هموار شدن مسیر دیجیتال‌سازی با راه‌حل‌های هوشمند[1]

ترجمه: محمدحسین نشاطی

تولید فولاد امروزه با محرک بهینه‌سازی فرآیند و بهره‌وری کارآمد به پیش می‌رود. برای یک راه‌حل مطمئن و پایدار، جواب دیجیتال‌سازی است. این شامل دید کلی از دانش فنی کارخانه و فرآیند از پایین تا بالا و همه در امتداد زنجیره ارزش با اتصال ساختاری و طراحی نوسازی مدولار است. دوقلوهای دیجیتال استاندارد جدیدی برای بهینه‌سازی‌ها و شبیه‌سازی‌ها قبل از شروع عملیات هستند. رویکردهای مبتنی بر داده، بهینه-سازی‌های کل فرآیند و هوش تجاری به هدف کلی کمک خواهند کرد. ابعاد جدید در پایش وضعیت پیش-بین، از جمله سنسورهای هوشمند، زمان تولید بیشتری را حاصل خواهند کرد. چشم‌انداز یک کارخانه کاملاً خودکار خواهد بود.

درک صنعت 4.0 [1] و روند دیجیتال‌سازی بطور روزافزونی در حال رشد است و تولیدکنندگان فولاد در سراسر جهان ابتکارات و فعالیتهایی را برای بررسی اقدامات مفید برای کمک به پیش‌بردن عملکرد امکانات تولیدی نصب شده آغاز کرده‌اند. از آنجا که "دیجیتال‌سازی" یک محصول کاملاً تعریف شده نیست که بتوان به شرکت‌های کارخانه‌ساز به عنوان بسته "آماده استفاده" سفارش داد، باید خیلی عمیق‌تر در عملیات فعلی کارخانه فولاد کاوش کرد. مطمئناً، فراتر از مقداری ترکیب بی‌قاعده چند راه‌حل اتوماسیون موجود و جدید قابل خرید از بازار است. یک نکته کلیدی برای دیجیتال‌سازی این است که هیچ رویکردی منحصر به فرد متناسب با همه کارخانه‌ها و واحدهای تولیدی وجود ندارد. هر محل، حتی هر کارخانه، باید روش خاص خود را برای دیجیتال-سازی پیدا کند، صرفاً به دلیل این واقعیت که هر مرکز تولیدی از شرایط مختلفی شروع می‌کند.

اتصال و معماری مدولار

علاوه بر برخی تغییرات جزئی بنیان مکانیکی نصب شده و به روزرسانی سنسورها، تمرکز اصلی دیجیتال‌سازی بر راه‌حل‌های اتوماسیون؛ سیستم‌های نرم‌افزاری مدرن و روندگرا؛ و اتصال ساختاری کلیه ابزارها در یک واحد تولید فولاد است. اتصال ساختاری به پروتکل‌های ویژه مانند اترنت، ProfiBus/ProfiNet یا هر استاندارد ارتباطی دیگری توجه نمی‌کند. بطور کلی، این یک دیدگاه مجمل و سطح بالا است که تبادل اطلاعات پیچیده و جریان داده‌ها را که برای فولادسازی مدرن کارآمد الزامی است، کشف می-کند. در آغاز یورش برای دیجیتال‌سازی خاص کارخانه، باید نقشه کاملی از تمام اطلاعات انتقال یافته را که در کل زنجیره ارزش از آهن‌سازی اولیه به سمت محصول کلاف شده نهایی استفاده می‌شود، ترسیم کرد. اتصال ساختاری، تبادل اطلاعات خودکار، برای مثال، از اتوماسیون پایه تا سیستم‌های مدیریت تولید [2] و همچنین ورودی دستی مورد نیاز فعلی یک اپراتور را نشان می‌دهد. در حقیقت، رفتار زمان و خط زمانی داده‌های مورد نیاز در ترکیب با تمام اجزای تشکیل‌دهنده و عملیات مربوط به گرید فولاد نشان داده شده است. نقشه اتصال ساختاری ابزار مفیدی برای تصمیم‌گیریهای سرمایه‌گذاری برای یافتن بهترین توالی اقدامات دیجیتال-سازی است که بیشترین تأثیر را بر افزایش بهره‌وری و پتانسیل واقعی صرفه‌جویی در وقت برای ذوب‌های اضافی در هر شیفت/روز/ماه دارد. علاوه بر این، اتصال ساختاری توصیه می‌کند که چگونه سیستم‌ها و راه‌حل‌های جدید باید در تعامل با تولید فولاد در حال جریان باشند و این یک پایه کامل از اطلاعات موجود را ارائه می‌کند که می‌تواند برای اهداف شبیه‌سازی مانند دوقلوهای دیجیتال یک جایگاه عملیات منفرد یا کل تولید دیجیتال استفاده شود.

[1]- The Road to Digitalization Is Paved With Intelligent Solutions, IRON & STEEL TECHNOLOGY, DEC 2019.

یک پایگاه اطلاعات قدرتمند و کامل برای آنالیز عملکرد بلندمدت سودمند است و علاوه بر دانش عمیق متالورژیکی تولید، به عنوان یک هسته دانش مهم ایجاد شده است. یک دوره ذخیره داده‌ها بیش از 6 یا 12 ماه به همراه دسترسی سریع، امکان روش-های کاملاً جدید آنالیز داده‌ها با تمرکز میان‌مدت و بلندمدت را فراهم می‌سازد. ایده، ذخیره‌سازی داده‌های ایجاد شده به روشی بسیار ساختاریافته و شرایط فراهم شده، شبیه به یک سیستم انبار بزرگ و کاملا سازمان‌یافته است. الگوی اصلی، کپی کردن یا تکثیر منبع داده اولیه نیست. از طرف دیگر، می‌خواهیم چند ابزار اتصال‌دهنده کارآمد که امکان دسترسی سریع به گذشته و همچنین جدیدترین داده‌های منحصر به فرد در انبار را می‌دهند داشته باشیم. در حقیقت، این مفهوم مخزن داده‌ها از کلیه روندهای واقعی و آینده در گزارش‌دهی وب، پایش وضعیت، بهینه‌سازی کل فرآیند، آنالیز داده‌های بزرگ و بینش اقتصادی‌تر آخرین ابزارهای هوش تجاری پشتیبانی می‌کند.

معماری و طراحی مدولار، برای مثال سیستم اتوماسیون فرآیند ریخته‌گری پیوسته، میزان بالائی از انعطاف‌پذیری و اتصال را ارائه می‌دهد. مدل‌های فرآیندی منفرد و سیستم‌های خبره می‌توانند در مرحله بعدی به صورت اختیاری یکپارچه شوند. ارتباط تنگاتنگ با سیستم اتوماسیون پایه، پردازش و واکنش مناسب سیگنال توسط مدل‌ها و متخصصان ماشین ریخته‌گری پیوسته را تضمین می‌کند. داده‌های دریافتی از برنامه‌ریزی تولید و واحدهای بالادستی در کارخانه فولاد برای اهداف ردیابی، سرعت پیشروی ذوب یا ارزیابی کیفیت پردازش استفاده می‌شوند. به منظور بهینه‌سازی فرآیند تولید، خروجی مدل بطور خودکار به سیستم اتوماسیون پایه ارسال می‌شود. با توجه به معماری سیستم باز، سایر محصولات را می‌توان در نرم‌افزار اتوماسیون فرآیند ماشین ریخته‌گری پیوسته بدون کار عمده‌ای در پیاده‌سازی، یکپارچه کرد.

