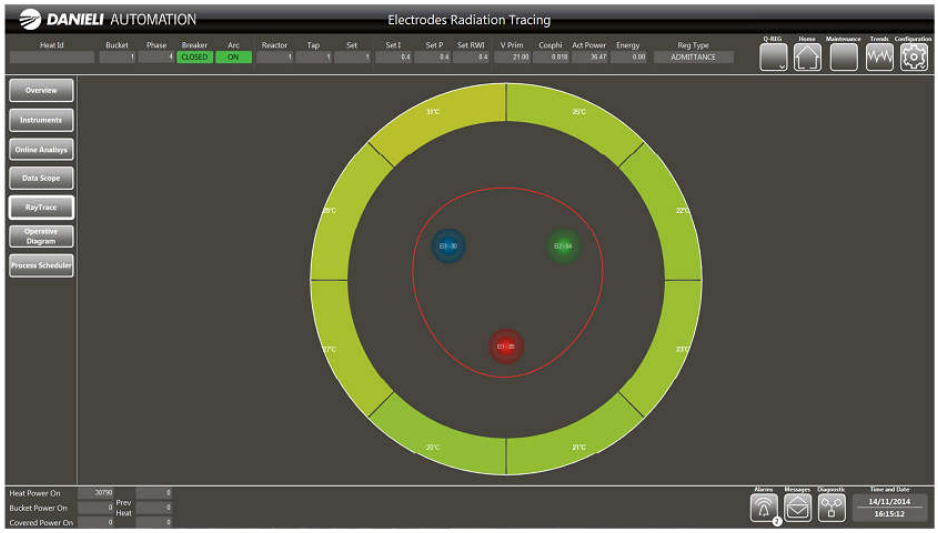
در این زمینه، ویژگی‌های اصلی Q-REG+ عبارتند از: کنترل واکنش فشار هیدرولیکی پاسخ سریع و انجام وظیفه به محض تماس در پائین آمدن (ریسک کمتر شکست الکترود)، کنترل پویای حفره‌سازی رو به پائین در قراضه (تنظیم خودکار نقطه کاری برقی، افزایش توان در اسرع وقت)، جبران خودکار ولتاژ تغذیه (عملکرد یکنواخت و ورودی‌های برق بدون دخالت اپراتور)، اضافه جریان ترانس و محافظت حرارتی با کنترل عایق ثانویه (عملکرد ایمن EAF) و نظارت بر تابش قوس در زمان واقعی (Q-RAY) برای عمر طولانی تر پانل خنک‌کننده و نسوز (**شکل6**).



شکل 5. خطی‌سازی مدار هیدرولیک.

ابزارهای سفارشی‌سازی تکامل‌یافته، امکان ورود و تجسم نقطه تنظیم تعاملی را فراهم می‌کنند. توابع تشخیصی پیشرفته نظارت بر فرآیند و دستگاه را افزایش می‌دهند. نمودار دایره‌ای ویژگی‌های تجسم تعاملی ناحیه کاری کوره و تنظیمات کاری، برای بررسی و اصلاح سریع نقاط کاری برقی را نشان می‌دهد.

کارکرد خطی‌سازی مدار هیدرولیک امکان اندازه‌گیری خودکار پاسخ غیرخطی سیستم موقعیت‌یابی را برای دستیابی به پاسخ خطی شیر برای یک دامنه بالا بردن و پایین آوردن خاص فراهم می‌کند(**شکل5**). دید کلی تنظیم پویا وضعیت فرآیند فعلی و نقاط کاری الکتریکی–شیمیایی را نشان می‌دهد، در عین حالی که آنالیز آماری داده‌های فرآیند توسط دامنه Q-REG انجام می‌شود.



شکل 6. ناظر تابش قوس Q-RAY.

