

میرشنامه	عسگری، محمد، ۱۳۵۵ -
عنوان و نام پدیدآور	آشنایی با عملکرد کوره های القایی در فولادسازی / نویسندگان محمد عسگری، حسن بداعی، حسام ادیب؛ تهیه شده در گروه دانش بنیان پاترون.
مشخصات نشر	قم: همای غدیر، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	۱۲۸ ص.، مصور، جدول، نمودار.
شابک	۳۵۰۰۰ ریال ۷-۴۶-۸۵۲۰-۶۰۸-۹۷۸-۰
وضعیت فهرست نویسی	فیا
راشت	کتابنامه: ص. [۱۲۷] - ۱۲۸.
موضوع	کوره های القایی
موضوع	Induction furnaces
موضوع	فولادسازی
موضوع	Steel castings
موضوع	فولادسازی -- ایران
موضوع	Steel castings -- Iran
شناسه افزوده	بداعی، حسن، ۱۳۶۶ -
شناسه افزوده	ادیب، حسام، ۱۳۶۸ -
شناسه افزوده	گروه پاترون
رده بندی کنگره	۱۳۹۷/۶۴۵/۸۷/۱۸
رده بندی دیویی	۶۹/۱۴۲
شماره کتابشناسی ملی	۵۱۹۵۰۲۲

آشنایی با عملکرد کوره های القایی در فولادسازی

PATRON
GROUP

تهیه شده در گروه دانش بنیان پاترون



نویسندگان: محمد عسگری، حسن بداعی، حسام ادیب

ناشر: انتشارات همای غدیر

مشخصات ظاهری: وزیری

شمارگان: ۴۰۰ نسخه

نوبت چاپ: اول / ۱۳۹۷

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۵۲-۴۶-۷

قیمت: ۳۵۰۰ تومان

هرگونه بهره برداری از مطالب، تصاویر، جداول و ... این کتاب یا کسب اجازه کتبی از شرکت گروه پاترون امکان پذیر است.

© تمام حقوق مادی معنوی برای شرکت گروه پاترون محفوظ است.

ایمیل انتشارات: asar.ghadir@gmail.com

تلفن: ۰۲۵-۳۷۸۳۷۱۱۱

پیش‌زمینه

در میان فلزات موجود در طبیعت، آهن بیش‌ترین مصرف را در جهان به خود اختصاص داده است. حدود ۹۵٪ تولید فلزات در جهان مربوط به آهن بوده به طوری که تولید فولاد خام بیش از ۳۵٪ از تولید آلومینیوم و بیش از ۷۰٪ برابر تولید مس تصفیه شده است.

اهمیت آهن و فولاد در توسعه جهانی به قدری است که می‌توان گفت آهن بنیان تمدن امروزی را تشکیل می‌دهد.

فراوانی، قیمت پایین، قابلیت بازیافت، استحکام زیاد و همچنین قابلیت آلیاژسازی، ویژگی‌های متنوعی در کاربرد آن ایجاد کرده است. دامنه‌ی این تنوع از تولید سوزن و سنجاق تا کشتی‌های عظیم الجثه و آسمان‌خراش‌ها گسترش دارد.

از آن جاکه صنعت تولید فولاد از جمله صنایع به شدت سرمایه‌بر و نیازمند به تکنولوژی پیشرفته است و به دلیل تأثیر زیادی که بر روی توسعه صنایع کشورها دارد، صنعت مادر نامیده می‌شود.

از طرفی رشد صنعت فولاد در بررسی پیشرفت اقتصادی کشورها از اهمیت خاص برخوردار بوده، میانگین سرانه مصرف فولاد در هر کشور به عنوان یکی از مناسب‌ترین شاخص‌ها در جهت شناخت و رتبه‌بندی کشورها از بعد توسعه یافتگی در نظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر مصرف سرانه‌ی فولاد در هر کشور، با سطح سرمایه‌گذاری‌ها، اجرای طرح‌های عمرانی و بالاخره توسعه یافتگی کشورها رابطه‌ی مستقیم و معناداری

دارد چراکه با افزایش درآمد سرانه که از شاخص های توسعه محسوب می گردد، مصرف سرانه فولاد نیز افزایش می یابد. بطور کلی، افزایش مصرف سرانه فولاد، از شاخص های کلیدی سنجش رشد اقتصادی هر کشور است و بانک جهانی نسبت ۰/۸۵ درصد رشد اقتصادی را به ازای یک درصد افزایش مصرف فولاد در جهان به عنوان یک نسبت طلایی تثبیت شده تا سال ۲۰۵۰ اعلام کرده است.