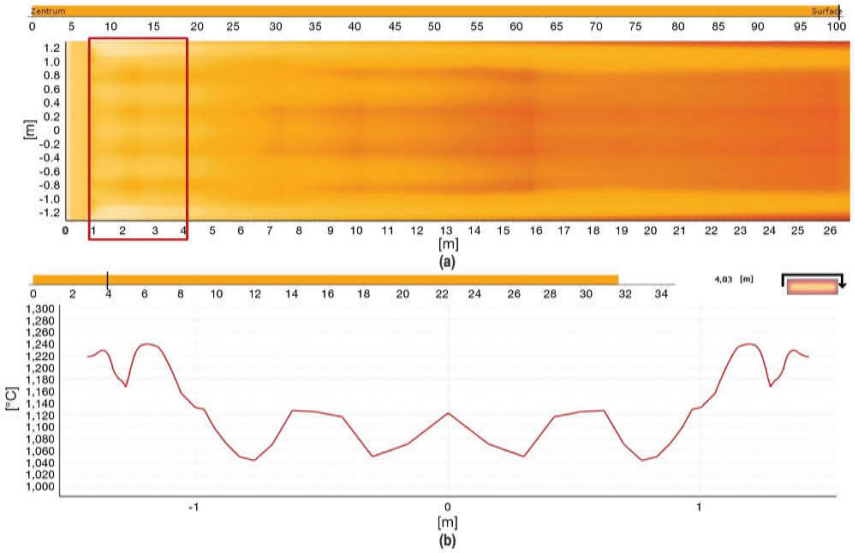
دوقلوی دیجیتال

اصطلاح "دوقلوی دیجیتال" به نمایش دیجیتال مفصل دارایی‌های فیزیکی از جمله فرآیندهایی که این دارایی‌ها امکان اجرای آنها را می‌دهند اطلاق می‌شود. نکته مهم اینکه، دوقلوی دیجیتالی باید به صورت پویا هرگونه تغییر ایجادشده در همتای واقعی و فیزیکی خود را منعکس کند. این کار با جمع کردن یک ساختار پایه نیمه مدولار، مدل‌های فرآیند پیشرفته، یادگیری ماشین، آنالیز نرم‌افزار و هوش مصنوعی با اهداف کاملا مشخص انجام می‌شود. نقطه قوت دوقلوی دیجیتال این است که بطور پیوسته یادگیری می‌کند و بلادرنگ خود را به صورت ایده‌آل با استفاده از اطلاعات ترکیبی از منابع متنوعی به‌روز می‌کند. علاوه بر داده‌های سنسور، یک دوقلوی دیجیتال توانا بر دانش تخصصی جمع‌آوری شده از اپراتورهای انسانی ماهر، بر تخصص فنی مهندسان متخصص، بر یافته‌های ناشی از دوقلوهای دیجیتال مشابه، و بر محیط بزرگتری که دوقلوی دیجیتال ممکن است جزئی از آن باشد، متکی است. البته داده‌های تاریخی نیز نقش بزرگی در پیشبرد عمق دوقلوهای دیجیتال دارند. هنگام بکارگیری در کارخانه تولید فولاد، فایده اصلی استفاده از دوقلوی دیجیتال این است که هرگونه تغییر مورد نظر در زنجیره تولید فیزیکی را می‌توان از قبل در حوزه دیجیتال با ریسک صفر آزمایش و ارزیابی کرد.

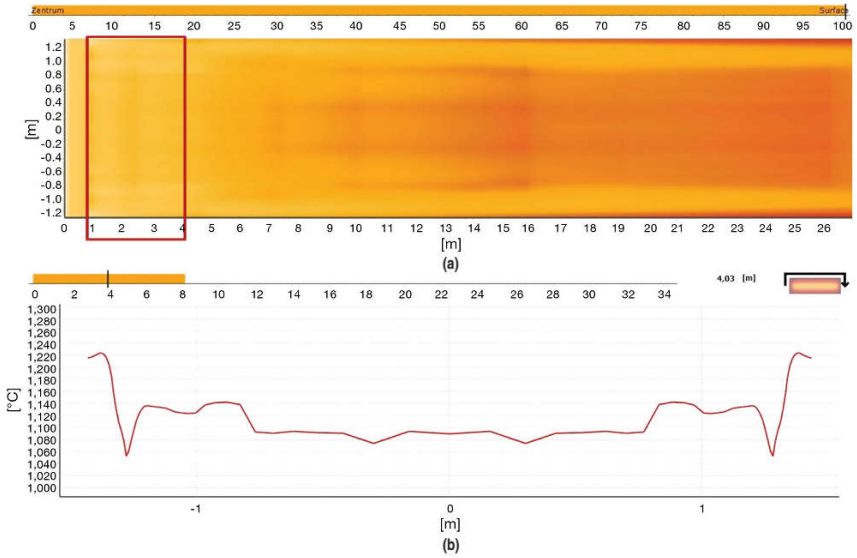
دوقلوی دیجیتال کارکردی را برای آزمایش تغییرات پارامتر و بهینه‌سازی‌های پارامترهای فرآیند به منظور دستیابی به راه‌اندازی روان سیستم بدون هیچ‌گونه آسیب یا ضایعات مواد در کارخانه تولید واقعی فراهم می‌سازد. این یک نمونه مجازی از تجهیزات کارخانه واقعی – یک دوقلوی دیجیتال از تجهیزات در دنیای واقعی – ایجاد می‌کند. این به مهندسان امکان می‌دهد تا قبل از ورود به فرآیند واقعی، شبیه‌سازی گسترده‌ای از تجهیزات جدید یا تغییرات پارامتر را انجام دهند. این امر هرگونه اختلال در تولید در حال جریان را از بین می‌برد و ریسک پیامدهای غیرمنتظره را به حداقل می‌رساند.

هدف از دوقلوی دیجیتال نزدیک‌شدن هرچه ممکن‌تر به واقعیت است. بنابراین، تنظیم صحیح یکی از عوامل تعیین‌کننده است. در این مقاله، نمونه‌ای از دوقلوی دیجیتال فرآیند ریخته‌گری پیوسته نشان داده شده است. هنگام تنظیم دوقلوی دیجیتال در یک ماشین ریخته‌گری پیوسته جدید یا موجود، لازم است کلیه پارامترهای شناخته‌شده که دارای تأثیر شناخته‌شده‌ای هستند، از

جمله هندسه ماشین ریخته‌گری پیوسته، انواع و چیدمان نازل‌ها، خواص مواد محاسبه شده، نوع سگمنت و موقعیت در امتداد رشته، مقاطع ریخته‌گری احتمالی، محدودیت‌های تغییر عرض و البته همه بسته‌های اتوماسیونی شناخته‌شده مانند دستگاه‌های برشکاری و مارک‌زنی در نظر گرفته شوند. محدودیت‌های اضافی مخصوص کارخانه مانند حداقل/حداکثر طول محصول، قواعد و محدودیت-های تغییر عرض و انواع قراضه (تعویض تاندیش، قراضه در نتیجه مخلوط شدن ذوب‌ها یا عیب کمربند در اثر توقف شاخه) در سیستم نگهداری دوقلوی دیجیتال مشخص می‌شوند. همراه با مشتریان، کلیه پارامترهای شناخته‌شده ریخته‌گری با منطقه تاثیر و محدودیت‌های آنها تعیین گردیده و شیوه سرمایش ثانویه گرید، کاهش نرم سطح مقطع (soft reduction)، نوسان و موارد دیگر تهیه می‌شوند. پس از تنظیم صحیح دوقلوی دیجیتال، می‌توان اولین شبیه‌سازی آفلاین اتوماسیون فرآیند را با این ویژگی‌های خاص کارخانه انجام داد.



