دوماهنامه آهن و فولاد
شماره چهل و پنجم، خرداد و تیر ماه
سال ۱۳۹۷

صاحب امتیاز: شرکت فولاد مبارکه اصفهان
مدیر مسئول: محمدناظمی هرندی
سردبیر علمی: مسعود هراتیان

سردبیر اجرایی: رسول مهماندوست
دبیر اجرایی: سجاد امیری فارسانی

هیات تحریریه:
شهرام عباسی
محمد ناظمی هرندی
طهمورث جوانبخت
غلامرضا طاهری
مسعود هراتیان
علی مالکی
ابوذر طاهری زاده

نشانی:
اصفهان، شرکت فولاد مبارکه اصفهان
تلفن: ۰۳۱-۵۲۷۳۳۴۵۰
دورنگار: ۰۳۱-۵۲۷۳۳۷۸۰
آدرس اینترنتی:
http://ironandsteel.msc.ir

نشریه در حک و اصلاح مطالب ارسالی آزاد است.
مقالات ارسالی برگشت داده نخواهد شد.
مسئولیت مطالب به عهده نویسنده آن است.
اصل تصاویر و عکس‌ها با کیفیت مطلوب ارسال گردد.
نقل مطالب با ذکر مأخذ بلامانع است.

شمارگان: ۳۰۰۰ جلد
قیمت: ۳۰۰۰ تومان
طرح جلد و صفحه آرایی: گرافیک نقطه
۰۹۱۳۳۰۰۸۱۹۳
چاپ: آرمان نو

فهرست

پروژه Carbon2Chem®
گردآوری: تحقیق و توسعه شرکت فولادمبارکه ۲

آهن‌سازی به‌روش Flash
گردآوری: تحقیق و توسعه شرکت فولادمبارکه ۴

آشنایی با فولادهای زنگ نزن
پژمان فلک ۶

تکنولوژی های پیش‌گرم قراضه در فرایند فولادسازی
به روش کوره قوس الکتریکی
کارگروه پژوهشی فرایند، پژوهشکده فولاد دانشگاه صنعتی اصفهان ۲۲

تحقیق و توسعه در حوزه آهن و فولاد
گردآوری: تحقیق و توسعه شرکت فولادمبارکه ۳۶

راهنمـای تهیـــه و تدویـــن مقالات دوماهنامه آهن و فولاد
۶۴

پروژه Carbon2Chem®

(گردآوری: تحقیق و توسعه)

هدف پروژه Carbon2Chem® استفاده از آلاینده‌های تولید فولاد به عنوان ماده اولیه محصولات شیمیایی است. در این فرایند از انرژی حاصل از منابع تجدیدپذیر استفاده خواهد شد؛ لذا اجرای این پروژه برای حفظ محیط زیست و منابع انرژی ضروری است.

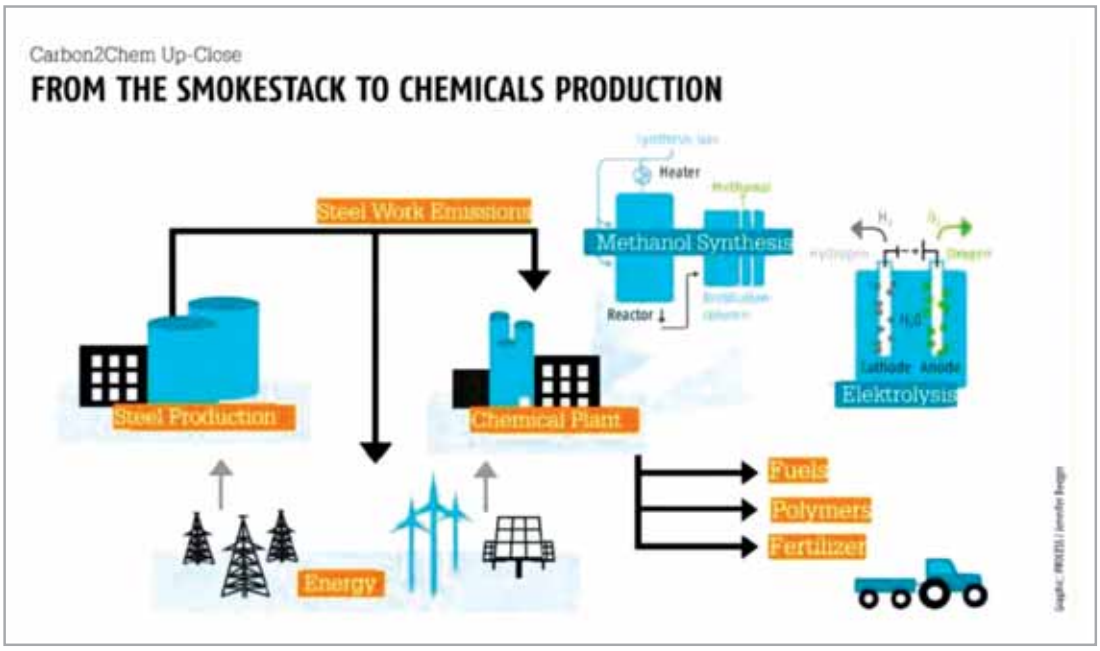
Thyssenkrupp یک شرکت صنعتی با فعالیت‌های متنوع، شامل تولید فولاد و سازنده کارخانه‌های شیمیایی است. به همین دلیل این شرکت در پروژه Carbon2Chem® به عنوان توسعه‌دهنده تکنولوژی نقش رهبری دارد. در حدود ۱۵ سال زمان نیاز است تا این طرح مفهومی در مقیاس صنعتی قابل استفاده شود.

از گذشته موضوع بازیابی در صنعت فولاد مورد توجه بوده؛ اما این اولین بار است که در Carbon2Chem® از گازهای فرایند تولید فولاد به عنوان ماده اولیه تولید مواد شیمیایی استفاده می‌شود. در کنار تمام مزایا و ویژگی‌ها این پروژه باعث کاهش نشر دی‌اکسیدکربن می‌شود.

مجتمع‌های تولید فولاد در اروپا اکنون تمام گازهای فرایندی خود را تبدیل کرده و اغلب از آن برای تولید انرژی الکتریکی استفاده می‌کنند به نحوی که بسیاری از آنها نیازی به خرید برق ندارند. در یک مجتمع فولاد، گازهای فرایند در واحدهای ککسازی، کوره بلند (آهن سازی) و کنورتور (فولادسازی) بوجود می‌آیند.

در Carbon2Chem® نه تنها از گازها برای تولید برق، بلکه برای تولید مواد شیمیایی ارزشمند نیز استفاده می‌شود. مزیت این‌کار رها نشدن گازها و در نتیجه دی‌اکسیدکربن در محیط است. گازهای حاصل از تولید فولاد حاوی هیدروژن و نیتروژن نیز هستند. به علاوه مقادیر قابل توجهی منوکسیدکربن و مقداری متان نیز همراه این گازها است. ترکیب تقریبی این گازها شامل ۴۴٪ نیتروژن، ۲۳٪ منوکسیدکربن، ۲۱٪ دی‌اکسیدکربن، ۱۰٪ هیدروژن و ۲٪ متان است. کربن، هیدروژن و نیتروژن عناصر اصلی بسیاری از مواد شیمیایی هستند. از نیتروژن و هیدروژن برای تولید آمونیاک، و از آمونیاک برای تولید کود که مورد نیاز صنعت کشاورزی است استفاده می‌شود. از کربن، منوکسیدکربن، دی‌اکسیدکربن و هیدروژن برای ساخت متانول استفاده می‌شود که استفاده‌های فراوانی دارد. فرایندهای تولید آمونیاک و متانول در گذشته کاملا توسعه یافته‌اند.

بهترین کوره بلندهای موجود، اکنون در شرایطی کار می‌کنند که حد ترمودینامیکی نامیده می‌شود. به عبارت دیگر امکان کاهش بیشتر کربن مورد استفاده برای تولید آهن خام وجود ندارد، مگر اینکه تحولی اساسی در تکنولوژی رخ دهد. به همین علت Carbon2Chem® به دنبال توسعه یک استراتژی برای استفاده از کربن حاصل از تولید فولاد است.



ایـن تکنولـوژی کامـلا متمایـز از تکنولـوژی جمـع آوری و ذخیـره کربـن (CCS) اسـت. در CCS دی‌اکسـید کربـن جمـع‌آوری و سـپس نگهـداری می‌شـود در حالی‌کـه در Carbon2Chem® دی‌اکسـید کربـن بـه عنـوان مـاده اولیـه مصـرف می‌شـود. ایـن فراینـد اقتصادی‌تـر اسـت، چـون نیـازی بـه تجهیـزات نگهـداری دی‌اکسـیدکربن نـدارد و از طرفـی بـا جایگزینـی مصـرف سـوخت‌های فسـیلی بـه عنـوان مـاده اولیـه، باعـث کاهـش مصـرف آنهـا می‌شـود. در Carbon2Chem® بـرای تولیـد آمونیـاک هیـدروژن کافـی در گازهـای تولیـد فـولاد وجـود دارد؛ امـا بـرای تولیـد متانـول نیـاز بـه تولیـد هیـدروژن می‌باشـد. تولیـد هیـدروژن نیازمنـد مصـرف انـرژی بـرای اکترولیـز آب اسـت. در Carbon2Chem® ایـن انـرژی از منابـع تجدیدپذیـر تأمیـن می‌شـود تـا در ایـن پـروژه اثـری از تولیـد کربـن برجـای نمانـد. بنابرایـن مدیریـت تأمیـن انـرژی در Carbon2Chem® بـرای توجیه‌پذیـر بـودن آن نقـش کلیـدی دارد. البتـه ایـن پـروژه پیچیدگی‌هـای دیگـری نیـز دارد و لـذا صنایـع مختلفـی از جملـه Siemens، Evonik، Linde و Fraunhofer Institute بـرای غلبـه بـر چالش‌هـا در پـروژه مشـارکت دارنـد.

منبع

- https://www.thyssenkrupp.com/en/carbon2chem
- https://www.thyssenkrupp-steel.com/en/newsroom/highlights/reducing-emissions.html

آهن‌سازی به‌روش Flash

(گردآوری: تحقیق و توسعه)

آهن‌سازی اولین گام در فرایند تولید فولاد است. در فرایند کوره بلند، به عنوان متداول‌ترین روش آهن‌سازی، علاوه بر کک‌سازی، نیاز به صرف انرژی مضاعف برای آماده سازی سنگ آهن به صورت گندله یا کلوخه (سینتر) است. علاوه بر این، مصرف مقادیر زیاد کربن منجر به انتشار حجم بالای دی‌اکسیدکربن می‌شود. تاکنون فرایندهای آهن‌سازی مختلفی ابداع شده‌اند که می‌توانند از این مسائل جلوگیری کنند؛ ولی مشکل اغلب آنها ظرفیت تولید پایین و یا محدودیت در استفاده از مواد خام است. در صنعت فولاد ایالات متحده روشی به نام آهن‌سازی Flash ابداع شده که علاوه بر نیاز به سرمایه‌گذاری پایین، ظرفیت تولید قابل قبولی در حد ۱۰-۵ هزار تن در روز داشته و می‌تواند از کنسانتره سنگ آهن ارزان و قابل دسترس به عنوان ماده اولیه استفاده نماید. در این فرایند می‌توان از سوخت‌های با آلایندگی کمتر در مقایسه با کوره بلند بهره برد.

در آهن‌سازی Flash از یک عامل احیایی گازی مانند گاز طبیعی، هیدروژن، گازهای سنتزی یا ترکیب آنها استفاده می‌شود. این فرایند نه تنها جایگزین مناسبی برای روش‌های آهن‌سازی رایج است بلکه می‌تواند به عنوان بخشی از فرایند فولادسازی پیوسته و مستقیم در نظر گرفته شود.

نمونه اولیه و آزمایشگاهی راکتور این فرایند توسط یک تیم تحقیقاتی شامل مؤسسه AISI و شرکت‌های TimkenSteel، ArcelorMittal و BerryMetal ساخته شده است. در ادامه طی تحقیقاتی که توسط مؤسسه AISI و وزارت انرژی آمریکا در دانشگاه یوتا صورت گرفت مشخص شد در صورت استفاده از کنسانتره آهن با اندازه ۳۰ میکرون، میزان احیا در دمای ۱۳۰۰°C برای زمان ماند ۲ تا ۷ ثانیه بیش از ۹۰ درصد خواهد بود. این نتایج توسط آزمون‌های دیگری در مقیاس آزمایشگاهی نیز مورد تأیید قرار گرفتند. مطالعات نشان می‌دهد که باوجود درجه حرارت بالا، به دلیل عدم تماس ذرات با هم هیچ‌گونه چسبندگی و هم‌جوشی بین ذرات اتفاق نمی‌افتد. این پدیده یکی از عوامل برتری این روش در مقایسه با دیگر فرایندهای آهن‌سازی جایگزین است.

در رابطه با این فرایند آزمون‌های دیگری هم در مقیاس آزمایشگاهی صورت گرفته است. به عنوان نمونه می‌توان به بررسی استفاده از مشعل‌های Oxyfuel به عنوان منبع هم‌زمان حرارت و عامل احیا اشاره نمود که توسط مؤسسه AISI در قالب برنامه کاهش نشر دی‌اکسیدکربن انجام شده است. گاز دی‌اکسیدکربن خروجی از یک راکتور Flash با سوخت گاز طبیعی، حاوی تنها ۳۹٪ میزان دی‌اکسیدکربن خروجی از کوره بلند است. در صورتی‌که از زغال سنگ یا هیدروژن استفاده شود این نسبت به ترتیب ۶۹٪ و ۴٪ خواهد بود. به‌طور کلی مزایای فرایند آهن‌سازی Flash به‌صورت زیر خلاصه می‌شود:

- عدم چسبندگی و هم‌جوشی ذرات سنگ آهن
- امکان استفاده از نرمه سنگ آهن به‌جای گندله که عامل مهمی در کاهش هزینه‌های تولید و نشر آلاینده‌ها به حساب می‌آید.
- کاهش زمان فرایند احیا به چند ثانیه به دلیل استفاده از نرمه سنگ آهن
- هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری کم
- عمر بالای مواد نسوز و سهولت شارژ مواد اولیه

مرجع

https://www.industrialheating.com/articles/93668-flash-ironmaking-process

آشنایی با فولادهای زنگ نزن

پژمان فلک[1]
پژوهشگر پژوهشکده فولاد (کارشناس ارشد مهندسی مواد)، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

فولادهای زنگ نزن دارای خواص و ویژگی‌های منحصربفردی هستند که آنها را از دیگر فولادها و آلیاژهای غیرآهنی متمایز کرده است. این خواص ویژه عبارتند از مقاومت در برابر خوردگی در بسیاری از محیط‌های خورنده، خواص مکانیکی مطلوب در طیف گسترده‌ای از دماهای کاری و مقاومت عالی در برابر اکسیداسیون و تشکیل پوسته‌های اکسیدی در دماهای بسیار زیاد. در ترکیب شیمیایی فولادهای زنگ نزن مقدار قابل توجهی عنصر کروم وجود دارد و اساساً خواص ضد خوردگی این نوع آلیاژها به خاطر تشکیل لایه اکسیدی چسبنده و شفاف غنی از کروم است. فولادهای زنگ نزن بر اساس نوع ریزساختارشان به پنج دسته فریتی، مارتنزیتی، آستنیتی، دوپلکس و رسوب سخت شونده تقسیم می‌شوند که هرکدام خواص خوردگی، فیزیکی و مکانیکی نسبتاً متمایزی داشته و گریدهای مختلف در هر گروه برای کاربردهای ویژه‌ای طراحی شده‌اند. سیستم‌های متعددی در استانداردهای منطقه‌ای و بین المللی برای نامگذاری این فولادها ابداع شده و تقریباً ساختار همه آنها بر اساس تقسیم‌بندی پنج گانه فولادهای زنگ نزن شکل گرفته است؛ با اینحال سیستم AISI به عنوان قدیمی‌ترین و پرکاربردترین روش نامگذاری از اقبال گسترده‌تری برخوردار است. برای تولید و ساخت فولادهای زنگ نزن از همان روش‌های متعارف در صنعت فولاد بهره گرفته می‌شود. برای ذوب و فراوری فولاد زنگ نزن روش رایج استفاده از کوره‌های قوس الکتریکی و کنورتورهای AOD است. محصول این فرایند پس از گذراندن فرایندهای متالورژی ثانویه به صورت تختال یا شمشه ریخته‌گری می‌شود. بدیهی است برای تبدیل این محصولات میانی به طیف گسترده‌ای از محصولات نهایی همچون ورق، تسمه، میله، میلگرد، لوله و مقاطع از فرایندهایی همچون نورد، فورج، اکستروژن و کشش به همراه عملیات حرارتی بهره گرفته می‌شود.

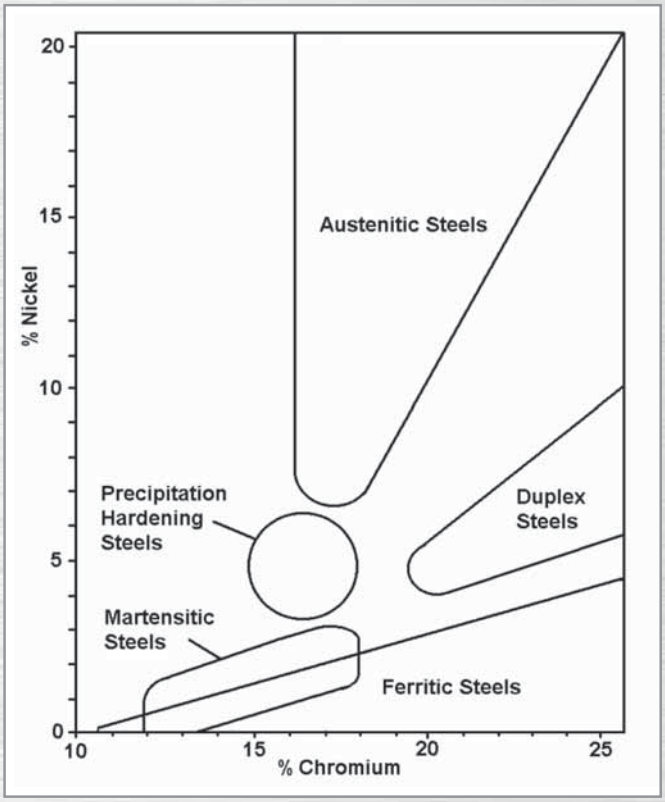
1- p.falak97@gmail.com

۱- مقدمه

فولادهای ساده کربنی از نظر مقاومت به خوردگی، مواد بسیار ضعیفی به شمار می‌آیند. این مواد به راحتی در اتمسفر دچار زنگ‌زدگی شده، در مجاورت اسیدها خورده می‌شوند و در دماهای بالا در اثر شدت اکسیداسیون پوسته‌های اکسیدی تولید می‌کنند. در مقابل، آلیاژهای پایه آهنی دیگری وجود دارند با نام فولادهای زنگ نزن که عنصر آلیاژی اصلی آنها کروم است و معمولاً در ترکیب شیمیایی آنها عنصر نیکل نیز یافت می‌شود. این مواد در آب دریا زنگ نمی‌زنند، در مقابل اسیدهای غلیظ مقاومند و تا دمای 1100°C دچار اکسیداسیون و خوردگی داغ نمی‌شوند. به این امتیازات ویژه باید خواص خوب مکانیکی و ویژگی‌های تولیدی را نیز اضافه نمود. فولادهای زنگ نزن خواص ضد خوردگی خود را مدیون لایه نازک، چسبنده و مستحکم اکسید کروم هستند که بر روی سطح فلز تشکیل می‌شود. مجموعه این ویژگی‌های ممتاز، این گروه از آلیاژهای فولادی را در دید مهندسان و طراحان، برجسته و غیر قابل صرف نظر کردن ساخته است. با اینکه در مقایسه با فولادهای ساده کربنی میزان مصرف آنها ناچیز است ولی نرخ مصرف آنها بصورت پایدار و ثابت در حال افزایش است. برای بهره گرفتن از مزایای فولادهای زنگ نزن شناخت جامع خواص و مشخصات آنها امری ضروری است. هدف این مقاله ارائه مبانی ابتدایی و معرفی مشخصات پایه فولادهای زنگ نزن به همراه کلیاتی از روش‌های تولید آنها است.

۲- گریدهای مختلف فولاد زنگ نزن

از بدو پیداش فولاد زنگ نزن تعداد گریدهای آن همواره در حال افزایش بوده است. امروزه انواع متنوعی

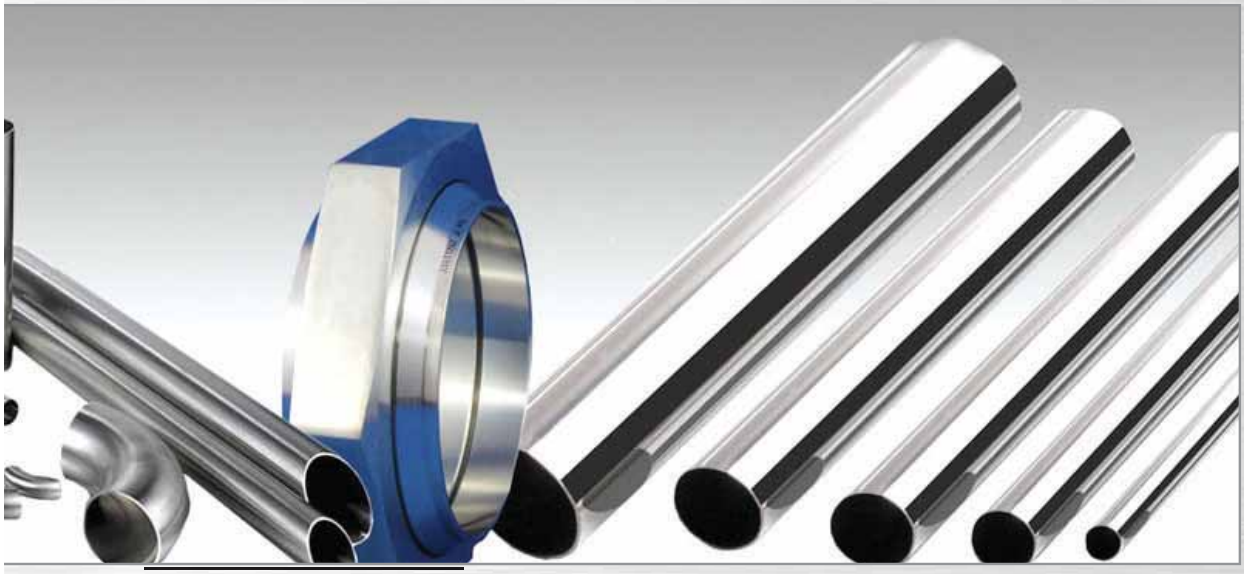


شکل ۱- گروه‌های مختلف فولادهای زنگ نزن

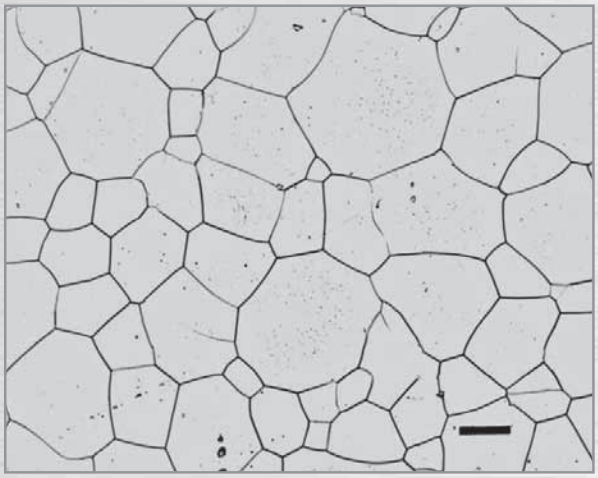
از فولادهـای زنـگ نـزن بـا شـکل‌ها و ترکیب‌هـای شـیمیایی متفـاوت وجـود دارد و اسـتانداردهای مختلفـی بـرای دسـته‌بنـدی و نام‌گـذاری آنهـا تدویـن شـده اسـت. از آنجایـی کـه ریزسـاختار تأثیـر بسـزایی در خـواص فـولاد زنـگ نـزن دارد، لـذا دسـته‌بندی ایـن گـروه از آلیاژهـای فـولادی بـر اسـاس نـوع ریزسـاختار آنهـا در دمـای محیـط صـورت می‌پذیـرد. بـر ایـن اسـاس فولادهـای زنـگ نـزن بـه پنـج گـروه بـه نام‌هـای فریتـی[1]، مارتنزیتی[2]، آسـتنیتی[3]، دوپلکس[4] و رسـوب سـخت شـونده[5] تقسـیم می‌شـوند. شـکل ۱ ارتبـاط گروه‌هـای مختلـف را بـا یکدیگـر بـه خوبـی تشـریح می‌کنـد.

۲-۱- فولادهای زنگ نزن فریتی

گریدهـای اسـتاندارد فـولاد زنـگ نـزن فریتـی معمـولاً ۱۹٪-۱۱/۲ کـروم (Cr) دارنـد و میـزان نیـکل (Ni) آنهـا



Ferritic
Martensitic
Austenitic
Duplex
Precipitation Hardening

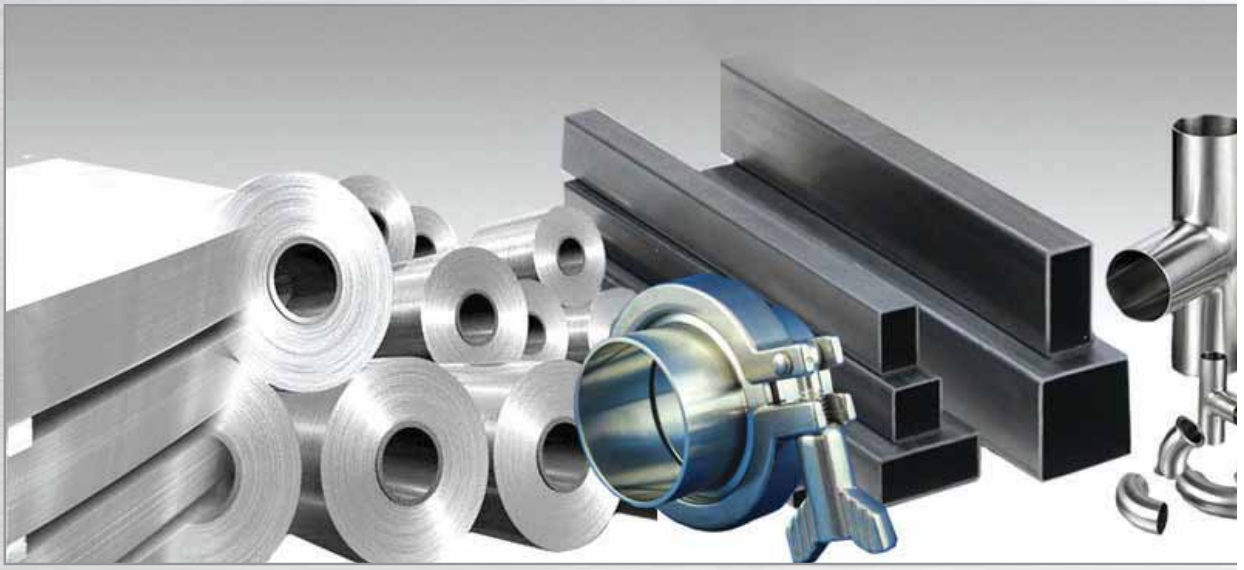


شکل ۲- ریزساختار فریتی با دانه‌های هم محور

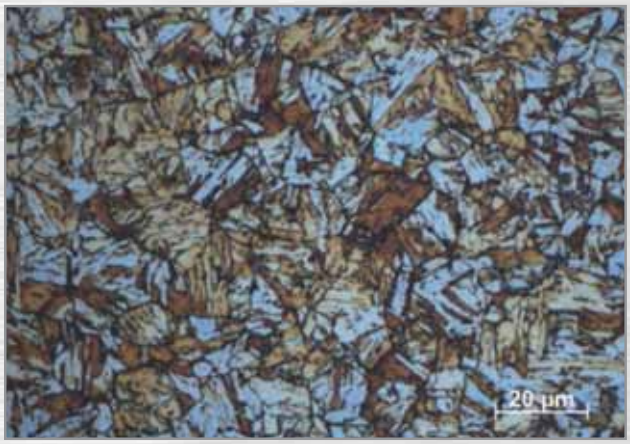
بسیار ناچیز است. به دلیل قیمت بالای نیکل و همچنین افت و خیزهای ناگهانی قیمت آن در بازار، فولادهای زنگ نزن فریتی از ثبات قیمت بیشتری نسبت به سایر گروه‌هایی که درصد نیکل بالا دارند، برخوردار هستند. برای افزایش مقاومت به خوردگی از عنصر مولیبدن (Mo) نیز در بعضی گریدهای فریتی (شکل ۲) استفاده می‌شود. عناصری همچون تیتانیم (Ti) و نیوبیم (Nb) نیز خواص جوش‌پذیری را بهبود می‌بخشند. این گروه از فولادهای زنگ نزن به دلیل داشتن فاز فریت، مغناطیسی هستند.

بعضی از انواع فولادهای زنگ نزن فریتی را می‌توان برای کاربردهای دما بالا (1150-800°C) مورد استفاده قرار داد؛ بخصوص در شرایطی که اتمسفر حاوی ترکیبات گوگرد باشد. در ترکیب این گریدهای خاص، از کربن (C) بیشتر برای افزایش مقاومت به خزش، و از آلومینیم (Al) و سیلیسیم (Si) برای افزایش مقاومت به اکسیداسیون بهره گرفته می‌شود. خواص فولادهای زنگ نزن فریتی را می توان به شرح زیر خلاصه کرد:

- مقاومت خوب در برابر خوردگی ولی نه به اندازه گریدهای آستنیتی
- جوش‌پذیری این گروه به خوبی گریدهای آستنیتی نیست.
- شکل‌پذیری نسبتاً خوب
- امکان سخت شدن به کمک عملیات حرارتی را ندارند.
- به کمک کار سرد می‌توان اندکی آن‌ها را سخت نمود.
- کاملاً مغناطیسی هستند.
- برای کاربردهای برودتی مناسب نیستند.
- در هر محدوده دمایی فاز فریت پایدار دارند.
- در برابر خوردگی تنشی[1] مقاومت خوبی از خود نشان می‌دهند.



1- Stress Corrosion Cracking



شکل ۳- ریزساختار فولاد زنگ نزن مارتنزیتی

۲-۲- فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی

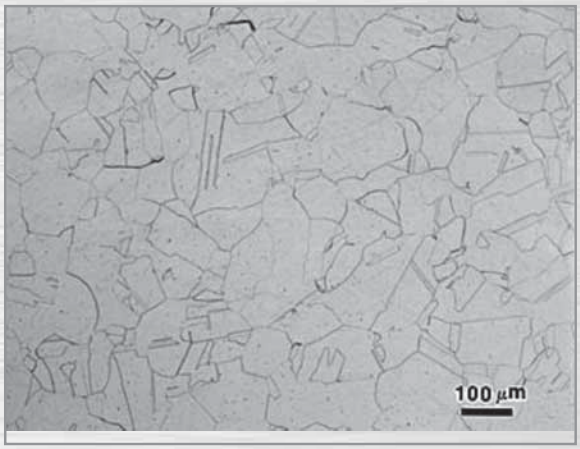
در ترکیب شیمیایی این گروه کوچک از فولادهای زنگ نزن، به منظور بالا بردن میزان سخت شوندگی و همچنین میزان استحکام از مقدار کربن بیشتری در مقایسه با دیگر گریدها استفاده می‌شود. برخی مواقع نیز از نیتروژن برای افزایش استحکام استفاده می‌شود. در این گروه میزان نیکل و مولیبدن ناچیز است. با این‌حال برای بهبود خواص جوش‌پذیری ضعیف این دسته از فولادهای زنگ نزن چاره‌ای جز کاهش میزان کربن و افزودن مقداری نیکل نیست. از گوگرد (S) هم برای بهتر شدن خواص ماشینکاری استفاده می‌شود. این دسته از فولادهای زنگ نزن مغناطیسی هستند. شکل ۳ ریزساختار یک فولاد زنگ نزن مارتنزیتی را نشان می‌دهد.

خواص فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

- مقاومت به خوردگی آنها در قیاس با گریدهای دیگر خیلی بالا نیست.
- خواص مغناطیسی دارند.
- امکان سخت شدن توسط عملیات حرارتی دارند (کوئنچ و تمپر).