در ایران نیز به تیرید فولاد توجه زیادی شده و اولین واحد فولادسازی کشور حدود ۵۰ سال پیش در صفا آباد راه اندازی گردید. تکنولوژی های مختلفی برای تولید فولاد وجود دارد که در این کتاب به بحث آن ورود نمی کنیم اما به طور خلاصه باید گفت برای تولید فولاد در روش کلی اصطلاحاً اولیه و ثانویه وجود دارد. در روش اولیه که با کوره بلند انجام می شود، از سنگ آهن مستقیم برای تولید فولاد استفاده می شود و در روش ثانویه، از ذوب مجدد فولادی که به شکل خرجه 'درآمده'، یا استناده از کوره های الکتریکی استفاده می شود. با وجود آنکه بخش اعظم تولید فولاد در روش اولیه و کوره بلند است، اما با توجه به آنکه در ایران از طرفی کمبود زغال سنگ متالورژیکی یا کک شوداریم و از طرف دیگر منابع گاز فراوان در اختیار است، روش ثانویه توسعه بسیار یافته و حدود ۹۰٪ فولاد کشور از روش ثانویه و با کوره های الکتریکی تولید می شود. این کوره ها قابلیت مصرف آهن اسفنجی، در کنار امکان ذوب قراضه، را دارند که از حیای مسقیم سنگ آهن به دست می آید. روش های دیگر تولید فولاد سهم ناچیزی در تولید فولاد در جهان و ایران دارند، لذا به آنها اشاره ای نمی کنیم.

اما کوره های الکتریکی به طور کلی دو دسته هستند: کوره های قوس الکتریکی و کوره های القایی. مکانیزم کاری این دو تکنولوژی با یکدیگر متفاوت بوده و هر یک مزایا و معایبی دارند. به طور کلی برای تولید فولاد در مقیاس های بزرگ، که معمولاً اقتصادی تر است، از کوره های قوس الکتریکی و برای تولید فولاد در مقیاس های کوچک از کوره های

القایی استفاده می‌شود. هرچند در سالهای اخیر کوره‌های القایی با ظرفیت ۸۰ تن نیز ساخته شده و در حال کار هستند.

در سالهای اخیر با توجه به موقعیت اقتصاد دنیا و ایران و علی‌الخصوص با توجه به وضعیت ویژه ایران به لحاظ نیروی انسانی فراوان و نسبتاً ارزان و نیز وسعت زیاد کشور و عدم وجود زیربنای کافی جهت راه اندازی واحدهای بزرگ از قبیل جاده، راه آهن، خطوط ریلی، برق و آب و عدم وجود مراکز و امکانات سرویس، تعمیرات و نگهداری، انتخاب ظرفیتهای پایین تر تولید، مزیت هایی نسبت به انتخاب ظرفیتهای بالا از قبیل امکان سرمایه گذاری توسط بخش خصوصی به واسطه نیاز به سرمایه گذاری کمتر، راه اندازی زودتر واحدها، عدم نیاز به زیرساخت های یک واحد بزرگ، اشتغال زایی بیشتر، رقابت بین این واحدها در عرضه محصولات کیفی و رقابتی، مدیریت آسان تر واحدهای کوچک، تولید واحد در صورت توقف تولید در یکی از آنها به هردلیل فنی و یا مالی، انعطاف در تولید محصولات مختلف پاسخ گویی سریع تر به نیازهای مشتریان، تکنولوژی ساده تر و نیز امکان سرمایه سازی آن و امکان تغییر تکنولوژی یا ظرفیت تولید در هر یک از این واحدها و عدم نیاز به تغییر در کل واحدها، استفاده از کوره های القایی با اقبال روبرو شده است به طوریکه می توان گفت از سال ۱۳۸۵ که اولین واحد تولید فولاد با کوره القایی در ظرفیت قابل قبول راه اندازی گردید تعداد واحدهای فولادسازی با کوره القایی به حدود ۱۰۰ واحد رسید که متعاقباً بخش رانها تعطیل گردیدند و یا به صنعت ریخته گری و تولید محصولات چدنی و قطعه ریزی رو آوردند امروزه در ایران بیش از ۸۰ کارخانه فعال فولادسازی با کوره القایی وجود دارد که بیش از ۱۵۰ دستگاه کوره القایی را در خود جای داده اند. براساس آمار گروه پاترون متوسط ظرفیت این کوره ها حدود ۱۰ تن است. اگر به طور متوسط حداقل ۱۵۰ نفر در هر یک از این کارخانجات مشغول به کار باشند، تعداد شاغلین مستقیم این بخش از صنعت حدود ۱۲،۰۰۰ نفر است. براساس آمار جهانی به ازای هر یک نفر شاغل در صنعت فولاد سه و نیم