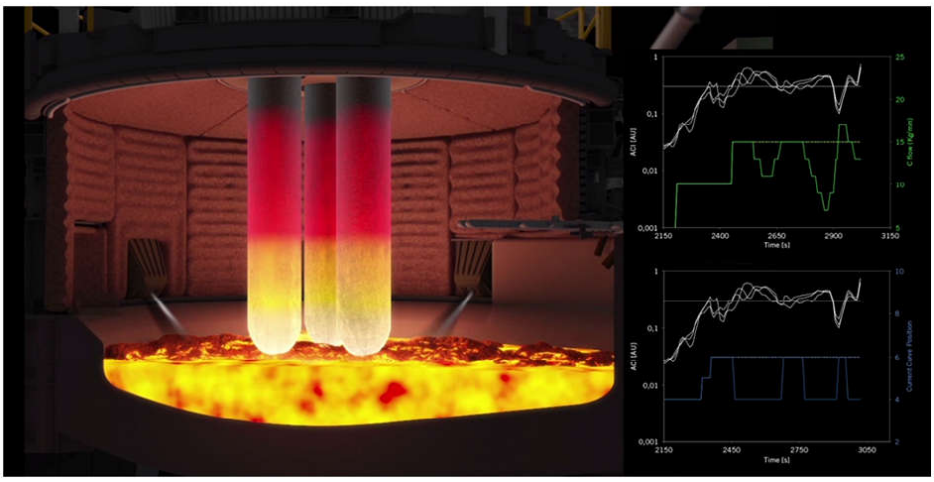
نظارت ابداعی بر تابش الکترود (Q-RAY) شار حرارتی تابشی کل را بر روی پانل‌های کوره برای اصلاح نقاط تنظیم برقی ارزیابی می‌نماید، بنابراین بارهای حرارتی بر روی پانل‌های آبگرد را متوازن می‌کند.

1.1.2.2 کنترل پویای سرباره پفکی Q-REG+

در طی مرحله تصفیه، پوشش قوس توسط سرباره پفکی پارامتر اصلی برای نظارت بر فرآیند است. Q-REG+ بطور پیوسته بر وضعیت سرباره برای ارزیابی شاخص پوشش قوس (ACI)، یک عملکرد اختصاصی بر پایه آنالیز زمان واقعی V و I قوس نظارت می‌کند (**شکل7**).

هنگامی که ACI از یک آستانه مناسب عبور کند، شرایط بهینه سرباره پفکی آشکار می‌شود و سیستم بطور خودکار نقاط تنظیم شده استاتیک جریان تزریق C را کاهش می‌دهد. اگر قوس پوشیده نشده باشد، جریان کربن مطابق با آن افزایش می‌یابد.

به سمت پایان فرآیند، تنظیم پویا همچنین برای تزریق آهک–دولومیت اجرا می‌شود، تا بازیسیته سرباره مناسب را بازیابی کند در عین حالی که مصرف عامل سرباره ساز را بهینه می‌کند.


شکل 7: شاخص پوشش قوس (ACI)

به سمت پایان فرآیند، تزریق پویای آهک با شرایط ذاتا نامطلوب سرباره مقابله نموده در عین حالی که مصرف آهک را نیز بهینه‌سازی می‌کند.

معماری کنترل تنظیم‌کننده اخیراً با یک فعالیت مهندسی مجدد شدید به یک سیستم کنترل جدید واحد (DA-PAC) منتقل شده

است، که به چند مزیت از نظر زمان راه‌اندازی سیستم و کارآئی دستگاه منتج می‌شود. اپراتورهای EAF بازخورد مثبتی را از لحاظ رابط ابتکاری و ویژگی‌های نظارت بر تابش نشان دادند، ثابت‌کننده اینکه ترکیب متغیرهای قابل‌توجه فرآیند، رویکردی کارآمد برای نمایش وضعیت دستگاه است. در **جدول3** متوسط نتایج عملیاتی Q-REG+ از چند واحد نصب شده ارائه گردیده است.

جدول3: متوسط نتایج عملیاتی Q-REG+ از چند واحد نصب شده [1].

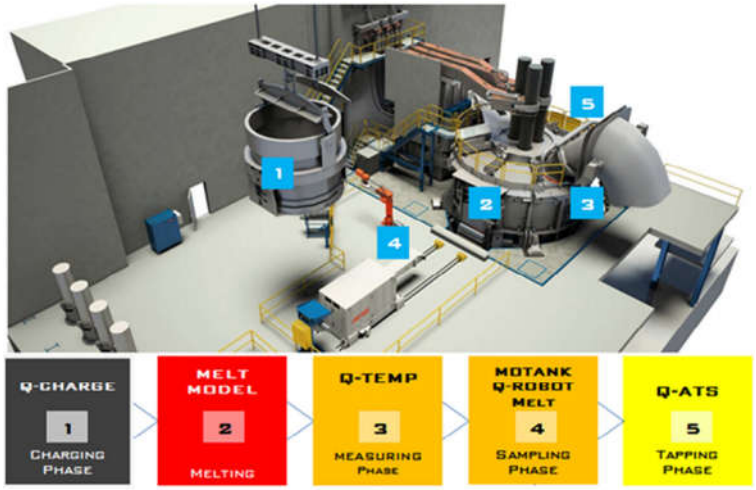
	نتیجه متوسط
مصرف الکترود	٪-6.0
مصرف انرژی الکتریکی	-5 kWh/ton
متوسط توان مصرفی	٪+3.0
فلیکر	٪-10