۲-۳- فولادهای زنگ نزن آستنیتی

میزان مقاومت در برابر خوردگی این گروه از فولادهای زنگ نزن را می‌توان بین خوب تا عالی امتیازدهی کرد. خواص شکل‌پذیری و جوش‌پذیری آنها نیز قابل قبول است. مقاومت در برابر ضربه در دماهای پایین، آلیاژهای این گروه را برای کاربردهای برودتی به انتخابی مناسب بدل کرده است. آلیاژهای این گروه در صورتی که در حالت آنیل محلولی قرار داشته باشند به دلیل وجود فاز آستنیت غیر مغناطیسی هستند. با توجه به اینکه کار سرد باعث افزایش استحکام این آلیاژها می‌شود، برخی از گریدها بصورت محصولات نورد تمپر شده به بازار عرضه می‌شوند و امکان دارد به دلیل ایجاد فازهای مارتنزیتی خواص مغناطیسی پیدا کنند. شکل ۴ ریزساختار یک فولاد زنگ نزن آستنیتی را نشان می‌دهد. این گروه بزرگترین گروه فولادهای زنگ نزن است و به پنج زیر مجموعه تقسیم می‌شود:



شکل ۴- ریزساختار فولاد زنگ نزن آستنیتی با دانه‌های هم محور

۱.گریدهای Cr–Ni: این دسته پرکاربردترین گریدهای فولادهای زنگ نزن آستنیتی هستند و همانگونه که پیداست عناصر اصلی آلیاژی آنها کروم و نیکل است. در ترکیب شیمیایی این آلیاژها خبری از مولیبدن نیست. به این گروه خانواده ۸-۱۸ نیز گفته می‌شود که نشان‌دهنده درصد تقریبی کروم و نیکل در آنهاست. در برخی گریدها برای افزایش استحکام از نیتروژن و برای بهبود خواص ماشینکاری از گوگرد استفاده می‌شود. برای افزایش خواص مکانیکی در دماهای بالا از تیتانیم یا نیوبیم استفاده می‌شود. این عناصر علاوه بر تشکیل کاربیدهای سخت در ریزساختار، از تشکیل کاربید کروم در حین جوشکاری جلوگیری می‌کنند.

۲. گریدهای Cr–Mn: در این دسته که در سیستم نامگذاری استانداردهای AISI/ASTM به سری ۲۰۰ نیز مشهور است، مقدار نیکل به شکل قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و حفظ ساختار آستنیتی توسط عناصر جایگزین منگنز و تا حدودی نیتروژن صورت می‌پذیرد.

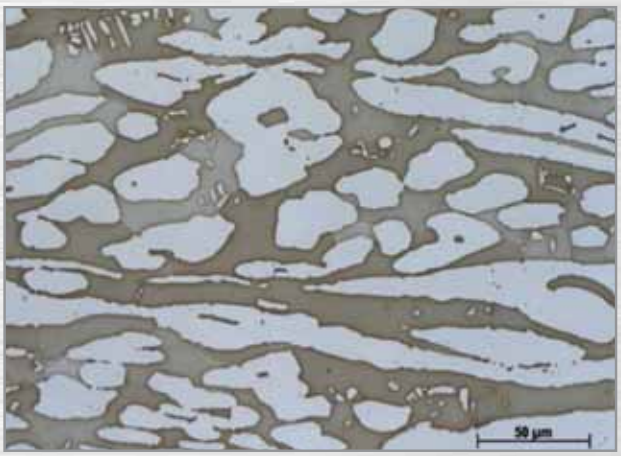
۳. گریدهای Cr–Ni–Mo: این دسته مانند Cr–Ni یکی از گریدهای پرکاربرد است با این تفاوت که این گریدها به دلیل حضور عنصر مولیبدن (۳٪-۲) مقاومت به خوردگی بالاتری از خود نشان می‌دهند و گاهی به آنها فولادهای زنگ نزن ضد اسید گفته می‌شود. میزان کروم در این آلیاژها ۱۷٪ و میزان نیکل ۱۳٪-۱۰ است. استفاده از نیتروژن برای افزایش استحکام و گوگرد برای بهبود ماشینکاری در بعضی گریدها مشاهده می‌شود.

۴. گریدهای با کارایی بالا: این گریدها برای استفاده در محیط‌های کاری بسیار دشوار و خاص توسعه پیدا کرده‌اند. میزان کروم در این آلیاژها بین ۱۷ تا ۲۵٪ نیکل بین ۱۴ تا ۲۵٪ و مولیبدن بین ۳ تا ۷٪ متغیر است. به بیشتر گریدهای این گروه به منظور افزایش استحکام و همچنین مقاومت در برابر خوردگی نیتروژن اضافه می‌شود. همچنین به بعضی گریدهای این گروه برای افزایش مقاومت در برابر اسیدهای خاص عنصر مس اضافه می‌شود.

۵. گریدهای دما بالا[1]: این گروه برای بکارگیری در دماهای بالای 550°C طراحی شده‌اند. در این محدوده دمایی مقاومت در برابر خزش نقش تعیین کننده‌ای دارد. ترکیب شیمیایی آلیاژهای این گروه به گونه‌ای انتخاب می‌شود که بتوانند در محیطی خشک در محدوده دمایی 1150C-800°C دوام بیاورند. در واقع در این گریدها مقاومت به خوردگی داغ (اکسیداسیون) اهمیت بیشتری نسبت به خوردگی آبی دارد. میزان کروم بالا (۲۵٪-۱۷) و نیکل بالا (۲۰٪-۸) مشخصه این گرید از فولادهای زنگ نزن است. این در حالیست که در ترکیب شیمیایی خبری از مولیبدن نیست. برای افزایش مقاومت به اکسیداسیون به برخی از گریدها عنصر سیلیسیم اضافه می‌شود. همچنین از نیتروژن برای افزایش مقاومت به خزش استفاده می‌شود. به طور کلی خواص فولادهای زنگ نزن آستنیتی را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود:

- مقاومت به خوردگی خوب
- جوش‌پذیری خوب در صورت بکارگیری تجهیزات و روش استاندارد
- شکل‌پذیری عالی
- فاز آستنیت در هر محدوده دمایی پایدار است.
- امکان سخت شدن با عملیات حرارتی ندارد.
- توسط کار سرد به سرعت سخت می‌شود.
- استحکام خوب و مقاومت در برابر پوسته شدن در دماهای بالا
- امکان استفاده در کاربردهای برودتی دارد.
- در شرایط آنیل شده خواص مغناطیسی دارد.

1- High Temperature Grades



شکل ۵- ریزساختار فولاد زنگ نزن دوپلکس شامل زمینه تیره رنگ فریتی و دانه‌های روشن آستنیتی

۲-۴- فولادهای زنگ نزن دوپلکس[1]

این فولادها دارای ریزساختار فریتی- آستنیتی با نسبت تقریباً برابر هستند. در واقع این دسته از فولادهای زنگ‌نزن کلیه مزایای گریدهای فریتی و آستنیتی را دربر دارند. مشخصه ویژه این آلیاژها مقاومت بالا در برابر خوردگی تنشی است. در مقایسه با گریدهای آستنیتی این گروه میزان کروم بالاتر (۲۵/۴٪-۲۰/۱٪) و میزان نیکل کمتر (۷٪-۱/۴٪) در ترکیب شیمیایی خود دارند. میزان نیکل کمتر، این آلیاژها را در شرایط ثبات قیمتی بهتری قرار می‌دهد. به این آلیاژها مولیبدن و نیتروژن برای افزایش مقاومت به خوردگی و ایجاد تعادل در ریزساختار اضافه می‌شود. البته نیتروژن باعث افزایش استحکام نیز می‌شود. برای افزایش قابلیت انحلال نیتروژن، در برخی گریدها منگنز جایگزین بخشی از نیکل می‌شود. شکل ۵ ریزساختار یک فولاد زنگ نزن دوپلکس را نشان می‌دهد.

خواص فولادهای زنگ نزن دوپلکس را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود:

- مقاوم در برابر خوردگی تنشی ولی نه به خوبی گریدهای فریتی
- چقرمگی آلیاژهای این گروه نسبت به گریدهای فریتی عالی است ولی در مقایسه با گریدهای آستنیتی پایین‌تر است.
- استحکام آلیاژهای این گروه تقریباً دو برابر فولادهای زنگ نزن آستنیتی است.
- مقاومت به خوردگی بالا
- چقرمگی آنها در دماهای زیر -50°C و بالای 300°C به شدت افت می‌کند.
- در برابر خوردگی تنشی ناشی از ترکیبات حاوی کلراید خیلی مقاوم هستند.

1- Duplex

۲-۵- فولادهای زنگ نزن رسوب سخت شونده

این گروه از فولادهای زنگ نزن لزوماً دارای ساختار فازی یا کریستالی یکسانی نیستند. عاملی که آنها را در یک گروه قرار می‌دهد مکانیزم ویژه سخت شدن آنها، یعنی تشکیل ذرات رسوبی سخت در ریزساختار فولاد است. فرایند سخت شدن این آلیاژها عملیات محلول سازی و پیرسختی[1] است. میزان سختی، استحکام و مقاومت به خوردگی فولادهای زنگ نزن رسوب سخت شونده از انواع گریدهای مارتنزیتی بالاتر است. ترکیب شیمیایی آنها شامل ۱۸٪-۱۱ کروم و ۲۷٪-۳ نیکل است. برای رسوب‌سازی از عناصر آلیاژی همچون تیتانیم، آلومینیوم و مس استفاده می‌شود. به طور کلی خواص این گروه از فولادهای زنگ نزن را می‌توان به شرح زیر عنوان نمود:

- توسط عملیات حرارتی محلول‌سازی و پیرسختی، سخت می‌شوند.
- مقاومت در برابر خوردگی آنها در حد معمول است.
- عمدتاً خواص مغناطیسی دارند.

۳- تأثیر عناصر آلیاژی

مهمترین عاملی که خواص و مشخصات یک گرید مشخص از فولاد زنگ نزن را تعیین می‌کند ترکیب شیمیایی است و پس از آن نوع عملیات حرارتی و میزان ناخالصی‌ها قرار دارند. در ادامه توضیح مختصری از تأثیر عناصر آلیاژی مهم بر ریزساختار و خواص فولادهای زنگ نزن ارائه شده است. در این رابطه باید توجه داشت که تأثیر عناصر مشابه در بین گریدهای مختلف می‌تواند متفاوت باشد.

- **کروم (Cr):** مهمترین عنصر آلیاژی است و عامل اصلی ایجاد مقاومت در برابر خوردگی در فولادهای زنگ نزن به شمار می‌آید. تمام گریدهای فولاد زنگ نزن حاوی حداقل ۱۰/۵٪ کروم هستند. می‌توان گفت میزان مقاومت در برابر خوردگی رابطه خطی با غلظت این عنصر در آلیاژ دارد. این عنصر همچنین باعث افزایش مقاومت در برابر اکسیداسیون در دمای بالا می‌شود و پایدار کننده فاز فریت در ریزساختار فولاد است.
- **نیکل (Ni):** دلیل اصلی اضافه کردن این عنصر، تشکیل و پایدارسازی فاز آستنیت در ریزساختار است. به طور کلی نیکل باعث افزایش شکل‌پذیری و چقرمگی در آلیاژ می‌شود. این عنصر همچنین باعث کاهش نرخ خوردگی در محیط‌های اسیدی می‌گردد. در گریدهای رسوب سخت شونده از نیکل برای تشکیل ترکیبات بین فلزی استفاده می‌شود.
- **مولیبدن (Mo):** این عنصر علاوه بر اینکه مقاومت در برابر خوردگی‌های یکنواخت و موضعی را به شدت افزایش می‌دهد، باعث افزایش استحکام مکانیکی نیز می‌گردد. مولیبدن پایدار کننده فاز فریت است ولی در عین حال می‌تواند ریسک ایجاد فازهای ثانویه را در هر ریزساختاری مشتمل بر فریتی، آستنیتی یا مارتنزیتی افزایش دهد. در فولادهای مارتنزیتی در دماهای بازپخت[2] بالا، وجود این عنصر می‌تواند باعث ایجاد رسوب‌های کاربیدی سخت شده و منجر به افزایش سختی آلیاژ گردد.
- **مس (Cu):** حضور این عنصر آلیاژی میزان مقاومت

1- Solution treating and aging
2- Temper

در برابر خوردگی را در بعضی محیط‌های اسیدی افزایش می‌دهد. این عنصر پایدار کننده فاز آستنیت است. مس به دلیل کاهش اثر پدیده کارسختی[1]، می‌تواند علاوه بر افزایش خاصیت شکل‌پذیری، به عنوان بهبود دهنده خواص ماشینکاری نیز مورد استفاده قرار گیرد.

– **منگنز (Mn):** دلیل اصلی استفاده از منگنز افزایش شکل‌پذیری آلیاژ در دماهای بالا است. این عنصر در دماهای پایین پایدار کننده فاز آستنیت و در دماهای بالا پایدار کننده فاز فریت است. این عنصر میزان انحلال‌پذیری نیتروژن را افزایش داده و برای این منظور در گریدهای آستنیتی و دوپلکس مورد استفاده قرار می‌گیرد. منگنز به عنوان پایدار کننده فاز آستنیت می‌تواند در برخی موارد جایگزین نیکل در ترکیب شیمیایی فولادهای زنگ نزن گردد.

– **سیلیسیم (Si):** این عنصر هم در دماهای بالا و هم در محلول‌های اکسید کننده قوی در دماهای پایین باعث افزایش مقاومت به اکسیداسیون می‌شود. سیلیسیم پایدار کننده فریت است و استحکام آلیاژ را نیز افزایش می‌دهد.

– **کربن (C):** کربن پایدار کننده قوی فاز آستنیت است و در عین حال تأثیر بسزایی در افزایش استحکام مکانیکی آلیاژ دارد. کربن باعث کاهش مقاومت به خوردگی بین دانه‌ای[2] می‌گردد که معضل اساسی فولادهای زنگ نزن ابتدایی بوده است. فولادهای زنگ نزن مدرن به دلیل میزان کربن بسیار پایین، دیگر با این مشکل روبرو نیستند. در گریدهای مارتنزیتی، C باعث افزایش میزان سختی می‌شود ولی از طرف دیگر چقرمگی آلیاژ را کاهش می‌دهد.

– **نیتروژن (N):** این عنصر پایدار کننده فاز آستنیت است و به شکل قابل توجهی استحکام مکانیکی را افزایش می‌دهد. نیتروژن منجر به افزایش مقاومت در برابر خوردگی‌های موضعی می‌شود؛ بویژه اگر مولیبدن نیز در ترکیب آلیاژ حاضر باشد. در گریدهای فریتی نیتروژن چقرمگی و مقاومت به خوردگی را کاهش می‌دهد.

– **تیتانیم (Ti):** این عنصر علاوه بر پایدار کردن فاز فریت یک کاربید ساز قوی به شمار می‌آید، لذا در فولادهای آستنیتی با کربن بالا برای پایدارسازی آلیاژ و افزایش مقاومت در برابر خوردگی بین دانه‌ای از این عنصر استفاده می‌شود که همزمان منجر به افزایش استحکام نیز می‌گردد. در گریدهای فریتی از تیتانیم برای بهبود چقرمگی، افزایش شکل‌پذیری و افزایش مقاومت در برابر خوردگی استفاده می‌شود. در گریدهای مارتنزیتی این عنصر به دلیل ترکیب با کربن باعث افت سختی فاز مارتنزیت شده ولی مقاومت به بازپخت را افزایش می‌دهد. در گریدهای رسوب سخت شونده از تیتانیم برای تشکیل ترکیبات بین فلزی و افزایش استحکام استفاده می‌شود.

– **نیوبیم (Nb):** این عنصر نیز مانند تیتانیم هم پایدار کننده فریت است و هم یک کاربیدساز قوی. در گریدهای آستنیتی علاوه بر افزایش مقاومت در برابر خوردگی بین دانه‌ای، خواص مکانیکی آلیاژ را در دماهای بالا ارتقا می‌دهد. در گریدهای فریتی نیز خواص مکانیکی و مقاومت به خوردگی را افزایش می‌دهد. در گریدهای مارتنزیتی تأثیر این عنصر آلیاژی مشابه تیتانیم است.

– **آلومینیوم (Al):** این عنصر مقاومت به اکسیداسیون را افزایش می‌دهد به شرطی که به مقدار قابل توجه در آلیاژ وجود داشته باشد. آلومینیوم در بعضی گریدهای خاص با کاربردهای دما بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1- Work Hardening
2- Intergranular corrosion

در گریدهای رسوب سخت شونده نیز از این عنصر برای تشکیل ترکیبات بین فلزی استفاده می‌شود.

– **کبالت (Co):** از این عنصر صرفاً در گریدهای مارتنزیتی استفاد می‌شود؛ زیرا هم میزان سختی و هم مقاومت به بازپخت را در دماهای بالا افزایش می‌دهد.

– **وانادیم (V):** این عنصر در دماهای پایین ترکیبات کاربیدی و نیتریدی می‌سازد و پایدار کننده فاز فریت در ریزساختار است. حضور وانادیم باعث افزایش چقرمگی می‌گردد. این عنصر به دلیل تشکیل ذرات کاربیدی سخت باعث افزایش سختی در گریدهای مارتنزیتی شده و در عین حال مقاومت در برابر بازپخت را افزایش می‌دهد. از وانادیم صرفاً در ترکیب فولادهای رنگ نزن سخت شونده استفاده می‌شود.

– **تنگستن (W):** این عنصر معمولاً به عنوان ناخالصی در فولادهای زنگ نزن یافت می‌شود ولی در بعضی گریدهای خاص از آن برای افزایش مقاومت به خوردگی حفره‌ای[1] استفاده می‌گردد.

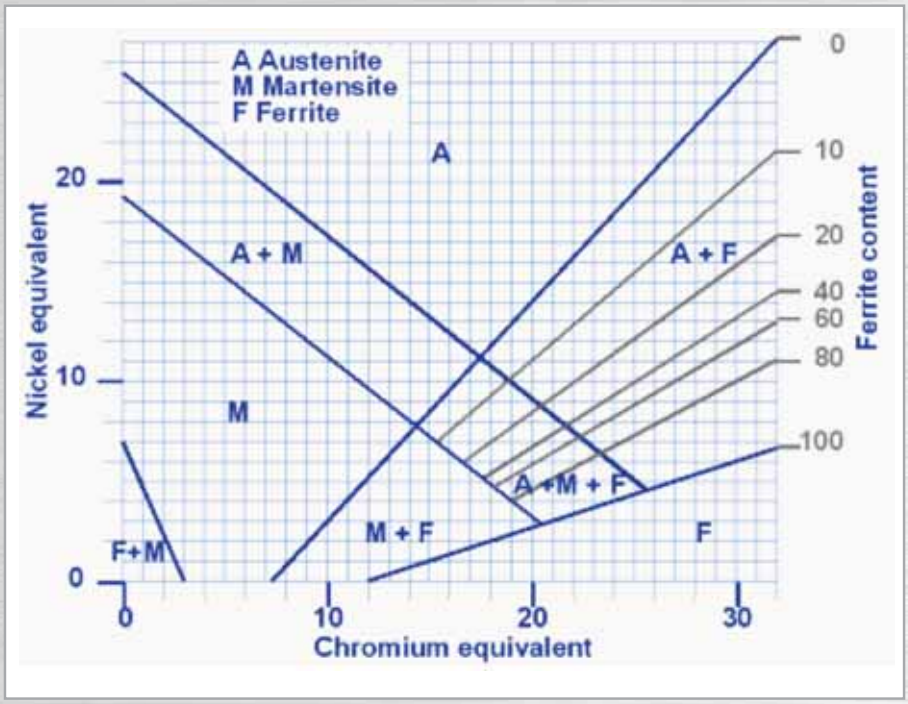
–**گوگرد (S):** این عنصر صرفاً برای بهبود خواص ماشینکاری فولادهای زنگ نزن به آنها افزوده می‌شود. به طور کلی گوگرد خواص مکانیکی، جوش‌پذیری و مقاومت به خوردگی را در تمام گریدهای فولاد زنگ نزن تقلیل می‌دهد.

– **سریم (Ce):** سریم یک عنصر نادر خاکی[2] است که به بعضی گریدهای ویژه با کاربرد در دمای بالا اضافه می‌شود. این عنصر مقاومت به اکسیداسیون در دمای بالا را افزایش می‌دهد.

نحوه تأثیر عناصر آلیاژی بر ریزساختار فولادهای زنگ نزن را از طریق دیاگرام تجربیSchaeffler–Delong (شکل ۶) می‌توان تحلیل نمود. این نمودار بر این اساس شکل گرفته که کلیه عناصر آلیاژی به دو گروه پایدار کننده فریت و پایدار کننده آستنیت قابل تفکیک هستند. اگر قابلیت عناصر مختلف برای پایدارسازی فاز آستنیت و فریت را بتوان به ترتیب بصورت نسبتی از قابلیت پایدارسازی آستنیت توسط نیکل و قابلیت پایدارسازی فریت توسط کروم در نظر گرفت، آنگاه می‌توان دو پارامتر با نامهای نیکل معادل و کروم معادل را به شکل زیر تعریف نمود:

$$\text{Nickel Equivalent} = \%N + 0.5 \times \%Mn + 30 \times (\%C + \%N)$$
$$\text{Chromium Equivalent} = \%Cr + \%Mo + 1.5 \times \%Si + 0.5 \times \%Nb$$

با این تعابیر و به کمک نمودارSchaeffler–Delong می‌توان تأثیر ترکیبی عناصر مختلف را بر ریزساختار فولادهای زنگ نزن تحلیل نمود. این نمودار در ابتدا برای بررسی فازهای تشکیل شده در فلز جوشکاری توسعه پیدا کرد؛ زیرا تشکیل فاز فریت برای جلوگیری از بروز ترک‌های گرم در حین جوشکاری از اهمیت زیادی برخوردار است. البته نمودارهای دیگری نیز در این رابطه وجود دارند که اختلاف‌های جزیی در نحوه معادل یابی، محدوده فازها و نحوه رسم نمودار دارند. از جمله این نمودارها که کاربرد نسبتاً گسترده‌ای دارد می‌توان به WRC-92 اشاره نمود.



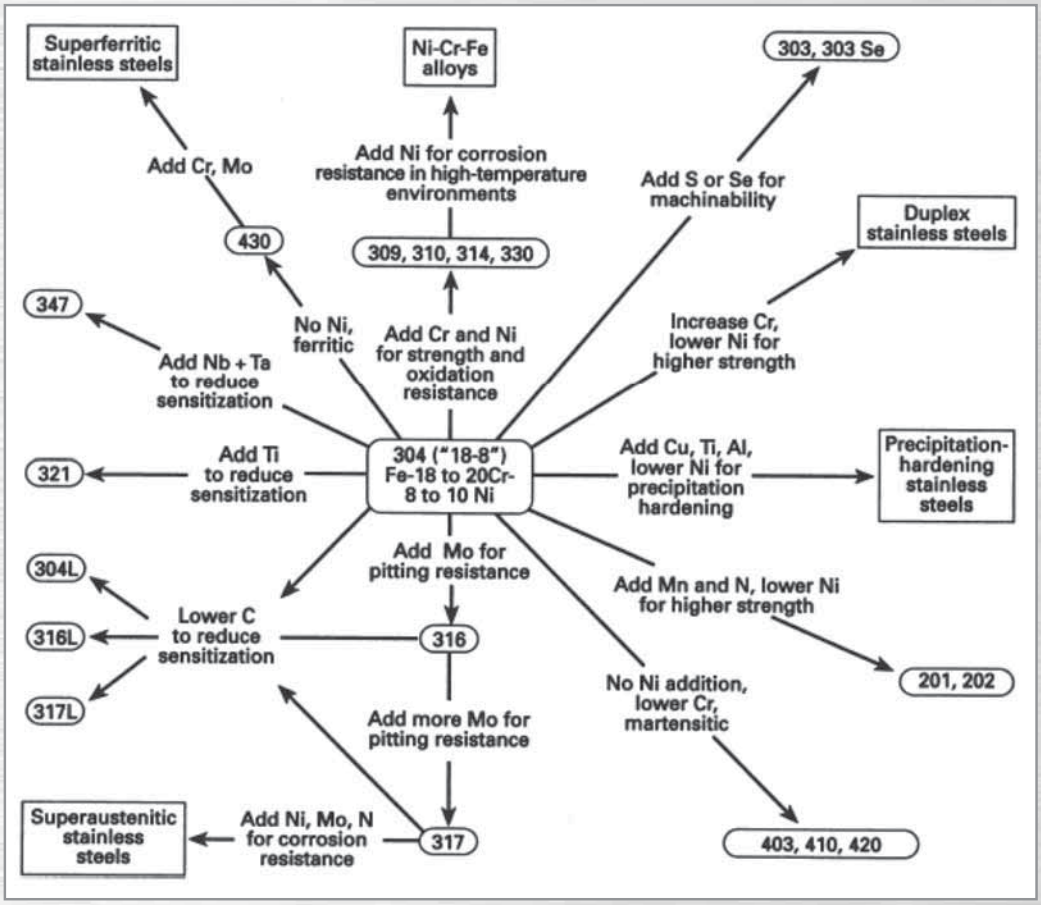
شکل ۶– دیاگرامSchaeffler–Delong

1- Pitting
2- Rare Earth Metal

۴- نحوه نامگذاری فولادهای زنگ نزن و معرفی گریدهای پرمصرف

در حال حاضر استانداردهای ملی، منطقه‌ای و بین المللی بسیاری وجود دارند که سیستم‌های نام گذاری مخصوص به خود جهت نامگذاری فولادهای زنگ نزن دارند. به دلیل اهمیت و کاربرد فراوان دو سیستم نامگذاری آمریکایی AISI [1] و UNS [2]، در این قسمت شرح مختصری از روش نامگذاری فولادهای زنگ نزن توسط این دو سیستم ارائه می‌گردد. قابل ذکر است که سیستم AISI نسبت به UNS از قدمت بیشتری برخوردار بوده و به تبع آن کاربرد بیشتری نیز دارد.

در سیستم AISI برای نامگذاری از یک عدد سه رقمی استفاده می‌شود که عدد اول از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا نوع ریزساختار توسط همین عدد اول مشخص می‌شود. بر این اساس در این سیستم، فولادهای زنگ نزن به سه سری ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ تقسیم می‌شوند. سری ۲۰۰ و ۳۰۰ معرف گریدهای آستنیتی و سری ۴۰۰ معرف گریدهای فریتی و مارتنزیتی هستند (شکل ۷). برخی مواقع از یک یا دو حرف به عنوان پسوند استفاده می‌شود که مؤید اصلاحاتی است که در ترکیب شیمیایی فولاد رخ داده است. به عنوان مثال حرف L در نامگذاری فولادهای زنگ نزن نشان دهنده کم کربن بودن آلیاژ است. گریدهای L مقاومت به خوردگی بالاتری بعد از عملیات جوشکاری از خود نشان می‌دهند. واقعیت این است که در حین جوشکاری در مناطق نزدیک به منطقه متاثر از حرارت [3]، دما در محدوده ۴۲۰ تا ۸۷۰ درجه سانتیگراد بالا می‌رود. در این محدوده دمایی کربن و کروم تشکیل کاربید کروم می‌دهند که در مرزدانه‌ها رسوب می‌کند. این امر موجب تهی شدن نواحی نزدیک مرز دانه‌ها از کروم و ایجاد خوردگی در معرض محیط‌های خورنده می‌شود. با کنترل میزان کربن در گریدهای L (کربن معمولا زیر ۰/۰۳ ٪ نگه داشته می‌شود) از وقوع این پدیده تا حد زیادی جلوگیری می‌شود. ممکن است این سؤال پیش آید که چرا تمام فولادهای زنگ نزن بصورت گریدهای L تولید نمی‌شوند. دلیل این امر در وهله اول گران بودن گریدهای L است و دلیل دوم تأثیر عنصر کربن در استحکام مکانیکی فولادهای زنگ نزن به ویژه در دماهای بالاست.



شکل ۷- نامگذاری فولادهای زنگ نزن بر اساس سیستم AISI

1- American Iron and Steel Institude
2- Unified Numbering System
3- Heat Affected Zone (HAZ)

تعداد فولادهای زنگ نزن موجود در سیستم نامگذاری UNS به دلیل جدیدتر بودن آن نسبت به سیستم AISI بیشتر است. در این سیستم برای فولادهای زنگ نزن از حرف S در ابتدا به همراه یک عدد پنج رقمی استفاده می‌شود. در مواردی که فولاد مورد نظر در سیستم AISI وجود داشته باشد، سه رقم اول با سیستم AISI همخوانی دارد و دو رقم بعدی ۰۰ است. در صورتی که اصلاحاتی در ترکیب شیمیایی آلیاژ رخ داده باشد دیگر دو عدد آخر صفر نخواهند بود. در ادامه تعدادی از گریدهای شاخص و پرمصرف در هر گروه از فولادهای زنگ نزن معرفی خواهند شد.

۴-۱- گریدهای آستنیتی

– **۳۰۴:** رایج‌ترین گرید از گروه فولادهای زنگ نزن آستنیتی است که حدود ۱۸٪ کروم و ۸٪ نیکل دارد. کاربرد این گرید در ساخت تجهیزات فرایندی برای صنایع غذایی، صنایع شیمیایی و ساخت مبدل‌های حرارتی است.

– **۳۱۶:** این آلیاژ ۱۸٪-۱۶٪ کروم و ۱۴٪-۱۱٪ نیکل دارد. تفاوت عمده این گرید با ۳۰۴ افزودن عنصر مولیبدن است که مقاومت این آلیاژ را در برابر خوردگی افزایش می‌دهد. حداقل میزان مولیبدن در این گرید ۲٪ است. از این گرید در محیط‌های خورنده‌تر صنعتی در صنایع شیمیایی، صنایع چوب و کاغذ و صنایع غذایی استفاده می‌شود.

– **۳۱۷:** نسبت به ۳۱۶ کروم بیشتری دارد (حداقل ۳٪) و در محیط‌هایی که شدیداً خورنده هستند مورد استفاده قرار می‌گیرد. مثال بارز استفاده از این گرید، ساخت اسکرابرها[1] در استک کارخانجات است.

– **۳۲۱ و ۳۴۷:** این دو آلیاژ برای مقاومت به خوردگی در محیط‌هایی که دمای آن‌ها بصورت پی‌درپی در محدوده بالای 420°C قرار می‌گیرد طراحی شده‌اند. در گرید ۳۲۱ از عنصر تیتانیم و در گرید ۳۴۷ از دو عنصر تانتالم و نیوبیم بهره گرفته شده است.

۴-۲- گریدهای مارتنزیتی

–**۴۱۰:** گرید رایج در گروه فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی است و کمترین میزان عناصر آلیاژی را در میان دیگر گریدهای این گروه به خود اختصاص می‌دهد. آلیاژی است ارزان با کاربردهای عمومی که قابلیت عملیات حرارتی نیز دارد. معمولاً از این گرید در محیط‌هایی استفاده می‌شود که میزان خورندگی شدید نیست و ترکیبی از مقاومت به خوردگی و استحکام مکانیکی مورد نیاز است.

– **۴۱۰S:** نسبت به ۴۱۰ کربن کمتری دارد، لذا خواص جوش‌پذیری بهتری از خود نشان می‌دهد. به دلیل کربن کمتر میزان سختی‌پذیری کمتری دارد. کاربرد این گرید در شرایطی است که علاوه بر مقاومت به خوردگی، خواص مکانیکی مطلوب در دمای بالا نیز مورد نیاز باشد.

–**۴۱۴:** این گرید حاوی ۲٪ نیکل است که باعث افزایش مقاومت در برابر خوردگی می‌شود. کاربردهای رایج آن ساخت قاشق، چاقو و چنگال است. همچنین برای ساخت فنر از این گرید استفاده می‌شود.

–**۴۲۰:** به منظور بهبود خواص مکانیکی میزان کربن در این گرید بالا در نظر گرفته شده است. کاربرد رایج آن ساخت ابزار و ادوات جراحی است.

–**۴۳۱:** برای افزایش مقاومت در برابر خوردگی و بهبود

1- Scrubber

خواص مکانیکی میزان کروم در این گرید افزایش یافته است. کاربرد معمول آن ساخت قطعات شیرآلات و پمپ‌های صنعتی است.

۴-۳- گریدهای فریتی

– **۴۳۰:** رایج‌ترین گرید در گروه فولادهای زنگ نزن فریتی به شمار می‌آید که نسبت به گرید ۳۰۴ از گروه فولادهای آستنیتی، مقاومت به خوردگی پایین‌تری دارد. کاربرد این گرید در محیط‌های خورنده‌ای مانند اسید نیتریک، گازهای حاوی ترکیبات گوگرد و اسیدهای آلی است.

– **۴۰۵:** میزان عنصر کروم در این آلیاژ کمتر است و برای جلوگیری از سخت شدن آن در حین سرد شدن، مقداری آلومینیم به آن اضافه شده است. کاربرد مرسوم این گرید ساخت مبدل‌های حرارتی است.

– **۴۰۹:** این آلیاژ کمترین میزان کروم را در بین کل فولادهای زنگ نزن دارد. از این رو ارزان‌ترین گرید فولاد زنگ نزن به شمار می‌آید. این آلیاژ در اصل برای ساخت انباره‌های صدا خفه کن اگزوز اتومبیل‌ها طراحی شده است؛ ولی از آن در محیط‌هایی که خورندگی پایینی دارند به عنوان قطعات تزیینی یا پوشش خارجی استفاده می‌شود.