نفر به طور غیر مستقیم مشغول به فعالیت هستند که آمار غیر رسمی نسبت شش نفرو تا دوازده نفر را برای ایران ذکر کرده‌اند. چنانچه متوسط ۸ نفر شاغل غیر مستقیم را به ازای هر یک نفر شاغل مستقیم در نظر بگیریم، حدود یکصد هزار نفر از این بخش صنعت ارتزاق می‌کنند که با در نظر گرفتن متوسط جمعیت خانوار ۴ نفر، حدود چهارصد هزار نفر یا به عبارتی حدود نیم درصد جمعیت کشور در ارتباط با این بخش از صنعت هستند.

• سرمایه‌داری انباشته شده برای ایجاد و فعالیت کارخانه‌های فولاد با کوره‌های القایی بیش از سه هزار میلیارد تومان و گردش مالی آنها بیش از چهار هزار میلیارد تومان در سال است. زیرساخت‌های ایجاد شده برای این بخش از صنعت عبارتند از (۱) توان برق ایجاد شده حداقل ۲۰۰ مگاوات، (۲) مصرف سالیانه حدود ۳ میلیون مترمکعب آب و (۳) مصرف سالیانه حدود ۶۰ میلیون مترمکعب گاز طبیعی.

ظرفیت اسمی ایجاد شده در این بخش صنعت حدود ۵/۵ میلیون تن فولاد در سال است اما با توجه به وضعیت کشور و سیاست‌های استفاده از آهن اسفنجی، که منجر به کاهش تولید می‌شود، تولید فولاد با کوره‌های القایی، براساس آمار گروه پاترون به حدود ۴ میلیون تن در سال می‌رسد. می‌توان گفت کوره‌های القایی با راندمانی بین ۶۰ تا ۸۰ درصد در حال تولید هستند.

لازم به ذکر است سهم تولید فولاد با کوره‌های القایی حداقل ۱۵ درصد از کل تولید فولاد کشور است. با این حال این بخش صنعت به دلیل کم اهمیت شمرده شدن از سوی نهادهای دولتی و فولادسازان بزرگ، حمایت چندانی صورت نرفته و لزوم خودکفایی این صنعت برای رشد و بهبود خود امری ضروری به نظر می‌رسد. تکنولوژی کوره القایی در ایران، پتانسیل‌های خوب این صنعت جهت رقابت تکنولوژی‌های دیگر فولادسازی، نان‌آوری این صنعت برای حدود چهارصد هزار نفر ایرانی، بیش از ۶۰۰ مگاوات برق تامین شده برای این صنعت، میلیون‌ها مترمکعب آبی که سالانه صرف این صنعت می‌شود و نیز سرمایه‌گذاری عظیمی که توسط بخش

خصوصی انجام گردیده، توجه به بهبودهای مورد نیاز در این بخش از صنعت فولاد را بیش از پیش پراهمیت می‌سازد.

دراهمیت این بخش از صنعت فولاد باید به این موضوع نیز پرداخت که در کشوری مثل هند که جزو پنج کشور بزرگ تولیدکننده فولاد جهان است، براساس آمار منتشر شده بجمن جهانی فولاد، در سال ۲۰۱۵، حدود ۹۰ میلیون تن فولاد تولید نموده که حدود ۴۰ میلیون تن آن به کمک بند و ۵۰ میلیون تن آن با کوره‌های الکتریکی تولید شده است. متاسفانه، در آمارانجمین جهانی فولاد و منابع دیگر، تفکیک تولید فولاد با کوره قوس الکتریکی و کوره های القایی ارائه نمی‌شود اما براساس آمار و مقالات منتشر شده در هند، سالیانه حدود ۲۵ میلیون تن فولاد با کوره‌های القایی در حدود ۱۲۰۰ واحد فولادسازی این کشور تولید می‌شود. این مقدار تولید فولاد خام با کوره القایی از کل تولید فولاد ایران بیشتر است. لازم به ذکر است در سالهای اخیر فولادسازان هندی که از کوره‌های القایی استفاده می‌کنند، با حمایت دولت این کشور در بررسی مسائل فنی و محدودیت‌های کوره‌های القایی دست به پروژه‌های مطالعاتی و بهبود زیادی زده‌اند که راه را برای حفظ و رقابتی کردن این بخش صنعت هموار می‌کند. حتی جوایزی را برای بهبود کیفیت محصول فولادی و شاخص‌های دیگر در نظر گرفته‌اند. چرا که اهمیت این بخش از صنعت که حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد فولاد کشور هند را تولید می‌کند مشخص شده است.