شکل 1– شبیه سازی با انواع نازل موجود: دمای سطح در امتداد طول رشته (a) و دمای سطح در امتداد عرض رشته (b)



شکل 2– شبیه سازی با انواع نازل جدید: دمای سطح در امتداد طول رشته (a) و دمای سطح در امتداد عرض رشته (b)

با استفاده از تنظیم صحیح خاص کارخانه، می‌توان کلیه فرآیندهای اتوماسیون را از طریق محیط شبیه-سازی دوقلوی دیجیتال آزمایش کرد [3،4]. داده‌های سیستم اتوماسیون پایه توسط شبیه‌ساز تهیه و ایجاد می-شوند. داده‌های سایر اجزای تشکیل-دهنده خاص پروژه مانند سیستم مدیریت تولید، آزمایشگاه و سیستم-های بهینه‌سازی فرآیند در کارخانه فولاد نیز با استفاده از داده‌های نمونه از سناریوهای تولید شبیه‌سازی می-شوند (برای مثال، برنامه تولید از سیستم مدیریت تولید). سیستم جدید را می‌توان با شبیه‌سازی‌های مختلف (مثلاً ذوب‌های متوالی کوتاه و طولانی، شرایط تولید بحرانی، گریدهای مختلف فولادی، موقعیت-های مخلوط شدن ذوب‌ها، و غیره) آزمایش کرد و بنابراین می‌توان راه-اندازی روان را تضمین کرد.

متالورژیست‌ها و مهندسان فرآیند قادر به بررسی رفتار فرآیند تولید پیچیده و بهینه‌سازی پارامترها قبل از استفاده از آنها در تولید واقعی هستند تا بتوان فرآیندهای تولید را به صورت آفلاین (خارج از خط) و بدون هیچ‌گونه ریسکی برای ثبات فرآیند و کیفیت محصول ارزیابی کرد. **شکل 1** و **شکل 2** [5] بهینه‌سازی دمای سطح اسلب ریخته‌گری پیوسته را نشان می‌دهند. در مرحله اول، شبیه‌سازی با پارامترهای نازل‌های خنک‌کننده موجود انجام شد. نتیجه

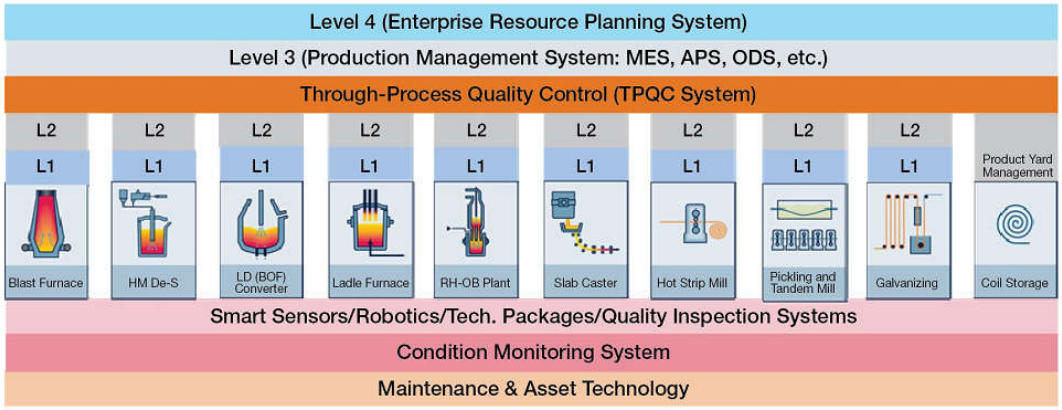
مشکلی را نشان داد: دمای سطح در عرض رشته کاملاً غیریکنواخت بود (شکل 1). همچنین می‌توان دید که حداقل دمای سطح حدود 1050 °C است در حالی که حداکثر دما در نزدیکی گوشه‌ها تقریباً 200 °C بالاتر است.

با انتخاب نازل‌های مختلف پاشش، شبیه‌سازی به توزیع دمای بسیار بهتری در عرض منتج شد، که در شکل 2 مشاهده می‌شود.

شبیه‌سازی‌ها با انواع نازل‌های جدید انجام شده در دوقلوی دیجیتالی نوید پیشرفت‌های قابل‌توجهی را دادند. در این مورد می‌توان به 50 درصد کاهش ترک‌های عرضی، طولی و گوشه دست یافت.

بهینه‌سازی کل فرآیند

پیشرفت دیجیتال‌سازی در حال ایجاد فرصت‌های جدید برای بهبود کارائی کلی و کیفیت در تولید فولاد است. در عین حال، مشتریان نهایی خواستار محصولات فولادی در سطوح کیفی بالاتری هستند. آنها به دنبال راه‌حل‌های گرید فولاد متناسب شده مورد خاص، زمان کوتاه توسعه برای گریدهای جدید فولاد و توانایی تولیدکننده برای پاسخ سریع به انحرافات کیفیتی منجر به رد محصول هستند. تعداد مشتریان متقاضی محصولات با نقص صفر، دائما در حال افزایش است. در نتیجه این روند، تولیدکنندگان فولاد ملزم به هدفگذاری حتی سطوح کیفیتی بالاتر، افزایش پایداری فرآیند، انعطاف‌پذیری بیشتر فرآیند، و بازدهی تولید بالا برای موفقیت در تولید محصولات چالش‌برانگیز برای مشتریان درخواست‌کننده هستند.



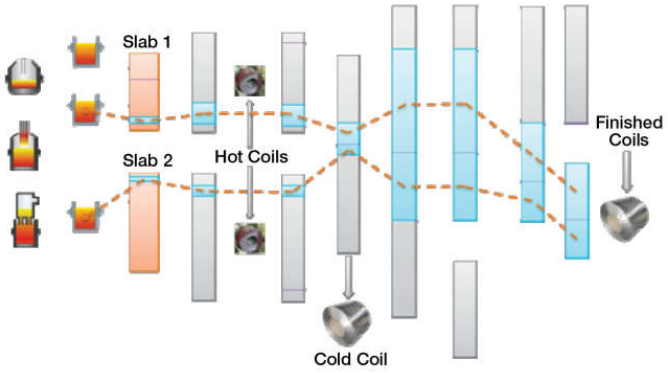
شکل 3 – یکپارچه‌سازی کنترل کیفیت کل فرآیند (TPQC) با سیستم‌های اتوماسیون و IT

این بدان معناست که تولیدکنندگان فولاد باید حتی توانایی بیشتری داشته باشند و از سیستمی استفاده کنند که کنترل دقیق و پایدار کلیه پارامترهای فرآیند را تضمین کند. تولیدکنندگان نیاز به دسترسی سریع و کامل به داده‌های مربوط به کیفیت و فرآیند، درک عمیق از چگونگی تاثیر تغییر پارامترهای فرآیند بر خواص محصولاتشان و دانش فنی برای توسعه سریع و موفق محصولات دارند. برای برآورده کردن این نیازها، پرایمتالز راه‌حل بهینه‌سازی کل فرآیند (TPO) را توسعه داده و معرفی کرده است، که اتصال هوشمند دیجیتالی واحدهای مختلف فرآیندی و انباشت دانش فنی در کل زنجیره تولید فولاد را هدف قرار می‌دهد.