– **۴۴۲:** برای افزایش مقاومت در برابر پوسته شدن در دماهای بالا میزان کروم در این گرید افزایش یافته است. کاربرد عمده آن ساخت قطعات کوره و آون است.

۴-۴- گریدهای دوپلکس

– **۲۲۰۵:** گرید استاندارد فولادهای زنگ نزن دوپلکس است. ۲۲٪ کروم، ۵٪ نیکل و ۳ درصد مولیبدن به همراه مقدار جزیی نیتروژن کنترل شده دارد. استحکام مکانیکی خوب و مقاومت در برابر خوردگی در طیف وسیعی از محیط‌های خورنده به ویژه محیط‌های حاوی ترکیبات کلراید که شرایط را برای خوردگی حفره‌ای و خوردگی تنشی مستعد می‌سازد از خواص این آلیاژ است. کاربرد عمده این گرید در تأسیسات فراساحلی برای خطوط لوله و همچنین ساخت ادوات سیستم‌های اطفای حریق است. اخیراً از این گرید برای کاربردهای معماری و عمرانی به ویژه ساخت پل استفاده شده است.

– **۲۲۰۷:** در این گرید ۲۵٪ کروم، ۷٪ نیکل، ۴٪ مولیبدن و مقدار جزیی و کنترل شده نیتروژن وجود دارد. کاربرد آن مشابه با گرید ۲۲۰۵ است با این تفاوت که می‌توان از آن در محیط‌های خورنده‌تر با دماهای بالاتر استفاده نمود.

۴-۵- گریدهای رسوب سخت شونده

۱۷-۴PH – این آلیاژ حاوی تقریباً ۱۷/۵٪ کروم، ۵٪ نیکل و ۳٪ مس است و رایج‌ترین گرید در این گروه آلیاژی به شمار می‌آید. این آلیاژ که با عنوان گرید ۶۳۰ نیز شناخته می‌شود در ابتدا در صنایع هوا فضا توسعه داده شد؛ ولی به دلیل مزایای خاص و مقرون به صرفه بودن آن، در کاربردهای متنوعی مورد استفاده قرار گرفته است.

۵- روش تولید فولاد زنگ نزن

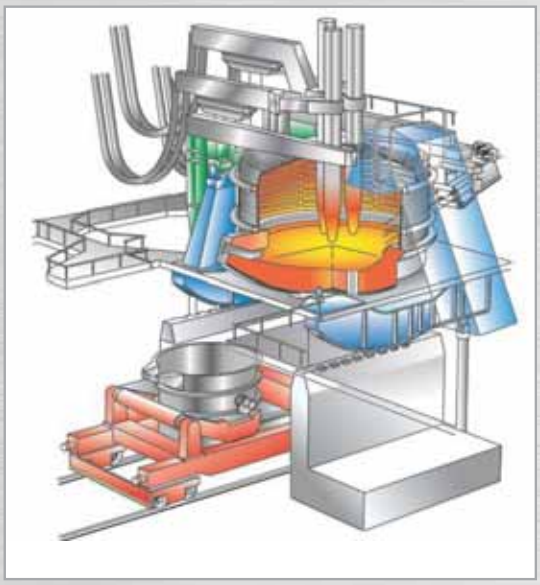
تولید و شکل‌دهی فولادهای زنگ نزن با روش‌های معمول و متعارف صورت می‌گیرد. محصولات کار شده فولادهای زنگ نزن به صورت ورق، تسمه، فویل، گرده، میلگرد، مفتول، محصولات نیمه تمام (شمش، شمشه و تختال) و لوله یافت می‌شوند. محصولات تخت حاصل از

نـورد سـرد (ورق و تسـمه) بالـغ بـر ۶۰٪ کل محصـولات فـولاد زنـگ نـزن را بـه خـود اختصـاص می‌دهنـد. مـاده اولیـه اصلـی، قراضه‌هـای قابـل بازیافـت فـولاد زنـگ نـزن هسـتند کـه معمـولاً ۸۵ تـا ۹۰ درصـد ورودی کوره‌هـای ذوب را در بـر می‌گیرنـد. مابقـی بـه عناصـر آلیـاژی اختصـاص دارد کـه بـه صـورت فروآلیـاژ بـه کـوره اضافـه می‌شـوند. قراضه‌هـا در بـدو ورود بـه کارخانـه بـه لحـاظ ترکیـب شـیمیایی ارزیابـی و دسـته‌بندی می‌شـوند تـا در حیـن فراینـد تولیـد بـرای دسـتیابی بـه ترکیـب شـیمیایی مـورد نظـر از کمتریـن مقدار مـاده اولیـه نـو اسـتفاده شـود.

بـه طـور معمـول فرایندهـای ذوب و ریخته‌گـری در چهـار مرحلـه بـه شـرح زیـر صـورت می‌پذیـرد:

- ذوب مواد اولیه در کوره قوس الکتریکی
- حذف کربن، گوگرد و نیتروژن در یک کنورتور
- تنظیم ترکیب شیمیایی و دما در یک کوره پاتیلی
- ریخته‌گری بصورت تختال[1] یا شمشه[2]

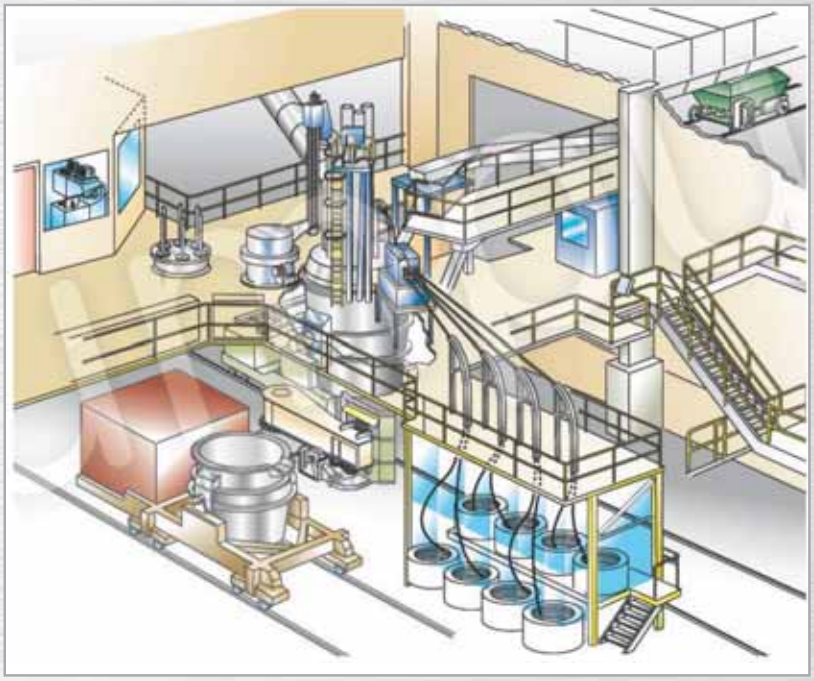
در خـلال فراینـد ذوب در کـوره قـوس الکتریکـی (شـکل ۸)، دمـا در محـدوده قـوس الکتریکـی به حـدود 3500°C می‌رسـد و دمـای مـذاب می‌توانـد تـا 1800°C افزایـش یابـد. تزریـق انرژی شـیمیایی بـه صـورت کربـن، فـرو سیلیسـیم، اکسـیژن و یـا ترکیـب گازهـای سـوختی سـرعت فراینـد ذوب را افزایـش می‌دهـد. پـس از اتمـام عملیـات ذوب، فـولاد مـذاب بـه یـک کنورتـور AOD[3] منتقـل می‌شـود (شـکل ۹). هـدف اصلـی در ایـن مرحلـه کاهـش میـزان کربـن تـا مقـدار از قبـل تعییـن شـده بـه کمـک تزریـق مخلـوط آرگـون و اکسـیژن اسـت. احتمـال دارد برخـی عناصـر آلیـاژی نیـز در ایـن مرحلـه بـه مـذاب اضافـه شـوند.



شکل ۸- طرحواره کوره قوس الکتریکی

شکل ۹- کنورتور AOD

1- Slab
2-Bloom
3-Argon Oxygen Decarburization



شکل ۱۰- طرح نمادین کوره پاتیلی

فرایند جایگزین برای حذف کربن، VOD [1] نام دارد و در مواقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد که مقدار کربن و نیتروژن بسیار کمی مورد نیاز باشد. به عنوان مثال برای تولید گریدهای فریتی با درصد کروم بالا، برای حذف کربن حتماً باید از این روش استفاده شود. الزامات کیفی برای اغلب فولادهای زنگ نزن، استفاده از فرایندهای متالورژی ثانویه در مراحل تولید را به امری ضروری بدل ساخته است. برای این منظور روش‌های مختلفی وجود دارد؛ ولی فرایند رایج استفاده از کوره‌های پاتیلی است (شکل ۱۰). هدف اصلی از این مرحله از فرایند تولید، تنظیم نهایی ترکیب شیمیایی آلیاژ است. در حین فرایند، فولاد مذاب به آهستگی به هم زده می‌شود تا ضمن جداسازی ناخالصی‌ها، به لحاظ دمایی و ترکیب شیمیایی نیز همگن گردد. خروجی این مرحله مذابی با ترکیب شیمیایی دقیق و در محدوده دمایی معین است. در مرحله بعد مذاب به ماشین ریخته‌گری مداوم و یا ناحیه ریخته‌گری شمش منتقل می‌گردد.

قابل ذکر است فرایندهای جایگزینی برای چهار مرحله فوق وجود دارند که از جمله آنها می‌توان به ذوب القایی در خلأ [2] ، ذوب مجدد با قوس الکتریکی در خلأ [3] ، ذوب مجدد با سرباره الکتریکی [4] و ذوب با پرتو الکترونی [5] اشاره نمود که البته همه آنها کاربرد محدودی دارند. در ایالات متحده ۹۰ درصد فولادهای زنگ نزن با روش EAF/AOD تولید می‌شوند.

پس از آماده شدن مذاب فولاد زنگ‌نزن، مراحل بعدی شامل ریخته‌گری مداوم، نورد گرم، نورد سرد و عملیات نهایی مطابق سایر فولادها با لحاظ کردن برخی تمهیدات خاص، تا رسیدن به محصول مورد نظر انجام می‌شود.

۶) جمع بندی

طی سال‌های اخیر شاهد افزایش قابل توجه تقاضا برای فولادهای زنگ نزن در صنایع شیمیایی، نیروگاهی، غذایی، کشاورزی و حمل و نقل بوده‌ایم. علاوه بر این کاربردهای مهم دیگری نیز در معماری، ساخت و سازهای عمرانی و تولید تجهیزات و لوازم خانگی و پزشکی برای این آلیاژها وجود دارد. فولادهای زنگ نزن این میزان از کاربردهای مختلف و این اقبال گسترده را مدیون خواص و ویژگی‌های منحصربفرد خود در حوزه مقاومت به خوردگی، خواص مکانیکی و مقاومت به اکسیداسیون در دماهای بالا هستند. توجه به این مقوله از دو دیدگاه ارزشمند است. دیدگاه اول کسب شناخت و آگاهی جامع از مبانی اولیه متالورژیکی و ویژگی این آلیاژها در زمینه‌های خوردگی، خواص فیزیکی و مکانیکی است. این دیدگاه توانایی مهندسان و طراحان را برای بهره‌گیری بهتر از این مواد در راستای کاهش هزینه‌ها، افزایش راندمان تولید، پایداری و بهره‌وری افزایش خواهد داد. دیدگاه دوم آشنایی با روش‌های تولید است و مزیت آن بررسی زیرساخت‌ها و پتانسیل‌های موجود ملی و منطقه‌ای برای امکان‌سنجی احداث واحدهای تولیدی در بخش‌های مختلف زنجیره تأمین این دسته از آلیاژهای فولادی است.

1- Vacuum Oxygen Decarburization
2- Vacuum Induction Melting
3- Vacuum Arc Remelting
4- Electroslag Remelting
5- Electron Beam Melting

منابع:

1. EN D. 10088-1: Stainless steels—Part 1: List of Stainless Steels. British Standards Institution. 2005.
2. ASTM A240/A240M-08. Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications.
3. Hillert M. Phase equilibria, phase diagrams and phase transformations: their thermodynamic basis. Cambridge University Press; 2007 Nov 22.
4. Liljas M. Years with duplex steels, a historic review and prospects for the future. In Proceedings of 6th European Stainless Steel Conference 2008 Jun 10 (pp. 10-13).
5. Hertzman S, Pettersson R, Frisk K, Jerwin T. Proc. 6th World Duplex Conference Venezia, 18-20 Oct 2000.
6. Miettinen J, Louhenkilpi S, Kytönen H, Laine J. IDS: Thermodynamic–kinetic–empirical tool for modelling of solidification, microstructure and material properties. Mathematics and computers in simulation. 2010 Mar 1; 80(7):1536-50.
7. Yeddu HK. Martensitic Transformations in Steels: A 3D Phase-field Study (Doctoral dissertation, KTH Royal Institute of Technology).
8. ASTM A. 480/A 480M-Standard Specification for General Requirements for Flat-Rolled Stainless and Heat-Resisting Steel Plate. Sheet, and Strip. 2012.
9. EN B. 10088-2. Stainless steels—Part 2: Technical delivery conditions for sheet/plate and strip for general purposes. British Standards Institution. 1995.
10. Davis JR, editor. Alloy digest sourcebook: stainless steels. ASM international; 2000.
11. Steel Products Manual: Stainless Steel, Iron and Steel Society, 1999
12. Technical Handbook of Stainless Steels, Atlas Specialty Metals, July 2003

تکنولوژی های پیش گرم قراضه در فرایند فولادسازی به روش کوره قوس الکتریکی

کارگروه تکنولوژی، پژوهشکده فولاد، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

استفاده از تکنولوژی پیش‌گرم کردن قراضه در کوره‌های قوس الکتریکی (EAF) موجب کاهش چشمگیر مصرف انرژی الکتریکی کوره برای عملیات ذوب مواد می‌گردد. مکانیزم این کاهش مصرف انرژی، انتقال گرمای هدررونده از طریق گازهای خروجی کوره قوس به طرف قراضه در حال شارژ به درون کوره می‌باشد. تاکنون تکنولوژی‌های متعددی برای پیش‌گرم کردن قراضه در حال شارژ به درون کوره قوس توسعه پیدا کرده‌اند که در این مقاله به معرفی، تاریخچه و مرور مشخصات اصلی مهم‌ترین آنها پرداخته خواهد شد. این تکنولوژی‌ها بسته به عمر خود و نحوه توسعه و نیز مشخصات فنی به دسته‌های مختلفی تقسیم بندی شده‌اند که در این مقاله معرفی خواهند شد.

کلمات کلیدی: کوره قوس الکتریکی، قراضه، پیش‌گرم، فولادسازی، انرژی

۱- مقدمه

طبق آمارهای انجمن جهانی فولاد (WSA) در سال ۲۰۱۷ حدود ۲۸ درصد از کل فولاد خام در دنیا به روش‌های فولادسازی الکتریکی (به طور عمده فولادسازی در کوره های قوس الکتریکی) تولید شده است. این در حالیست که یکی از مهمترین فرایندهای بازیابی قراضه‌های فولادی، کوره‌های قوس الکتریکی هستند. ذوب مستقیم مواد آهن‌دار مثل قراضه‌ها معمولاً در کوره قوس الکتریکی انجام می‌شود که نقش بسیار مهمی در واحدهای فولادسازی مدرن دارد. در کشورهای پیشرفته، استفاده از ۱۰۰درصد قراضه فولاد، رایج‌ترین نوع شارژ است. این امر در کشورهای درحال توسعه اندکی فرق دارد و قراضه همواره و به هر میزان در دسترس نیست؛ لذا بایستی از مواد شارژ جایگزین مثل آهن اسفنجی، بریکت داغ، آهن خام و آهن خام مذاب استفاده شود. معمولا شارژ فلزی کوره قوس را حدود ۷۵ درصد قراضه، ۱۵ درصد آهن اسفنجی و بریکت داغ و مابقی را آهن خام و آهن خام مذاب تشکیل می‌دهد.

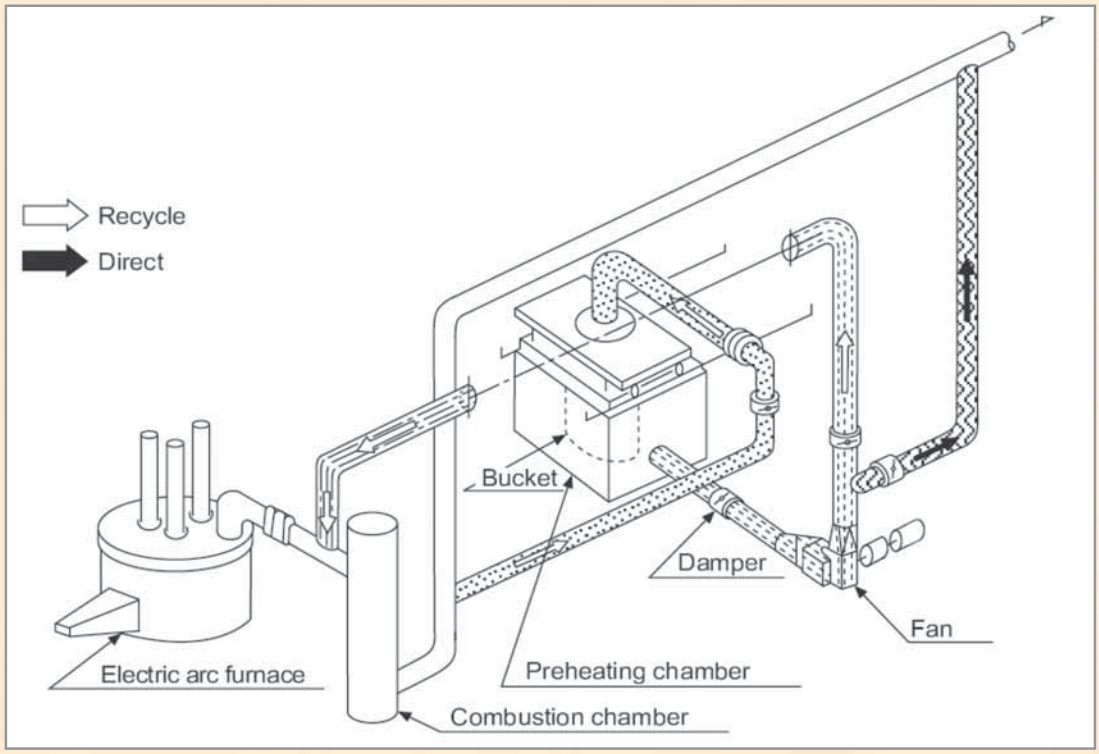
گاز خروجی کوره قوس دارای انرژی گرمایی محسوس معادل حدود ۱۴۰ kWh/t LS می‌باشد که تقریبا ۲۰٪ هدررفت انرژی کوره قوس است. به کارگیری انرژی این گاز خروجی در دهه‌های اخیر توسعه زیادی یافته و امروزه به عنوان ابزاری در راستای کاهش مصرف انرژی در عملیات کوره قوس مطرح می‌باشد. یکی از گزینه‌ها، استفاده از گرمای محسوس گاز خروجی هدر رونده برای پیش‌گرم کردن قراضه ورودی به کوره می‌باشد. قبل از فرایند ذوب در کوره قوس، قراضه می‌تواند با استفاده از سیستم‌های ناپیوسته تا دمای تقریبی ۱۰۰۰°C-۸۰۰ و با استفاده از سیستم‌های پیوسته تا ۴۰۰°C-۳۰۰ پیش‌گرم شود. این امر می‌تواند مصرف انرژی کل را تا kWh/t LS ۱۰۰ کاهش دهد. چنین پیش‌گرمایشی یا در سبدهای شارژ قراضه و یا در یک کوره‌ی شافتی شارژ که به طور خاص برای این کار طراحی و ساخته شده است و به کوره قوس الکتریکی وصل می‌شود و امکان پیش‌گرم و شارژ پیوسته قراضه در حین فرایند ذوب را فراهم می آورد انجام می‌شود. در برخی از موارد حتی انرژی فسیلی اضافی نیز به فرایند پیش‌گرم شدن افزوده می‌شود. همچنین در طول سال‌های گذشته تعداد کوره‌های قوس الکتریکی که به سیستم پیش‌گرم کردن قراضه‌ها بدون استفاده از گاز و به منظور بازیابی انرژی مجهز بود، افزایش یافته است. سیستم پیش‌گرم کردن قراضه‌ها بیش از ۴۰ سال است که با موفقیت در کشورهایی که هزینه برق بالایی دارند (مثل ژاپن) به کار گرفته شده است. به نظر می‌رسد که پیش‌گرم کردن قراضه از نقطه نظر مدیریت انرژی بسیار مورد توجه باشد. اما پیش‌گرمایش قراضه ممکن است در اثر حضور احتمالی مواد آلی همراه قراضه، منجر به تولید آلاینده‌های آلی شود. به دلیل دماهای پایین فرایند در ستون قراضه، اجزای آلی همراه با قراضه مانند روغن‌ها و گریس‌ها تنها تبخیر می‌شوند اما از لحاظ حرارتی تجزیه نمی‌گردند که یکی از نتایج آن تشکیل ترکیبات فرار هیدروکربنی کلرینه شده و PCDD/F می‌باشد.

این انتشارات می‌تواند با استفاده از پسااحتراق گاز خروجی در یک اتاقک احتراق به خوبی طراحی شده مجهز به مشعل‌های سوخت فسیلی، به حداقل رسانده شود. در ادامه مقاله تکنولوژی‌های پیش‌گرم قراضه در کوره‌های قوس الکتریکی در سه دسته تکنولوژی های سنتی، نیمه مدرن و مدرن تقسیم‌بندی و شرح داده خواهند شد.

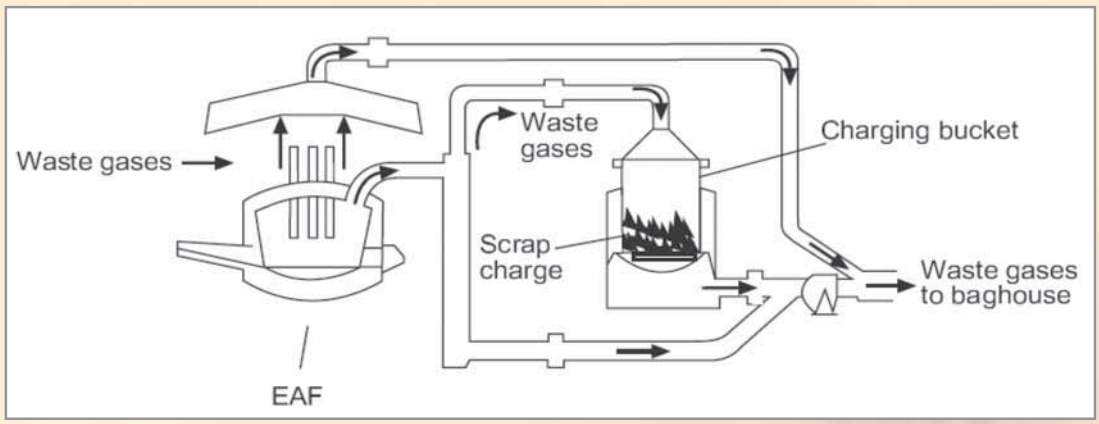
۲- تاریخچه پیش‌گرمایش قراضه در کوره‌های قوس الکتریکی و روش‌های سنتی آن

۲-۱- پیش‌گرمایش قراضه در سبدهای قراضه

پیش‌گرم با گازهای جانبی حاصل از کوره قوس الکتریکی نیازمند آن است که این گازها دوباره به محفظه پیش‌گرم حاوی سبدهای[1] قراضه بارگیری‌شده برگردانده شوند. گازهای داغ از این سبدها عبور کرده و در نتیجه قراضه را پیش‌گرم می‌کنند. برای فاصله‌های بین بارگیری کمتر از ۷۰ دقیقه، پیش‌گرم قراضه باعث صرفه جویی انرژی کمی می‌شود که هزینه کلی سیستم پیش‌گرم را جبران نمی‌کند. صرفه‌جویی کلی در حدود ۲۰-۱۵ کیلو وات ساعت بر تن است. طرحواره بعضی مثال‌های سیستم‌های پیش‌گرم سنتی در شکل ۱ و ۲ نشان داده شده است.



شکل۱- پیش گرم کننده قراضه با تکنولوژی NKK



شکل۲- پیش گرم قراضه در سبد

1- Bucket

۲-۲- پیش‌گرمایش قراضه با گاز طبیعی

پیش‌گرم قراضه با گاز طبیعی در دهه ۱۹۶۰ ایجاد شد و معمولا شامل یک مشعل جاسازی شده در یک سقف پوشش داده شده با نسوز است که بالای سبد قراضه قرار می‌گیرد. قراضه معمولا تا ۵۶۰-۵۴۰ درجه سانتی‌گراد پیش‌گرم می‌شود. بالاتر از ۶۵۰ درجه سانتی‌گراد، اکسیداسیون قراضه مشکل ایجاد می‌کند و هدر رفت و کاهش بهره‌وری تبدیل به یک مشکل اساسی می‌شود. مزیت‌های این شکل از پیش‌گرم قراضه این است که فرایند پیش‌گرم از عملیات‌های مربوط به کوره قوس الکتریکی جدا می‌شود و به خاطر همین امر این فرایند از فاصله بین بارگیری تاثیر نمی‌پذیرد. اما، گرمای تامین شده با گاز طبیعی بجای گاز خروجی است و به همین سبب یک هزینه اضافی ایجاد می‌کند. یکی از نگرانی‌های اصلی درباره پیش‌گرم قراضه این است که روغن و دیگر مواد ارگانیک همراه با قراضه تمایل دارند که در حین پیش‌گرم تبخیر شوند. این امر می‌تواند منجر به تخلیه هیدروکربن ها در اتمسفر و بوی رسوبات آنها در محیط کارخانه شود. در برخی فرایندهای ژاپنی، این امر با نصب یک محفظه پسا احتراق[1] در ادامه عملیات پیش‌گرم قراضه، اصلاح شده است. گزارش شده که صرفه‌جویی انرژی کوره ۴۰-۳۶ کیلووات ساعت بر تن است و مصرف الکترود تا ۰/۶-۰/۴ کیلوگرم بر تن کاهش یافته است. مشخص نشده چه هزینه‌های اضافی و هزینه‌های نگهداری برای این سیستم وجود دارد. در آمریکای شمالی، بیشتر عملیات‌ها نشان دادند که صرفه جویی‌های حاصل از پیش‌گرم قراضه به‌روش سنتی، عملیات‌های جابجایی اضافی و نیازهای تعمیراتی اضافی را جبران نمی‌کنند.

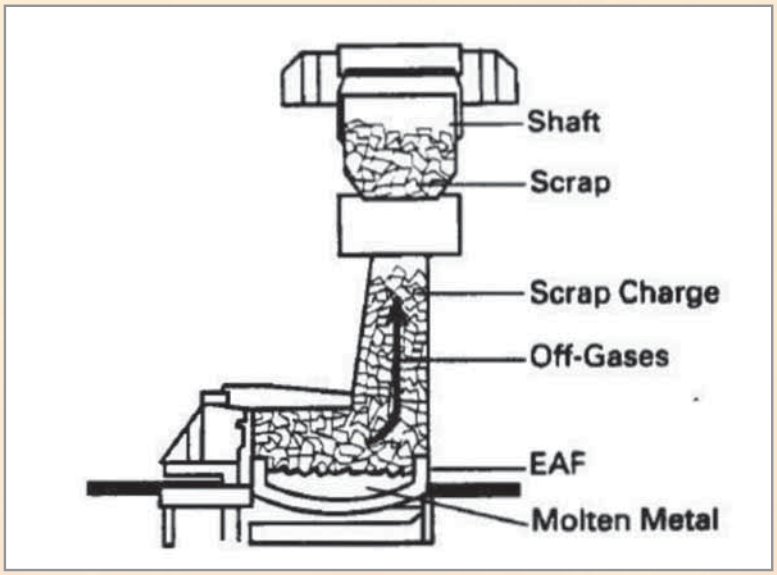
۳- تکنولوژی‌های نسل میانی پیش‌گرمایش قراضه

۳-۱- پیش‌گرمایش قراضه در کوره شافتی فوکس[2]

نیاز به کاهش مقدار توان ورودی در کوره‌های قوس الکتریکی منجر به تحقیقات و ایجاد یک نمونه اولیه از کوره استوانه‌ای یا شافتی در شرکت Danish Steel Works (DDS) شد. مفهوم آن بارگذاری قراضه در یک شافت بود که می‌توانست با گازهای خروجی موجود در کوره قوس الکتریکی پیش‌گرم شود.

قراضه به صورت ستونی در یک سر کوره قرار گرفت و به طور مداوم همزمان با ذوب قراضه در کف ستون، در کوره تغذیه می‌شد. تکنولوژی شافت در چند مرحله و در بخش‌های مختلف توسعه یافته است. در سال ۱۹۸۸ شرکت Fuchs System Technik GmbH که بعدها به نام SIMETAL SIEMENS VAI Metals Technologies تغییر نام داد، تحقیقاتی جهت غلبه بر کمبود سبدهای پیش‌گرم قراضه انجام داد و تصمیم گرفت قراضه‌ها را مستقیماً روی شافتی که در سقف کوره قوس الکتریکی نصب شده شارژ کند. در کوره قوسی که یک شافت روی آن قرار دارد، می‌توان ۱۰۰٪ قراضه‌ها را پیش‌گرم کرد.

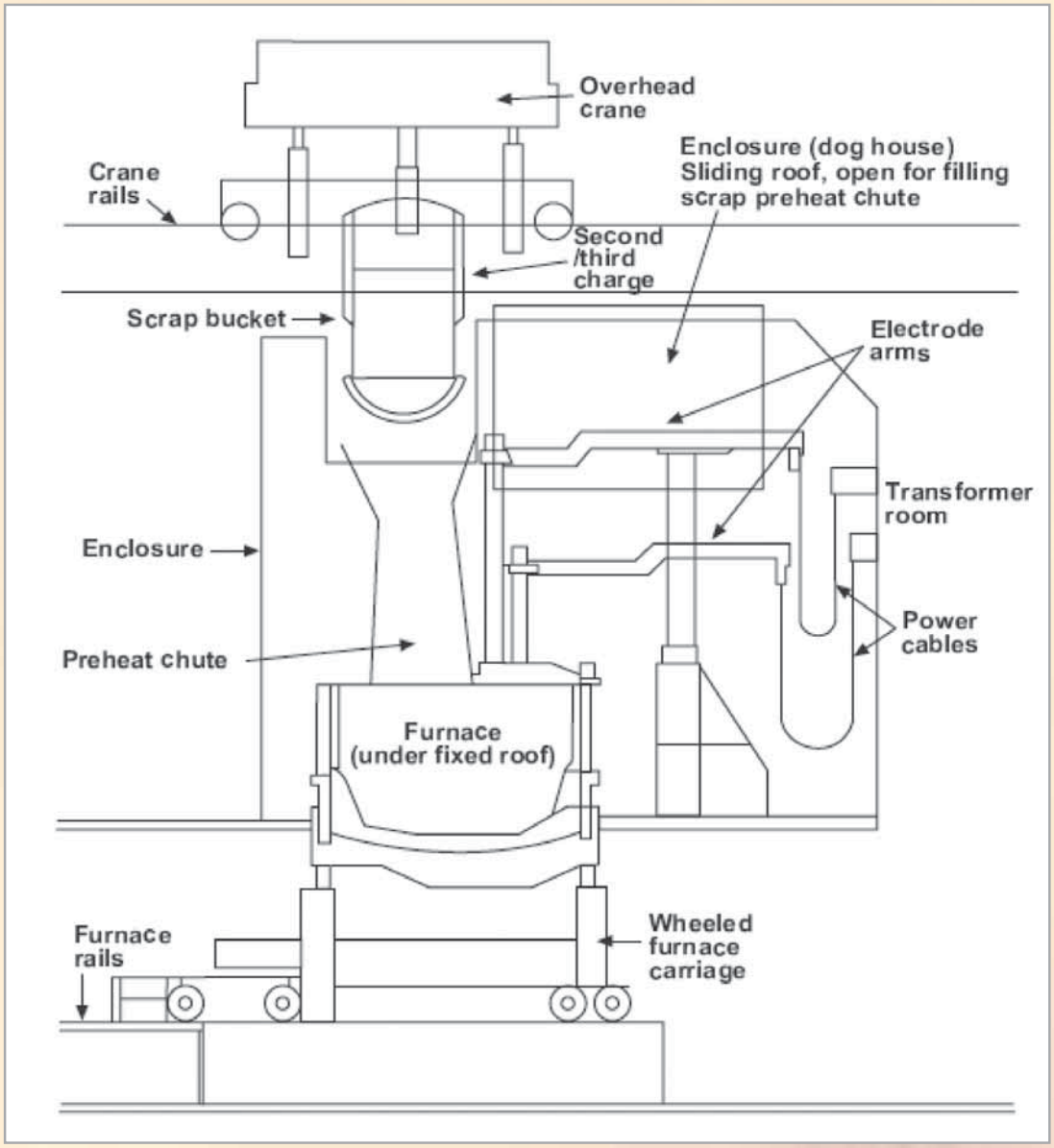
در سال ۱۹۹۰، یک پیش‌گرم کننده ستونی[3] در یکی از دو کوره قوس الکتریکی ۱۲۵ تنی کارخانه DDS نصب شد (شکل ۳). DDS استفاده از شافت را در کمتر از دو سال عملیات متوقف کرد. این توقف به طور جزیی به خاطر مشکلات حاصل از نگهداری جریان یا شار قراضه مناسب در شافت بود. به علاوه مقررات نرخ تعرفه‌ها در دانمارک[4] درباره الکتریسیته عملیات سه شیفت در روز را غیراقتصادی می‌کرد. طبق نتایج DDS نتوانست به سمت عملیات تک کوره‌ای با امکان استفاده کامل از شافت پیش‌گرم کننده برود.