با وجود اهمیت مذکور، متاسفانه در خصوص موضوعات فنی و علمی به این بخش صنعت، مقالات و کتابهای زیادی در ایران منتشر نگردیده است. لذا شرکت دانش بنیان گروه پاترون، برپایه تجربیات چندین ساله مدیران خود در فولادسازی با کوره های القایی بر آن شد تا سلسله کتاب‌های نسبتاً جامع، در خصوص کوره‌های القایی فولادسازی با آنها به صنعت کشور تقدیم نماید.

۱. گزارش وزارت فولاد هند - سال ۲۰۱۱ - با عنوان نقشه راه برای تحقیق و توسعه و تکنولوژی برای صنایع آهن و فولاد هند.

۲. گزارش وزارت فولاد هند - سال ۲۰۱۱ - با عنوان گزارش روی صنعت فولاد برای برنامه پنج ساله دوازدهم (از ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۷).

لازم به ذکر است ضعف کمبود مستندات و مقالات و کتابهای مربوط به این صنعت، صرفاً به ایران ختم نمی‌شود. کشورهایی چون هند، بنگلادش، پاکستان و ایران بیشترین استفاده از کوره القایی را جهت تولید فولاد انجام می‌دهند، اما خصوصیات فرهنگی - معنای این کشورها اجازه ثبت، تحلیل و انتشار اطلاعات را به طرز شایسته جهت مدل سازی و ارائه راهکارهای بهبود روش های تولید، راندمان، کاهش مصرف انرژی و افزایش سودآوری داده است. کشورهای غربی هم عموماً از کوره القایی جهت مصارف خاص و در زمینه گسترده قطعات استفاده می‌کنند و عمده مقالات منتشر شده در راستای همین کاربرد است.

با آنکه انتظارات ما از سطح انتشارات کتب و مقالات در این بخش صنعت برآورده نمی‌شود اما به هر حال برخی مقالات تحقیقی و علمی قابل استفاده‌ای در طی این سال‌ها منتشر گردیده است که راه را برای تحقیقات بعدی باز می‌کند. هریک از این تحقیقات از زوایای متفاوتی به مرسومیت ال ذکر نگریسته و مدل جامعی که در برگیرنده همه عوامل موثر بر روی راندمان و افزایش سودآوری فولادسازی با کوره القایی باشد ارائه نگردیده است.

در این کتاب سعی نموده ایم به معرفی نسبتاً جامعی از کوره های القایی، اجزا و روش کار آنها بپردازیم و در کتاب بعدی، به تشریح مدلی جهت محاسبه پارامترهای تولیدی و سودآوری فولادسازی با کوره القایی بپردازیم. همچنین نکاتی در خصوص ظرفیت ها، جانمایی ها و مسائل کاربردی دیگر ارائه خواهد شد. مدلی که در این کتاب بعدی ارائه می‌شود مدل Patron Steelmaking Model و یا به اختصار PSM می‌باشد که مدل مدیریت فولادسازی با کوره القایی ارائه شده توسط گروه پاترون است. این مدل برای هیچ مشابهی در جهان نداشته و برای اولین بار در این سطح جامع، حسب مسئولیت های اجتماعی که گروه پاترون برای خود متصور است، ارائه می‌گردد.

بدیهی است هر مدلی نیازمند رشد و بهبود است و این مهم بدون خرد جمعی و

همکاری صاحبان دانش و تجربه در این حوزه به دست نمی‌آید. در این راستا گروه پاترون مسئولانه دانش و تجربیات خود را در اختیار صنعت فولاد قرار داده، دست همه فولادسازان و متخصصین این صنعت را، در هر رده و مقامی به گرمی می‌فشارد و عزم و جدیت خود را در بهبود مطالب ارائه شده به کمک همه اعضای خانواده فولادسازان با کوره القایی اعلام می‌دارد.