1.3 MELT-MODEL عملیات خودکار

MELT-MODEL تعامل پروفیل‌های ذوب کردن الکتریکی و شیمیایی را برای دستیابی به بهینه‌سازی مصرف انرژی و همچنین کنترل متالورژی سرباره و فولاد، از جمله پوشش قوس با مدیریت بر سرباره پفکی، بهینه‌سازی پس‌سوزی، کاهش مصرف انرژی الکتریکی و بهینه‌سازی مصرف اکسیژن و کربن، مدیریت می‌کند.

در طی مراحل ذوب کردن، چند ورودی توسط Q-REG+ (سیستم پیشرفته کنترل الکترود) و Lindarc (سیستم آنالیز گاز خروجی بر پایه لیزر) به سیستم داده می‌شود که بطور پیوسته توسط MELT-MODEL پردازش می‌گردد.

ناظر فرآیند Q-MELT (**شکل8**) کلیه کارکردهای تکنولوژیکی را کنترل می‌کند تا تولید فولاد EAF را به روشی موثر و ایمن از مرحله شارژ کردن تا عملیات تخلیه امکان‌پذیر سازد، امکان افزایش انعطاف‌پذیری در شارژ کردن مواد اولیه در هم‌افزائی با فرآیند ذوب کردن را فراهم می‌سازد.

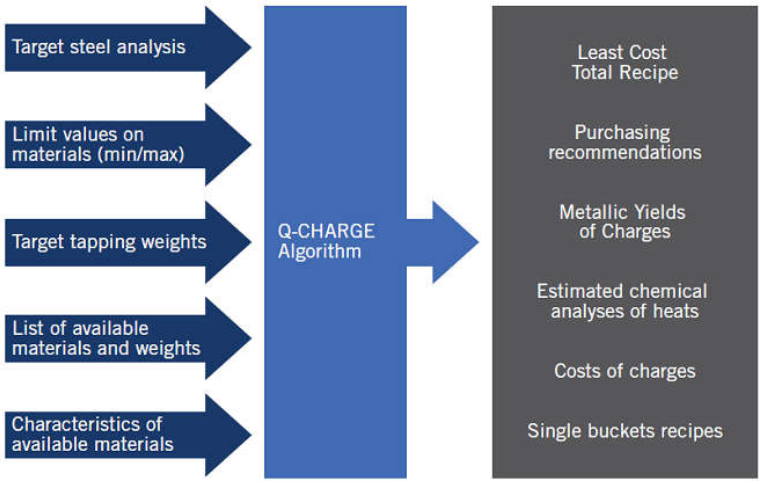


شکل8: ناظر فرآیند Q-MELT

مجموعه ای از بسته‌های تکنولوژیکی شامل تجهیزات لازم برای خودکار کردن عملیات دستی در ناحیه EAF می‌باشد.

1.4 Q-Charge - سیستم شارژ کردن خودکار سبد

Q-CHARGE مجموعه‌ای از ابزارها برای مدیریت فرآیند شارژ کردن EAF از محاسبه دستورالعمل شارژ سبد تا تخلیه سبد در EAF است. بهینه‌سازی دستورالعمل شارژ (**شکل9**) و حرکت خودکار جرثقیل امکان بهره‌وری، کارایی و کیفیت خروجی بالاتر کارخانه را می‌دهد. Q-CHARGE کارکرد محاسبه شارژ با حداقل هزینه را برای دستیابی به آنالیز شیمیائی هدف در هنگام تخلیه با رعایت حداکثر سقف غلظت عناصر باقیمانده ارائه می‌دهد. خروجی اصلی الگوریتم، دستورالعمل‌های کلی شارژ، دستورالعمل‌های شارژ هر سبد و فهرست‌های



شکل9. الگوریتم Q-Charge.