شکل ۳- طرحواره کوره قوس شافتی Fuchs

1- Post combustion
2- Fuchs Shaft Furnace
3- Shaft preheater
4- Danish tariff regulations

ایـده کـوره شـافت فوکـس در سـال ۱۹۹۲ در انگلسـتان و در کارخانـه Co–Steel Sheerness بـه کار گرفتـه شـد. نصـب ایـن فراینـد نتیجـه کاری اسـت کـه در دانمـارک و در کارخانه DET Danske Stalvalsevaerk در دومیـن نسـخه ایـن فراینـد صـورت گرفـت. ایـن فراینـد شـامل شـافتی بـر روی یـک کـوره قـوس الکتریکـی بـا کـف بیضـوی[1] و بـا سـه فـاز AC بـود. شـکل ۴ شـافت مربـوط بـه پیش‌گـرم را نشـان می‌دهـد. ایـن شـافت نسـبتاً کوتـاه بـا سـبدهای قراضـه تغذیـه می‌شـود و قراضـه بـه طـور پیوسـته بـه سـمت حمـام مـذاب پاییـن مـی‌رود که در آن قـوس و اکسـیژن، فلـز تصفیـه نشـده را ایجـاد می‌کنند. پیش‌گـرم کننـده شـافتی فوکـس در کارخانـه شـیرنس[2] از یـک شـافت بـا شـیب معکـوس(بزرگ‌تـر در کـف) تشـکیل شـده اسـت کـه بـر سـقف کـوره می‌نشـیند، و با خـط مرکزی کـوره بالانـس می‌شـود. کوره شـافتی فوکـس مزایایـی از جمله غبـار کـوره قـوس الکتریکـی کمتـر (بـه خاطـر چسـبندگی غبـار بـه قراضـه در بـالای کـوره) و فـن خروجـی کوچک‌تـر بـه خاطـر حجـم گازهـای کمتـر دارد. همانطـور کـه قراضـه ذوب می‌شـود، روی سـریعاً تبخیـر و باعـث ورود مقـدار زیـادی روی در غبـار کـوره می‌گـردد. بـرای یـک کـوره ۱۲۰تنـی ۸۰ مگاولـت آمپـری، فوکـس فاصلـه بیـن بارگیـری ۵۶ دقیقه را بـا مصـرف انـرژی الکتریکـی حـدود ۳۱۰ کیلـووات سـاعت بـر هـر تـن تامیـن کـرد. محاسـبات و بررسـی‌ها پیش‌بینـی می‌کننـد کـه انـرژی معـادل ۷۲ کیلـووات سـاعت بـر تـن از گازهـای خروجـی بازیابـی می‌شـود.



شکل۴- طرحواره کوره شافتی نصب شده در Co–Steel Sheerness

1-oval EAF bottom
2- Sheerness

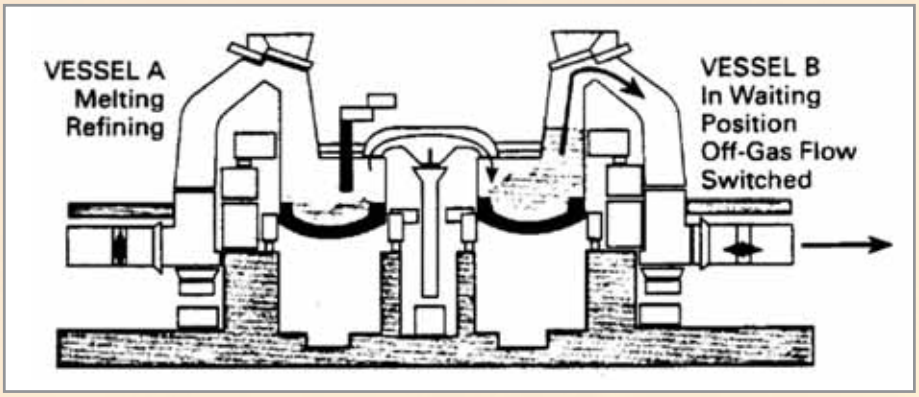
شکل ۵- کوره شافتی در حال کار در کارخانهNorth Star Steel ، کینگمن آریزونا

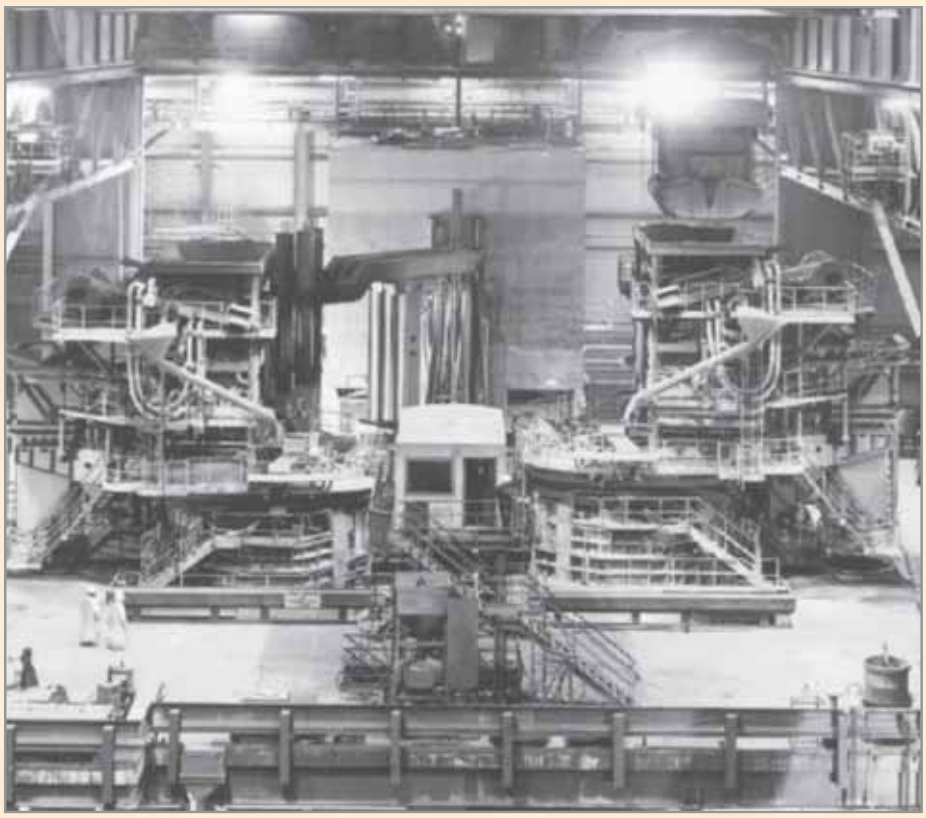
کوره‌های تک شافتی فوکس دیگری، با طراحی مشابه، در ترکیه، چین، مالزی و کارخانه North Star Steel در آریزونای آمریکا وجود دارند. توان کوره مورد آخر در آمریکا (شکل ۵) با یک ترانسفورمر DC تامین می‌شود و به تکنولوژی ABB DC مجهز است.

۳-۲- پیش‌گرمایش قراضه در کوره‌های دو شافتی (DSF)[1]

اصلاح بیشتر در کوره‌های تکنولوژی شافتی شامل کوره‌های دو شافتی (آرایش پوسته دوقلو) است که شامل دو کوره‌ی شافتی یکسان هستند و عمدتاً در کوره‌های قوس الکتریکی جریان مستقیم با یک الکترود در مرکز (آرایش دو قلویی) و سپس دو کوره شافتی کنار هم می‌باشند. بخشی از قراضه توسط گاز خروجی و بخشی از آن توسط مشعل‌های موجود بر روی دیواره‌های کناری، پیش‌گرم می‌شود (شکل ۶-بالا). برای افزایش ظرفیت تولید یک کوره با ترانسفورمر به بیش از ۱ میلیون تن در سال، کوره دو شافتی ایجاد شد. برای نمونه دو کوره در حال کار از این نوع در اروپا وجود دارد، SAM در فرانسه و ARBEDدر لوگزامبورگ، که در شکل ۶ (پایین) نشان داده شده است. هر دو کوره‌های ۹۵ تنی AC و با امپدانس بالا هستند. هنگامی که با تمام ظرفیت به کار گرفته شوند،

1- Double shaft furnace





شکل ۶- طرح نمادین کوره پیش‌گرم دو شافتی (بالا) و نمونه در حال کار در کارخانه ARBED (پایین)

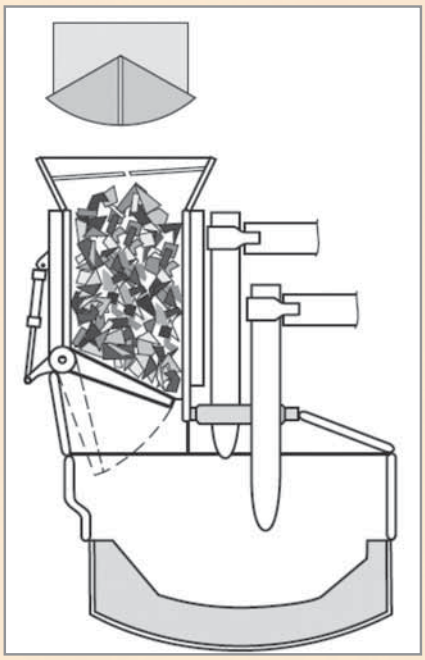
ظرفیتی معادل یک میلیون تن فولاد مذاب در سال ایجاد می‌کنند. کوره دو شافتی از یک ترانسفورمر و یک مجموعه الکترود در هر دو پوسته کوره استفاده می‌کند.

کمپانی فولاد North Star BHP اولین کوره دوشافتی را در آمریکا راه اندازی کرد. این کوره با وزن باریزی ۱۸۰تنی، ظرفیت ۱/۷ میلیون تن در سال را ایجاد می‌کند. ترانسفورمر AC به میزان ۱۴۰ مگا ولت آمپر تنظیم شد و با ولتاژ ثانویه ۱۲۰۰-۱۳۰۰ ولت کار می‌کند. تمام (۱۰۰٪) قراضه شارژ شده پیش‌گرم می‌شود. در مقایسه با کوره قوس الکتریکی تک پوسته با همان شارژ ۱۰۰ درصدی قراضه، صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی بین ۱۰۰ تا ۱۲۰ کیلووات ساعت بر هر تن ایجاد شد. کارخانه فولاد North Star BHP از DRI/HBI و یا آهن خام به عنوان قسمتی از شارژ استفاده می‌کند. این نوع کوره برای استفاده از کاربید آهن هم مناسب خواهد بود.

۳-۳- پیش‌گرمایش قراضه در کوره شافت بازویی[1]

یک طراحی مؤثر کوره‌ی شافتی، کوره‌ی شافت بازویی می‌باشد. طراحی شافت بازویی از یک سیستم منحصر بفرد برای نگهداری قراضه استفاده می‌کند که بازوها امکان پیش‌گرم شدن تمام قراضه را فراهم می‌آورند (شکل ۷). اولین سبد در حین پالایش ذوب قبلی و دومین

1- Finger shaft furnace



شکل۷- طرح نمادین کوره‌ی شافت بازویی برای پیش‌گرمایش قراضه

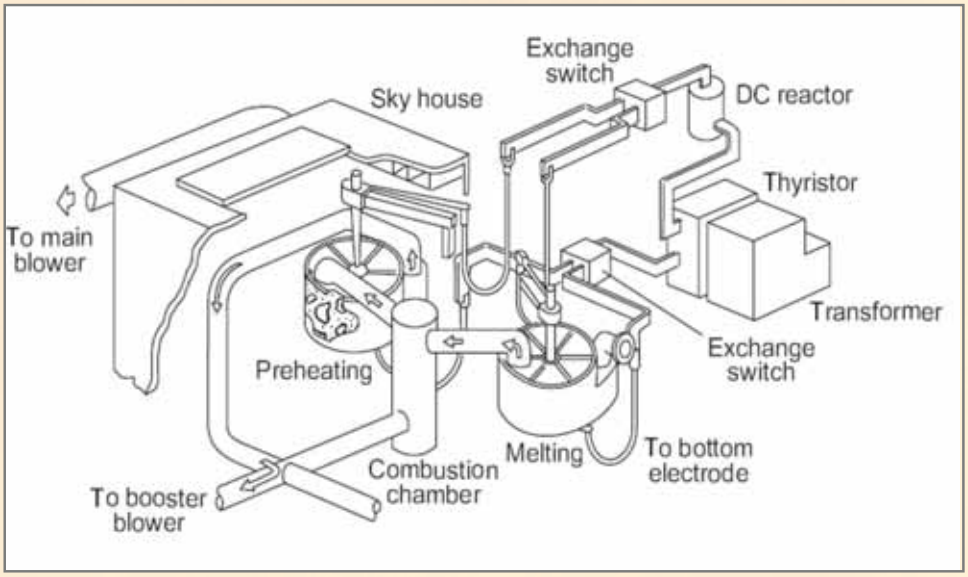
سبد در حین ذوب پیش‌گرم می‌گردد. در سال ۱۹۹۴ اولین کوره‌ی شافت بازویی در هیلسا مونتری مکزیک آغاز به کار نمود. با به کار گیری گاز خروجی کوره در حین سیکل گرمایش، قراضه می‌تواند قبل از ذوب نهایی در مجرای کوره تا دمای حدود ۱۰۰۰°C پیش‌گرم گردد. این مطلب به معنی آن است که در کنار کاهش زمان بین یک بارریزی تا بارریزی بعدی، صرفه جویی قابل توجهی در مصرف انرژی و هزینه‌های تولید صورت می‌گیرد. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که بیشترین سهم انرژی باقی مانده در کوره به صورت گاز خروجی در حین عملیات‌هایی با حمام مذاب یکنواخت رخ می‌دهد. این به سبب غیاب قراضه برای جذب انرژی از گاز خروجی است به این خاطر که این عامل در کوره موجود است. اگر گاز خروجی بتواند برای پیش‌گرم قراضه استفاده شود، پتانسیل بالایی برای بازیابی انرژی وجود دارد. برای عملیات‌هایی با تغذیه پیوسته واحدهای آهن با کربن بالا (برای مثال کاربید آهن یا DRI)، به سبب سطوح بالاتر منوکسید کربن در گاز خروجی، میزان انرژی خروجی توسط آن بالا خواهد بود. برای استفاده بهینه از گاز خروجی و برای کاهش توان الکتریکی مورد نیاز برای رسیدن به فاصله بین بارگیری کوتاه، شرکت فوکس کوره شافت بازویی را در کارخانه هیلسا در مونتری مکزیک ایجاد کرد. این کوره، ۱۵۰ تن باریزی می‌کند، ۴۴ تن ته بار مذاب دارد و با یک ترانسفورمر MVA DC ۱۵۶ با استفاده از الکترود کف DC آب گرد ساخت Nippon Steel کار می‌کند. شارژ این کوره ۴۵ درصد قراضه و ۵۵ درصد DRI است که طی ۵۰ دقیقه زمان کار کوره شارژ می‌شود. در حین دوره تصفیه ذوب قبلی، نصف قراضه شارژ شده داخل سیستم فینگر آب‌گرد، در شفت شارژ می‌شود. بعد از این که شارژ اولیه داخل کوره ریخته شد و کوره روشن شد نیمه دیگر قراضه داخل فینگرها شارژ میشود. شرکت Paul Wurth S.A یک کوره شافت بازویی ۱۵۴ تنی DC در کارخانه Cockerill Sambre در بلژیک تحت لیسانس فوکس راه اندازی کرد. ویژگی بارز این کوره شافت بازویی این است که ۲۰ تا ۵۰ درصد شارژ این کوره می‌تواند آهن مذاب با میزان ۴ درصد کربن باشد.

۴-۳- تکنولوژی پیش‌گرم قراضه در کوره قوس الکتریکی دو قلو[1]

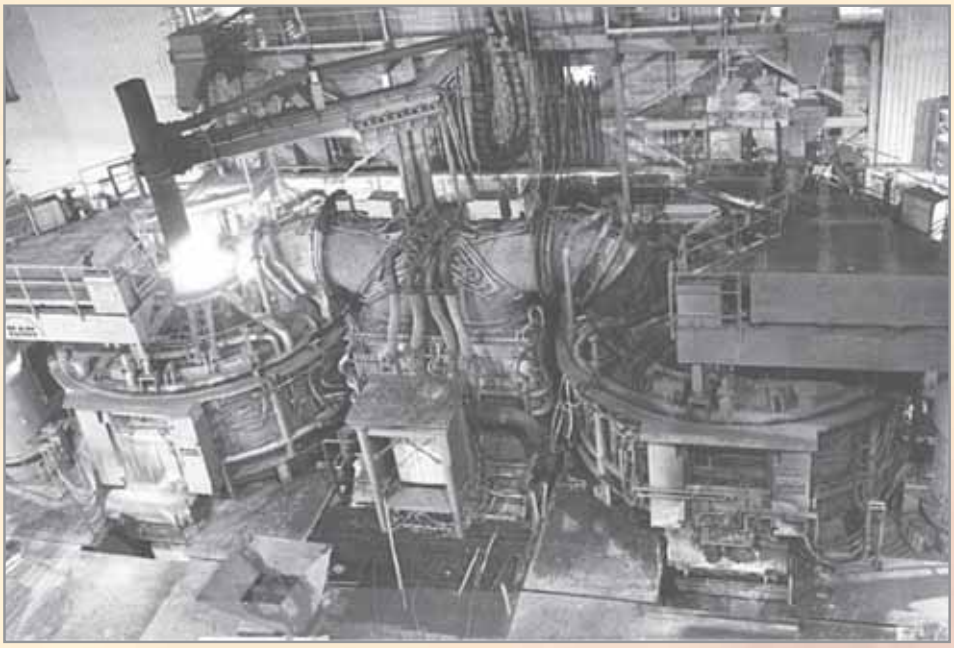
یکی از تکنولوژی‌های نسبتاً جدید که به نظر می‌آید توجه زیادی را به خود جلب کرده باشد کوره قوس الکتریکی دوقلو است. این تکنولوژی شبیه به پیش‌گرم قراضه سنتی است؛ با این تفاوت که پیش‌گرم قراضه به جای یک سبد قراضه، داخل یک پوسته کوره قرار می‌گیرد. فعالیت های اصلی در زمینه پیش‌گرم درون کوره ای قراضه در سوئد انجام شد؛ زمانی که کارخانه SKF تجهیزاتی را نصب کرد که یک منبع تغذیه تکی و دو پوسته کوره داشت. در اوایل دهه ۱۹۸۰ کارخانه فولاد نیپون[2] یک تکنولوژی دوقلویی برای تولید فولاد

1-Twin Shell EAF
2- Nippon Steel

زنـگ نـزن ایجـاد کـرد، کـه در شـکل ۸ نشـان داده شـده اسـت. در زمـان حاضـر، چندیـن تولیدکننـده کـوره در حـال تولیـد کوره‌هـای دو قلویـی هسـتند. هدف‌هـای کلیـدی یـک عملیـات دوقلویـی هماننـد دیگـر تکنولوژی‌هـای در حـال رشـد اسـت، بـا ایـن ویژگـی اضافـی کـه بـه خاطـر کـم کردن زمـان خاموشـی، زمان‌هـای چرخـه شـبیه بـه عملیات‌هـای BOF هسـتند. گاز احتـراق حاصـل از مشـعل در پوسـته دوم بـا گاز جانبـی حاصـل از پوسـته اول ترکیـب می‌شـود تـا دمـای ثابـت ۹۰۰ درجـه سـانتیگراد بـرای پیش‌گـرم مخـزن دوم ایجـاد کنـد. گاز خروجـی باقـی مانـده از دو پوسـته، بـرای پیش‌گـرم قراضـه در یـک سـبد قراضـه اسـتفاده می‌شـود. در ایـن شـرایط تـوان الکتریکـی خالـص ۲۶۰ کیلـووات سـاعت بـر هـر تـن گـزارش شـده اسـت کـه ۲۹ درصـد کمتـر از دو کـوره‌ای اسـت کـه جـای خـود را بـه کـوره دو قلـو داده‌انـد. چندیـن کـوره دوقلویـی در آمریـکای شـمالی در کارخانه‌هـای Nucor-و Steel Dynamics، Gallatin Steel، Tuscaloosa Steel Berkeley نصـب شـده‌اند (شـکل ۹).



شکل۸- نمای فنی کوره قوس الکتریکی دو قلویی DC در کارخانه فولاد نیپون



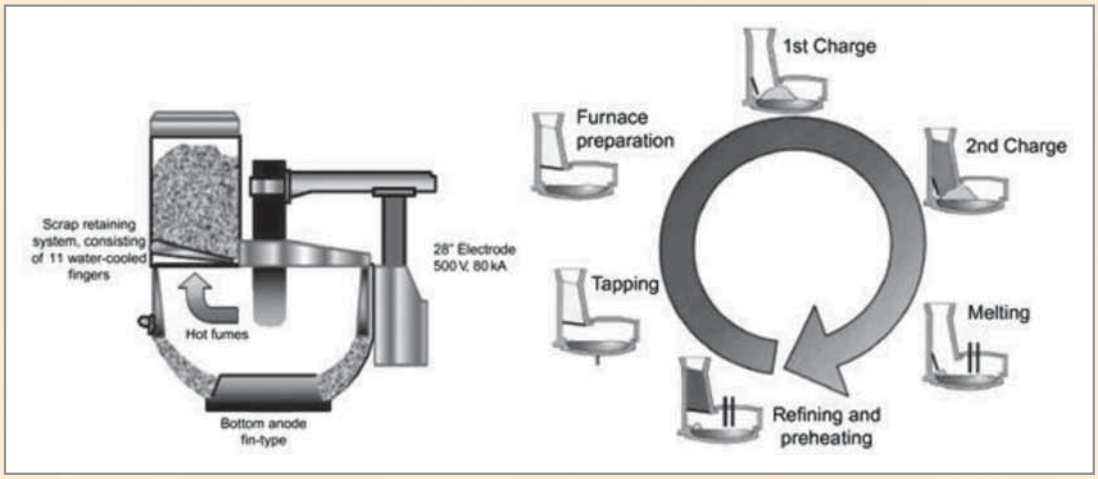
شکل۹- کوره دوقلویی در کارخانه Tuscaloosa Steel

۴- تکنولوژی‌های نسل جدید پیش‌گرمایش قراضه

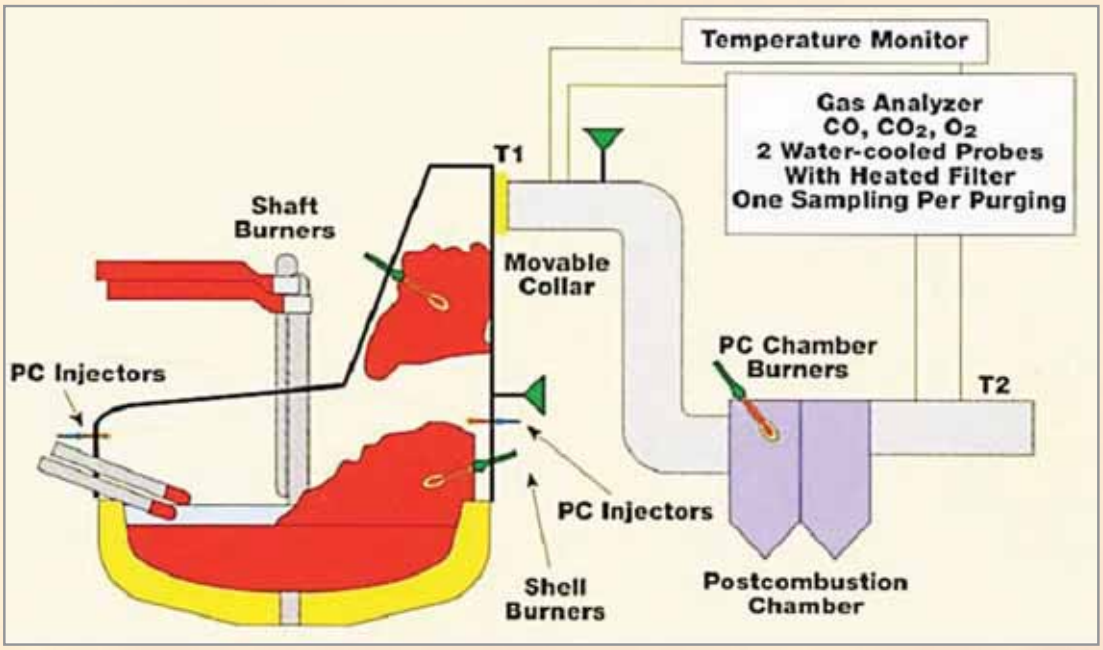
۴-۱- کوره‌های پیش‌گرم شافتی نسل جدید[1]

چهارمین نسل از تکنولوژی کوره‌های پیش‌گرمایش شافتی توسط Siemens VAI در ژانویه‌ی سال ۲۰۰۸ در Stahl Gerlafingen نصب و راه‌اندازی شد که در آن سیستم شارژ به کوره شافتی دارای بازدهی بالاتر بوده و پیش‌گرمایش قراضه نیز بهبود یافته است. در این تکنولوژی صرفه‌جویی میانگین در مصرف انرژی برای این سیستم در محدوده‌ی ۱۰۰ تا ۱۲۰ کیلووات ساعت به ازای هر تن فولاد خام (LS) قرار دارد. تمامی انتشارات ناشی از سیستم‌های پیش‌گرم کننده شارژ قراضه می‌توانند در یک اتاقک احتراق مجزا محترق شوند.

تا سال ۲۰۱۰ حدود ۲۳ کوره شافتی در حال فعالیت بودند (۱۹ کوره از نوع Fuchs و ۴ کوره از نوع Eco-arc). در شکل ۱۰ و ۱۱ طرحی از کوره شافتی نشان داده شده که سیکل شارژ و ذوب آن نیز مشخص شده است. در مدل ژاپنی کوره ی شافتی (Eco-arc by J.P. Plantech) فرایند شارژ به جای سبد شارژ قراضه به‌وسیله‌ی ماشین پرتاب کننده[2] انجام می‌شود. شافت وسیله‌ای برای نگهداری قراضه درون خود ندارد. عملیات تصفیه گازخروجی که شامل محفظه‌ی پس از احتراق است دیوکسین‌ها را تجزیه نموده و محفظه خنک‌کاری سریع نیز از سنتز مجدد آنها جلوگیری می‌کند (شکل ۱۲).

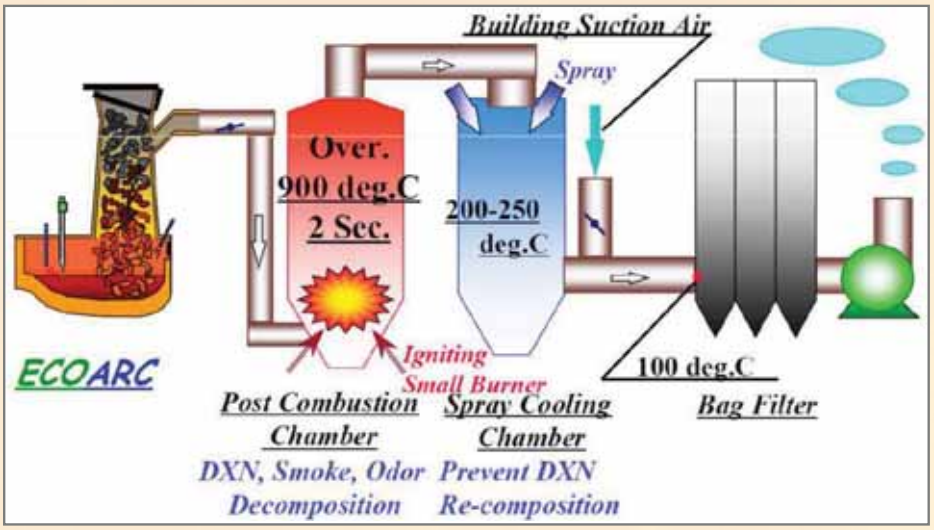


شکل ۱۰- طرحی از کوره شافتی جدید SIMETAL که سیکل شارژ و ذوب آن نیز مشخص شده است.



شکل ۱۱- طرحی از کوره‌ی شافتی SIMETAL

SIMETAL EAF Shaft / SMS Siemag Scrap Preheating
Skip car



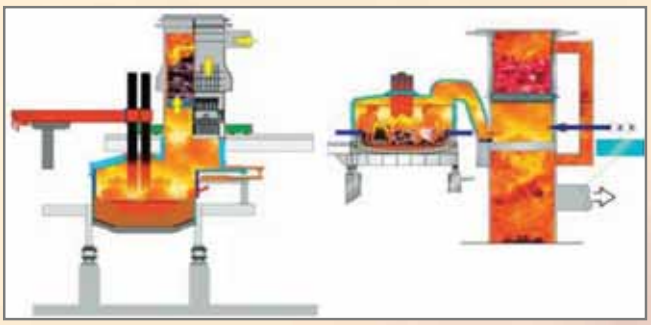
شکل۱۲- طرح نمادین تکنولوژی پیش‌گرم ECOARC

انواع دیگری از سیستم های پیش‌گرم قراضه در کوره‌های قوس الکتریکی نیز توسط شرکت SMS Siemag ابداع و در حال توسعه هستند. اسامی تجاری این تکنولوژی‌ها به شرح زیر هستند:

- تکنولوژی CIRCOARC[1] برای کوره های جریان مستقیم (سیستم پیش‌گرم مدور)
- تکنولوژی MSP بر اساس شافت پیش‌گرم در بالای کوره برای کوره‌های جریان مستقیم و متناوب
- تکنولوژی SSP بر اساس شافت پیش‌گرم در کنار کوره برای کوره‌های جریان مستقیم و متناوب

این تکنولوژی‌ها در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ نشان داده شده اند.

