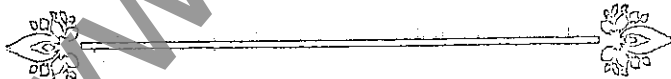


تکنولوژی تولید آهن و فولاد

جلد دوم

تولید ، نگهداری و تعمیرات



تهیه و تدوین :
اسدالله فرشاد



شرکت آهن و فولاد غدیر ایرانیان
(سهامی خاص)

سرشناسه	: فرشاد، اسدالله، ۱۳۳۱-
عنوان و نام پدیدآور	: تکنولوژی تولید آهن اسفنجی / نویسنده اسدا... فرشاد.
مشخصات نشر	: تهران: شارق، ۱۳۹۲-
مشخصات ظاهری	: ۲۴۸ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۱۱۰۰۰۰ ریال (جلد معمولی) : ۱۵۰۰۰۰ ریال: جلد سخت
وضعیت فهرست نویسی	: فیا: ۹-۰۰-۷۰۱۹-۶۰۰-۹۷۸
یادداشت	: فهرست نویسی بر اساس جلد دوم، ۱۳۹۲.
مندرجات	: ج. ۲. تولید، نگهداری و تعمیرات
موضوع	: آهن اسفنجی
موضوع	: آهن - ایران -- صنعت و تجارت
رده بندی کنگره	: ۱۲۹۲ : ۸۴۴/ف TN۷۲۷
رده بندی دیویی	: ۶۶۹/۱۴۰
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۳۲۰۵۵۵

عنوان کتاب: تکنولوژی تولید آهن اسفنجی جلد دوم (تولید، نگهداری و تعمیرات)

تألیف و تدوین: اسدالله فرشاد

مترجمان و همکاران تدوین: اسدالله فرشاد - سید حسن میرحسینی - احمد کریمی عقدا
 محمد عسگری - حسین غفوری - امیرحسین فرشاد - ابوطالب رمضانی - خانم مهندس محیا شریعت فر
 ویراستاران: اسدالله فرشاد - محمد عسگری
 صفحه آرایی: محمدعلی جعفری - علی خیری پور
 طراحی روی جلد: خانم تهمنه مجتهد بیدآبادی

ناشر: شارق

نوبت چاپ: اول، زمستان ۱۳۹۲

شمارگان: ۲۰۰۰ جلد

شابک: ۹-۰۰-۷۰۱۹-۶۰۰-۹۷۸

قیمت: جلد معمولی ۱۱/۰۰۰ تومان، جلد سخت ۱۵/۰۰۰ تومان

«حق چاپ محفوظ می باشد»

فهرست مطالب

۲۱	فصل اول: دستورالعمل‌های راه‌اندازی
۲۳	۱-۱. مقدمه
۲۳	۲-۱. راه‌اندازی
۲۳	۱-۲-۱. مقدمه
۲۴	۲-۲-۱. راه‌اندازی اکسیدی
۲۵	۳-۲-۱. راه‌اندازی فلزی
۲۵	۴-۲-۱. راه‌اندازی لایه‌ای (ساندویچی)
۲۶	۳-۱. عمل‌آوری، خشک کردن و گرم کردن مواد نسوز
۲۷	۱-۳-۱. عمل‌آوری
۲۸	۲-۳-۱. خشک کردن و گرم کردن مواد نسوز جدید
۲۹	۳-۳-۱. اقدامات احتیاطی خاص
۲۹	۴-۱. کنترل کیفیت محصول
۲۹	۱-۴-۱. کنترل فرآیند فلزی‌سازی
۳۱	۱-۱-۴-۱. جریان گاز فرآیند به ازای هر تن محصول
۳۱	۲-۱-۴-۱. نسبت کاهنده‌ها به اکساینده‌ها
۳۲	۳-۱-۴-۱. دمای گاز تصفیه شده و بستر کوره
۳۳	۴-۱-۴-۱. نسبت H_2 به CO
۳۳	۵-۱-۴-۱. میزان CO_2 و CH_4 در گاز تبدیلی
۳۴	۲-۴-۱. کنترل کربن محصول
۳۴	۱-۲-۴-۱. گاز طبیعی منطقه خنک‌کننده
۳۵	۲-۲-۴-۱. گاز طبیعی منطقه انتقال
۳۵	۳-۲-۴-۱. گاز طبیعی غنی‌سازی
۳۶	۴-۲-۴-۱. نسبت CO به CO_2
۳۶	۵-۲-۴-۱. مخلوط خوراک