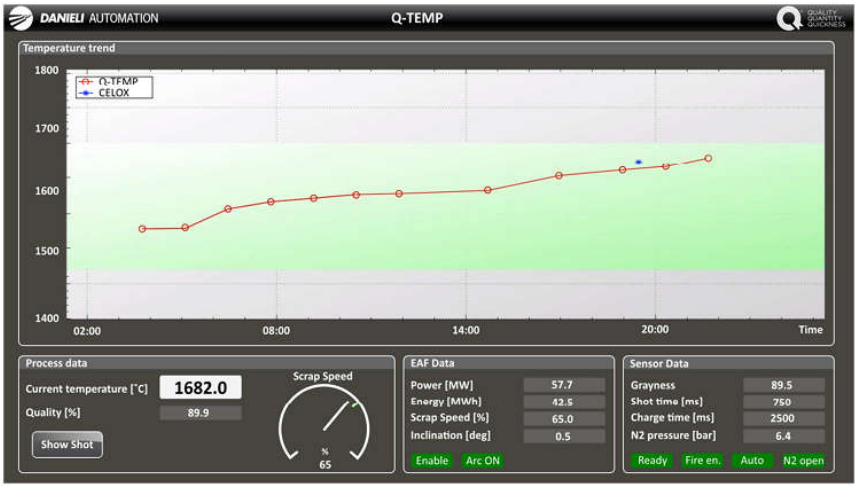
قراضه خریداری برای محاسبه سریعتر و قابل‌اطمینان‌تر دستورالعمل‌ها و پشتیبانی از برنامه‌ریزی تولید بلندمدت است.

پس از درخواست اپراتور از اتاق کنترل اصلی EAF، یک سیستم موقعیت‌یابی جرثقیل بر پایه لیزر امکان جمع‌آوری تنظیم‌شده، حرکت و قرار دادن سبد به صورت کاملاً خودکار بر روی EAF را فراهم می‌کند. هنگامی که تخلیه سبد انجام شد، سیستم بطور خودکار سقف EAF و داگ هوس را می‌بندد و سبد خالی را به موقعیت مناسب ارابه حمل/پارکینگ سبد می‌رساند. شناسایی سبد توسط یک سیستم تشخیص الگو بر پایه دوربین انجام می‌شود. بخاطر یکپارچگی با سیستم اتوماسیون EAF، حرکات درب داگ هوس، سقف EAF و قلاب جرثقیل بسیار هماهنگ شده‌اند تا اتلاف زمان غیرمولد و اتلاف انرژی را به حداقل برسانند.

1.5 Q-Temp – سنسور دمای بدون تماس تپشی

سیستم Q-TEMP بر اساس قرائت پیرومتر، قرائت پیوسته دمای فولاد مذاب را فراهم می‌کند. این سیستم اپراتور را قادر می‌سازد تا آگاهی مداومی از تحول دمای حمام فولاد در طی مراحل ذوب کردن داشته باشد و خود فرآیند را بهتر مدیریت کند.

فرآیند اندازه‌گیری در زمان واقعی انجام می‌شود (**شکل 10**)، و سیستم اتوماسیون به منظور شناسایی دمای صحیح فولاد، به بررسی جزئیات ضروری سیگنال می‌پردازد.



شکل10. رابط دمای Q-TEMP.

در یک فرآیند شارژ پیوسته (DRI یا قراضه)، الگوریتم Q-TEMP ارزیابی می‌کند که آیا سرعت تغذیه مواد مناسب است یا در طرف دیگر، به اصلاح نیاز دارد. بر اساس این تعامل و از طریق داشبوردهای بصری، اپراتور پیشنهادهایی را در مورد افزایش یا کاهش سرعت تغذیه مواد دریافت می‌کند. به این صورت، سرعت تغذیه بهینه DRI/قراضه بدست می‌آید، شرایط ذوب کردن در طی فرآیند را با تأثیرات مثبت بر پایداری در امتداد چرخه تولید، کمک به دستیابی به درجه بالایی از تولید متوازن بهینه‌سازی می‌کند. **جدول4** متوسط نتایج عملیاتی Q-TEMP از واحد نصب‌شده آزمایشی را نشان می‌دهد.

جدول4: متوسط نتایج عملیاتی Q-TEMP از واحد نصب شده آزمایشی.

	نتیجه متوسط
صرفه‌جوئی هزینه عملیاتی (صرفه‌جوئی سنسور CELOX)	4- دلار بر ذوب
تلرانس اندازه‌گیری دما	٪ ±5