شکل۱۳- کوره قوس الکتریکی جریان مستقیم با تکنولوژی CIRCOARC



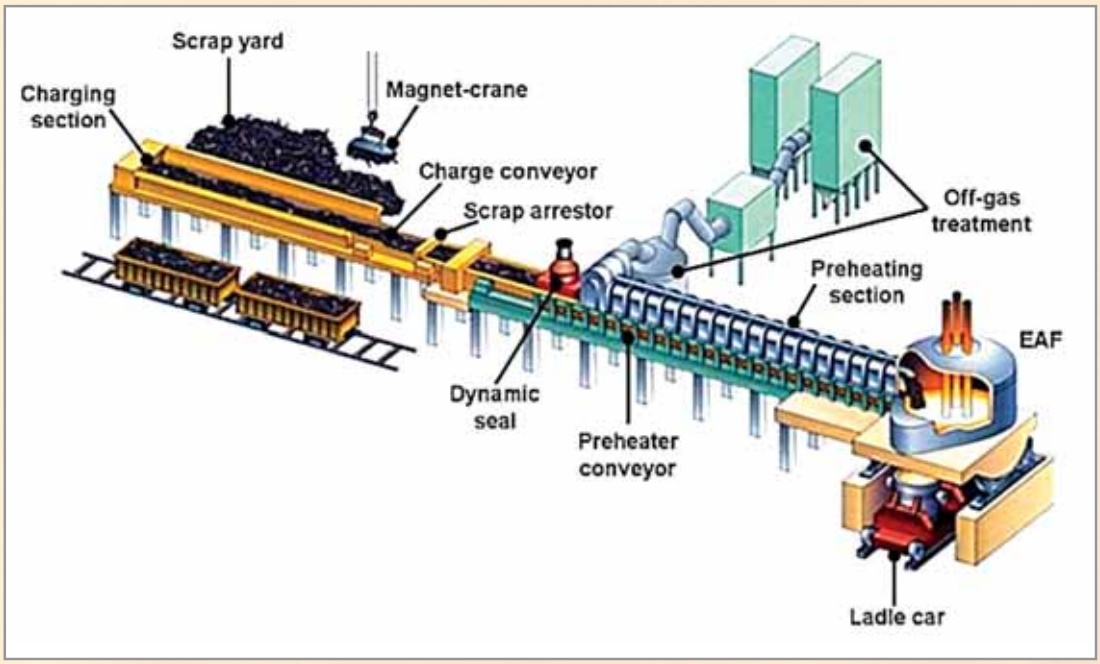
شکل۱۴- تکنولوژی پیش‌گرم قراضه شرکت SMS Siemag راست SSP و چپ MSP

1- Circular Scrap Preheating Chamber on Shell

۲-۴- شارژ پیوسته قراضه با سیستم پیش‌گرمایش در کوره تونلی[1]

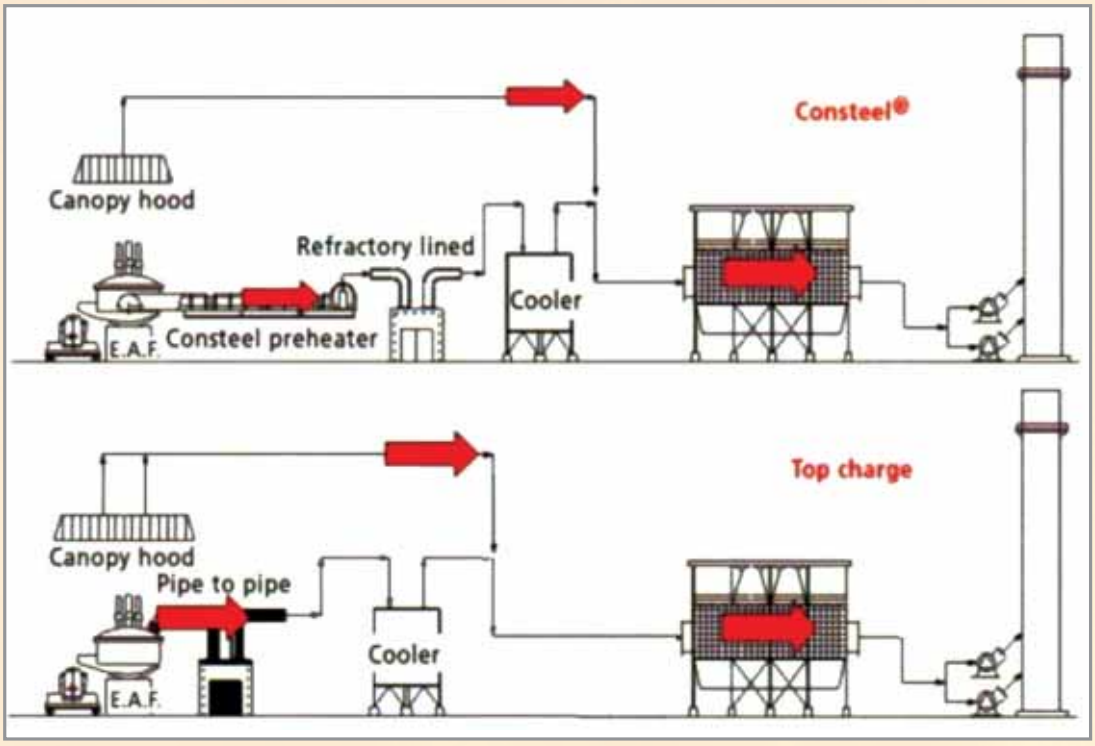
بعضی از فولادسازان مدل های خاصی از کوره‌های قوس الکتریکی را برای مصارف ویژه‌ی خود انتخاب می‌کنند. به‌طور مثال، شرکت‌های تولید فولاد دارای تولید آهن اسفنجی (مجتمع فولاد)، از شارژ پیوسته‌ی آهن اسفنجی سرد و گرم از طریق به اصطلاح دریچه‌ی پنجم[2] کوره قوس استفاده می‌کنند. در این راستا تکنولوژی CONSTEEL در ابتدا توسط شرکت Intersteel Technology Inc در شارلوت کارولینای شمالی در آمریکا توسعه پیدا کرد. شرکت‌هایی که مایل به بازیابی حرارتی گرمای گاز خروجی هستند می‌توانند از سیستم پیش‌گرم قراضه و شارژ پیوسته‌ی CONSTEEL استفاده کنند تا مقدار قابل توجهی از گرمای گاز خروجی را استفاده نمایند (شکل ۱۵) و یا از روش کوره‌های شافتی استفاده کنند تا از این انرژی بهره‌مند شوند (در بالا توضیح داده شد). دراین فرایند قراضه به داخل یک تونل بلند پیش‌گرم وارد می‌شود که در آنجا در حین حرکت و تماس با گاز خروجی به درون کوره شارژ می‌گردد.

از سال ۲۰۰۰ پیش‌گرمایش و شارژ پیوسته‌ی قراضه با استفاده از تکنولوژی CONSTEEL بسیار رایج شده است. تا سال ۲۰۱۱ در حدود ۴۵ کوره قوس CONSTEEL ساخته شده و ۳۵ کوره در حال کار و تعدادی هم در حال ساخت بودند. در دهه‌های گذشته تاکید بر افزایش تولید، بیشتر از بازیابی انرژی بوده است و به همین دلیل کوره‌های قوس بزرگ در آسیا ساخته و نصب



شکل۱۵- طرح نمادین تکنولوژی CONSTEEL

1- CONSTEEL Process
2- Fifth hole



شکل ۱۶- مقایسه سیستم های عملیات خنک کاری گاز خروجی کوره قوس معمولی با تکنولوژی CONSTEEL

شدند. قراضه با استفاده از جرثقیل‌هایی بر روی یک نوار نقاله‌ی ویژه شارژ می‌گردد. در بخش پیش‌گرم، شارژ بوسیله‌ی گازهای خروجی از کوره گرم می‌شود. جریان قراضه به توان ورودی کوره قوس بستگی دارد. شارژ با استفاده از غوطه‌وری در یک استخر مذاب ذوب می‌گردد و توسط انرژی تولیدی از قوس‌های الکتریکی و واکنش-های شیمیایی که در مذاب اتفاق می‌افتد، گرم می‌شود. این بر خلاف مکانیزم ذوب در کوره‌های قوس سنتی است که شارژ از بالا صورت می‌گرفت و ذوب شدن از طریق انتقال حرارت مستقیم از قوس الکتریکی انجام می‌شد. حوضچه مذاب نیز همواره با استفاده از یک سربارهٔ پفکی شکل پوشیده شده که بطور پیوسته با کنترل کربن و تزریق اکسیژن ادامه می‌یابد. اگرچه بازیابی انرژی از طریق پیش‌گرمایش بسیار چشمگیر است اما بیشترین مزیت این نوع کوره در عملکرد حوضچه‌ی مسطح مذاب آن است. در این کوره‌ها سعی شده تا یک حوضچه مسطح بزرگ مذاب با سطحی آرام و یکنواخت ایجاد شود که حتی می‌تواند تا ۵۰ درصد از وزن مذاب کوره را داشته باشد و همچنین به خاطر تخلیه از کف، انتقال حرارت از مذاب به فولاد جامد انجام شود. در این حالت مکانیزم تشعشع حرارتی از الکترودها به قراضه‌های اطراف آن‌ها وجود ندارد. خلاصه‌ای از مزایای این تکنولوژی به این شرح است: افزایش نرخ تولید تا میزان ۳۳٪ کاهش مصرف الکترود تا میزان ۴۰٪ کاهش انتشارات غباری تا حدود ۳۰٪ صرفه جویی در مصرف الکتریسیته تا میزان ۸۰ kWh/t و بیشتر، کاهش نوسانات و اختلال در توزیع الکتریسیته در شبکه، استفاده‌ی کمتر از قراضه و عدم مصرف سوخت، ۲-۱ ٪ افزایش در بازدهی قراضه.

تکنولوژی CONSTEEL هم در کارخانه‌های جدید و هم در کارخانه‌های موجود قابلیت کاربرد دارد. در کارخانه‌های موجود لازم است که شرایط محلی مربوط به در دسترس بودن فضا و محدودیت‌ها برای نصب نوار نقاله و محل نگهداری قراضه‌ها در نظر گرفته شوند که گاهی اوقات ممکن است از تأسیس چنین سیستمی جلوگیری نماید. سیستم‌های پیش‌گرم قراضه نیازی به طبقه بندی قراضه‌ها با اندازه‌ی خاص ندارند. میزان عملیات زیربنایی و ساختاری برای ایجاد این تکنولوژی در مقایسه با سیستم پیش‌گرم قراضه با سبد یکسان می‌باشد. در سال‌های اخیر گزارش‌هایی در مورد امکان استفاده از سیستم پیش‌گرم و شارژ تونلی CONSTEEL برای شارژ آهن اسفنجی یا DRI هم ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که استفاده از این سیستم برای شارژ آهن اسفنجی موجب بهبود عملکرد کوره قوس از نظر مصرف انرژی و بهبود بهره‌وری شده است.

۵- جمع بندی

به طور کلی تولید فولاد خام به روش ذوب قراضه در

کوره‌های قوس الکتریکی (که مهمترین فرایند بازیافت پسماندهای آهن دار نیز به حساب می‌آیند) در مقایسه با تولید فولاد خام از سنگ آهن به خصوص به روش کوره بلند - کنورتور نیازمند انرژی بسیار کمتر و همچنین منتشر کننده آلایندگی کمتری می باشد. بنابراین در کشورهایی که دارای نرخ تولید قراضه خوبی هستند و نیز مقید به حفظ محیط زیست و کاهش انتشارات و آلایندگی‌ها می‌باشند این روش تولید فولاد بسیار فراگیر و پرکاربرد است. تکنولوژی‌های مختلف پیش‌گرم مواد شارژ و خصوصاً قراضه در کوره‌های قوس الکتریکی در دهه‌های اخیر رشد و توسعه روز افزونی داشته‌اند. مهمترین دلایل رویکرد به استفاده از این تکنولوژی‌ها شامل کاهش میزان مصرف کل انرژی برای تولید هر تن فولاد مذاب در این کوره‌ها و در نتیجه کاهش انتشارات گازی و آلایندگی محیط زیست و همچنین بهبود بهره‌وری این کوره‌ها می‌باشد. این تکنولوژی‌ها مخصوصاً در مناطق و کشورهایی که با هزینه‌های نسبتا بالای انرژی برق و دیگر انرژی‌ها درگیر هستند و یا مقید به تولید با رعایت استانداردهای زیست محیطی بالایی می‌باشند، با استقبال بیشتری روبرو شده است. تاکنون تکنولوژی‌های مختلفی برای پیش‌گرم قراضه در کوره‌های قوس الکتریکی در قالب نسل‌های مختلف معرفی شده و اثرات آن‌ها در کوره‌های ذوب صنعتی مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

مراجع

1. World steel in figures 2017, World Steel Association, www.worldsteel.org

2. Global steel 2014 Planning to profit from opportunity: preparing for future demand, Global Mining & Metals, ey.com/miningmetals

3. Industry as a partner for sustainable development, Iron and Steel, International Iron and Steel Institute (IISI), 2002 International Iron and Steel Institute and United Nations Environment Programme

4. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Iron and Steel Production, Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control), European IPPC Bureau, European Union 2013

5. Sustainable Steelmaking, Meeting today's challenges,Forging tomorrows's solutions, The Boston Consulting Group (BCG), 2009

6. An Introduction to Modern Steel Making, Tupkary, 2005, Khanna Publisher

7. Steel Making, Chakrabarti, 2010, PHI Publisher

8. Extractive Metallurgy, Processing Operations and Routes, Vignes, 2006, Wiley

9. The State–of-the-Art Clean Technologies (SOACT) for Steelmaking Handbook (2nd Edition), Asia Pacific Partnership for Clean Development and Climate, 2010

10. Emerging Energy-efficiency and Carbon Dioxide Emissions-reduction Technologies for the Iron and Steel Industry, Ernest Orlando Lawrence Berkeley national laboratory, 2013

11. The Making, Shaping and Treating of Steel, 11th ed., The AISE Steel Foundation, Pittsburgh, PA., 1998

12. An introduction to iron and steel processing, Kawasaki Steel Foundation, http://www.jfe-21st-cf.or.jp

13. Treatise on process metallurgy, Vol. 3, Industrial Processes, Part A, 2014 Elsevier Ltd

14. Metallics for Steelmaking: Production and Use, Chatterjee, Singh, Pandey, 2001, Allied Publisher

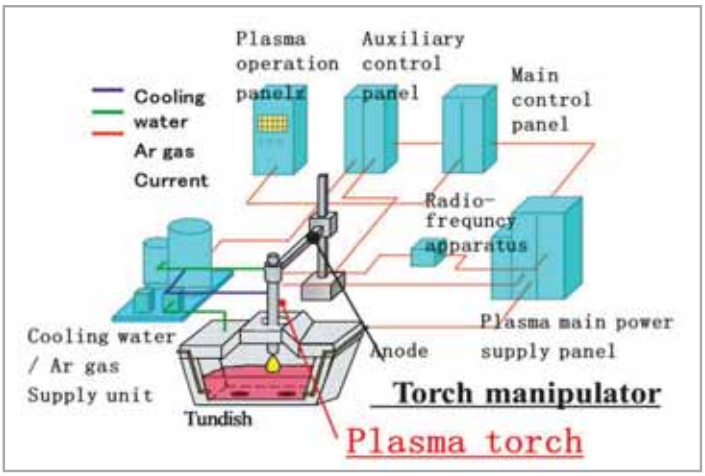
15. Innovation in Electric Arc Furnaces, Yuri N. Toulouevski · Ilyaz Y. Zinurov, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010

تحقیق و توسعه در حوزه آهن و فولاد

۴۶
شماره چهل و پنجم ، سال ۱۳۹۷

فناوری شعله پلاسما در تاندیش

در سال‌های اخیر شرکت فولادسازی Nippon Steel ژاپن با توجه به افزایش میزان تقاضا به‌منظور افزایش بهره‌وری تولید و کیفیت محصولات فولادی، استفاده از فناوری گرمایش تاندیش با پلاسما (Tundish Plasma Heater–NS–TPH) را پیشنهاد داده است. به معنای دیگر NS–TPH ابزاری است که به ذوب داخل تاندیش از طریق تولید قوس پلاسما بین مذاب و مشعل پلاسما که بالای تاندیش قرار دارد، گرما می‌بخشد. این فرایند باعث می‌شود که ذوب در ماشین ریخته‌گری پیوسته در یک دمای ثابت کنترل شود. علاوه بر این، منجر به رسیدن به یک انجماد پایدار در سیستم می‌شود. بنابراین کیفیت شمش یا تختال به‌صورت پایدار کنترل خواهد شد. این قابلیت کنترل دمای مذاب، باعث افزایش کیفیت محصول فولادی در اثر کاهش جدایش‌های مرکزی ناشی از حضور عیوب مربوط به ناخالصی‌های غیرفلزی می‌شود. همچنین استفاده از فناوری NS–TPH باعث افزایش سرعت ریخته‌گری پیوسته در مقایسه با ریخته‌گری پیوسته معمولی خواهد شد؛ چراکه گرمایش ذوب در تاندیش منجر به این می‌شود که ذوب در LF و یا EAF زمان کم‌تری را سپری کند. به بیان دیگر در سیستم‌های ریخته‌گری پیوسته معمول به‌منظور این‌که سیلان مذاب، کافی باشد، باید مذاب آماده‌شده به مدت زمان کافی در LF حرارت‌دهی شود و سپس در تاندیش ریخته شود. این در صورتی است که فناوری NS–TPH زمان ماند ذوب را در LF یا EAF به‌شدت کاهش می‌دهد. کاهش دمای ریختن ذوب از پاتیل به تاندیش منجر به کاهش هزینه‌های تولید فولاد نیز خواهد شد. از این فناوری می‌توان با سرمایه اندک و تجهیزات در دسترس بهره‌برداری کرد. در سال‌های اخیر برخی از شرکت‌هایی مانند Qingdao Special Steel چین، Tianjin Rockcheck Steel Group چین و Kotobuki Steel Industries ژاپن واحد ریخته‌گری پیوسته خودشان را به سیستم NS–TPH مجهز کرده‌اند. در شکل زیر شماتیکی از فرایند مذکور نشان داده شده است.



اندازه‌گیری دقیق هم‌زمان ضخامت و عرض محصولات تخت با استفاده از سنسورهای خطی لیزری

مقدمه

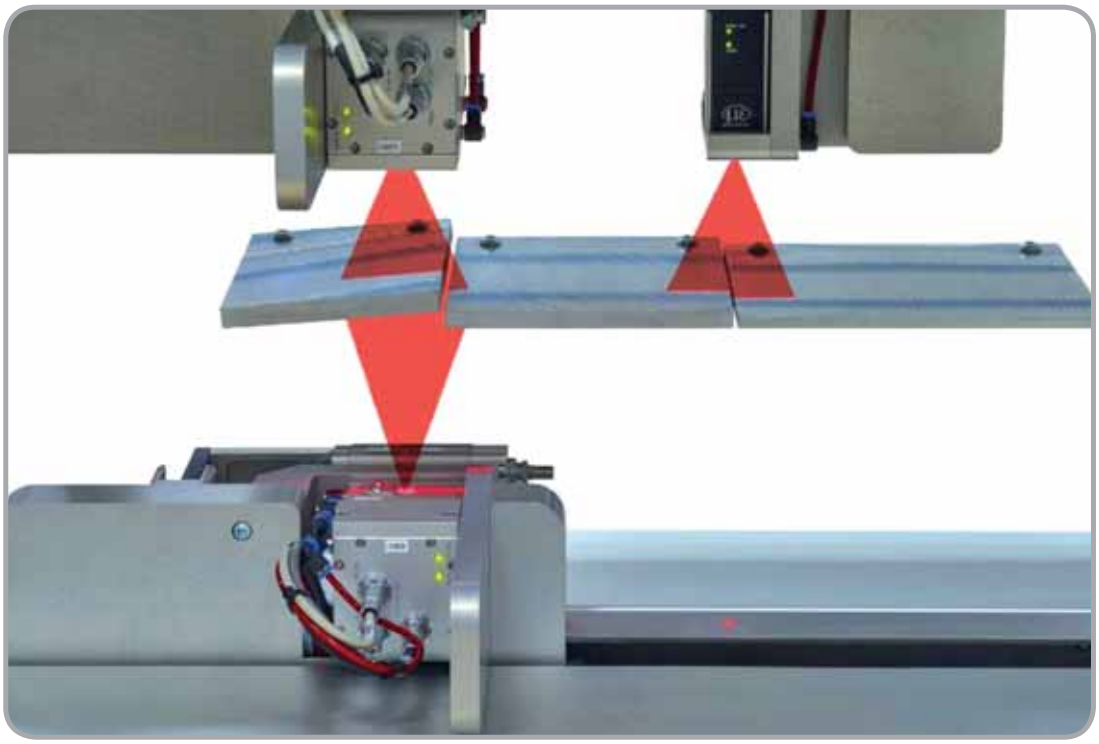
در تولید اسلب‌ها یا تختال‌ها، ورق‌های فلزی و کویل‌ها ضخامت و عرض پارامترهای مهمی هستند؛ چراکه این ابعاد برای کاربردهای پایین‌دستی در فرایندهای بعدی ضروری‌اند. درواقع انحراف محصول از ابعاد مطلوب هزینه‌های زیادی به تولیدکننده تحمیل می‌کند. بر این اساس، باید بر فرایند تولید نظارت بسیار دقیقی صورت گیرد که امروزه این امر با استفاده از سنسورهای خطی لیزری قابل‌دست‌یابی است.

امروزه، بازار تولید فولاد و محصولات مرتبط تبدیل به یک مبارزه سخت شده است که در آن رقابت بسیار سنگین است. بنابراین، تولیدکنندگان فولاد با چالش‌های مختلفی مواجه هستند تا در رقابت باقی بمانند. الزامات فرایند تولید به‌طور فزاینده‌ای سخت‌تر شده است. استفاده از مواد اولیه باید بهینه شود و استانداردهای بسیاری هست که رعایت محدودیت‌های مختلف را الزامی می‌کند. برای رعایت تمام شرایط، مقررات، پارامترها و استانداردها و برای حصول دقت در اندازه‌گیری، ابزار اندازه‌گیری مناسب تنها راه‌حل منطقی و اقتصادی است. این ابزار به‌عنوان واحدهای کنترل پایدار، قابل‌اعتماد و دقیق در فرایند تولید عمل می‌کنند. در هر دو فرایند نورد گرم و سرد، انحراف از ابعاد مشخص‌شده اغلب در آغاز زنجیرهٔ تولید رخ می‌دهد. اگر مقدار ضخامت نوسان داشته باشد و ضخامت یا عرض از مقادیر اسمی آن‌ها انحراف داشته باشد، نه‌تنها هزینه‌های تولید و ضایعات مواد غیرقابل‌قبول است، بلکه نتیجهٔ آن ممکن است بدتر شدن کیفیت باشد که در میان سایر موارد باعث بروز مشکلاتی در فرایندهای بعدی تولید می‌شود و در نهایت منجر به شکایات و زیان‌های عظیم مالی می‌گردد.

مقایسهٔ روش‌های اندازه‌گیری

مکانیسم‌های اندازه‌گیری ضخامت فلزات شامل سه روش اصلی یا اساسی است که در ادامه توضیح داده خواهند شد :

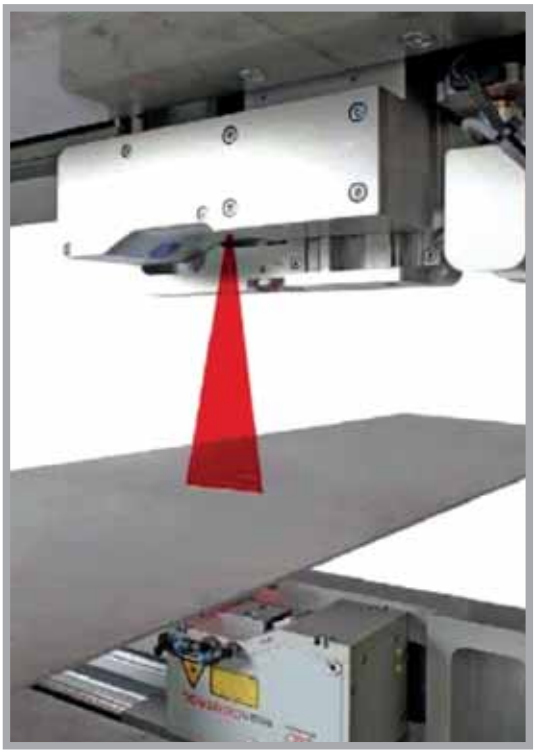
اولین مورد، روش تماس است که در آن، ترجیحا ابزار



اندازه‌گیری یکی در بالا و دیگری در زیر استفاده می‌شود. به دلیل تماس الزامی در طول اندازه‌گیری، این دستگاه‌ها اغلب سریع‌تر دچار سایش می‌شوند و بنابراین در هنگام تولید مشکل ایجاد می‌کنند. علاوه بر این، اندازه‌گیری‌ها تنها در نقاط خاصی انجام می‌شوند، به‌طوری که فقط اطلاعات تقریبی در مورد تغییرات ضخامت به دست می‌آید.

روش‌های رادیومتریک با اشعهٔ ایزوتوپ یا یک منبع اشعهٔ ایکس کار می‌کنند و این اشعه‌ها توسط خود ورق خنثی می‌شوند. در این مورد، اشعهٔ تابشی توسط فرستنده ارسال و سپس توسط دریافت‌کننده دریافت می‌شود، و از تفاوت بین تابش منتشرشده و دریافت شده ضخامت متوسط تعیین می‌شود. بسته به نوع آلیاژ و شرایط مواد، این روش می‌تواند به‌طور نسبی قابل‌اعتماد باشد. همچنین، نیاز به محافظت از تابش و آزمایش‌های متداول ایمنی وجود دارد که البته هزینه‌های زیادی ایجاد می‌کند.

روش‌های نوری بر اساس سه‌بعدی‌سازی نور لیزر در مقایسه با روش‌های دیگر مزایایی دارند. آن‌ها بدون تماس و درنتیجه بدون سایش اندازه‌گیری می‌کنند. علاوه بر این، مستقل از شرایط مواد، اندازه‌گیری هندسی سطح ورق به‌طور دقیق انجام می‌شود. در آخرین نسل از دستگاه‌های اندازه‌گیری ضخامت از سنسورهای خطی لیزر Micro-Epsilon (سنسورهای پروفیل) استفاده می‌شود که مزایای بیشتری دارند. در طول فرایند تولید ورق سرد، حرکات عمودی ورق بسیار اتفاق می‌افتد؛ به‌عنوان مثال در دستگاه‌های برش طولی، به‌علت نیروی اعمالی تیغه‌ها بر ورق این امر رخ می‌دهد. سنسورهای نقطه‌ای لیزری در برابر این محدودیت‌ها قرار می‌گیرند. تراکم بیشتر اطلاعات تولیدشده توسط یک حسگر پروفیل، مزایای آن را نشان می‌دهد. در سنسور پروفیل، لیزر نقطه‌ای به یک خط گسترش می‌یابد. اندازه‌گیری از «بهترین خط فیت‌شده» از میان ابر نقاط تولیدشده توسط سنسور به دست می‌آید. در نتیجه، نسبت فاصله به‌وضوح در قیاس با سنسور نقطه‌ای بیشتر است؛ چراکه تغییرات خط مذکور بر اساس درون‌یابی نقاط بسیار زیاد اندازه‌گیری‌شده محاسبه می‌شود. در اصل، مقادیر اندازه‌گیری بیشتری در یک منطقهٔ بزرگ‌تر در دسترس است که به‌طور متوسط امکان دقت بیشتری را فراهم می‌کند. به‌طور خلاصه، با توجه به بهترین خط فیت‌شده، این ویژگی بهبود یافته است؛ به‌طوری که در نهایت سنسور خطی در فاصلهٔ بیشتر، اندازه‌گیری بهتری نسبت‌به سنسور نقطه‌ای فراهم می‌آورد. با توجه به مطالب فوق، با اسکنرهای خطی، فاصلهٔ کاری ۱۹۰ میلی‌متری با محدودهٔ اندازه‌گیری ۴۰ میلی‌متر و دقت ۵ میکرون به دست می‌آید؛ درحالی‌که با سنسور نقطه‌ای در همان محدوده فقط می‌توان دقتی در حدود ۲۵ میکرون به دست آورد.

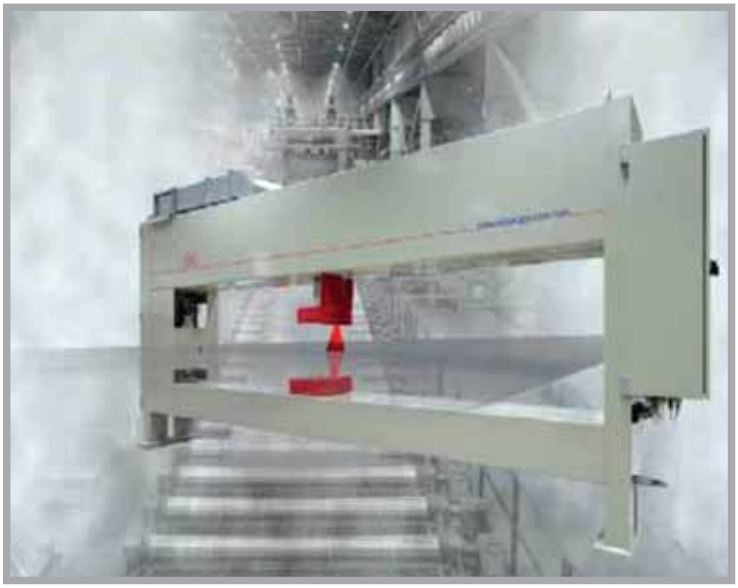


سیستم‌های اندازه‌گیری نصب‌شده در فریم‌های C و O

برای اندازه‌گیری ضخامت نسبی با سنسورهای فاصله‌ای، یک سنسور دائمی و ثابت، حیاتی است. در این زمینه دو نوع طراحی متفاوت استفاده می‌شود که به‌لحاظ شکل آن‌ها، فریم‌های شکل C و O نامیده می‌شوند.

در فریم C، سنسورها به‌طور ثابت بر روی بازوهای بالا و پایین نصب می‌شوند و کل قاب برای رسیدن به موقعیت اندازه‌گیری جابه‌جا می‌شود. فریم‌های C برای کاربردهایی شامل ورق‌های با عرض کم مناسب‌اند؛ زیرا با افزایش عرض ورق حساسیت به نوسان بازوی بالایی افزایش می‌یابد. برای کالیبراسیون قاب C، در حین تعویض کویل، یک قطعه اصلی به‌طور خودکار به داخل گپ اندازه‌گیری وارد می‌شود و بنابراین سیستم را برای اندازه‌گیری‌های جدید بالانس و کالیبره می‌کند. مزیت فریم C این است که در شرایط پیچیده یا در شرایط خطرناک به علت اثرات نامناسب اسکی (انحنای ورق به سمت بالا در یک طرف) یا اثر تماسی (انحنای ورق به سمت بالا و پایین) در ورق، فریم C به‌راحتی قابل جدا شدن از خط تولید است. بااین‌حال، فضای مناسبی برای حرکت موردنیاز است که در منطقهٔ عملیاتی به‌سختی در دسترس است.

در اینجا فریم O گزینه‌ای بهتر و از نظر سازه کم‌حجم‌تراست. دقیقا به دلیل گپ اندازه‌گیری ثابت، که معیار تعیین‌کنندهٔ دقت چنین واحدهایی است، فریم O مزایای بیشتری دارد. طراحی این نسخه بر اساس یک قاب پایدار است که درون خط تولید یکپارچه شده است. با توجه به قاب سفت و صلب، ورق‌هایی را که تا ۴۰۰۰ میلی‌متر عرض دارند می‌توان از منظر ضخامت، پروفیل، عرض، و... بررسی کرد. این حالت همچنین دارای واحد کالیبراسیون خودکار است. در طول اندازه‌گیری، سیستم سنسور به‌طور مداوم از سراسر ورق فلزی عبور می‌کند و بنابراین داده‌های پروفیل را در کل عرض جمع‌آوری می‌کند.



اندازه‌گیری‌های دستگاه با فریم O بسیار دقیق است و به خاطر کم‌حجم بودن آن در محل‌هایی که محدودیت فضا وجود دارد به‌راحتی قابل‌نصب است.

فاصله اندازه‌گیری ثابت

به‌غیـراز فریـم O، داشـتن یـک فاصلـهٔ اندازه‌گیـری ثابـت نیـز پیش‌نیـاز اولیـه بـرای دسـتیابی بـه نتایـج دقیـق اسـت. در اینجـا، نظـارت و پایـش فاصلـهٔ اندازه‌گیـری بـا اسـتفاده از تکنولـوژی سنسـور اندازه‌گیـری جابه‌جایـی و یـا کالیبراسـیون مکـرر در زمان‌هـای غیرمهـم فراینـد، اهمیـت خـود را ثابـت کـرده اسـت. تغییـرات دمـا بـر ابعـاد سـازهٔ دسـتگاه و همچنیـن بـر فاصلـهٔ اندازه‌گیـری تأثیـر می‌گـذارد. بااین‌حـال، ایـن تغییـرات مرتبـط بـا دمـا اغلـب به‌آرامـی اتفـاق می‌افتـد و بـه همیـن دلیـل زمـان کافـی بـرای انجـام اقدامـات لازم بـدون ایجـاد اختـلال در فراینـد تولیـد وجـود دارد. در ایـن خصـوص، مفهـوم «سـازهٔ جبرانـی» کـه از طریـق میکـرو اپسـیلون ارائـه شـده اسـت بـه مـا کمـک می‌کنـد. بـرای ایـن هـدف یـک فریـم اضافـی و غیرقابـل تغییـر در اثـر دمـا در سیسـتم به‌مـوازات بازوهـای بـالا و پاییـن تعبیـه شـده اسـت و پشـتیبانی از هـر سنسـور اندازه‌گیـری بـا یک سنسـور جبـران صـورت می‌پذیـرد. ایـن سنسـورها فاصلـهٔ پشـتیبانی از سـازه یـا چارچـوب جبـران را تعییـن می‌کننـد. هـر تغییـر فاصلـهٔ اندازه‌گیـری بـه مقیـاس ۰ تـا ۱۰۰ یـا درصـد فاصلـه از سنسـورها از چارچـوب جبـران تبدیـل می‌شـود. بـه ایـن ترتیـب، تغییـر در فاصلـهٔ اندازه‌گیـری می‌توانـد از بیـن بـرود و فاصلـهٔ اندازه‌گیـری در سـطح ثابـت نگـه داشـته می‌شـود.