- ۵-۱. عیب‌یابی کوره ۳۶
- ۱-۵-۱. کانالی شدن کوره ۳۶
- ۱-۱-۵-۱. نشانه‌های کانالی شدن ۳۷
- ۲-۱-۵-۱. اقدام فوری ۳۸
- ۳-۱-۵-۱. بررسی دقیق ۳۸
- ۲-۵-۱. گرفتگی مواد ۳۹
- ۱-۲-۵-۱. گرفتگی در مجموعه تجهیزات تغذیه اکسید به کوره ۳۹
- ۲-۵-۱. گرفتگی کوره ۴۱
- ۳-۵-۱. تارکرد کلوخه‌شکن ۴۳
- ۴-۵-۱. کلوخه‌ای شدن ۴۴
- ۱-۴-۵-۱. تشخیص کلوخه‌ای شدن ۴۵
- ۲-۴-۵-۱. پیشگیری از کلوخه شدن ۴۵
- ۳-۴-۵-۱. مخلوط جدید خوراک و پوشش آهکی ۴۶
- ۴-۴-۵-۱. کلوخه‌ها در کلوخه‌شکن‌ها ۴۶
- ۵-۵-۱. آسیب‌دیدگی آب‌بندی کوره ۴۷
- ۱-۵-۵-۱. اقدام فوری ۴۷
- ۲-۵-۵-۱. دلایل بسته نشدن دریچه کشویی ۴۷
- ۳-۵-۵-۱. جریان ناکافی گاز آب‌بندی ۴۸
- ۶-۵-۱. محصول داغ ۴۹
- ۱-۶-۵-۱. دلایل ۴۹
- ۲-۶-۵-۱. علایم ۵۰
- ۳-۶-۵-۱. اقدام فوری ۵۰
- ۶-۱. عیب‌یابی و رفع عیب ریفورمر و مجموعه بازیافت گرما ۵۱
- ۱-۶-۱. کنترل دما ۵۱
- ۱-۱-۶-۱. وضعیت غیرفعال ۵۱
- ۲-۱-۶-۱. وضعیت بهره‌برداری ۵۲
- ۳-۱-۶-۱. یکنواختی ۵۳
- ۴-۱-۶-۱. محدوده دمایی ۵۶

۵۹	۱-۶-۲. CO و O ₂
۵۹	۱-۶-۲-۱. نشانه‌ها و علائم.....
۵۹	۱-۶-۲-۲. کنترل O ₂
۶۰	۱-۶-۲-۳. یکپارچگی.....
۶۲	۱-۶-۳. فشار ریفورمر.....
۶۲	۱-۶-۴. حفاظت کاتالیستی.....
۶۳	۱-۶-۴-۱. کاهش میزان کربن.....
۶۵	۱-۶-۴-۲. سمی شدن کاتالیزور.....
۶۶	۱-۶-۴-۳. راه‌اندازی اکسیدی.....
۶۷	۱-۷. بازرسی‌های معمول.....
۶۷	۱-۷-۱. نشتی‌ها.....
۶۷	۱-۷-۲. مناطق در تماس و تحت تابش.....
۶۸	۱-۷-۳. لوله‌های ریفورمر.....
۶۸	۱-۷-۴. کیفیت محصول.....
۶۹	۱-۸. فلوچارت بهره‌برداری اصلی.....
۷۳	۱-۸-۲. از حالت Idle به حالت بهره‌برداری.....
۷۴	۱-۸-۳. از حالت بهره‌برداری به حالت Idle.....
۷۵	۱-۸-۴. از حالت Idle به حالت Extended IDLE.....
۷۷	۱-۸-۵. از حالت Extended Idle به حالت سرد.....
۷۷	۱-۸-۶. پر کردن کوره.....
۷۸	۱-۸-۷. تخلیه کوره.....
۸۱	۱-۸-۸. پرچ کردن سیستم با حضور کمپرسورها.....
۸۲	۱-۸-۹. پرچ کردن سیستم بدون کمپرسورها.....

فصل ۲. دستورالعمل‌های ایمنی ۸۳

۸۵	۲-۱. مقدمه.....
۸۶	۲-۲. مسئولیت‌ها.....
۸۶	۲-۲-۱. مدیریت.....
۸۷	۲-۲-۲. کارکنان.....