اساس این راه‌حل هوشمند سیستم کنترل کیفیت کل فرآیند (TPQC) است، که با دریافت داده‌های تولیدی مرتبط با کیفیت و فرآیند از همه واحدهای تولیدی از طریق سیستم‌های اتوماسیون پایه و فرآیندی، یک پایگاه داده مرکزی ایجاد می‌کند. علاوه بر این، اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی و داده‌ها از انواع سنسورها و تجهیزات به صورت مرکزی ذخیره می‌شوند.

TPQC یک تاریخچه (شجره‌نامه) غنی از اطلاعات از هر محصول جداگانه را که فرآوری می‌شود ایجاد می‌کند و این امکان را فراهم می‌سازد تا داده‌های فرآیند کلیه مراحل تولید را برای هر اینچ از محصول بازیابی کنید. TPQC به کاربران امکان می‌دهد تا در مدت زمان بسیار کوتاهی مسائل مربوط به کیفیت را ردیابی کرده و آنرا با مرور داده‌های فرآیند برای کلیه مراحل تولید مربوطه، که برای عیب‌یابی سریع و مدیریت شکایت مهم است، آنالیز کنند.

کارکرد اساسی TPQC [6] اطمینان از خواص مطلوب محصول و افزایش سطح کیفیت با نظارت بر کلیه پارامترهای فرآیند مربوط به کیفیت در طول مسیر تولید کامل در دروازه‌های تعیین‌شده کیفیت است. بنابراین ارتباط بین سیستم مدیریت تولید و سیستم‌های اتوماسیون هر واحد تولیدی بطور جداگانه برای ارزیابی مراحل مجزای فرآیند تولید مورد نیاز است. برای اطمینان از افزایش مستمر در سطوح کیفی قابل-دستیابی، سیستم TPQC امکان پیاده‌سازی قواعد آزادانه قابل ویرایش را که برای اجرای کنترل‌های انطباق در طی تولید استفاده می‌شوند فراهم می‌آورد.

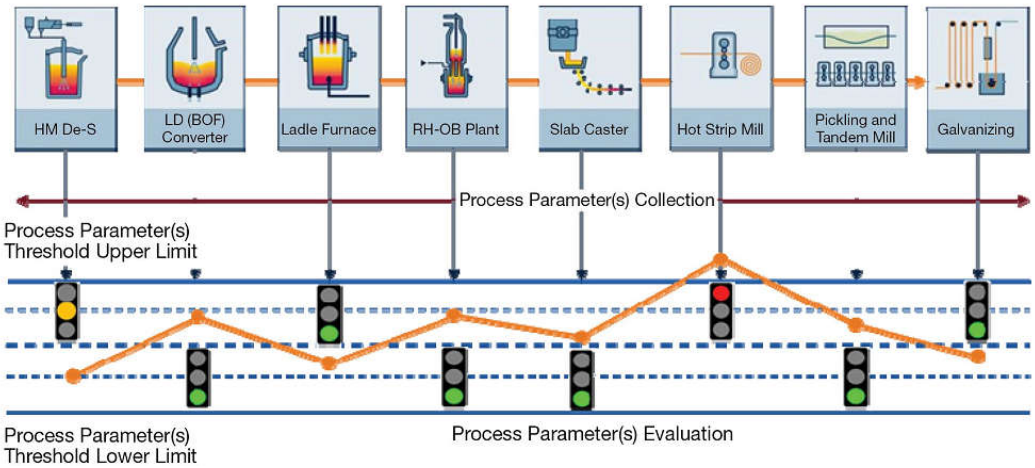


شکل 4- ردیابی داده‌های بر پایه تاریخچه (شجره‌نامه) در چند واحد فرآوری.

در صورت انحراف، TPQC از اپراتورها و مهندسین کیفیت با آنالیز علل ریشه‌ای [7] پشتیبانی می‌کند و بطور خودکار پیشنهاداتی را برای اقدامات اصلاحی و جبرانی ایجاد می‌نماید. به واسطه قابلیت شخصی‌سازی سیستم، کاربران می‌توانند با ایجاد و پیاده‌سازی قواعد متناسب‌سازی شده با هر گروه یا گرید فولادی، دانش فنی فرآیند و محصول-محور خود را پیاده‌سازی و نگاهداری کنند. یکپارچه‌سازی کلیه واحدهای فرآوری در یک شبکه به هم پیوسته بر پایه TPQC همچنین امکان ایجاد قواعد "کل فرآیند" را فراهم می‌آورد، که اقدامات اصلاحی و جبرانی را به مراحل تولید قبلی و بعدی گسترش می‌دهد.

جمع‌آوری متمرکز داده‌ها امکان ایجاد شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPI) را فراهم می‌سازد، که اطلاعات مربوط به دستاوردهای فنی و مرتبط با تجارت را منتقل می‌کند و نشان می‌دهند چه پیشرفتی حاصل شده است. اهداف احتمالی عبارتنداز: کیفیت محصول جدید یا سطح کارایی فرآیند، هر دو مربوط به مراحل فرآوری جداگانه یا کل زنجیره تولید (در سرتاسر فرآیند تولید کامل، از این رو منتسب به "کل فرآیند"). TPQC انواع مختلفی از رابطهای گرافیکی ماشین و انسان را برای پشتیبانی از کارکنان بخش‌های کیفیت و تولید و همچنین مدیران ارشد اجرائی، در نظارت و بهینه‌کاوی (بنچمارکینگ) شرایط تولید با توجه به اهداف خاصی که در راستای KPIها قرار دارند، پیاده‌سازی می‌کند.

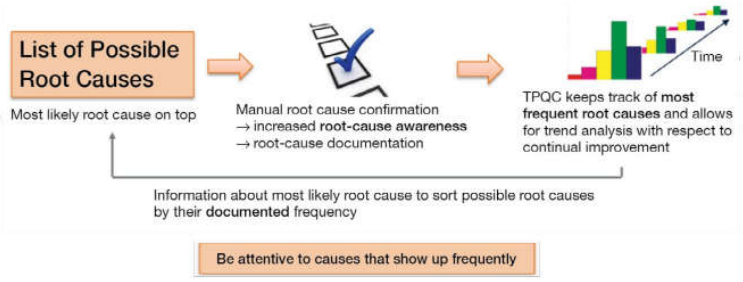
TPQC همچنین شامل کارکرد کنترل فرآیند آماری (SPC) [8] برای تأیید این است که فرآیندهای تولید در محدوده عملیاتی از پیش تعریف شده خود باقی بمانند. علاوه بر بهبود کیفیت محصول و ثبات فرآیند، SPC از برنامه‌ریزی نگهداری پشتیبانی می-کند و به تشخیص انحراف و رانش تجهیزات مختلف اندازه‌گیری کمک می‌کند.



شکل 5- کارکردهای کنترل کیفیت در طول مسیر تولید.

روش‌های داده‌کاوی بزرگ و یادگیری ماشین می‌توانند از طریق رابطی که امکان انتقال مستقیم و کاربرپسند داده‌ها به پلتفرم-های تجاری آنالیتیکی را فراهم می‌سازد در TPQC وارد شوند. برای مثال، هنگامی که مشکلات کیفیت یا فرآیند بوجود می‌آید، تخصص بیرونی را می‌توان فراهم کرد. کلیه داده‌های بدست‌آمده توسط کارکرد تاریخچه (شجره‌نامه) ساختاریافته و بهم پیوسته می‌شوند، و این باعث می‌گردد رسیدگی به درخواست‌های حتی بسیار مفصل در مورد خواص محصول آسان شود.