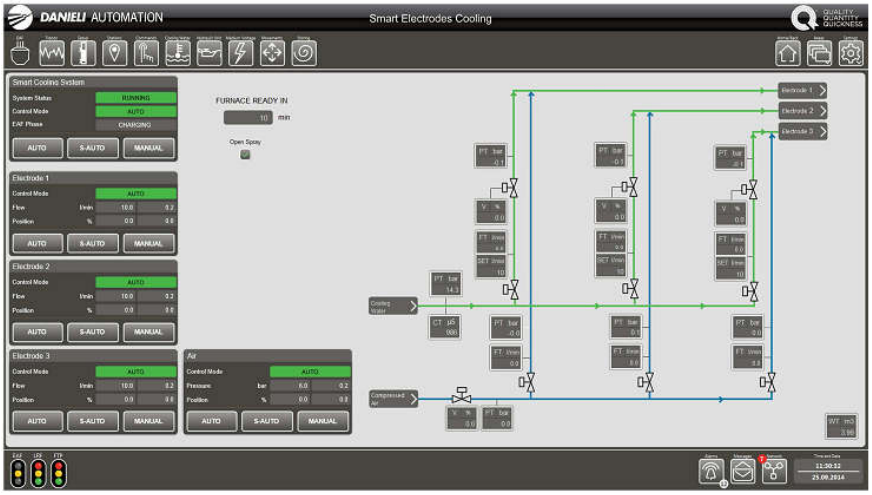
1.6 Q-SmarTEC – ابزار صرفه جویی الکترود

Q-SmarTEC نسل جدیدی از ابزارهای صرفه‌جویی در مصرف الکترود، شامل یک ایستگاه شیر مکاترونیکی و حلقه‌های بهینه‌شده خنک‌کننده الکترود برای کنترل پویای آب خنک‌کننده الکترود است (**شکل11**).

بسته تکنولوژیکی در هر مرحله از فرآیند در زمان واقعی توسط مدول اتوماسیون Q-SmarTEC کنترل می‌شود. برای هر الکترود، سیستم سرعت جریان هوا/آب و فشار روی خطوط (افت فشار) را کنترل می‌کند، هدایت (آب) را اندازه‌گیری نموده و به منظور حفظ شرایط کامل از لحاظ خنک‌سازی الکترودها عمل می‌کند. تغییرات عملیاتی سیستم خنک‌سازی الکترود بطور خودکار توسط یک واحد مرکزی مدیریت می‌شود، که بر پایه یک پایگاه داده‌های تکنولوژیکی، پارامترهای از پیش تنظیم‌شده و اطلاعات جمع‌آوری‌شده از سنسورهای اختصاصی میدانی است. کل فرآیند در زمان واقعی، برای هر مرحله از چرخه (زمان پاور–آن و زمان

پاور–آف) رخ می‌دهد. نتیجه بهبود قابل‌توجه و شایان تحسین در مصرف الکترود، بدون هیچگونه تداخلی در پایداری قوس یا افزایش مصرف انرژی الکتریکی است.

بخاطر نسل جدید حلقه‌های خنک‌کننده Q-SmarTEC، ترکیب بهینه سرعت جریان آب و سرعت جتها تضمین می شود، که دامنه جریان بهینه آب برای خنک‌سازی الکترود در حداکثر طول آن را فراهم می سازد، از خنک شدن بیش از حد آنها که باعث بی ثباتی قوس و افزایش مصرف انرژی می شود جلوگیری می نماید. **جدول 5** متوسط نتایج عملیاتی Q-SmarTEC از واحد نصب شده را نشان می‌دهد.



شکل 11. رابط کنترل Q-SmarTEC 3Q.

جدول 5: متوسط نتایج عملیاتی Q-SmarTEC از واحد نصب شده.

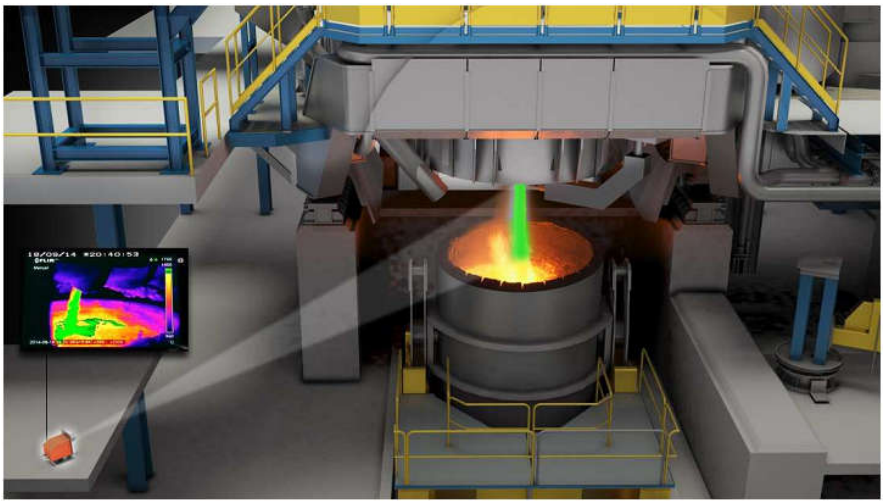
	نتیجه متوسط
مصرف الکترود	تا 15٪-

1.7 Q-ATS– سیستم تخلیه خودکار

سیستم Q-ATS بخاطر هم‌افزایی بین بسته های تکنولوژیکی و وظایف EAF برای اتوماسیون و پشتیبانی از اپراتور در طی کل فرآیند تخلیه طراحی شده است.