اندازه‌گیـری هم‌زمـان ضخامـت و عـرض در دسـتگاه‌های برشـی طولـی

بـا توجـه بـه رزولوشـن بـالای سنسـورهای خطـی، عـلاوه بـر اندازه‌گیـری ضخامـت، اندازه‌گیـری لبه‌هـای ورق می‌توانـد بسـیار دقیـق انجـام شـود. در دسـتگاه‌های برش‌هـای طولـی، امـکان تعییـن دقیـق پروفیـل عرضـی بـرای هریـک از برش‌ها به‌صـورت منحصربه‌فـرد فراهـم اسـت. بـرای روش‌هایـی بـا نقـاط اندازه‌گیـری زیـاد ایـن مسـئله بسـیار دشـوار اسـت. اگر ورق‌هـا باریـک باشـند، رزولوشـن جانبـی ایـن روش‌هـا اغلـب بـرای ایـن اندازه‌گیـری کافـی نیسـت. بـرای نوارهایـی کـه از ورق‌هـا بریـده شـده و بـه حداقـل تلرانـس بسـیار نزدیـک اسـت، بـا کمـک یـک واحـد اندازه‌گیـری ضخامـت بـر اسـاس اسـکنر پروفیـل، راندمـان حاصـل از یـک کویـل می‌توانـد افزایـش یابـد. نـوار تولیدشـده هنـوز هـم می‌توانـد در محـدودهٔ دقـت موردنظـر باشـد؛ درحالی‌کـه نوارهـای مجـاور آن ممکـن اسـت قابلیـت فروختـه شـدن را نداشـته باشـند یـا بخش‌هایـی از سـفارش موردنظـر تأییـد نشـود.

هنگامـی کـه فقـط یـک پروفیـل ضخامـت وجـود دارد کـه رزولوشـن جانبـی آن چنـدان دقیـق نیسـت، ممکـن اسـت یـک نـوار بـا ابعـاد قابل‌قبـول نیـاز بـه بازیافـت نداشـته باشـد.

امـکان تشـخیص لبه‌هـا نیـز امـکان اندازه‌گیـری دقیـق عـرض را فراهـم می‌کنـد. عـلاوه بـر سیسـتم سنسـور بـرای اندازه‌گیـری ضخامـت، سنسـور خطـی لیـزر سـوم می‌توانـد به‌صـورت مسـتقل در سیسـتم قـرار بگیـرد و اسـتفاده شـود. بنابرایـن، دو لبـهٔ نـوار یـا ورق می‌تواننـد به‌طـور هم‌زمـان تشـخیص داده شـوند و تغییـرات هیچ‌کـدام تأثیـری بـر نتیجهٔ اندازه‌گیـری نـدارد؛ درحالی‌کـه سیسـتم سنسـور ضخامـت به‌طـور پیوسـته در عـرض ورق به‌طـور کامـل حرکـت می‌کنـد، سنسـور عـرض در هـر مـورد در شـکاف بـرش بعـدی قـرار می‌گیـرد. به‌محـض این‌کـه هـر دو سنسـور لبه‌هـای ورق را شناسـایی کننـد، اندازه‌گیـری عـرض ورق انجـام می‌شـود.

اندازه‌گیری ضخامت ورق‌های چندلایه

کاربـرد دیگـری کـه بـرای سنسـورهای خطـی لیـزری پیش‌بینـی شـده اسـت، اندازه‌گیـری ضخامـت ورق‌هـای چندلایـه اسـت. روش‌هـای پرتـوی نفـوذی بـرای ایـن موضوع اسـتفاده نمی‌شـوند. به‌عنـوان مثـال، اگـر ورق چندلایـه متشـکل از ورق‌هـای بیرونـی و سـاختار وب در داخـل سـازه باشـد، روش‌هـای پرتـو فقـط کسـر مـواد را در شـکاف اندازه‌گیـری می‌کننـد و دقـت ابعـاد محصـول را نمی‌تواننـد تعییـن کننـد. اسـکنر لیـزری خطـی ابعـاد هندسـی ایـن ورق‌هـا را تعییـن می‌نمایـد و و موج‌هایـی را شناسـایی می‌کنـد کـه اطلاعاتـی در مـورد مشـکلات در هنـگام فراینـد را بـه دسـت می‌دهـد.

اندازه‌گیری ضخامت در فرایند نورد گرم

نـورد گـرم یـک چالـش ویـژه در زمینـهٔ اندازه‌گیـری ضخامـت اسـت؛ زیـرا دقـت اندازه‌گیـری از عوامـل مختلـف اثـر می‌پذیـرد. به‌عنـوان مثـال سـطوح نورانـی، داغ و سـرخ ورق، اندازه‌گیـری پایـدار را بـرای لیـزر قرمـز دچـار مشـکل می‌کنـد. بااین‌حـال، تجهیـز اختراع‌شـده توسـط میکـرو اپسـیلون کـه شـامل یـک لیـزر آبی اسـت، در مـواد درخشـان، قرمـز و داغ نتایـج بهتـری بـه دسـت می‌دهـد. یکـی دیگـر از عوامـل مهـم، درجـه حـرارت اسـت. دمـای مـوادی کـه بسـیار بیشـتر از ۱۰۰۰ درجـهٔ سـانتی‌گراد اسـت، بـر روی قـاب و چارچـوب سیسـتم تأثیـر می‌گـذارد. بـرای دسـت‌یابی بـه نتایـج قابل‌اطمینـان در ایـن محیـط، طراحـی قـاب بایـد در برابـر تغییـرات حرارتـی مقـاوم باشـد. دقـت اندازه‌گیـری بیـن دو فراینـد کالیبراسـیون باید در حد اسـتاندارد مشـخص شـده باشـد. عـلاوه بـر ایـن، خنک‌سـازی مناسـب بـرای اطمینـان از عملکـرد اجـزای الکترونیکـی مطابـق بـا مشـخصات حرارتی آن‌هـا ضـروری اسـت.

نسل جدید استندهای نورد سرد

نسل جدید استندهای نورد سرد توسط Primetals با عنوان Hyper UCM (Hyper Universal Crown Control Mill) طراحی شده است که قطر غلتک‌های کاری آن ۲۰ تا ۴۰ درصد کوچک‌تر از آنچه در استندهای معمولی UCM است. این موضوع باعث می‌شود کاهش ضخامت‌های بیشتری در فرایند نورد سرد امکان‌پذیر باشد که مخصوصا برای نورد سرد فولادهای پیشرفته با استحکام بالا، بسیار اهمیت دارد. کاهش اندازهٔ غلتک ازنظر کاربردی با ایجاد اسپیندل (spindle) با قطر کوچک‌تر و گشتاور بالاتر امکان‌پذیر است. در نتیجه این کاهش اندازه باعث صرفه‌جویی در هزینه‌های تعمیر و نگهداری شده است.

UCM معمولی

غلتک‌های قطر کوچک عمدتا به‌عنوان غلتک‌های پشتیبان در بخش نورد، در فاصله‌ای بیرون از عرض ورق قرار دارند. این موضوع باعث انحراف غلتک نورد شده و بنابراین صافی موردنظر در سطح ورق به دست نمی‌آید. در فرایند نورد معمولی با غلتک ۴ خطی روی ورق با عرض ۱۸۲۸ میلی‌متر (۷۲ اینچ)، نسبت قطر غلتک نورد به حداکثر عرض ورق در حدود ۰/۳۳ است. در UCM ۶ خطی، این نسبت با اضافه کردن غلتک‌های میانی متحرک که در جهت محور نورد، با توجه به عرض ورق حرکت می‌کنند، به حدود ۰/۲۵ کاهش یافته است. این تغییرات باعث می‌شود انحراف در حین نورد کاهش یابد و همچنین می‌توان زاویهٔ بین غلتک نورد و غلتک میانی را به حداکثر مقدار ممکن افزایش داد.

Hyper UCM

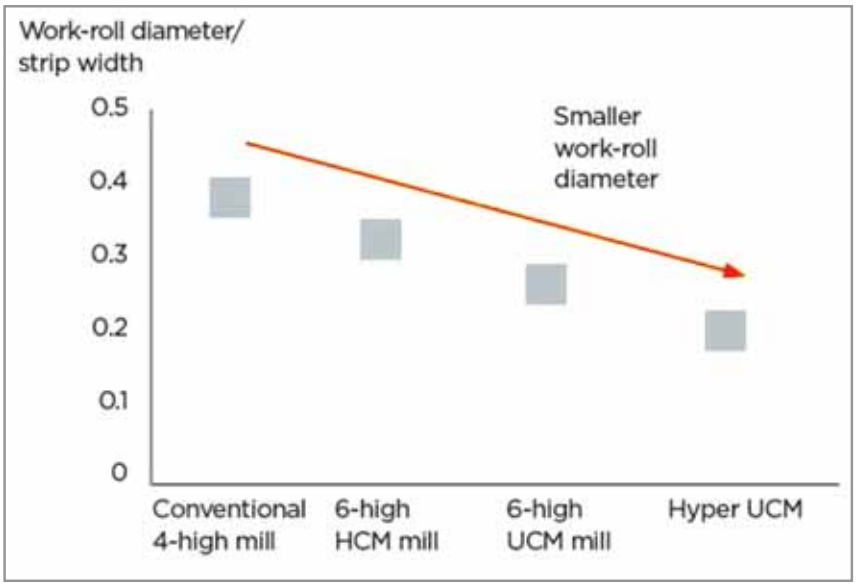
اگر با استفاده از غلتک‌های نورد با قطر کمتر، نسبت قطر غلتک نورد به حداکثر عرض ورق به کمتر از ۰/۲۵ کاهش یابد آنگاه در سیستم UCM معمولی یک غلتک میانی متحرک، به علت کافی نبودن قدرت اسپیندل با قطر کوچک‌تر - که لازمهٔ کاهش قطر غلتک نورد است- نیاز است. استفاده از غلتک میانی متحرک دو معضل عمده دارد: ۱) لغزش در بین غلتک نورد و غلتک میانی؛ ۲) کاهش صافی سطح ورق به‌واسطه انحراف ایجادشده در غلتک نورد به علت فشار غلتک‌های میانی. تحقیقات در مورد بهترین ترکیب از قطر غلتک‌ها نشان داده است که بیشترین کاهش ضخامت ورق را می‌توان با قطر غلتک نورد بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر برای سیستم UCM با حداکثر عرض ورق تقریبا بین ۱۵۰۰ و ۱۹۰۰ میلی‌متر به دست آورد. بنابراین، نسبت قطر غلتک نورد به حداکثر عرض ورق، برای ورق با عرض ۱۸۲۸ میلی‌متر (۷۲ اینچ)، در سیستم UCM در محدودهٔ ۰/۱۶ تا ۰/۲۱ قرار دارد که به معنی کاهش ۲۰ تا ۴۰ درصد در قطر غلتک نورد است. بنابراین، به علت قطر

کوچک‌تر، یک اسپیندل با قدرت بالاتر نیاز است. در Hyper UCM ساختار و مواد اسپیندل با بهینه‌سازی و طراحی به‌صورت قابل‌توجهی تقویت شده است تا بتواند گشتاور ۲/۷ برابر حداکثر گشتاور قابل‌تحمل توسط اسپیندل نوع متداول را تحمل کند.

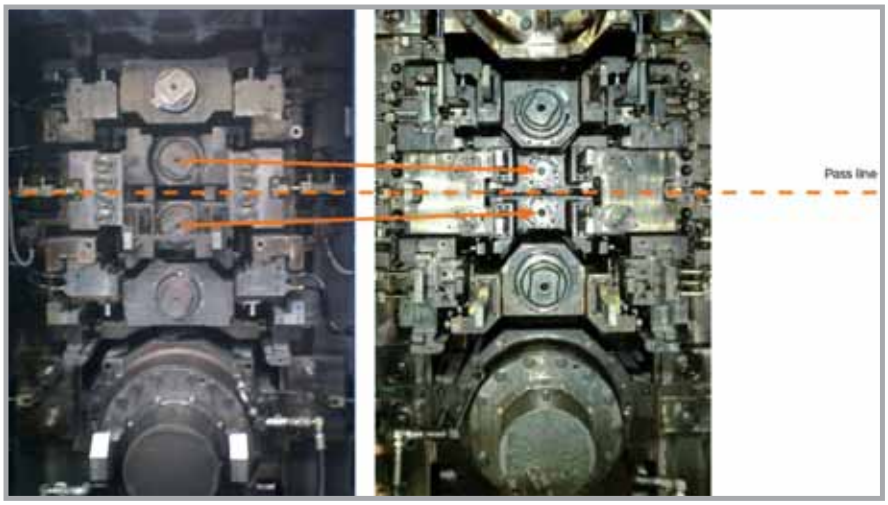
این نسل جدید UCM، با عنوان Hyper UCM نامیده می‌شود. قطر غلتک نورد، ۳۴۰ میلی‌متر (در مقایسه با ۴۷۵ میلی‌متر در UCM معمولی) است. هنگامی که در یک کارخانه UCM استاندارد با پنج استند در نظر گرفته می‌شود، اگر نیروی نورد به مقادیر مجاز در استند شمارهٔ ۱محدود باشد، برای رسیدن به حداکثر کاهش ضخامت، نیروی نورد در استند شمارهٔ ۵ از حداکثر حد مجاز بیشتر خواهد بود. این باعث می‌شود که نورد ناموفق انجام شود و بنابراین نیاز به نصب یک استند ششم برای رسیدن به کاهش ضخامت موردنظر وجود دارد؛ اما در مقایسه با حالت معمولی ، Hyper UCM قادر به رسیدن حداکثر مقدار کاهش ضخامت موردنظر با استفاده از پنج استند است.

به‌طور خلاصه می‌توان گفت که، با استفاده ازHyper UCM می‌توان مواد با استحکام بالا را با تعداد استندهای کمتر نورد کرد. این به معنی کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری، تعمیر و نگهداری در کارخانه‌های نورد سرد است؛ بنابراین، می‌توان بهره‌وری را با کاهش تعداد پاس‌های نورد موردنیاز برای رسیدن به ضخامت مطلوب نهایی بهبود بخشید.

Ref: www.primetals.com



مقایسه نسبت قطر غلتک نورد به حداکثر عرض ورق در فرایندهای مختلف.



مقایسه قطر غلتک نورد در UCM استاندارد و Hyper UCM.

فناوری فروشات (FerroShot) در تولید فولاد

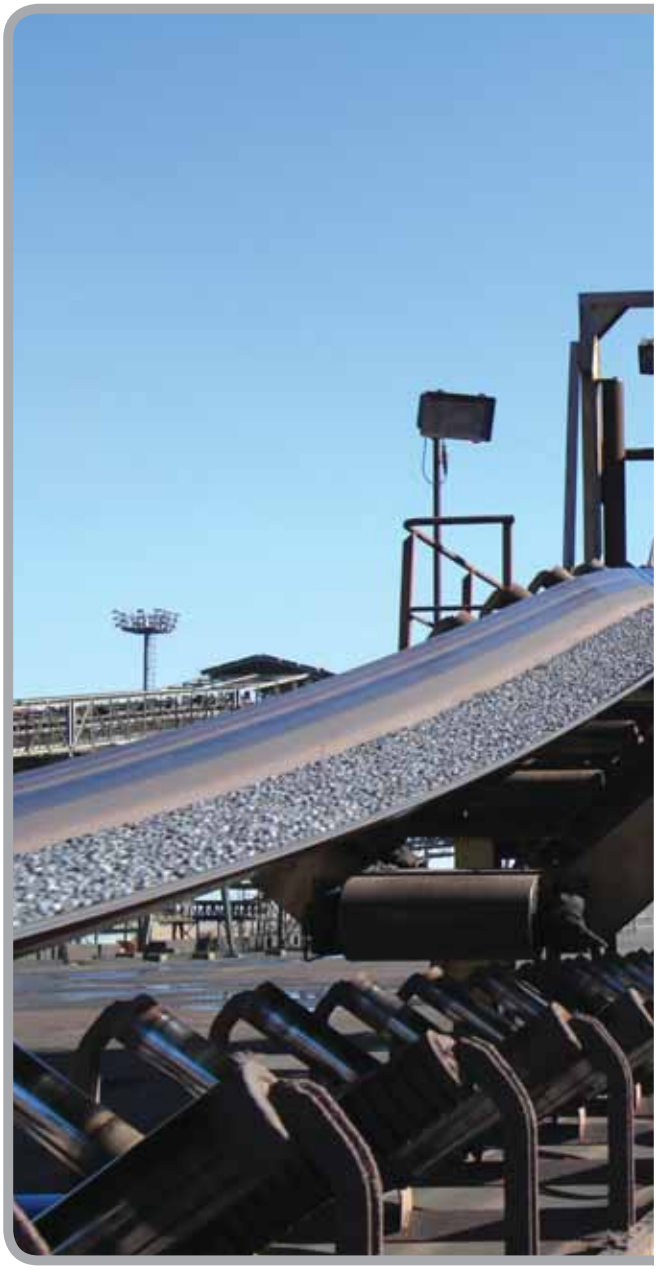
تولید فولاد در دنیا به دو روش صورت می‌پذیرد: یکی از روش کوره بلند (Blast Furnace) که به‌صورت صنعتی از اواسط قرن نوزدهم میلادی استفاده می‌شده و در حال حاضر ۷۰ درصد تولید فولاد جهان از این روش تولید می‌شود. روش جدیدتری که از قرن بیستم کاربرد آن فراگیر شده است و در حدود ۳۰ درصد فولاد جهان امروزه از این روش تولید می‌گردد، احیا مستقیم نام دارد که در آن با کوره قوس الکتریکی (Electric Arc Furnace) و به کار بردن آهن قراضه در کنار آهن اسفنجی فرایند احیا عملیاتی می‌شود. یکی از آخرین پیشرفت‌ها در زمینه فناوری تولید فولاد در گروه فولادسازی تاتا استیل (Tata Steel) صورت

گرفتـه اسـت. ایـن فنـاوری کـه بـا بهینه‌سـازی در کـوره بلنـد ایجـاد شـده اسـت، فروشـات نـام دارد. در فنـاوری فروشـات می‌تـوان به‌جـای اسـتفاده از آهـن اسـفنجی و یـا حتـی شـمش چـدن (Pig Iron) از فروشـات بـا درصـد بازیابـی ۹۸ درصـد فـولاد تولیـد کـرد.

فروشـات در واقـع قطـرات آهـن سـرد و جامدشـده در آب اسـت. عیـار آهـن فلـزی در فروشـات حـدود ۹۵ درصـد اسـت کـه از شـمش چـدن و آهـن اسـفنجی به‌مراتـب بالاتـر اسـت و همـراه بـا ۱/۲ درصـد سـیلیس بهتریـن خـوراک را بـرای کنورتورهـای فولادسـازی و همچنیـن کوره‌هـای قـوس الکتریـک فراهـم می‌کنـد. خـوراک ورودی فروشـات، سـنگ‌آهن هماتیـت ۶۴ درصـد اسـت. ادعـا شـده اسـت کـه بـا اسـتفاده از ایـن روش مقـدار تولیـد افزایـش پیـدا کـرده و هزینـهٔ تولیـد کاهـش می‌یابـد و همچنیـن آلودگی‌هـای ایجادشـده بـه مقـدار زیـادی کاهـش می‌یابـد.

اگـر عیـار سـنگ‌آهن ورودی بـه ۶۰ درصـد برسـد درصـد بازیابـی پاییـن می‌آیـد و نهایتـا فروشـات بـا عیـار حداقـل ۹۰ درصـد تولیـد می‌شـود. بـه علـت طبیعـت فروشـات، امـکان اسـتفاده از خـوراک ورودی کنسـانتره بـا دانه‌بنـدی زیـر ۱ میلی‌متـر امکان‌پذیـر نیسـت؛ ولـی گـروه فولادسـازی تاتـا اسـتیل در تـلاش بـرای حـل ایـن معضـل اسـت. دانه‌بنـدی فروشـات به‌صـورت درشـت‌دانه بـه ابعـاد ۸ تـا ۲۵ میلی‌متـر اسـت. بنابرایـن فروشـات محصـول منحصربه‌فـرد و انقـلاب جدیـد شـرکت تاتـا اسـتیل در تولیـد فـولاد اسـت. از دیگـر مزیت‌هـای آن قابلیـت اسـتفادهٔ هم‌زمـان در کنورتورهـای فولادسـازی، کـوره قـوس الکتریـک و کوره‌هـای کوچـک ریخته‌گـری اسـت. تولیـد تجـاری بـا اسـتفاده از ایـن فنـاوری نخسـتین بـار در مـاه مـارس ۲۰۱۶ در کارخانـه فـولاد تاتـا در یـک شـهرک صنعتـی در منطقـهٔ جیپـور واقـع در ایالـت اوریسـا هنـد صـورت گرفتـه اسـت.

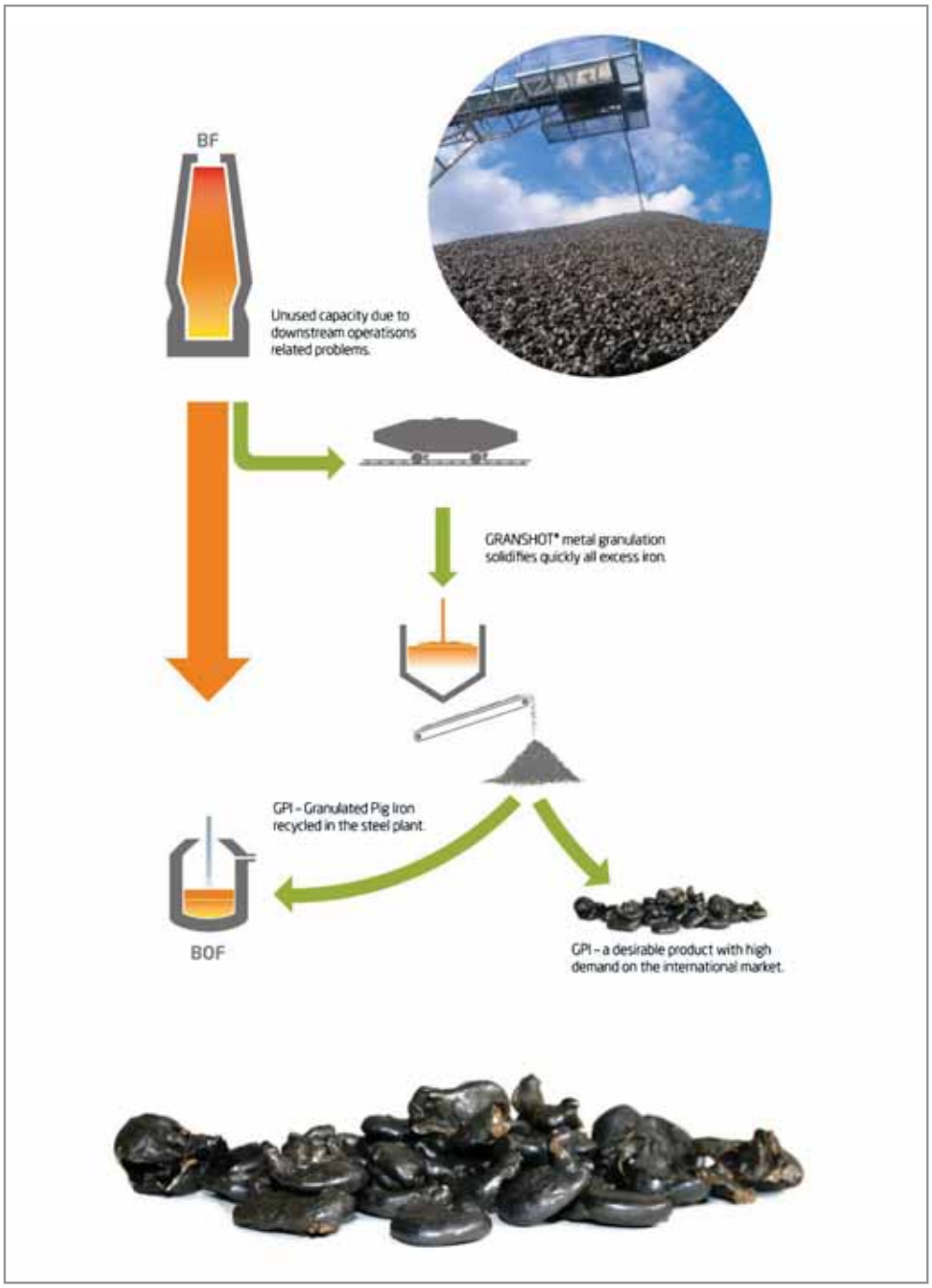
شـرکت تاتـا اسـتیل در ایـن کارخانـه اقـدام بـه نـوآوری بی‌نظیـر دیگـری هـم کـرده اسـت، بـا توجـه بـه این‌کـه در هنـد مقـدار تقاضـا بـرای کارخانه‌هـای تولیـد ورق گـرم بـرای همیشـه و تمـام فصـول نیسـت تاتـا اسـتیل در ایـن کارخانـه طـوری برنامه‌ریـزی کـرده اسـت کـه از همـان کـورهٔ تولیـد فـولاد بـرای ورق گـرم، بـرای تولیـد فروشـات نیـز اسـتفاده کنـد. کـورهٔ موردنظـر از نـوع کـوره بلنـد و یـا قـوس الکتریکـی بـا تـوان کمتـر از ۳۰۰ کیلـووات اسـت کـه ایـن خـود امتیـاز ویـژه به‌دلیـل انـرژی پاییـن موردنیـاز بـرای تولیـد فروشـات اسـت. بـه عبـارت دیگـر هنگامی‌کـه کارخانـهٔ مزبـور خـط تولیـد ورق گـرم را متوقـف می‌کنـد، بـا تغییـر کوچکـی اقـدام بـه تولیـد فروشـات می‌کنـد. همان‌طـور کـه فعـالان



بـازار فـولاد می‌داننـد، هنـد در افـق ۲۰۲۵ میـلادی (۱۴۰۴ شمسـی) قـرار اسـت تولیـد فـولاد خـود را از تنـاژ فعلـی ۸۰ میلیـون بـه ۳۰۰ میلیـون تـن برسـاند و بـه دومیـن فولادسـاز جهـان تبدیـل شـود.

یـک سـال پیـش هیچ‌کـس بـاور نمی‌کـرد هنـد بتوانـد در آن سـال بـه ایـن مقـام دسـت یابـد و حتـی چیـن نیـز بـا نـگاه تردیدآمیـز بـه ایـن ادعـای هنـد می‌نگریسـت؛ امـا بـه اعتقـاد کارشناسـان نه‌تنهـا ۳۰۰ میلیـون تـن فـولاد تولیـدی بـا فنـاوری فـوق قابـل دسـترس اسـت، بلکـه قیمـت تمام‌شـده فـولاد در هنـد به‌مراتـب پایین‌تـر از کشـورهای دیگـر و حتـی چیـن در ۹ سـال آینـده خواهـد بـود.

Ref: www.tata.com

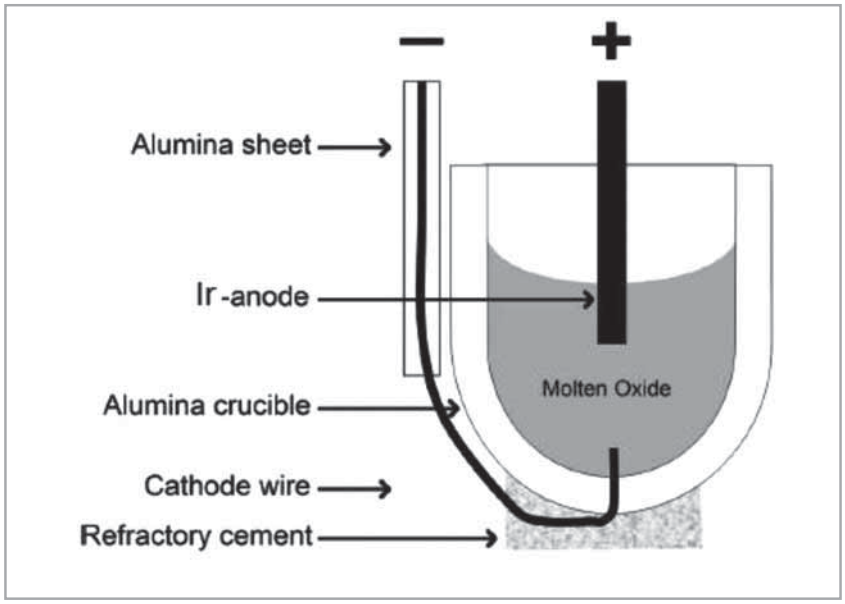


برنامه برون‌رفت از CO_2 در فرآیندهای تولید فولاد

اساساً انتشار گاز CO_2 ناشی از واحدهای صنعتی در اتمسفر، بزرگ‌ترین اثر خود را در تغییرات آب و هوایی زمین نشان می‌دهد. امروزه صنعت فولاد جهانی مسئول انتشار بیش از ۲ بیلیون تن در سال گاز CO_2 است. به همین منظور، صنعت فولاد آمریکا تحقیقات در مورد نسل جدید فناوری‌های آهن و فولاد را به سمت و سویی هدایت کرده است که باعث کاهش یا حذف کامل انتشار CO_2 شود و آن را برنامه برون رفت CO_2 نامیده است. موسسه آهن و فولاد آمریکایی (AISI) به این نتیجه رسیده است که این پروژه‌ها اساسا می‌توانند تغییر اساسی در مسیر تولید فولاد و استفاده از آن ایجاد کنند. با تصویب این برنامه امید است که در طی ۱۵ الی ۲۰ سال این موضوع اجرایی شود و توسعه یابد. در این رابطه برنامه فعلی دانشگاه MIT آمریکا بررسی تولید آهن توسط الکترولیز اکسید مذاب است، بطوریکه با استفاده از این تکنیک میزان انتشار CO_2 نزدیک به صفر خواهد رسید. الکترولیز، فرایند تجزیه یک محلول یا یک ترکیب مذاب با عبور دادن جریان الکتریکی از میان آن است. وقتی الکترولیت مذاب اکسید آهن تحت الکترولیز قرار می‌گیرد، یون‌ها یا اتم‌های آهن از اتم‌های اکسیژن جدا می‌شوند و به این ترتیب عناصری که در ترکیبات یونی حاضرند را می‌توان به وسیله الکترولیز جدا کرد. الکترولیت مذاب در تماس با دو هادی جامد به نام الکترودها است. در طول الکترولیز، یون‌های آهن به سمت الکترود کاتد حرکت می‌کنند و در آن جا الکترون می‌گیرند. همچنین یون‌های با بار منفی نیز به سمت الکترود آند حرکت می‌کنند و الکترون از دست می‌دهند. به منظور تولید آهن با خلوص بالا توسط روش الکترولیز از آند ایریدیم استفاده می شود. یکی از عیب‌های اصلی تولید آهن با این روش قیمت بسیار بالای آند ایریدیمی و محدود بودن منابع آن است. از طرفی باید دقت داشت که دمای ذوب اکسید آهن حدود ۱۶۰۰ درجه سانتی‌گراد است و اکسیژن سریع به فلز آند حمله می‌کند. به همین منظور پیشنهاد داده شده است که ایریدیم توسط یک فیلم نازک پوشش داده شود. این پوشش باید به قدری نازک باشد که جریان الکترون را به راحتی از خود عبور دهد و از طرفی باید آنقدر ضخیم باشد که مانع از حمله اکسیژن به فلز پایه شود.

$$\frac{1}{3}\,Fe_2O_3(s) \leftrightarrow Fe\,(l) + \frac{2}{3}\,O_2\,(g)$$

با توجه به اینکه حدود ۷۰ درصد از فولاد جهان توسط فرایند کوره بلند تولید می‌شود بنابراین یکی دیگر از موضوع‌های مهم در کشورهای تولیدکننده فولاد، کاهش میزان انتشار گاز CO۲ در کوره بلند توسط تکنولوژی فلش



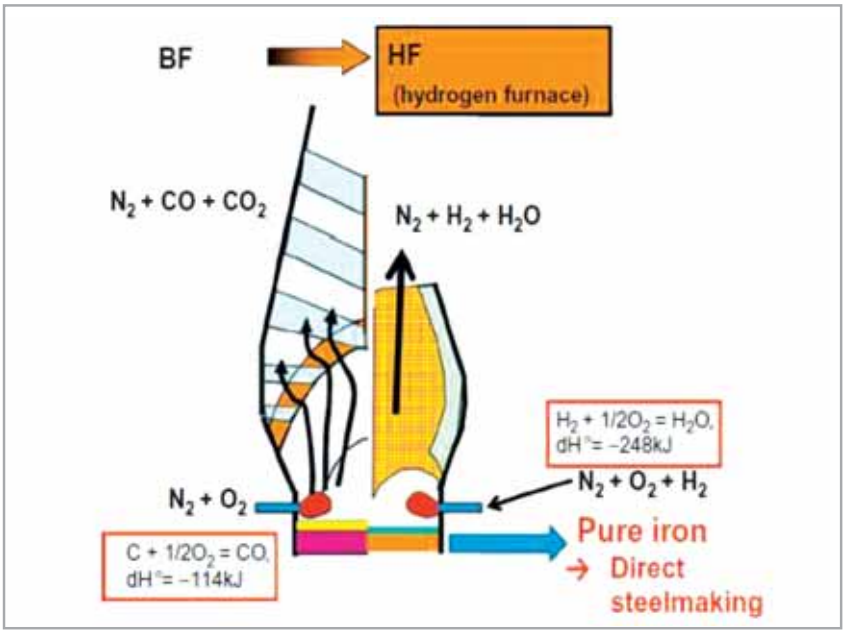
شکل ۱- تولید آهن توسط سیستم الکترولیز اکسید آهن مذاب

هیدروژنی است. از این فرایند نیز می‌توان در کوره میدرکس جهت تولید آهن اسفنجی بهره برد و مقدار انتشار گاز را کاهش داد. از این رو پروژه‌ی مطالعه تولید آهن توسط ذوب کردن فلش هیدروژنی (Hydrogen Flash Smelting) در یک کوره هیدروژنی از دیگر موضوعاتی است که در دستور کار دانشگاه Utah قرار گرفته است. در این رابطه مطالعات مربوط به امکان جایگزینی کربن مصرفی در کوره بلند توسط تزریق گاز هیدروژن در دست بررسی است.