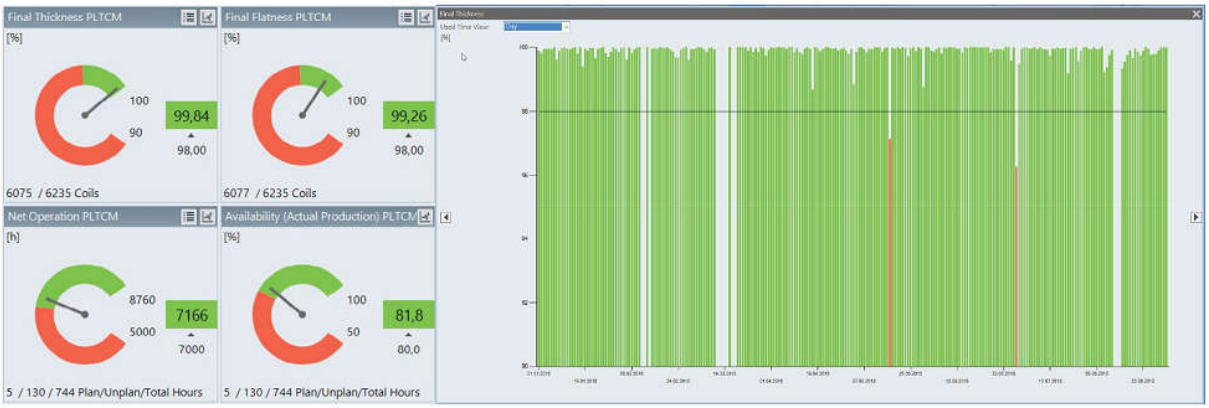
برای پیاده‌سازی TPO و به منظور رفع مشکلات خاص، پرایمتالز از مشتریان توسط کارشناسان خود و مشاوران بیرونی پشتیبانی می‌کند. این متخصصان بسیار مجرب هستند و رشته‌های مختلفی را پوشش می‌دهند و به عنوان مشاور برای طیف گسترده‌ای از موضوعات؛ برای مثال، بهره‌برداری از کارخانه، مدیریت کیفیت، نگهداری یا شرایط مشتری نهایی فعالیت می‌کنند. همچنین جلسات آموزشی برای تولیدکنندگان فولاد که یک پیاده‌سازی را انتخاب می‌کنند ارائه می‌شود. تیم متخصصان با همکاری نزدیک با مشتری مربوطه، مجموعه‌ای از قواعد بهینه را در سیستم TPQC مشتری تعبیه و ترکیب می‌نمایند. این قواعد، کنترل بهتر فرآیند تولید فولاد را تضمین می‌کنند، یکنواختی کیفیت محصول را بهینه‌سازی کرده و عملکرد کلی کارخانه را بهبود می‌بخشند.



شکل 6- پشتیبانی تجزیه و تحلیل نیمه خودکار علل ریشه‌ای.

هوش تجاری

هوش تجاری [BI] (9) مجموعه کاملی از ابزارها را برای آنالیز گسترده داده‌های تولید جمع‌آوری شده در شبکه پیشرفته، انعطاف-پذیر و با استفاده آسان ارائه می‌دهد. آنالیز و ارزیابی داده‌های تولید از کارکردهای اصلی برای بهبود فرآیند تولید و کیفیت محصول می‌باشد. تکنولوژیست‌ها، مهندسان فرآیند و کیفیت می‌توانند این آنالیزها را بدون پشتیبانی متخصص IT یا پایگاه داده انجام دهند. داشبوردهای بسیار قابل سفارشی‌سازی شامل KPIها و نمودارهای سفارشی، دید کلی از وضعیت تولید در حال جریان برای گروه-های مختلف کاربر را ارائه می‌دهند. اتصال یک موضوع اصلی برای BI است – بیشتر داده‌ها از سیستم اتوماسیون فرآیند تهیه می-شوند و می‌توانند در یک انبار داده جداگانه طراحی شده برای این کاربرد در کل طول عمر کارخانه ذخیره شوند.

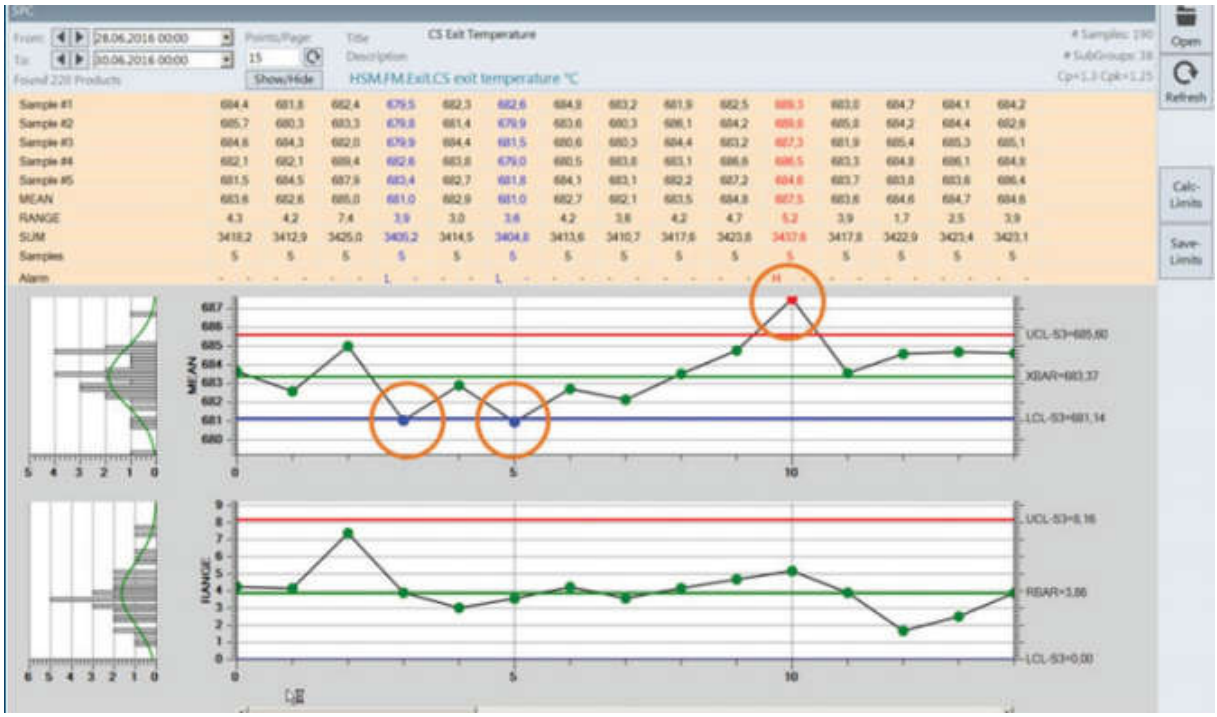


شکل 7- تجسم شاخص کلیدی عملکرد (KPI)

پرایمتالز یک ابزار BI با ویژگی‌های کلیدی زیر را توسعه داد:

- مدل‌های داده چند بعدی برای دسترسی آسان و سریع به داده‌ها.
- طراح گزارش ویژه با طراح پرس و جوی بصری کشیدن و رها کردن موس، بنابراین هیچ دانش IT لازم نیست.