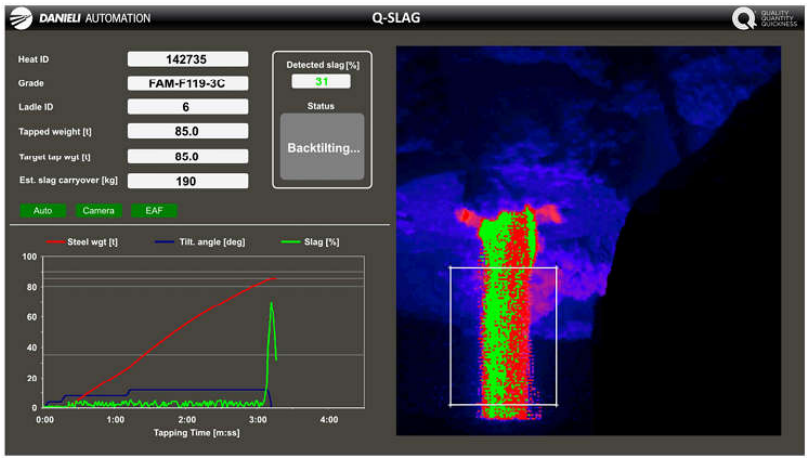
این سیستم از مدول اتوماسیون Q-ATS تشکیل شده است که سیستم Q-SLAG برای تشخیص سرباره در طی مرحله تخلیه، Q-EBY EYE که امکان نظارت کامل بر وضعیت مجرای تخلیه EBT در کل مدت فرآیند را فراهم می‌کند، Q-EBT SAND برای تغذیه خودکار الیوین از مجرای تخلیه EBT، را هماهنگ می‌سازد. در طی فرآیند، Q-ATS بطور پیوسته کنترل پیشگرمایش و دمای پاتیل، کنترل وزن تخلیه شده به پاتیل، کنترل سرعت کج شدن خودکار بر اساس وزن پاتیل، کنترل شیب عقب EAF بر پایه دوربین حرارتی (Q-SLAG، **شکل 12**)، بر اساس خروجی پردازش تصویر Q-SLAG، مدیریت افزودنی‌ها و همزنی پاتیل، نظارت بر وضعیت EBT (Q-EBT EYE)، تمیزکاری EBT (Q-STAP) و شارژ الیوین (Q-EBT SAND).

بخاطر Q-ATS، انجام عملیات تخلیه می‌تواند کمتر از 30 ثانیه بطور مستقیم از اتاق کنترل اصلی بدون اقدام از اتاقک کنترل مخصوص تخلیه به راحتی شروع شود، با مزایائی از لحاظ هزینه و زمان (شیوه معمول تخلیه معمولاً به 2 نیروی انسانی و چند دقیقه زمان نیاز دارد) و همچنین از نظر ایمنی زیرا برای اقدامات محلی به هیچ اپراتوری نیاز نیست.



شکل 12. مدول تشخیص سرباره Q-ATS.

1.7.1 Q-ATS – زمان تخلیه



شکل13. مدول تشخیص سرباره Q-ATS.

در طی کل مرحله تخلیه، Q-ATS، با استفاده از مدول Q-SLAG (**شکل13**)، مقدار سرباره‌ای را که به پاتیل منتقل می‌شود اندازه‌گیری می‌کند و هنگامی که سیگنال بالاتر از یک حد خاص باشد، فرمان برگشت از حالت کج‌شده بطور خودکار داده می‌شود. برگشت خودکار از حالت کج‌شده توسط یک مدول اختصاصی کنترل می‌شود تا میزان سرباره انتقالی احتمالی را که ممکن است نیاز به سرباره‌گیری پاتیل داشته باشد به حداقل کاهش داده و طول عمر نسوز در خط سرباره را افزایش دهد.