در پایان لازم است از زحمات کلیه همکارانم در گروه پاترون تشکر نمایم، علی‌الخصوص آقای مهناز اسامیرحسین یوسف بیگی بابت مرور کتاب و نکات اصلاحی ایشان، سرکارنعمت طریقی که رحمت برخی از طراحی‌های شکل‌ها را کشیدند، آقای مهندس علی سلیمی راد، عضو هیئت مدیره و آقای مهندس کلانترمدیرعامل گروه پاترون به خاطر همه حمایت‌هایشان و همه همکاران خوبم که با تلاششان، آرامشی ایجاد کردند تا این کتاب بتواند شکل بگیرد. امیدوارم مطالعه این کتاب، به عنوان مرجعی در فولادسازی با کوره القایی برای سربلندگان مفید باشد.

از خوانندگان عزیز تقاضا داریم، ما را از نقطه نظرات خود جهت بهبود، اصلاح و تکمیل این کتاب بهره‌مند سازند و نظرات خود را به آدرس ایمیل info@patron.group ارسال نمایند.

با احترام

حسام ادیب

بنیانگذار و رئیس هیئت مدیره گروه پاترون

فهرست مطالب

فصل اول: آشنایی با کوره القایی	۱۹
۱-۱ تاریخچه کوره القایی	۲۳
۱-۱ مکانیزم گرمایش و ذوب گیری در کوره های القایی	۲۹
۳-۱ اجزای مختلف کوره القایی	۳۲
۱-۳-۱ بدنه اصلی بوته	۳۵
۳-۱ کویل های	۳۶
۳-۳-۱ یوک	۴۰
۳-۱ رینگ پایینی	۴۲
۳-۱ رینگ بالایی	۴۲
۳-۱ لایه های نسوز بالایی و پایینی	۴۲
۳-۱ سازه حرک و حرکت	۴۳
۳-۱ گارد جانبی	۴۴
۳-۱ سیستم آشکارسازی جریانی	۴۵
۳-۱ تابلوی کوره القایی	۴۶
۳-۱ خنک سازی تجهیزات کوره القایی	۴۷
۳-۱ بانک خازنی	۴۸
۳-۱ سیستم جمع آوری و تصفیه دود	۴۹
۳-۱ سیستم شارژ قراضه	۵۶
۳-۱ سیستم مانیتورینگ و کنترل فرآیند تولید دوب	۵۹
۳-۱ سیستم سرباره گیری	۶۳
۳-۱ سیستم توزین	۶۵
۳-۱ تأسیسات و سیستم خنک کاری	۶۷
۳-۱ تأسیسات الکتریکی تولید قدرت	۷۷
۳-۱ انواع مدارهای تولید قدرت کوره های القایی	۷۹
فصل دوم: پارامترهای موثر در طراحی، انتخاب و بهینه سازی عملکرد کوره القایی	۹۱
۱-۲ مقدمه	۹۱
۲-۲ مفاهیم پایه در گرمایش و ذوب گیری به روش القایی	۹۱
۳-۲ پارامترهای مهم در طراحی کوره القایی	۱۰۰
۳-۲ فرکانس متوسط یا اصلی بودن کوره	۱۰۰
۲-۳-۲ میزان مصرف انرژی کوره	۱۰۲

۱۴ | آشنایی با کوره القایی

- ۴-۲ توان اکتیو؛ توان راکتیو؛ ضریب توان ۱۰۲
- ۵-۲ بازده الکتریکی در کوره های القایی ۱۰۳
- ۱-۵-۲ آنتالپی ویژه ۱۰۳
- ۲-۵-۲ تلفات الکتریکی ۱۰۴
- ۳-۵-۲ تلفات گرمایی ۱۰۴
- ۴-۵-۲ بازده کلی کوره ۱۰۷
- ۶-۲ طراحی توان کوره ۱۰۹
- ۲ چرخه بار ۱۱۰
- ۸-۳ فرکانس کاری کوره ۱۱۳
- ۷-۲ بهینه سازی در کوره القایی ۱۱۷
- ۹-۲ تنظیم توان در کانورترها ۱۱۷
- ۲-۹-۲ تریب دو فازیی کوره ها ۱۱۸
- ۳-۹-۲ طراحی مدار سویدجنگ جهت ایجاد فرکانس آلیاژسازی و همگن سازی .. ۱۱۹
- ۱۰-۲ مدیریت انرژی در کوره های القایی ۱۲۱
- جمع بندی: ۱۲۵
- منابع: ۱۲۶