- آنالیز داده‌ها با توابع تعاملی مانند محور چرخانی (pivoting)، فیلتر کردن، رسیدن به محل مورد نظر در منوی صفحه وب (drill down)، ترسیم نمودار و محاسبات سفارشی.
- داشبورد با مجموعه‌ای از گزارش‌های تعاملی، نمودارها، KPIها و کنترل‌ها.
- سلف سرویس BI با نمای مجازی از منابع داده‌ها که ارائه را ساده می‌کند.
- دسترسی موبایل به داشبوردها، KPIها و گزارش‌ها.



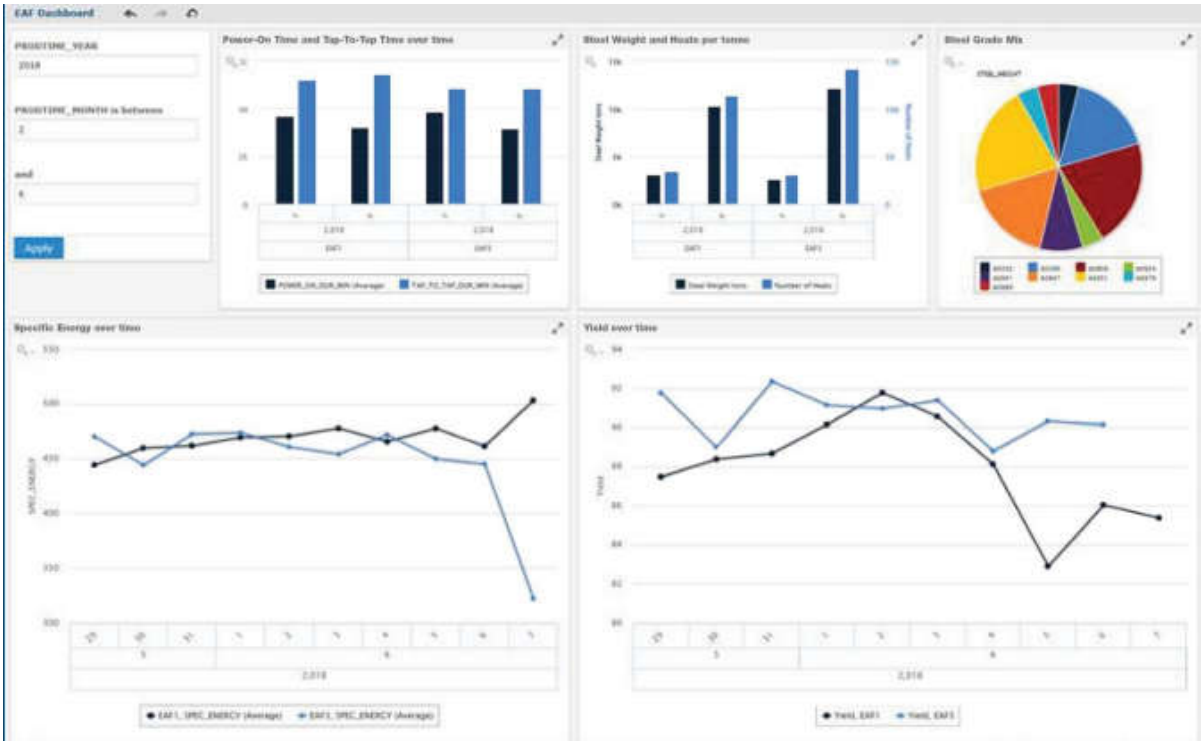
شکل 8– نمودار کنترل فرآیند آماری.

شکل 9 یک داشبورد معمولی BI را برای مقایسه و بهینه‌سازی دو کوره الکتریکی قوس الکتریکی مختلف (EAF) نشان می‌دهد. در این مورد، EAFها در یک کارخانه هستند و داده‌ها از یک مکان می‌آیند. اما، پیاده‌سازی یک انبار داده در چند سایت نیز ممکن است. داشبورد در مثال KPIها را نشان می‌دهد و بهره‌وری دو EAF، برای مثال، زمان ذوب تا ذوب یا مصرف انرژی را قابل مقایسه می‌کند. این امر باعث می‌شود داده‌های خارج از محدوده یا استفاده دائمی ضعیف‌تر از یک کوره قابل رویت باشد. با استفاده از رسیدن به محل مورد نظر در منوی صفحه وب، می‌توان داده های مفصلی را مشاهده کرده و اقدام به حل مشکلات با مقایسه داده‌های بیشتر یا تنظیم فیلترهای اضافی نمود. علاوه بر انتخاب مجموعه‌ای از KPIها و پرس‌وجوهای آماده، که به وضوح در داشبوردها نشان شده است، کاربر همچنین می‌توان ارزیابی‌هایی را بدون دانش فنی پایگاه داده‌ها با استفاده از کشیدن و رها کردن موس انجام دهد.

پایش وضعیت

به عنوان یکی از جنبه‌های اساسی کارخانه دیجیتال، سیستم جامع پایش وضعیت (CMS) به جلوگیری از توقفات برنامه‌ریزی نشده و صرفه‌جویی در هزینه‌های مرتبط کمک می‌کند. با بالا بردن میزان آماده‌بکاری کلی کارخانه یا حفظ آن در سطح بهینه بسیار بالا، CMS تأثیر مثبتی بر بهره‌وری دارد. سنسورهای هوشمند داده‌های مورد نیاز برای پایش وضعیت را فراهم می‌کنند و نقش مهمی در تعیین اقدامات لازم برای نگهداری دارند.

براساس اصول محاسبه لبه (edge computing)، CMS برای ارزیابی و تجسم وضعیت تجهیزات و فرآیندهای مربوطه، ورودی‌ها را از چند سطح اتوماسیون جمع‌آوری می‌کند. ترکیبی از اطلاعات و غنی‌سازی CMS با تکنیک‌های هوشمند امکان پشتیبانی پیشرفته از تصمیم‌گیری قادر به نگهداری پیش‌بینی‌کننده را فراهم می‌آورد.

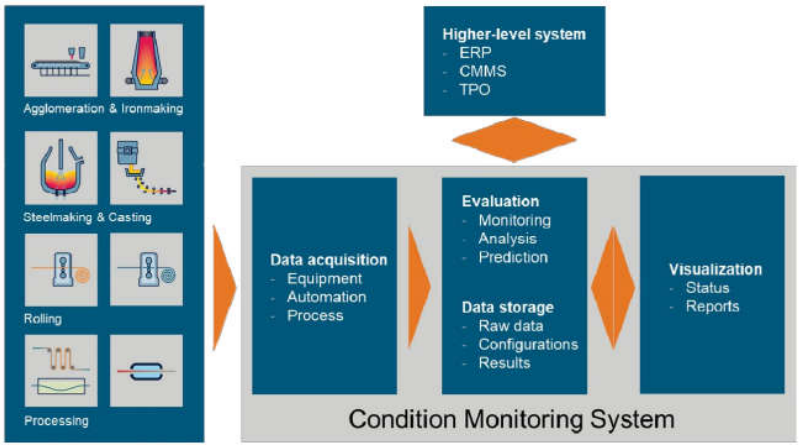


شکل 9– داشبورد هوشمند کسب و کار نشان‌دهنده زمان پاور–آن، زمان ذوب تا ذوب، وزن فولاد، مخلوط شدن گریدها، مصرف ویژه انرژی و بهره‌دهی در طی زمان.