یکنواختی بیشتر در کیفیت فولاد و همچنین هزینه، مصرف فروآلیاژها و زمان عملیات پاتیلی کمتر از مزایای اثبات شده هستند. افزودن صحیح فروآلیاژها و شدت همزنی توسط مدول مدیریت بر افزودنی و تنظیم همزنی پاتیل تضمین می‌شود که امکان نظارت و کنترل مناسب این مرحله مهم فرآیند را فراهم می‌کند.

1.7.2 Q-ATS – زمان آماده‌سازی

شکل14. تجهیز پر کردن ماسه مجرای Q-EBT.

پس از تخلیه، توسط دوربین Q-EBT EYE، اپراتور می‌تواند بلافاصله از اتاق کنترل اصلی تمیزی مجرای EBT را ارزیابی کند. آنگاه عملیات بسته شدن صفحه EBT و پر کردن مجرای تخلیه با ماسه اولیوین فقط با فشار دادن یک دکمه کنترل‌کننده شیر دریچه کشوئی مخزن نگهداری ماسه انجام می‌شود (**شکل14**).

عملیات پر کردن ماسه را می‌توان بلافاصله پس از پایان برگشت از حالت کج‌شده EAF شروع کرد، و زمانی را که در غیر این صورت صرف بازرسی موضعی و پر کردن دستی ماسه EBT می‌شد صرفه‌جویی نمود.

شکل15. میز کنترل Q3.

1.8 Q-MELT – تکنولوژی اتوماسیون 3Q

رویکرد نوآورانه دانیلی برای اتوماسیون فرآیند EAF یک بسته کامل از راه‌حل‌های مدولار است که برای کنترل فرآیند و تمام عملیات مورد نیاز در چرخه تولید دیده شده است. تکنولوژی اتوماسیون 3Q-EAF مبنای فلسفه شرکت دانیلی در مورد هماهنگی تک نقطه‌ای و کنترل کامل فرآیند است که نقش اپراتور را کاملاً تغییر می‌دهد.

3Q Control Desk (**شکل15**) عملکرد واحدها را بهبود می‌بخشد، وابستگی به مهارت اپراتورها را کاهش می‌دهد. تمام عملیات EAF از یک اتاق کنترل منفرد که می‌تواند دور باشد، کنترل و نظارت می‌شوند.

این رویکرد دانش بنیان شامل نشان دادن فقط اطلاعات مفید مورد نیاز برای آن مرحله معین از فرآیند به اپراتور است.

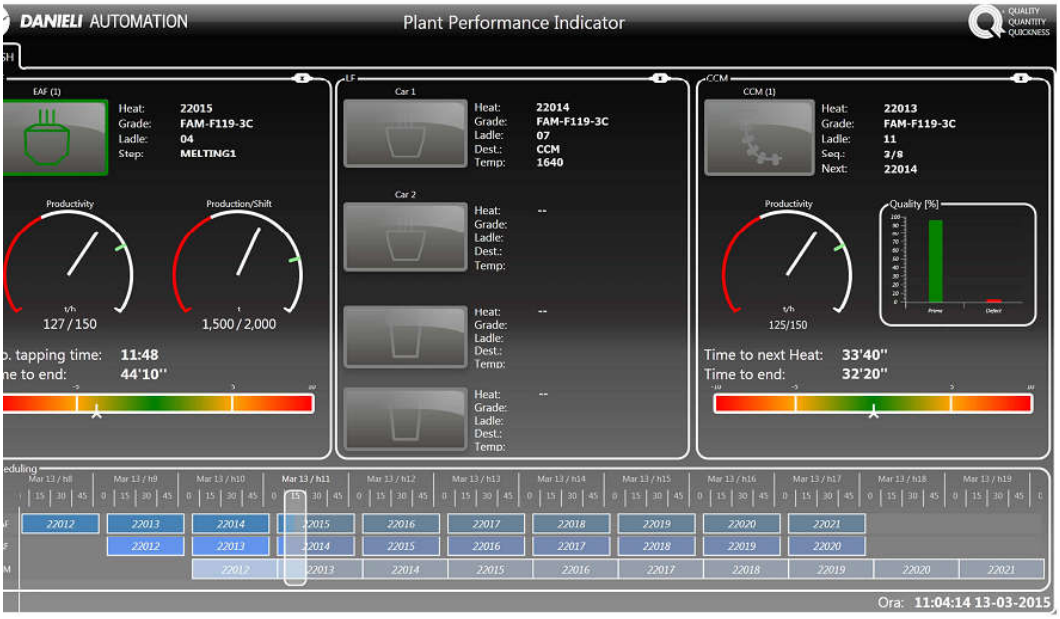
یکی از نکات کلیدی 3Q Control Desk تجهیز یک اتاق کنترل با میز کار نرم‌افزاری (Soft-Desk) کامل بر پایه تکنولوژی صفحه نمایش لمسی است که از طریق آن اپراتور هم بتواند بر واحد نظارت کند و همزمان با آن کار کند.