مراجع:

1. J. Wiencke, H. Lavelaine, P.J Panteix, C. Petitjean and C. Rapin, Electrolysis of iron in a molten oxide electrolyte, Journal of Applied Electrochemistry (48) 2018, 115-126.

2. E. Kasai and T. Kawaguchi, Control of CO2 emission, Treatise on Process Metallurgy (3) 2014, 1563-1726.



شکل ۲- ایده جایگزینی کک مصرفی در کوره بلند با تزریق گاز هیدروژن

ربات LiquiRob

عمدتا صنعت رباتیک در ساخت خودرو کاربردهای بسیار مهمی دارد؛ اما صنعت فولاد نیز به‌دلیل وجود محیط خشن و پرخطر برای نیروی انسانی یکی دیگر از صنایعی است که به سمت توسعهٔ استفاده از ربات‌ها به‌ویژه در طول فرایند فولادسازی در حرکت است. به همین منظور شرکت زیمنس VAI که در زمینهٔ نوآوری در حوزه‌های مختلف فرایندها، فناوری و اتوماسیون در صنایع تولید فولاد در دنیا پیشرو است، اخیرا یک ربات سازگار با شرایط عملیاتی کورهٔ قوس الکتریکی راه‌اندازی کرده است. این ربات که SIMETAL LiquiRob نام‌گذاری شده است، قادر است در زمان بسیار کوتاه و خیلی سریع تمام مراحل مربوط به تهیهٔ نمونه و اندازه‌گیری دما به همراه جایگزینی کاتریج را به‌صورت کاملا خودکار انجام دهد. دو سال پیش، گروه Riva اولین تولیدکنندهٔ فولاد در جهان بود که از تکنولوژی LiquiRob زیمنس در EAF خود در Neuves-Maisons استفاده کرد و با بهره‌گیری از آن توانسته است عملیات نمونه‌گیری و اندازه‌گیری دما را با هدف افزایش تولید و تولید فولاد کیفی مدیریت کند. این موضوع علاوه بر این‌که به کنترل بهتر شرایط فرایندی کمک می‌کند می‌تواند جایگزین حضور انسان در محیط‌های خطرناک شود. عموما محیط‌های فولادسازی اولیه و ثانویه به‌دلیل وجود گرما و غبار فراوان مکان مناسبی برای حضور انسان نیست؛ بنابراین از این فناوری علاوه‌بر تهیهٔ ذوب در کورهٔ قوس، می‌توان در داخل کردن نازل اکسیژن در پاتیل، اندازه‌گیری میزان اکسیژن و هیدروژن ذوب در پاتیل و تاندیش نیز استفاده کرد. بنابراین می‌توان از قابلیت‌های این ربات در تمام مراحل فولادسازی، از تهیهٔ ذوب در کورهٔ قوس الکتریک تا تخلیهٔ مذاب از LF به تاندیش بهره برد و اپراتور را از آسیب‌های احتمالی تماس با ذوب یا هوای آلوده در امان نگه داشت. علاوه بر این کیفیت ذوب به‌واسطه کاهش خطای اپراتور با توجه به محیط کاری با دمای بالا نیز افزایش می‌یابد.

مراجع:

1. https://www.worldsteel.org
2. https://www.primetals.com

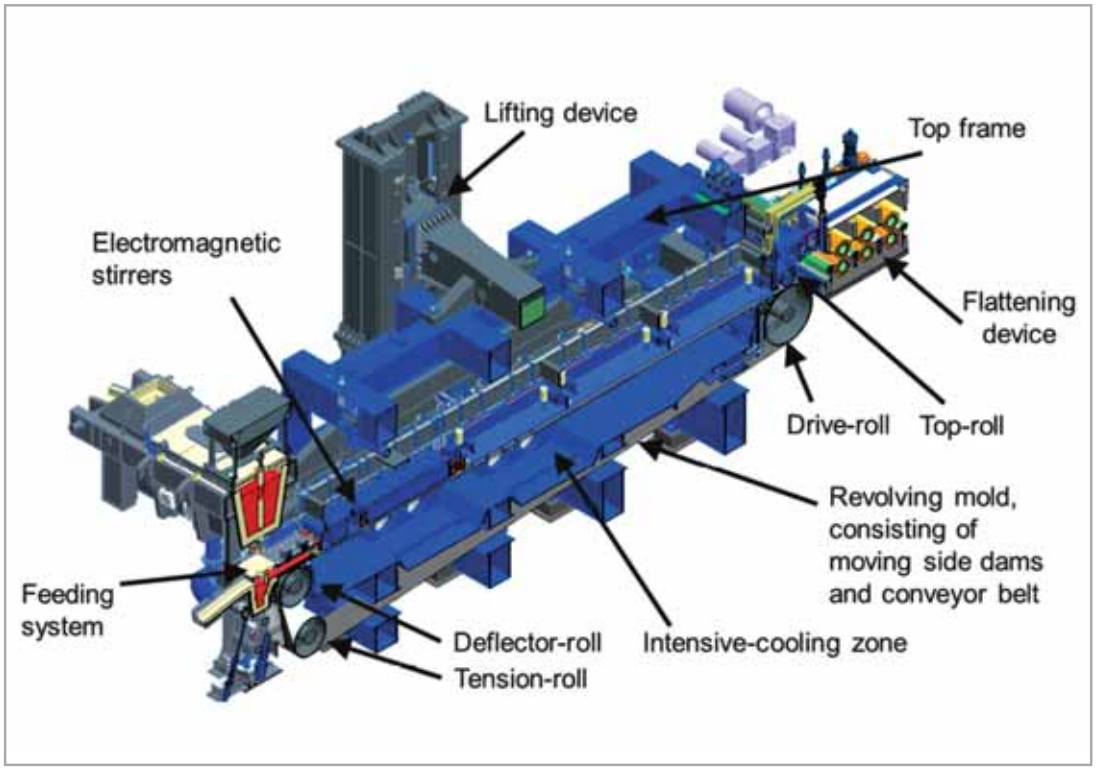
تکنولوژی Belt Casting

تکنولوژی Belt Casting جهشی به‌سوی ریخته‌گری نزدیک به شکل نهایی (neat net shape) است. در این روش فولاد مذاب ابتدا از پاتیل وارد تاندیش شده، سپس توسط یک نازل مستغرق به درون سیستم تغذیه راه می‌یابد. این سیستم تغذیه که از قبل پیش‌گرم شده است، مذاب را به‌صورت یکنواخت روی سطح یک نوار نقاله می‌ریزد. این نوار نقاله در حال گردش است و هر دو درام آن از داخل خنک می‌شود. فولاد روی این نوار نقاله تحت اتمسفر خنثی به‌صورت یک تسمهٔ نازک و بدون پوستهٔ اکسیدی منجمد می‌شود. در واقع Belt Casting یک روش ریخته‌گری افقی است که در آن خبری از خم و راست شدن محصول در حین تولید نیست؛ بنابراین فرایند انجماد در شرایطی اتفاق می‌افتد که ماده در معرض هیچ‌گونه تنشی قرار ندارد. در این روش به‌دلیل این‌که حرکات نوسانی قالب وجود ندارد، دیگر بر روی سطح محصول آثار نوسان (Oscillation Mark) دیده نمی‌شود. همچنین به دلیل این‌که از پودر قالب استفاده نمی‌شود، می‌توان آلیاژهای با درصد آلومینیم بالا را نیز ریخته‌گری کرد. ضخامت محصول بین ۸ تا ۲۰ میلی‌متر و عرض آن بین ۱۰۰۰ تا ۱۶۰۰ میلی‌متر متغیر است. سرعت ریخته‌گری در این تکنولوژی تا ۳۰ متر بر دقیقه نیز می‌رسد که نشان از سرعت بالای انجماد در این روش دارد. بنابراین می‌توان پیش‌بینی کرد که محصول ساختاری ریزدانه

و بدون جدایش داشته باشد. ویژگی‌های برجستهٔ این فرایند بدیع شامل طراحی مختصر، صرفه‌جویی قابل‌توجه در مصرف انرژی و کاهش انتشار CO_2 در مقایسه با روش ریخته‌گری پیوسته است. از این تکنولوژی می‌توان علاوه بر گریدهای کلاسیک، برای تولید گریدهای خاص فولاد، که با روش ریخته‌گری پیوسته سازگار نیستند، استفاده کرد. از دیگر ویژگی‌های این روش این است که می‌توان خط نورد گرم را در امتداد آن احداث نمود. بنابراین دیگر نیاز به عملیات انرژی‌بر پیش‌گرمایش نخواهد بود. همچنین به‌دلیل عدم نیاز به تغییر شکل زیاد، کیفیت محصول فرایند نورد گرم افزایش خواهد یافت.

منبع

www.sms-group.com



تکنولوژی Lindarc

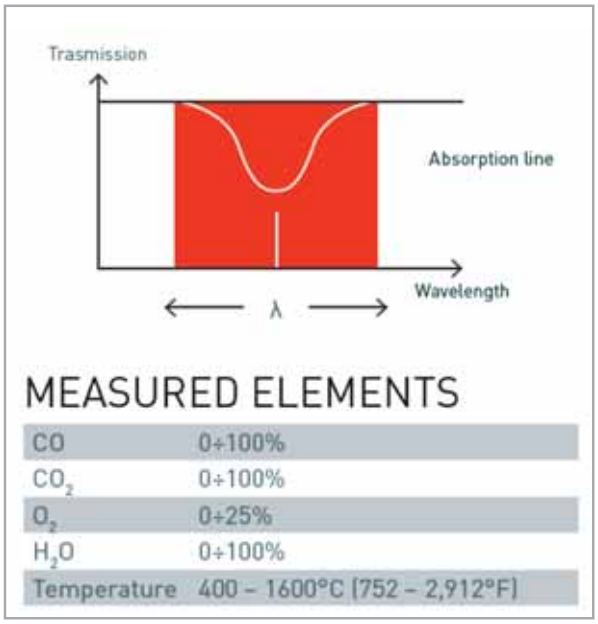
امروزه انتظار می‌رود در بهره‌برداری از کوره‌های قوس الکتریکی مواردی از قبیل عملکرد بالا، استفادهٔ بهینه از انرژی شیمیایی، امنیت، کاهش هزینه‌های تبدیل و کاهش انتشارات گازهای آلاینده مد نظر قرار گرفته و رعایت شوند. برای دست‌یابی به این مهم، سیستم بسیار دقیق و قابل‌اطمینانی برای نظارت بر گازهای خروجی کورهٔ قوس الکتریکی در شرکت MORE با همکاری LINDE AG ابداع شده و توسعه یافته است. در این طرح از یک سیستم لیزری نصب‌شده در محل برای اندازه‌گیری لحظه‌ای مشخصات گاز خروجی استفاده می‌شود؛ بدین ترتیب قادر به ایجاد یک عملیات لوپ بسته با کنترل دینامیکی تحولات انرژی شیمیایی در خلال سیکل عملیاتی کورهٔ قوس الکتریکی خواهیم بود.

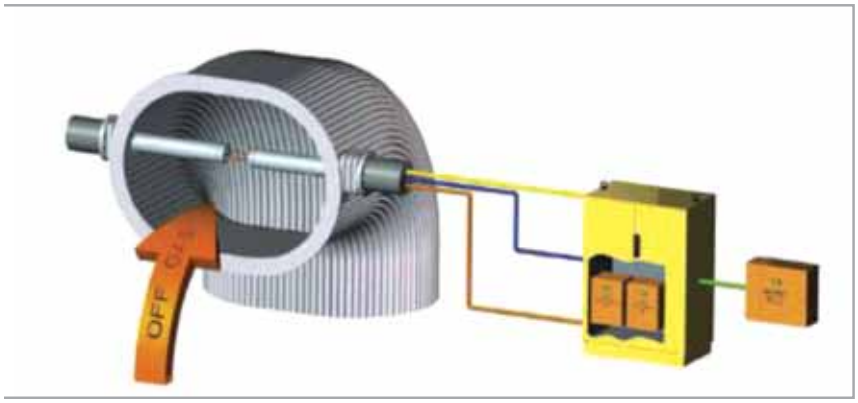
سیستم آنالیز گاز خروجی Lindarc از تکنیک (TDLAS (Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy بهره می‌گیرد. این تکنیک اندازه‌گیری، نوعی طیف‌سنجی جذبی تک‌خطی براساس انتخاب یک خط جذب واحد در مجاورت محدودهٔ طیفی مادون‌قرمز برای یک ترکیب گاز مشخص است. غلظت عنصر انتخاب‌شده براساس مقدار نور جذب‌شده در محدودهٔ طیفی ویژهٔ آن عنصر تعیین می‌شود. با استفاده از این روش اندازه‌گیری، علی‌رغم وجود گردوغبار زیاد در محیط، می‌توان به نتایج بسیار دقیقی دست یافت.

موقعیت نصب سیستم لیزر به‌گونه‌ای انتخاب می‌شود که هیچ‌گونه تغییری در ترکیب شیمیایی گاز خروجی از کورهٔ قوس الکتریکی در اثر ورود هوا ایجاد نشود و محاسبات مربوط به آن با کمک سیستم آنالیز CFD صورت می‌گیرد. بدیهی است به‌منظور جلوگیری از آسیب‌های حرارتی یا مکانیکی به قطعات الکترونیکی مانند ترانسمیترها یا ریسیورها این تجهیزات در موقعیتی خارج از داکت انتقال گاز خروجی نصب خواهند شد. در سیستم Lindarc نرم‌افزار کنترل لوپ بسته (CLC) به کمک داده‌های دریافت‌شده از لیزرها عملیات کنترل و مدیریت کل فرایند را به دست می‌گیرد.

منبع:

www.more-oxy.com





نصب و راهاندازی بزرگترین جرثقیل دروازهای کشور در فولاد مبارکه

با پایان یافتن عملیات نصب و راهاندازی بزرگترین جرثقیل دروازهای کشور در انبار روباز ناحیهٔ نورد گرم فولاد مبارکه، امکان ذخیرهسازی تختال و کلاف در زمینی به مساحت ۷۰۰۰ مترمربع و همچنین فضای سیر قطار و کامیون به منظور بارگیری در زمینی به مساحت ۶۰۰۰ مترمربع فراهم شد.

مدیر اجرای پروژههای جنبی و پشتیبانی فولاد مبارکه ضمن تأیید این خبر گفت: عملیات ساخت، نصب و راهاندازی این جرثقیل با توجه به سیاستهای فولاد مبارکه در راستای توسعهٔ صادرات و رفع مشکلات و محدودیتها درزمینهٔ بارگیری ریلی محصولات انجام شد.

حمید شجاعی با بیان اینکه از جرثقیل دروازهای جهت جابهجایی مواد در محلهای روباز و مکانهایی استفاده میشود که امکان جابهجایی در امتداد ریل حرکت طولی میسر است گفت: بیشترین کاربرد این نوع جرثقیلها در کارخانهها و بنادر ساحلی و خشک است.

وی در خصوص فرایند عملیات ساخت و نصب این جرثقیل اظهار داشت: پس از طرح مشکل و ارجاع آن به مهندسی کارخانه و مطالعهٔ طرح، پیشنهاد احداث چنین جرثقیلی داده شد و با همکاری واحد خرید در دستور کار قرار گرفت.

در همین زمینه مجید نصیری، رئیس اجرای پروژههای ایمنی، اطفای حریق و محیط زیست فولاد مبارکه نیز در این باره اظهار داشت: طول کلی پل جرثقیل دروازهای نصب شده در سایت انبار روباز ناحیهٔ نورد گرم ۸۱متر، دهانه یا همان فاصلهٔ بین ۲ ستون ۳۵/۵متر و کنسول یا قابلیت باربرداری و بارگیری خارج از ستون نیز در هر طرف ۱۵متر است که با احتساب مسیر حرکت طولی ۲۰۰متری کنونی، فضای انبارشی معادل ۱۳۰۰۰مترمربع را تا ارتفاع ۱۰متری ایجاد کرده است و این فضا در آینده و با ادامه یافتن ریلهای طولی قابلیت افزایش دارد.

مهدی خسرویان کارشناس اجرای پروژهٔ نصب جرثقیل نیز در همین زمینه افزود: ظرفیت این جرثقیل ۴۱تن در

زیـر قـلاب اسـت و قابلیـت بلنـد کـردن بـار بـا سـرعت ۳۰متربردقیقه، حرکـت عرضـی ۱۰۰متربردقیقـه و حرکـت طولـی ۸۰متربردقیقـه را داراسـت. اپراتـور جرثقیـل در کابیـن مخصـوص کـه بـه ترولـی متصـل اسـت کار هدایـت جرثقیـل را بـر عهـده دارد. وزن کلـی ایـن جرثقیـل غول‌پیکـر در حـدود ۵۰۰تـن اسـت و قـلاب آن به‌گونـه‌ای طراحـی شـده کـه امـکان جابه‌جایـی کانتینـر، اسـلب‌های فـولادی و کویـل ورق را دارا باشـد؛ ایـن در حالـی اسـت کـه بـا توجـه بـه سـرعت‌های حرکتـی بسـیار بـالا، ایـن جرثقیـل از سیسـتم مکانیکـی ضدپاندولـی (mechanical anti swing) نیـز بهـره می‌بـرد.

وی خاطرنشـان کـرد: عملیـات زیرسـازی شـامل ۳۶۰۰مترمکعـب خاک‌بـرداری و ۳۰۰۰مترمکعـب بتن‌ریـزی مسـلح بـا مقاومـت فشـاری ۲۱۰ کیلوگـرم بـر سـانتی‌مترمربع به‌طـور همزمـان بـا حمـل قطعـات جرثقیـل بـه فـولاد مبارکـه صـورت گرفـت.

خسـرویان بـا اشـاره بـه ایـن مطلـب کـه بـرق مصرفـی ایـن جرثقیـل توسـط انشـعابی بـا تـوان تأمیـن شـده اسـت، ادامـه داد: جرثقیـل نصـب شـده جـزو به‌روزتریـن و مدرن‌تریـن جرثقیل‌هـای دروازه‌ای دنیـا و بزرگتریـن جرثقیـل دروازه‌ای در ایـران اسـت.

کارشـناس اجـرای پـروژۀ نصـب جرثقیـل بـا تأکیـد بـر اینکـه ایـن جرثقیـل بـا همـکاری و مشـارکت شـرکت‌های طـرف قـرارداد و شـرکت فـولاد کریـن ایـران سـاخته شـده اسـت، افـزود: تمامـی فرایندهـای زیرسـازی، فونداسـیون، ریل‌گـذاری، مونتـاژ، نصب، تسـت و راه‌انـدازی جرثقیـل در کمتـر از شـش مـاه و بـه دسـت متخصصـان توانمنـد داخلـی صـورت گرفـت و هم‌اکنـون آمـادۀ بهره‌بـرداری اسـت.

وی تأکیـد کـرد: بـا راه‌انـدازی این پـروژه شـاهد افزایش سـرعت، ایمنی و کیفیـت بارگیـری و همچنیـن کاهـش هزینـۀ تمـام شـدۀ محصـول به‌دلیـل کاهـش هزینه‌هـای حمـل ونقـل خواهیـم بـود. ضمـن اینکـه پـس از اجـرای پـروژۀ ریل‌گـذاری قطـار در طرفیـن ایـن جرثقیـل، شـاهد حجـم بیشـتر بارگیـری و حمـل ونقـل ریلـی خواهیـم بـود

برای اولین بار انجام شد؛

تعویض تاندیش ماشین ریخته‌گری شمارهٔ ۵ همزمان با تولید

اولین عملیات تعویض تاندیش در حین انجام ریخته گری (flying tundish) به منظور انتقال مذاب از پاتیل اصلی به دو خط ریخته گری یا همان قالب ها بدون قطع پروسه تولید و افزایش تناوب ذوب در یک سیکل تولید تختال به طور مداوم بر روی ماشین ریخته‌گری شمارهٔ ۵ با اتکا به تجربه و همت کارکنان این واحد در تاریخ ۱۳۹۷/۲/۱۷ انجام شد.

رئیس تولید ماشین ریخته‌گری شمارهٔ ۵ ضمن اعلام این خبر و با بیان اینکه شرکت طراح و سازندهٔ این ماشین ریخته‌گری برنامه‌ای برای این عملیات در نظر نگرفته بود، افزود: کارکنان این واحد با استعانت از خدای متعال و انجام تغییرات زیاد در برنامه‌ها و بهینه‌سازی سیستم‌های این ماشین، موفق به تحقق این مهم شدند.

محمد فخری در توضیح بیشتر این عملیات اضافه کرد: در ریخته‌گری پیوسته یکی از موارد بحرانی، زمان ریخته‌گری با یک تاندیش است. در حال حاضر یک تاندیش بر روی ماشین ۵ ریخته‌گری در شرایط مساعد حدود ۷۰۰ دقیقه در سیکل ریخته‌گری باقی می‌ماند و پس از آن ریخته‌گری به دلیل پایان عمر نسوز تاندیش قطع می‌شود و پس از آماده‌سازی مجدد، ریخته‌گری با تاندیش جدید آغاز می‌شود. در این عملیات بدون قطع شدن ریخته‌گری اقدام به تعویض تاندیش می‌شود؛ در این حالت سرعت خط ریخته‌گری برای لحظاتی صفر و سپس با تاندیش جدید ادامه پیدا می‌کند.

وی در اهمیت و مزایای انجام این عملیات حین ریخته‌گری خاطرنشان کرد: انجام این کار باعث کاهش توقفات و افزایش بهره‌وری در تولید می‌شود؛ به نحوی که با هر بار انجام آن، حدود ۲ تا ۳ ساعت از توقفات آماده‌سازی ماشین در بین فرآیند ریخته‌گری کم و به زمان آماده به‌کاری ماشین اضافه می‌شود و باعث افزایش تولید (PDW) و استفادهٔ بهینه از زمان و تجهیزات و نفرات می‌گردد.

برگزاری جلسهٔ ارائهٔ نتایج مطالعات شناسایی، پی‌جویی و اکتشاف پهنهٔ انارک

شرکت فولاد مبارکه در راستای تحقق چشم‌انداز گروه خود در افق ۱۴۰۴ و ایجاد توازن در زنجیرهٔ ارزش، اقدام به برنامه‌ریزی در جهت اجرای عملیات اکتشافی در پهنه‌های معدنی کشور نمود.

مدیر واحد برنامه‌ریزی جامع و سرمایه‌گذاری فولاد مبارکه این خبر را اعلام کرد و گفت: به همین منظور از سال ۱۳۹۵ عملیات شناسایی، پی‌جویی و اکتشافات در پهنهٔ انارک در استان اصفهان طرح‌ریزی شد. جلسهٔ ارائهٔ گزارش نهایی این عملیات در روز چهارشنبه ۱۳۹۷/۰۲/۲۶ در محل سازمان صنعت، معدن و تجارت استان اصفهان با حضور مدیران و کارشناسان معاونت محترم امور معادن و صنایع معدنی وزارت صنعت، معدن و تجارت، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، سازمان صمت استان، شرکت معدنی و صنعتی فولاد سنگ مبارکه اصفهان و شرکت مهندسین مشاور پیچاب کانسار برگزار شد.

محمدتقی صمدی در این زمینه گفت: نتایج عملیات ژئوفیزیک زمینی در پهنهٔ مورداشاره از وجود ۱۱ محدودهٔ اولویت‌دار حاوی سنگ‌آهن و پلی‌متال حکایت دارد که پس از این مرحله، با صدور پروانهٔ اکتشاف توسط سازمان صنعت، معدن و تجارت استان، عملیات اکتشاف تفصیلی در محدودهٔ واگذارشده به فولاد مبارکه انجام خواهد شد. در مرحلهٔ بعد، گواهی کشف صادر می‌شود و بعد از انجام بررسی‌های لازم و امکان‌سنجی بهره‌برداری از ظرفیت‌های معادن این پهنه، اقدامات لازم درخصوص احداث واحدهای فراوری در محل معدن صورت خواهد گرفت.

صمدی در ادامه با اشاره به عزم و ارادهٔ شرکت فولاد مبارکه برای توسعهٔ فعالیت‌های اکتشافی و معدنی افزود: شرکت فولادسنگ مبارکه به‌عنوان یکی از شرکت‌های گروه فولاد مبارکه، مجری سیاست‌های معدنی در گروه فولاد مبارکه خواهد بود.

وی با تأکید بر اینکه مشارکت در کنسرسیوم‌های معدنی از اکتشاف تا بهره‌برداری و توسعهٔ تکنولوژی‌های بهره‌برداری از معادن زیرزمینی ازجمله استراتژی‌های اساسی معدنی در بخش سرمایه‌گذاری فولاد مبارکه است، تصریح کرد: فولاد مبارکه در راستای تحقق چشم‌انداز تولید ۲۵میلیون تن فولاد خام در گروه خود در افق ۱۴۰۴، نیازمند ۴۵میلیون تن کنسانترهٔ سنگ‌آهن است که از هم‌اکنون باید جهت تأمین پایدار و اقتصادی این میزان مواد اولیه اقدام کند.

مدیر واحد برنامه‌ریزی جامع و سرمایه‌گذاری فولاد مبارکه در ادامه در خصوص مطالعات پهنهٔ مورداشاره خاطرنشان کرد: مساحت پهنه، ۱۴۴۷۳ کیلومترمربع است که در حوزهٔ انارک-اردستان واقع شده و به‌لحاظ تنوع بسیار مواد معدنی و سوابق معدن‌کاری طولانی از اهمیت بسیاری برخوردار است.

وی با تأکید بر اینکه در فاز شناسایی این پهنه مجموعا هفت حوزهٔ پلی‌متال به وسعت ۶۳۳ کیلومترمربع و ۴۹ محدودهٔ آهن‌دار با وسعت ۱۴۷۶ کیلومترمربع معرفی شده است، اظهار داشت: براساس مطالعات انجام‌شده در فاز پی‌جویی، گسترهٔ قابل‌معرفی پتانسیل‌های پلی‌متال به مساحت ۱۶۸ کیلومترمربع در ۵ محدوده تقلیل یافت؛ پتانسیل‌های متعدد آهن نیز در ۶ محدوده با وسعت ۱۱۴ کیلومترمربع معرفی و گزینش شد.

صمدی در خاتمه ضمن تشکر از همکاری نزدیک مدیران محترم وزارت صنعت، معدن و تجارت و سازمان صمت استان، مدیریت شرکت فولادسنگ مبارکه، مدیریت و کارشناسان ناحیهٔ آهن‌سازی، ابراز امیدواری کرد از این پس با حمایت‌های مدیرعامل شرکت، فعالیت‌های معدنی فولاد مبارکه با قدرت بیشتری ادامه یابد.

با ساخت بیش از ۸۰۰ قطعه انجام شد؛

مشارکت تعمیرگاه مرکزی در ساخت قطعات یدکی موردنیاز شرکت

در پی افزایش همکاریهای تعمیرگاه مرکزی با واحد خرید قطعات یدکی شرکت، ساخت بخشی از قطعات یدکی موردنیاز خطوط تولید شرکت در دستور کار واحد ماشین‌افزار این تعمیرگاه قرار گرفت.

مسیب صفیان بلداجی، سرپرست کارگاه ماشین‌افزار تعمیرگاه مرکزی، در این زمینه گفت: کارگاه ماشین‌افزار تعمیرگاه مرکزی به‌عنوان سازندهٔ قطعات یدکی شرکت فولاد مبارکه از طرف مدیریت خرید قطعات یدکی انتخاب شد تا در کنار فعالیت‌های جاری خود، در زمینه‌های کاری متعدد دیگر ازجمله ساخت قطعات مکانیکی و چرخدنده‌ها نیز همکاری‌های بیشتری داشته باشد.

وی با اشاره به اینکه یکی از دغدغه‌های همیشگی مسئولان تعمیرگاه اطمینان از بهره‌برداری کامل از ظرفیت‌های تجهیزات تعمیرگاه بوده است، گفت: اولویت کاری کارگاه ماشین‌افزار، ماشین‌کاری قطعات درخواست‌کارهای بخش‌های تعمیرات کارگاه مکانیک، اسکلت فلزی، کارگاه برق و همچنین ساخت قطعات موضوع درخواستکارهای مستقیم صادره از نواحی است؛ اما بررسی‌ها نشان می‌دهد که می‌توان بخشی از ظرفیت ماشین‌ها را به ساخت قطعات یدکی موردنیاز شرکت فولاد مبارکه اختصاص داد.

صفیان افزود: به همین منظور از حدود سه سال پیش، پس از شناسایی ظرفیت‌های کارگاه و ماشین آلات آن، کارگاه ماشین‌افزار درزمینهٔ ساخت و تولید قطعات یدکی که توانایی ساخت آن وجود دارد، با مدیریت قطعات یدکی مذاکراتی انجام داد و پیشنهاد ساخت قطعات یدکی در کارگاه ماشین‌افزار تعمیرگاه مرکزی با استقبال و علاقه‌مندی آن مدیریت مواجه شد. با هموار شدن این مسیر، مقرر شد استعلام‌های خرید قطعات یدکی در زمینه‌های مرتبط،

برای تعمیرگاه مرکزی نیز به عنوان یک سازنده در کنار سازندگان بیرونی فرستاده شود و تعمیرگاه قیمت پیشنهادی خود را با لحاظ کردن تمامی هزینه‌ها اعلام کند و فقط در صورت برنده شدن قیمت تعمیرگاه، کار به تعمیرگاه واگذار شود. در عمل هزینهٔ اصلی ساخت قطعات در تعمیرگاه شامل هزینه متریال و ابزار مصرفی خواهد بود و ساخت قطعات در زمانهای صرفه جویی شدهٔ کارکنان انجام خواهد شد.

در همین زمینه، مظاهری کارشناس قسمت ماشین افزار افزود: از حدود دو سال پیش با راه اندازی مکانیسم مشارکت کارگاه در این استعلام‌ها، کارگاه در ۳۸ استعلام برنده شد و برای انجام این استعلام‌ها، به‌طور کلی ۸۴ درخواستکار ساخت قطعات تعریف گردید و مراحل آماده‌سازی، برنامه‌ریزی، تهیهٔ متریال و ابزار موردنیاز، ساخت و ماشین‌کاری و انجام تست‌های اندازه‌گیری نهایی برای ۸۰ عدد از این درخواستکارها انجام شد؛ به نحوی که بیش از ۸۰۰ قطعهٔ یدکی، پس از طی کلیهٔ مراحل ساخت و کنترل کیفیت، به انبارهای قطعات یدکی شرکت تحویل داده شد؛ ضمن اینکه تعداد ۴۰ قطعهٔ دیگر نیز در حال ساخت است.

وی با تأکید بر اینکه فرایند مشارکت کارگاه در استعلام‌های واحد خرید کماکان ادامه دارد، افزود: برخی از قطعات مهم ساخته شده در این مدت عبارت‌اند از: ۴ ست کامل رول‌های دیسکی واحد ریخته‌گری، انواع چرخدنده‌ها در تیپ و سایزهای مختلف، شافت‌ها و پوسته‌ها.

در پایان، مظاهری ضمن قدردانی از حمایت و همکاری مدیریت و کارکنان واحدهای ماشین افزار، مکانیک، تعمیرگاه مرکزی، برنامه‌ریزی و مدیریت خرید قطعات یدکی، کنترل کیفی قطعات یدکی و بخش بومی‌سازی به‌خاطر همکاری و همدلی در به ثمر رسیدن این فرایند، اظهار امیدواری کرد در سال جاری نیز بخش بیشتری از اقلام موردنیاز فولاد مبارکه در این تعمیرگاه ساخته شود.

راه‌اندازی خط تولید کلاف گرم میلگرد صنعتی در فولادنطنز

به گزارش دنیای معدن، برای اولین بار در کشور، خط تولید کلاف میلگرد صنعتی در شرکت فولاد نطنز راهاندازی شد.

جواد توکلی طرقی، مدیرعامل شرکت فولاد نطنز با اعلام این خبر گفت: با توجه به فراهم بودن امکانات، این مجموعه موفق به تولید انبوه این نوع میلگرد شد.

به گفتهٔ وی، محصولات تولیدی شرکت، محصولاتی هستند که در کارخانه های پایین دستی صنایع مفتولی ایران از قبیل تولید فلز الکترود، مفتول لاستیک خودرو، ساخت پیچ و مهره از این میلگرد صنعتی به عنوان مواد اصلی و پایه استفاده می شود. مدیرعامل شرکت فولاد نطنز تصریح کرد: پیش از این عمدتا این محصول از خارج وارد کشور می شد که با راهاندازی این خط تولید از خروج سالانه ۵۰۰ میلیون یورو ارز از کشور جلوگیری شد.