شکل 10 مدول‌ها و تعاملات اصلی CMS را نشان می‌دهد. برای دستیابی به داده‌ها، که شامل جمع‌آوری مقدار زیادی از داده‌ها از بسیاری از سیستم‌های مختلف می‌باشد، رابطهای مختلفی در دسترس هستند. یک سیستم ارزیابی امکان مهندسی تجزیه‌وتحلیل و وظایف تشخیصی پیچیده (از جمله روش‌های آماری، آنالیز داده‌های بزرگ و تکنیک‌های هوش مصنوعی) کمک-کننده به پارامتری کردن آسان دارایی‌ها را می‌دهد. نتایج به یک سیستم تجسم ارسال می‌شود، که نماهای اختصاصی با سطح مختلف جزئیات ارائه می‌دهد. از سویی، دید کلی از وضعیت فعلی تجهیزات و فرآیندهای پایش شده از طریق اصل چراغ راهنمایی را ارائه می‌دهد؛ از طرف دیگر، امکان کاوش عمیق داده‌ها را فراهم می‌کند، و جزئیات فنی‌تری مانند روندهای بلندمدت، آخرین شاخص‌های کلیدی عملکرد و غیره را ارائه می‌دهد. از طریق ارائه اطلاعات و آگاه‌سازی شخصی‌سازی شده، CMS بهترین نگهداری [نت] ممکن را تضمین می‌کند زیرا خروجی تجسم، با نیازهای کارکنان متناسب‌سازی شده است، به این معنی که پرسنل بطور خودکار دقیقاً اطلاعات موردنیاز خود را در زمان انجام کارهای خود دریافت می‌کنند. علاوه بر این، CMS ارتباط کارآمد با سیستم‌های اتوماسیون موجود و سطح بالاتر مانند سیستم‌های مدیریت کامپیوتری شده نگهداری (CMMS)، سیستم‌های برنامه-ریزی منابع سازمانی (ERP) و سیستم‌های بهینه‌سازی در سراسر کل زنجیره تولید (بهینه‌سازی کل فرآیند) را تسهیل می‌کند.

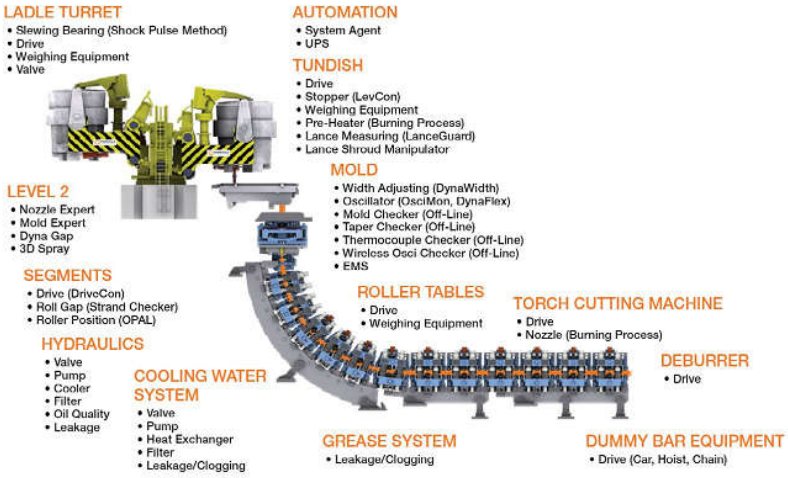
کارکردهای پایش بسیاری در دامنه‌ای از راه‌حل‌های متداول برای پمپ‌ها، شیرها، درایوها و تجهیزات توزین، پایش ارتعاشات، تشخیص نشتی، آنالیز روغن و غیره، تا آنالیزهای خاص کارخانه‌ها و کاربردها، مانند مدل فرسایش بوته کوره‌های بلند، پایش یاتاقان‌های آهسته چرخش مورد استفاده در کنورترهای فولادسازی و پاتیل چرخان‌ها (در ریخته‌گری پیوسته)، ارزیابی خارج از مرکز بودن غلتک، لغزش غلتک‌های کشاننده، پایش اسپیندل در خطوط نورد و غیره وجود دارد.

این کارکردهای پایشی بسته‌های ارزشیابی (EPS) نامیده می‌شوند که اطلاعات اختصاصی مانند داده‌های سنسورها، مشخصات طراحی، اطلاعات فرآیند و غیره را با تجزیه و تحلیل در قالب الگوریتم‌ها یا سایر تکنیک‌های ریاضی به منظور پایش تجهیزات و جداسازی نقص ترکیب می‌کند. برای هر منبع خرابی، EP های اختصاصی به منظور مطلع کردن تیم نگهداری در صورت مشاهده ناهنجاریها طراحی شده‌اند. در نتیجه گزارش‌های خودکار EP، شاخص‌های واقعی کلیدی عملکرد، اطلاعات وضعیت، روندهایی با محدودیت هشدار، ارزیابی نقص و غیره ایجاد می‌شوند.



شکل 10- نمونه معماری سیستم پایش شرایط (CMS)

از آنجا که حساسیت تجهیزات وابسته به جنبه‌های مختلف، برای مثال، موجودی، زمان انتظار، قیمت، پیکربندی سیستم و غیره است، ارزیابی آن و استراتژی نگهداری حاصل از آن همیشه به صورت جداگانه و پویا است. بنابراین هیچ انتخاب کلی از EP-های مورد نیاز وجود ندارد، که توسط یک معماری قابل سفارشی‌ساز، مدولار و مقیاس-پذیر CMS در نظر گرفته شود، که به کاربر امکان انتخاب پیکربندی متناسب با نیازها به بهترین وجه را بدهد.



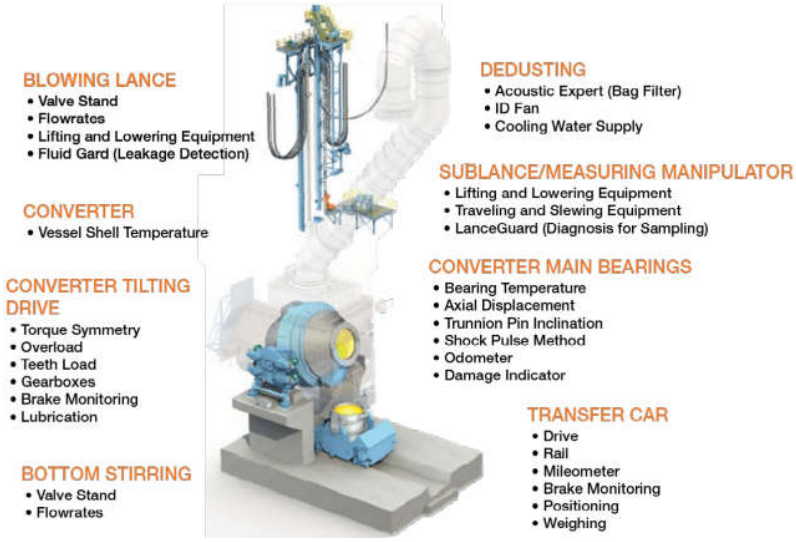
شکل 11- بسته های ارزیابی دستگاه های ریخته گری پیوسته.

یک دید کلی از EPهای معنی‌دار برای ماشین‌های ریخته‌گری پیوسته (CCM) در **شکل 11** و برای کارگاه فولاد LD/ BOF در **شکل 12** نشان داده شده است.