هماهنگی بین نواحی مختلف بطور محلی در معماری یکپارچه نهفته است. بطور متداول اپراتورها فرمان‌ها و دستورالعمل‌هایی را برای شروع چرخه‌های عملیاتی به اجرا می‌گذارند.

شکل16. دستیار اپراتور OA.

با رویکرد 3Q اتوماسیون مسئول هماهنگی فرمان‌ها و دستورالعمل-ها، با حداکثر همپوشانی و هماهنگی است، در عین حالی که مسئولیت اپراتور نظارت و تصمیم‌گیری در موارد استثنایی است. هنگامی که یک استثنا در چرخه عملیاتی متعارف اتفاق می‌افتد، یک رابط اختصاصی تصمیم اپراتور بر اساس انتخاب چندگزینه‌ای بر پایه اقدام بعدی بلافاصله مورد نیاز در درخت توالی را جویا می‌شود.

دستیار اپراتور (OA) برای اطمینان از بالاترین نرخ بهره‌برداری از ظرفیت واحد و مشغله کمتر اپراتور، فرمان‌های دستگاه را هماهنگ می‌کند (**شکل‌های16 تا 18**). شاخص عملکرد ناحیه (API) اطلاعات کلی در مورد وضعیت فرآیند و عملکردهای ناحیه EAF را در زمان واقعی ارائه می‌دهد. شاخص عملکرد واحد (PPI) (**شکل17**) بر نواحی با تکنولوژی متنوع نظارت می‌کند و تمام متغیرهای قابل‌توجه را برای نظارت بر وضعیت فرآیند برای کل کارگاه ذوب نشان می‌دهد.



شکل17. شاخص عملکرد PPI کارخانه.

2 نتیجه‌گیری

شکل18. دستیار عملیاتی OA.

در شرایط فعلی بازار، با در نظر گرفتن پیش‌بینی‌های آینده بازار، عوامل رقابتی همیشه مبرم‌تر می-باشند و یک عامل تمایز در سراسر صنعت فولاد هستند. افزایش کارایی و بهبود عملکردها از عوامل اصلی رقابت‌پذیری و سودآوری هستند.

مدولار بودن طرح مفهومی کوره خودکار دانیلی براساس این اصول است و به فولادسازان انعطاف‌پذیری لازم برای بهبود فرآیند EAF را می‌دهد، با نتایج اثبات شده در شرکت‌های (ABS) Acciaierie Bertoli Safau، Gerdau Jacksonville و Thy Marcinelle، که در آنها طرح

مفهومی مدولار بودن انعطاف‌پذیری و بهره‌وری کارخانه را افزایش داد.

نتایج EAF نصب شده در شرکت Thy Marcinelle نشان می‌دهد که اجرای تکنولوژی‌های پیشرفته اتوماسیون همانند Q-CHARGE، Q-ATS تخلیه اتوماتیک، Q-ROBOT Melt و تجهیزات MOTANK امکان به حداقل رساندن زمان پاور–آف را می‌دهد. نتیجه مشاهده شده زمان پاور–آف 8 دقیقه‌ای برای فرآیندی 2 سبدی (بجز تأخیرات) است که همچنین با کمترین حجم کار و خطر برای نیروی انسانی بدست آمده است. علاوه بر این، بخاطر پیاده‌سازی MELT MODEL و Q-SMARTEC در چند کارخانه فولاد، مزایای قابل‌توجهی از نظر مصرف برق (10– درصد)، مصرف الکترود (تا 15– درصد) و افزایش بهره‌دهی فلز (1.4+ درصد) نشان داده شد.

تولید پایدار اکنون از طریق استفاده بهبود یافته از انرژی الکتریکی و شیمیایی، استفاده بهتر از مواد اولیه، کاهش زمان‌های غیرمولد، کاهش بی‌ثباتی فرآیند، تضمین کیفیت کنترل شده کالاهای تولیدشده حاصل می‌شود.

منابع:

1- S. Marcuzzi, D. Tolazzi, S. Beorchia. LINDARCTM EAF off-gas analysis system – Installation at Gerdau Ameristeel Jacksonville. In: AisTech; 2-5 May 2011; Indianapolis, U.S.A.