ساخت و مونتاژ غلتک‌های قالب و سگمنت صفر

ماشین ریخته‌گری شمارهٔ ۵

با مشارکت و همکاری کارشناسان فولاد مبارکه و شرکت غلتک‌ها و لاستیکهای صنعتی مبارکه (میرکو) غلتک های قالب و سگمنت صفر ماشین ریخته گری شمارهٔ ۵ به طور کامل بومی‌سازی شد و با موفقیت مورد بهره‌برداری قرار گرفت.

مهدی اعتزازی مدیرعامل شرکت غلتک‌ها و لاستیک‌های صنعتی مبارکه (میرکو) ضمن اعلام این خبر گفت: با توجه به نیاز شرکت فولاد مبارکهٔ اصفهان برای ساخت و مونتاژ کامل غلتک های قالب و سگمنت صفر ماشین ریخته‌گری شمارهٔ۵، ساخت و مونتاژ کامل این غلتک‌ها در کمتر از یک سوم زمان معمول انجام شد.

در همین خصوص احمدرضا زمانی مدیر واحد اجرایی شرکت میرکو نیز با تأکید بر اینکه غلتک‌های بومی‌سازی شده برروی خطوط ماشین ریخته‌گری شمارهٔ ۵ با موفقیت نصب شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است، افزود: طراحی و مشخصات فنی غلتک‌های با قطر ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۹۰ میلیمتری ماشین ریخته‌گری شمارهٔ ۵ با غلتک‌های سایر ماشین‌های ریخته‌گری کاملا متفاوت است و ازنظر جنس، طراحی ساخت و مونتاژ از دقت و حساسیت بالا و به لحاظ فرایند مونتاژ نیز با توجه به دور، سرعت و سیستم‌های کنترل از اهمیت زیادی برخوردار است.

وی از عوامل مهم کسب این موفقیت به دانش فنی، وجود نیروی انسانی متخصص و سیستم‌های مدیریت پروژه و همچنین کیفیت در فرایندهای ساخت و مونتاژ این غلتک‌ها اشاره کرد.

بی نیازی فولاد مبارکه از واردات روغن‌های نورد

در راستای سیاست‌های فولاد مبارکه درحمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان داخلی، کارشناسان فولاد مبارکه با همکاری شرکت دانش‌بنیان «به آرین صنعت اصفهان» توانستند به دانش فنی ساخت روغن‌های مورد استفاده درخط نورد تاندم پنج قفسه‌ای فولاد مبارکه دست یابند و ضمن قطع وابستگی به واردات این قبیل روغن‌ها، سالانه حدود ۱۲۰ میلیارد ریال صرفه جویی اقتصادی به بار آورند.

رئیس خطوط نورد سرد فولاد مبارکه ضمن تأیید این خبر گفت: در راستای تکمیل موفقیت دستیابی به دانش فنی و استفاده از روغن نورد ساخت داخل در نورد دو قفسه‌ای، این بار با همکاری مضاعف کارشناسان شرکت فولاد مبارکهٔ اصفهان با شرکت مذکور در عرصهٔ تولید روغن نورد، دستیابی به دانش فنی و توان تولید روغن نورد در تاندم میل مداوم رقم خورد.

محمود رضا قرمزی در این خصوص افزود: یکی از مواد مصرفی استراتژیک در فرایند نورد سرد در خطوط نورد، روغن نورد است؛ به نحوی که در فرایند نورد، کاهش ضخامت ورق گرم به میزان موردنیاز مشتری پس از اسیدشویی در تاندم مداوم، با اعمال نیرو و کشش بر روی ورق در دمای محیط با پاشش مخلوط آب دمین و روغن نورد صورت می‌گیرد.

وی با تأکید بر اینکه روغن نورد ازجمله ترکیباتی است که فناوری بسیار خاصی دارد و فقط برخی از شرکت‌های محدود در دنیا دانش فنی ساخت این روغن را در اختیار دارند، افزود: در پی دستیابی به فرمولاسیون این روغن در شرکت فولاد مبارکه که با همکاری شرکتهای داخلی در خط نورد دوقفسه‌ای در سال ۱۳۹۲ رخ داد و موجب داخلی شدن ۱۰۰ درصد تأمین این واحد شد، بلافاصله مطالعات جدید برای دستیابی به دانش فنی و توان تولید داخلی روغن‌های موردنیاز خط تاندم میل مداوم در دستور کار قرار گرفت.

در همین راستا پس از انجام تست‌های آزمایشگاهی با توجه به اینکه طراحی روغنی متفاوت با روغن نورد دو قفسه‌ای با شرایط تاندم میل مداوم در ابعاد بزرگتر و تنوع گریدهای فولادی موردنیاز بود، تست عملیاتی اولیه در سال ۹۳ انجام شد و مشخص گردید انجام موفقیت‌آمیز نیازمند بررسی و مطالعات بیشتر است.

قرمزی ادامه داد: تست تکمیلی از ابتدای آذر سال ۹۶ به مدت سه ماه انجام شد. در این مدت روغن نورد آزمایشی در مقایسه با نمونهٔ روغن خارجی عملیات نورد بعضا رفتار بهتری داشت؛ به صورتی که در ماه دوم تست، شاهد دستیابی به رکورد کاهش مصرف روغن به میزان ۲۵۰ گرم بر تن تولید نیز بودیم. نتایج بررسی‌ها در خطوط پایین‌دستی نیز عملکرد مناسب روغن داخلی را تأیید می‌کرد.

وی خاطرنشان کرد: بومی‌سازی این روغن علاوه بر قطع وابستگی به شرکت‌های خارجی و جلوگیری

از خروج ارز، مزایایی ازجمله حذف هزینهٔ انبارداری و نگهداری روغن، هزینه‌های ثبت سفارش و هزینه‌های حمل و تشریفات گمرکی را نیز به دنبال دارد. نکتهٔ حائز اهمیت این است که در روغن‌های بومی‌سازی‌شده امکان اعمال هرگونه تغییر در فرمولاسیون به دلیل دسترسی به شرکت سازنده در صورت تغییر در شرایط کاری نورد خواهد بود.

رئیس خطوط نورد سرد فولاد مبارکه در پایان از همکاری همه جانبهٔ مدیریت نورد سرد، مدیر مواد اولیه و انرژی، همکاران خطوط نورد، گروه فنی تولید ناحیه و شرکت سازندهٔ روغن تشکر و قدردانی کرد.

در همین خصوص محمد ریاحی منش مدیرعامل شرکت به آرین صنعت اصفهان نیز با تأکید بر اینکه روغن‌های بومی‌سازی‌شده از نظر کیفیت با روغن‌های وارداتی قابل رقابت‌اند، در خصوص نکات فنی و بارز این روغن‌ها افزود: وجود ویژگی‌هایی ذیل باعث شده این روغن‌ها با انواع مشابه روغن‌های تولیدشده در خارج از کشور قابل رقابت باشند: از جمله امکان تغییرات فنی بسته به شرایط خط در کوتاه‌ترین زمان ممکن و با کمترین هزینه؛ مصرف حدود ۲۵۰ گرم بر تن از این روغن در شرایط نرمال خط؛ شرایط نورد مطلوب با غلظت‌های ۰/۵ تا ۲/۵ درصد؛ بافر مقاوم به تغییرات ph و conductivity؛ مقاوم دربرابر خوردگی سطح ورق با وجود حضور ppm۲۵ کلر در امولسیون؛ مقاومت در برابر اکسیداسیون در هوای فشرده و دمای بالای ۶۰ درجه سانتیگراد و یون کلر منفی؛ تولید آهن پودری محدود و بی‌نیازی از استفاده از چندین فیلتر مغناطیسی؛ تمیزی بالای سطح خروجی تاندم و خطوط نهایی؛ تمیزی حوضینگ و قفسه‌ها؛ بینیازی از ساختن امولسیون تازه و همچنین کاهش میزان مصرف آب؛ امکان استفاده از غلتک‌های گریت در قفسهٔ ۵ بدون افت تمیزی و زبری، همچنین زبری مناسب روی ورق و عدم افزایش روغن سطح ورق؛ عدم نوسان روغن سطح ورق با وجود غلظت روغن در سیستم ۳؛ امکان دستیابی به تمیزی موردنظر در خروجی تاندم بدون افزایش میزان آهن سطح ورق و دستیابی به تمیزی بالای ۷۵ درصد به طور میانگین در خطوط نهایی.

ریاحی منش خاطرنشان کرد: این بومی‌سازی علاوه بر مزیت‌های دستیابی به دانش فنی ساخت، دستیابی به برخی موارد قابل بهبود را نیز میسر نموده است که عبارت‌اند از: کاهش میزان مصرف آب و تقلیل میزان روغن خروجی و کاهش نقطه انجماد روغن با حفظ عملکرد آن.

مدیرعامل شرکت به آرین در ادامه مزایای اقتصادی و بازرگانی این بومی‌سازی را تشریح کرد و گفت: این بومی‌سازی علاوه بر حمایت از کالای ایرانی و ایجاد اشتغال مزیت‌های دیگری نیز داشته است که عبارت‌اند از: کاهش ریسک تحویل و ترخیص به موقع محصول و همچنین کاهش چشمگیر هزینه‌های انبارداری محصول؛ حضور تولیدکنندگان داخلی در عرصهٔ تولید که موجب کاهش قیمت محصول از سوی سایر رقبای خارجی می‌شود و درنهایت خرید محصول طبق مقررات خرید داخل با بازپرداخت‌های بعد از تحویل محصول در مقایسه با واریز وجه قبل از حمل در خریدهای خارجی.

برای اولین بار در ایران صورت گرفت؛

تولید تختال با ضخامت ۲۵۰ میلیمتر

کارکنان بلندهمت فولاد مبارکه در ناحیهٔ فولادسازی و ریخته‌گری مداوم در راستای عمل به راهبردهای شرکت مبنی بر استفادهٔ حداکثری از ظرفیت‌های نصب شده، توسعهٔ سبد محصولات شرکت و تأمین حداکثری نیاز کشور به انواع محصولات فولادی، برای اولین بار موفق به تولید تختال با ضخامت ۲۵۰ میلیمتر با گرید ***API 5LX60(MS)*** شدند.

محمدرضا بناییان مفرد مدیر ناحیهٔ فولادسازی و ریخته‌گری مداوم فولاد مبارکه ضمن تأیید این خبر گفت: تولید این محصول با گرید داخلی ۵۹۴۶ گاز ترش مخصوص لوله‌های انتقال گاز به سفارش شرکت اکسین در دستور کار قرار گرفت. در همین راستا پس از تهیهٔ کارت ساخت در واحد متالورژی و روش‌های تولید و تأیید آن در ناحیهٔ فولادسازی اقدامات لازم برای ایجاد شرایط تولید این گرید انجام شد.

وی در تشریح برخی از این اقدامات گفت: برای تولید این گرید باید ذوب اولیه در کوره‌های قوس الکتریکی، پس از طی کردن فرایند واحدهای متالورژی ثانویه (LF) و سولفورزدایی (DS) و گاززدایی (RH) به ریخته‌گری مداوم ارسال شود که در واحد متالورژی ثانویه به حدود ۵ تن افزودنی‌ها و فروآلیاژها نیاز است و عناصری از قبیل مولیبدن(MO)- تیتانیوم(Ti)-نیوبیوم (Nb)- وانادیوم(V)- کروم(Cr) و به خصوص کربن، سولفور و هیدروژن کنترل و طی فرایندی در انتهای عملیات، کلسیم تریتمنت بر روی ذوب اعمال می‌شود.

مدیر ناحیهٔ فولادسازی فولاد مبارکه افزود: برای تولید تختال با ضخامت ۲۵۰ میلیمتر تغییرات خاصی در ماشین ریخته گری شمارهٔ ۵ برای اولین بار صورت گرفت. برخی از این تغییرات عبارت‌اند از: تعویض قالب سگمت صفر ماشین از ضخامت ۲۰۰ به ۲۵۰ میلیمتر؛ تغییر Gap کلیهٔ غلتک‌ها از ابتدا تا انتهای ماشین که در مدت ۲۴ ساعت به ازای یک خط ماشین ریخته گری انجام شد؛ تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها و جداول سرعت و سیستم‌های خنک سازی تختال و کنترلی.

بناییان خاطرنشان کرد: همکاران ناحیهٔ فولادسازی و ریخته گری مداوم با تأکید بر اینکه این دستاورد مهم در ۳۰ خردادماه به دست آمد، افزود: حاصل این زحمات تولید ۳ ذوب و ۲۱ تختال معادل ۵۰۰تن بدون عیب داخلی (به خصوص عیب جدایش در مقطع تختال) مطابق با سفارش مشتری بود.

وی در بخش پایانی سخنان خود کسب این موفقیت بزرگ را به تمامی کارکنان ناحیهٔ فولادسازی و ریخته گری مداوم، واحدهای پشتیبانی کننده و مدیریت عالی شرکت تبریک گفت و اظهار امیدواری کرد این موفقیتها همچنان استمرار داشته باشد.

در پی کسب این موفقیت ارزشمند و بی سابقه، خبرنگار فولاد با برخی دست‌اندرکاران تولید این محصول گفت وگو کرده است که در ادامه می‌خوانید:

محسن مصدق رئیس واحد تروپروسس

به منظور تولید محصول نهایی پلیت با گرید API 5LX-

60(MS) با قابلیت کاربرد در محیط‌های ترش (سیال حاوی گاز H_2S) که در ساخت خطوط لوله های انتقال نفت خام و گاز ترش استفاده می شوند و با توجه به حساسیت و استراتژیک بودن این محصول در صنایع نفت و گاز، تولید تختال با ضخامت بالا (۲۵۰میلیمتر) با ویژگی‌های خاص ازنظر آنالیز شیمیایی و سایر پارامترهای موردنیاز در برنامهٔ تولید قرار گرفت.

برخی از ویژگی های این محصول عبارتاند از: وجود عناصر میکروآلیاژی نظیر مولیبدن (MO)، نیوبیوم (Nb) و وانادیوم (V) همراه با مس و نیکل و منگنز بالا و مقادیر بسیار پایین گوگرد (کمتر از ppm ۲۰) و هیدروژن (کمتر از ppm ۳) و عدم وجود جدایش در سطح مقطع تختال با کنترل مقدار و شکل و توزیع ناخالصی‌ها.

باید در نظر داشته باشیم استفاده از تختال با ضخامت بالا به دلیل افزایش درصد کاهش ضخامت در پروسهٔ تولید پلیت منجر به یکنواختی ساختار میکروسکوپی در امتداد ضخامت می شود. به طورکلی در محصول نهایی باید از فراهم آمدن شرایطی که باعث نفوذ هیدروژن اتمی به درون فولاد و تجمع نقایص ساختاری فولاد میگردد جلوگیری شود. برای تولید این محصول از تجهیزات کورهٔ پاتیلی، واحد سولفورزدایی، واحد گاززدایی RH-OB و عملیات تزریق کلسیم و ریخته گری در ماشین شمارهٔ ۵ استفاده شده است.

اصغر مدنی، مدیر ریخته گری مداوم

در راستای اجرای سیاستهای فولاد مبارکه مبنی بر تنوع هرچه بیشتر در محصول و به درخواست شرکت اکسین کارکنان ماشین شمارهٔ ۵ ریختهگری با همکاری سایر قسمتهای فولاد مبارکه توانستند برای اولین بار تختال با ضخامت ۲۵۰ میلیمتر تولید کنند. این تختال که میتوان در خطوط نورد آن را به ورق مخصوص تولید لوله‌های انتقال گاز ترش تبدیل کرد، از مزیتهای زیادی برخوردار است. با تولید اسلب در این ضخامت میتوان محصولی بیعیب ازنظر جدایش در جریان نورد تولید کرد.

در گام اول حدود ۵۰۰ تن از این محصول تولید شد که در صورت موفقیت‌آمیز بودن تست‌های بعدی در نورد می‌توان برای داخل کشور به میزان ۴۰۰ هزار تن و برای صادرات نیز مقادیر بیشتری تولید کرد. ماشین شمارهٔ ۵ ریخته‌گری توانایی و ظرفیت تولید این نوع گریدها و سایر ضخامت‌های ۲۰۰ و ۲۳۰ میلیمتر رادارد.

سجاد دهقانی، کارشناس واحد سرویس پاتیل

امروز برای اولین بار تختال با ضخامت ۲۵۰ میلیمتر تولید کردیم. این ذوب با پشت سر گذاشتن فرایند گاززدایی و به دست کارکنان ماشین شمارهٔ ۵ ریخته‌گری شد. تمامی مراحل تولید این ذوب خاص ازجمله جابه جایی مسیر کورهٔ RH تا ماشین ۵ به شکل خاص و توسط واحد سرویس پاتیل(LTS) با موفقیت انجام شد. تولید این نوع تختال این امکان را فراهم میکند که فولاد مبارکه سفارش‌ها و گریدهای متنوع تری تولید کند و با تنوع محصول بیشتر، مشتریان بیشتری در داخل و خارج از کشور داشته باشد.

سید شهرام تاجران، کارشناس تعمیرات مکانیک ماشین ریخته گری شمارهٔ ۵

بنا به درخواست بخش تولید و طبق سفارشی که ابلاغ شده بود، کارکنان بخش مکانیک این ماشین موفق شدند با اعمال تغییرات اساسی در اندازه های قالب‌ها و سگمنت‌های این ماشین شرایط را برای تولید محصول موردنظر مهیا کنند. برای موفقیت در این کار، کارکنان واحدهای دفاتر فنی و کارکنان تولید و تعمیرات ریخته‌گری و آماده‌سازی تجهیزات دست به دست هم دادند تا این اتفاق خوب رخ دهد؛ به نحوی که کلیهٔ بخش‌های خط از قالب تا سایر بخش‌ها باید از سایز ۲۰۰ به ۲۵۰ میلیمتر تغییر عرض داده می‌شدند که خوشبختانه موفقیت‌آمیز بود.

دستیابی به این موفقیت بزرگ لازم بود؛ چراکه فولاد مبارکه برای احداث ماشین ریخته‌گری شمارهٔ ۵ سرمایه‌گذاری هدفمندی انجام داده است. این در حالی است که خوشبختانه در کمترین زمان ممکن به ظرفیت اسمی این ماشین ریخته‌گری دست یافته بودیم.

با حمایت فولاد مبارکه از شرکت‌های داخلی انجام شد؛

به‌کارگیری فناوری نانو در ارتقای عملکرد مقره های برق

برای اولین بار در کشور و با همکاری علمی و فنی مشترک شرکت فولاد مبارکه و شرکت دانش‌بنیان نانواندیشان پارس، فاز اول استفاده از فناوری نانو برای پوشش‌دهی مقره‌های برق ولتاژ بالا در مجتمع فولاد مبارکه اجرا شد.

رئیس هیئت مدیرهٔ شرکت دانش بنیان نانواندیشان پارس ضمن اعلام این خبر گفت: این نوع پوشش‌های نانو مشخصا برای ایجاد خاصیت خودتمیزشوندگی و رفع جرم‌های سطح مقره‌های برق استفاده شده‌اند و عملکرد ویژهٔ آنها در راستای این هدف مانع از رخدادهای خطرناک اتصال کوتاه در شبکهٔ نیروی برق مجتمع فولاد مبارکه می‌شود.

محمد مهدوی با تأکید بر اینکه از آغاز پیدایش صنعت برق، مقره‌ها و تجهیزات عایق‌کننده نقش تعیین‌کننده‌ای در این صنعت داشته‌اند و تحقیقات برای ارتقای عملکرد آنها همچنان ادامه دارد، افزود: در خطوط انتقال نیرو لازم است کابل‌های تحت ولتاژ بالا به‌نحوی از دکل‌ها و دیگر تجهیزات اطراف جداسازی شوند که برای این کار از مقره‌ها استفاده می‌شود.

او با اشاره به این مطلب که تجمع جرم ناشی از ذرات معلق در هوا چالش بزرگ مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای است، خاطرنشان کرد: امروزه به‌طور گسترده از مواد سرامیکی و شیشه‌ای در ساخت مقره‌ها استفاده می‌شود که به طورکلی ازنظر اقتصادی متداول‌ترین مقره‌های مورداستفاده در صنعت برق نیز هست. این مقره‌ها در تماس با انواع ذرات، جرمها و رطوبت قرار دارند که اثرات مخربی بر عملکرد آنها می‌گذارد. مهمترین و خطرناکترین تأثیر این اجرام، افزایش هدایت الکتریکی سطح مقره‌هاست. به همین منظور به‌صورت دوره‌های سطح مقره‌ها با آب فشار قوی شست‌وشو داده می‌شود تا از رسوب‌گذاری تا حد امکان جلوگیری شود. این راهکار عموما بسیار پرهزینه و تا حدودی نیز ناکارآمد است. علاوه بر آن مقادیر زیادی نیز آب به هدر می‌رود.

رئیس هیئت مدیرهٔ شرکت دانش بنیان نانواندیشان پارس با بیان اینکه به جریان الکتریکی که در هنگام ایجاد جرم و ناخالصی سطح مقره بر روی آن شکل می‌گیرد، اصطلاحا جریان خزشی گفته می‌شود، افزود: دو منبع اصلی رسوب و ناخالصی مقره‌ها، آلودگی نمکی در کنار سواحل دریا و ناخالصی‌های صنعتی است. ایجاد جرم روی سطح مقره‌ها در سواحل در اثر پاشیدن نمک از دریا یا حمل شدن ذرات ریز نمک از راه باد ایجاد می‌شود. در این حالت لایهٔ نمکی نشسته بر روی سطح مقره‌ها در اثر مجاورت با رطوبت و مه کاملا هادی می‌شود.

وی با تأکید بر اینکه ذرات گردوغبار، انواع نمک‌ها و ترکیبات آلی موجود در هوای اطراف روی سطح مقره‌ها رسوب می‌کند و در اثر بارش باران، هادی می‌شود، یادآور شد: مشکلات سطح مقره‌ها باعث فرسایش مکانیکی و الکتریکی، ایجاد جریان نشتی و

تشکیل قوس الکتریکی در مقره‌ها و درنتیجه منجر به ازکارافتادگی آنها و به‌دنبال آن خروج خطوط انتقال نیرو از مدار و بروز آسیب و خسارات جدی انسانی و اقتصادی اجتناب ناپذیر می‌شود.

چنین نانوپوشش‌هایی علاوه بر خاصیت آبگریزی، خاصیت خودتمیزشوندگی نیز در سطح ایجاد می‌کنند محمدکاظم اسماعیلزاده عضو هیئت مدیره و رئیس بخش تحقیق و پژوهش این شرکت در تشریح این دستاورد اظهار داشت: با استفاده از نانوپوشش‌ها، عملکرد تجهیزات ارتقا می‌یابد. چنین نانوپوشش‌هایی علاوه بر خاصیت آبگریزی، خاصیت خودتمیزشوندگی نیز در سطح ایجاد می‌کنند. استفاده از این نوع پوشش بر روی مقره‌ها می‌تواند مانع تجمع ذرات بر روی سطح مقره‌ها شود و به افزایش ضریب ایمنی و جلوگیری از رخداد پدیدهٔ تخلیه الکتریکی که یکی از مهمترین مشکلات مقره‌هاست، کمک شایانی کند.

وی با تأکید بر اینکه ضخامت این پوشش‌های نانومتری به‌گونه‌ای است که هیچگونه تغییری در رنگ سطح مقره به وجود نمی‌آورد تصریح کرد: استفاده از این نانوپوشش‌ها، ضرورت شستوشوی مقره‌های جرم‌گرفته را کاملا برطرف می‌کند و صرفه‌جویی اقتصادی قابل توجهی در هزینه‌های تعمیر و نگهداری مقره‌ها در پی دارد.

او با تأکید بر اینکه در سالهای اخیر نانوپوشش‌هایی از جنس تیتانیم دی‌اکسید برای ایجاد خواص خودتمیزشوندگی بر روی مقره‌ها معرفی شده بود، ولی به دلیل پیچیدگی فرایند پوشش‌دهی این ترکیب و مشکلات عملیاتی استفاده از آن، توسعهٔ وسیع و گسترده از این ترکیب در صنعت برق صورت نگرفت، افزود: برای رفع مشکلات فرایند پوشش‌دهی ترکیب تیتانیم دی‌اکسید، نیز استفاده از پوشش‌های بر پایهٔ زیرکونیم دیاکسید به واحد توزیع برق ناحیهٔ انرژی و سیالات فولاد مبارکه پیشنهاد شد. این ترکیب جدید از استحکام و چسبندگی بسیار بالایی برخوردار است و علاوه بر عملکرد بسیار خوب، طول عمر و مقرون به صرفه بودن بسیار آسانتر از نانوپوشش‌های قبلی روی سطح مقره لایه نشانی می‌شود؛ به همین دلیل اجرای آن در سطح صنعتی بسیار مقبول‌تر و درعین حال سریع‌تر است. به گونه‌ای که این نانوپوشش را حتی می‌توان بدون باز کردن یا جابه جا کردن مقره در همان محل نصب شده بر روی سطح مقره نشاند.

اسماعیلزاده در همین خصوص افزود: این نوع جدید از نانو روکش با قدرت بسیار زیادی به سطح مقره پیوند می‌خورد و از پایداری فیزیکی و شیمیایی بسیار بالایی برخوردار است؛ به‌گونه‌ای که شرایط بسیار سخت محیطی مانند طوفان، باد و باران و حتی بارانهای اسیدی نیز نمی‌تواند این نانوپوشش را پاک کند و به نوعی برای همیشه روی سطح مقره باقی می‌ماند.

وی تأکید کرد: عملکرد این نانوپوشش بهدلیل خاصیت فوتوکاتالیستی نهفته در ساختار آن به‌گونه‌ای است که در حضور نور طبیعی، آلودگی‌های آلی را تخریب می‌کند و مانع از چسبیدن ذرات گردوغبار به سطح مقره می‌شود؛ بنابراین خاصیت خودتمیزشوندگی را در سطح ایجاد می‌کند. این نوع جدید از نانوپوشش ازنظر زیست محیطی کاملا بی‌خطر است و به‌دلیل شفاف بودن، امکان کاربرد آن در اجسام مختلف و صنایع گوناگون وجود دارد.

رئیس تحقیق و پژوهش شرکت دانش‌بنیان نانواندیشان پارس اظهار داشت: محققان دانشگاهی درزمینهٔ علوم فناوری نانو در اصفهان، محصول نانوپوشش را اولین بار در سال ۱۳۹۲ به واحد توزیع برق شرکت فولاد مبارکه معرفی کردند. این محصول هم‌اکنون نیز با پیگیری تیم دانشگاهی و مدیران و کارشناسان فولاد مبارکه در حال گذراندن دورهٔ زمانی تست پایلوت و تأیید کارشناسان برق شرکت فولاد مبارکه جهت پیاده‌سازی در سطح این مجتمع بزرگ صنعتی و همچنین معرفی به صنعت برق ایران است.

وی در بخش پایانی سخنان خود تصریح کرد: پدیدهٔ گردوغبار نیز استفاده از فناوری‌های نوظهور را برای بهبود عملکرد سیستمهای موجود الزامی کرده است. با بهبود عملکرد و سرویس‌دهی پایدار تجهیزات صنعت برق، عمر این تجهیزات در سراسر کشور افزایش می‌یابد. ضمن اینکه بومی شدن این دانش با استفاده از نیروی انسانی و منابع کاملا داخلی می‌تواند ایران را در کنار دیگر کشورهای پیشرفته به عرضه کنندهٔ قابل اعتماد این محصول در سطح دنیا تبدیل کند.

راهنمـــــای تهیـــه و تدویـــن مقالات دو ماهنـامه‌ی آهن و فولاد

اهداف فصلنامه:

- ✓ انتقال تجارب علمی و کمک به نشر دانش
- ✓ فراهم کردن زمینه های ارتباط علمی بین صنایع و دانشگاهها
- ✓ انتشارات مفاهیم تجربه شده در میدان عمل
- ✓ معرفی فعالیت های علمی و اجرایی فولاد مبارکه
- ✓ انتشار اخبار مهم فولاد در جهان، ایران و اخبار داخلی شرکت فولاد مبارکه اصفهان

شرایط پذیرش مقالات:

- ➢ مقاله باید در یکی از موضوعات زیر باشد :
  - ✓ محصولات فولادی
  - ✓ تکنولوژی تولید فولاد
  - ✓ فنی و مهندسی
  - ✓ مدیریت
  - ✓ ایمنی، بهداشت و محیط زیست
  - ✓ کاهش هزینه
- ➢ دارای جنبه های علمی و پژوهشی قوی باشد.
- ➢ حاوی ایده های جدید، نکات کاربردی، عملی، جدید و نو باشد.
- ➢ اصول و قواعد نگارش مورد نظر این مجله رعایت گردد.
- ➢ مسئولیت صحت مطالب مندرج در مقاله به عهده نویسنده یا نویسندگان می باشد.

شرایط تدوین مقالات:

- ➢ مقاله در محیط نرم افزاری WORD و دارای حاشیه از بالا و پایین ۳ سانتیمتر و چپ و راست ۲.۵ سانتیمتر و فاصله خطوط ۰.۸ سانتیمتر به زبان فارسی تایپ و از طریق سامانه http://ironand-steel.msc.ir بارگذاری گردد.
- ➢ مقاله دارای چکیده حداکثر ۱۵۰ کلمه و حجم مقاله حداکثر۱۵ صفحه باشد و واژگان کلیدی حداقل ۴ و حداکثر ۸ کلمه.
- ➢ مقاله های ارسالی باید دارای بخش های زیر باشد:
  - o عنوان کامل مقاله، نام نویسنده یا نویسندگان، رشته علمی و مسئولیت نویسنده یا نویسندگان، نام مؤسسه یا دانشگاه، محل کار، نشانی کامل(آدرس،تلفن،پست الکترونیک و)...
  - o بیان مسأله، اهمیت مسأله، اهداف پژوهش، ادبیات موضوع، چهارچوب نظری، فرضیه‌های پژوهش، روش تحقیق، فنون تجزیه و تحلیل، نتیجه گیری و ذکر منابع (مقالات پژوهشی)
  - o برای مقاله‌های مروری چکیده، مقدمه، متن مقاله، ارائه چارچوب ادراکی، جمع بندی و ذکر منابع لازم است.
- ➢ ارجاعات در متن و پایان مقاله به رو ش‌های زیر باشد:

الف - مرجع نویسی داخل متن باید در داخل پرانتز و به صورت نام خانوادگی نویسنده، تاریخ انتشار و شماره صفحه باشد.

ب - مرجع نویسی پایان مقاله بایستی براساس نمونه های زیر به ترتیب الفبایی نام خانوادگی نویسندگان مرتب شود.

ج - در مورد مقالات، نام خانوادگی، نام، تاریخ انتشار، عنوان مقاله، نام مجله، شماره مجله، شماره صفحه

د -در مورد کتاب، نام خانوادگی، نام، تاریخ انتشار، عنوان کتاب، محل انتشار، ناشر

- ➢ عنوان، توضیحات و شماره جداول، الگوها و اشکال، در بالای آن ذکر شود.
- ➢ مجله در ویرایش مقاله ها، بدون تغییردر اصل و محتوا آزاد است.
- ➢ مقاله های رسیده برگشت داده نمی شود.
- ➢ به پیوست یک قطعه عکس با dpi۳۰۰ از نویسنده یا نویسندگان به همراه ایمیل و شماره تلفن همراه دریافت می شود.

دستورالعمل داوری مقالات مجله آهن و فولاد

اهداف:

- ➢ داوری علمی مقالات واصل شده
- ➢ حرکت در جهت علمی تر شدن محتوای فصلنامه
- ➢ استفاده از نظرات صاحب نظران در غنی کردن فصلنامه

مراحل:

- ➢ مقالات واصله که در راستای موضوعات فصلنامه می باشند استخراج و مقوله بندی می شوند.
- ➢ مقالات بر حسب تخصص علمی برای دو نفر از اعضاء داوران علمی جهت داوری ارسال می گردد.
- ➢ حداکثر دو هفته به داوران فرصت داده می شود که نظرات و نتیجه داوری خود را مطابق فرم پیوست ارائه نمایند.
- ➢ در صورتی که دو نفر داور در مورد قابل چاپ بودن مقالات در مجله نظر مثبت داشته باشند، مقالات به صورت مقدماتی پذیرش می شوند.
- ➢ مقالاتی که معدل نمرات دو نفر داور بر اساس فرم داوری بین ۳۹- ۵۰باشد به صورت چاپ برای فصلنامه انتخاب می گردند (در صورت زیاد بودن مقالات، مقالات دارای رتبه بالاتردر الویت چاپ هستند)
- ➢ جهت اشتراک دو ماهنامه آهن و فولاد فرم زیر را به نشانی پستی زیر ارسال فرمائید :

استان اصفهان ، شهر مبارکه، صندوق پستی ۱۶۱- ۸۴۸۱۵ واحد اطلاعات و انتشارات روابط عمومی - دو ماهنامه آهن و فولاد.

فرم اشتراک

نام: ..... نام خانوادگی: ..... نام پدر: ..... تاریخ تولد: .....

قسمت یا واحد فعالیت:..... تحصیلات: .....شغل: .....

نشانی:.....تلفن تماس: .....

کد پستی:.....