تمرکز اغلب روی تجهیزاتی است که وظیفه اصلی عملیات روزمره را دارند و/یا برای آنها هر نوع تعمیر یا تعویض برنامه‌ریزی نشده بسیار زمان‌بر است. علاوه بر بهره-وری، تأثیر کیفیت در ارتباط با پایش وضعیت هنگام تعیین ترکیب CMS مهم است. در این زمینه، پایش بهره‌وری پاتیل چرخان برای CCM، به ویژه درایو شامل یاتاقان رینگ گردان، بیشترین اهمیت را دارد، و همچنین تشخیص نشتی/گرفتگی سیستم‌های هیدرولیک و گریسکاری و پایش سیستم اتوماسیون، برای مثال واحد مرکزی پردازش (CPU)، حافظه، ارتباطات و وضعیت شبکه و غیره. از آنجا که اطلاعات توزین و دمای فولاد ورودی‌های لازم برای مدل‌های مختلف فرآیند است، پایش تجهیزات مربوطه بسیار مهم است و تأثیر مستقیمی بر کیفیت دارد. در همین راستا، پایش تجهیزات مربوط به غلتک‌ها و فاصله بین غلتک‌ها به دلایل کیفیت بسیار اهمیت دارد. مؤثرترین روش می‌تواند ارزیابی از لحاظ فرآیندها و تجهیزات قالب (برای مثال، نوسان، اصطکاک، و غیره) باشد، زیرا اینها هم بر کیفیت و هم بر بهره‌وری تأثیر می‌گذارند.

برای BOF، یاطاقان‌های اصلی کنورتر از همه مهمترند زیرا هرگونه مدت بدون استفاده بطور چشمگیری بر کل تولید تأثیر می‌گذارد. به همین دلیل، چند EP از آماده‌بکاری تجهیزات نوری مراقبت می‌کنند که ترکیب آنها امکان مشاهده متمایزتری از وضعیت یاتاقان را فراهم می‌کند. برای نمونه، یک سیستم اندازه‌گیری برای تشخیص جابجایی محوری می‌تواند به جلوگیری از رسیدن به یک حد مکانیکی کمک کند، در حالی که یک EP دیگر می‌تواند به جلوگیری از تخطی از خمیدگی مجاز پین سر محور در یاطاقان انبساط کمک کند. در کنار یاتاقان‌های اصلی کنورتر، همچنین درایو کج کردن کنورتر شامل درایوهای برقی، گیربکس‌ها، ترمزها و سیستم روغنکاری باید به دلایل بهره‌وری در کانون پایش وضعیت باشند.

با داشتن CMS جامع، آماده‌بکاری کارخانه به میزان قابل‌توجهی بهبود می‌یابد و به همین ترتیب بهره‌وری کارخانه نیز افزایش می‌یابد. در ترکیب با تکنیک‌های پیشرفته مانند مدل‌های مبتنی بر داده یا ریاضی، الگوریتم‌های یادگیری ماشین و غیره، پایش وضعیت بطور فزاینده‌ای به نگهداری پیش‌بینی‌کننده کمک می‌کند. همراه با سیستم‌های سطح بالاتر مانند سیستم‌های CMMS و TPO، پتانسیل حتی بالاتری نیز ارائه می‌شود، به پیشنهادات نگهداری و بازرسی، برنامه‌های زمانی نگهداری خودکار و بهینه‌شده و حتی برنامه‌ریزی زمانی واکنشی ماشین ریخته‌گری پیوسته براساس شرایط دستگاه منتج می‌شود.



شکل 12- بسته‌های ارزیابی برای کوره بازی اکسیژنی (LD/BOF)

نتیجه‌گیری

ابتکار دیجیتال‌سازی یک دیدگاه جهانی است و به برقراری پیوندی قوی‌تر بین تأسیسات کارخانه واحد و ایستگاه‌های فرآوری برای عملیات روان کمک می‌کند. یک راه‌حل جامع اتوماسیون فرآیندهای تولید فیزیکی، لایه اطلاعات غیرفیزیکی، ابزار برنامه‌ریزی و شبیه‌سازی و البته فرآیندهای تجاری همراه را در نظر می‌گیرد. اتصال و مدولارسازی از جنبه‌های مهم جمع‌آوری و ارزیابی داده‌ها برای انجام بهینه‌سازی کل فرآیند، هوش تجاری یا پایش وضعیت هستند. دوقلوی دیجیتال کارکردی را برای آزمایش تغییرات پارامتری و بهینه‌سازی پارامتری فرآیند به منظور دستیابی به راه‌اندازی روان سیستم بدون هیچ‌گونه آسیب و ضایعات مواد در کارخانه تولید واقعی فراهم می‌کند. بکارگیری پایدار دیجیتال‌سازی، جایگزین اپراتورهای کارخانه یا موارد نظارتی نمی‌شود؛ دیجیتال‌سازی از پرسنل برای مراحل کاری بسیار تکرارشونده در طول تولید پشتیبانی می‌کند و دسترسی به تخصص انباشته‌شده از تولید موفق در گذشته را فراهم می‌سازد. این رویکرد به اجرای فرآیندهای پیچیده پیوسته مانند آهن‌سازی اولیه و ریخته‌گری پیوسته و فرآیندهای دسته‌ای در کارگاه فولاد به شیوه‌ای بی‌اصطکاک کمک می‌کند. هرچه سطح اتوماسیون و میزان اتصال به هم در یک کارخانه فولادسازی بیشتر باشد، ممکن است نزدیکتر به دیدگاه فولادسازی اتوماتیک رسید. دیدگاه کارخانه فولادسازی کاملاً اتوماتیک ممکن است در آینده به واقعیت تبدیل شود، که در آن پرسنل واجد شرایط برای نظارت و نگهداری وجود خواهند داشت که پشتیبانی صحیحی را ارائه می‌دهند تا پس از برخی موارد استثنایی، تولید را به حالت خودکار برگردانند.

مراجع:

1. H. Kagermann, W. Wahlster and J. Helbig, “Implementation Recommendations for the Future Project Industry 4.0,” Final Report, Industry 4.0 study group, 2013.
2. Primetals Technologies, Metals Magazine, Issue 1, London, U.K., March 2018.
3. K. Herzog, R. Leitner, T. Kuehas and M. Ringhofer, “CCM 4.0 Digitalization for Intelligent Production in Continuous Casting,” 9th ECCC European Continuous Casting Conference, Vienna, Austria, June 2017.
4. K. Herzog, T. Kuehas and G. Winter, “The Digitalization of the Steel Industry With Examples From Continuous Casting Automation,” ISIJ meeting, Hokkaido University, Japan, September 2017.
5. H.G. Braß and W. Oberaigner, “Improvement of Slab Quality at ThyssenKrupp Steel Europe Through Dynacs 3D Strand Cooling,” Proceedings of ECCC, Graz, Austria, 2014.
6. G. Kurka, G. Hohenbichler, T. Pfatschbacher and L. Pichler, “KnowHow Based Root-Cause Analysis Tool to Ensure High Product Quality and Process Stability,” European Steel Technology and Application Days, Vienna, Austria, June 2017.
7. P. Wilson, L. Dell and G. Anderson, Root Cause Analysis: A Tool for Total Quality Management, ASQ Quality Press, Milwaukee, Wis., 1993, pp. 8–17.
8. Statistical Process Control – Reference Manual, Second Edition, DaimlerChrysler Corp., Ford Motor Co., and General Motors Corp., 2005.
9. Business Intelligence, 31 January 2019, https://www.gartner.com/ it-glossary/business-intelligence-bi/.