۸۷	۳-۲. مواد خطرناک
۸۷	۱-۳-۲. طبقه‌بندی مواد خطرناک
۸۹	۲-۳-۲. توصیف مواد خطرناک
۸۹	۱-۲-۳-۲. حالت گازی
۹۱	۲-۲-۳-۲. حالت مایع
۹۱	۳-۲-۳-۲. حالت جامد
۹۲	۴-۲. توصیف خطرات بالقوه
۹۲	۱-۴-۲. انفجار گاز
۹۳	۲-۴-۲. انفجار گرد و غبار
۹۴	۳-۴-۲. آتش‌سوزی
۹۴	۴-۴-۲. خفگی
۹۴	۵-۴-۲. برق‌گرفتگی
۹۵	۶-۴-۲. تشعشع
۹۵	۷-۴-۲. گرما
۹۵	۸-۴-۲. سر و صدا
۹۶	۹-۴-۲. سوختگی‌ها
۹۶	۱۰-۴-۲. ماشین‌های دوار
۹۶	۱۱-۴-۲. نقص قطعات تحت فشار
۹۶	۵-۲. نواحی خطرناک
۹۶	۱-۵-۲. جابجایی مواد
۹۷	۲-۵-۲. کوره
۹۷	۱-۲-۵-۲. شارژ بالای کوره
۹۷	۲-۲-۵-۲. کلوخه‌شکن‌ها
۹۸	۳-۲-۵-۲. ناحیه تخلیه کوره
۹۸	۳-۵-۲. ریفورمر
۹۹	۴-۵-۲. ناحیه غبارگیر
۹۹	۵-۵-۲. کلاریفایر
۹۹	۶-۵-۲. ساختمان آنالیز

۱۰۰	۷-۵-۲. فضاهای خالی، محفظه، مخازن و کانال‌ها
۱۰۰	۶-۲. ایمنی فرایند
۱۰۰	۱-۶-۲. تصفیه هوا
۱۰۱	۲-۶-۲. افت آب‌بندی کوره (نشت و افت فشار ناشی از آن در کوره)
۱۰۳	۳-۶-۲. ریفورمر
۱۰۳	۴-۶-۲. نشتی‌های گاز
۱۰۴	۵-۶-۲. اکسی‌اسیون مجدد محصول
۱۰۶	۷-۲. دستورالعمل‌های ایمنی نگهداری
۱۰۶	۱-۷-۲. دستورالعمل جداسازی (کور کردن) لوله ریفورمر
۱۰۷	۲-۷-۲. دستورالعمل تعویض لوله ریفورمر
۱۰۸	۳-۷-۲. دستورالعمل تعویض شلنگ لوله ریفورمر
۱۰۹	۴-۷-۲. دستورالعمل جداسازی (مسدود کردن) کمپرسور
۱۱۱	۵-۷-۲. محصول داغ در خط تخلیه کوره
۱۱۲	۶-۷-۲. ورود به کانال یا مجراهای بسته
۱۱۳	۸-۲. ایمنی برق
۱۱۳	۱-۸-۲. دستورالعمل قفل کردن برق (lock-out)
۱۱۴	۲-۸-۲. از مدار خارج کردن (jumpers)
۱۱۵	۹-۲. مجوزهای کار (Permit)

فصل ۳. دستورالعمل‌های راهبری

۱۱۷	۱-۳. مقدمه
۱۱۹	۲-۳. مجموعه آب خنک‌کننده ماشین‌آلات
۱۱۹	۱-۲-۳. پمپ‌های تغذیه آب خنک‌کننده ماشین‌آلات
۱۲۲	۲-۲-۳. کمپرسور و خشک‌کن هوای ابزار دقیق
	۳-۲-۳. پمپ‌های تغذیه آب خنک مبدل حرارتی (HEAT EXCHANGER) - PU
۱۲۲	E6401.02.03
۱۲۳	۴-۲-۳. مجموعه بازدارنده خوردگی
۱۲۴	۵-۲-۳. پمپ‌های تقویت‌کننده مربوط به خنک‌کاری ماشین‌آلات ناحیه کوره
۱۲۵	۶-۲-۳. پمپ‌های برگشت‌دهنده آب کلوخه‌شکن‌ها

- ۳-۳. مجموعه آب فرآیند ۱۲۶
- ۳-۳-۱. پمپ‌های تغذیه آب خنک فرآیندی (3, 2, 1, PU-E42) ۱۲۶
- ۳-۳-۲. پمپ‌های تغذیه آب گرم فرآیند (2, 1, PU-E61) ۱۲۹
- ۳-۳-۳. پمپ‌های بوستر و نچوری اسکرابر (2, 1, PU-E22) ۱۳۰
- ۳-۳-۴. پمپ‌های برگشت‌دهنده به برج خنک‌کن (E تا PU-E45.A) ۱۳۱
- ۳-۳-۵. فن‌های برج خنک‌کن (D تا CT-E43.A) ۱۳۲
- ۳-۳-۶. باروی جمع‌آوری گل و لای کلاریفایر (RK-E32) ۱۳۳
- ۳-۳-۷. کلاریفایر (DS-E35) ۱۳۳
- ۳-۳-۸. پمپ‌های زیر ریز کلاریفایر (C تا PU-E34.A) ۱۳۴
- ۳-۳-۹. شیرهای خروجی و آبکشی جریان زیرریز کلاریفایر (SOV-E71.1, 2 & SOV-E70.1, 2) ۱۳۵
- ۳-۳-۱۰. پمپ حوضچه ناحیه دمنده (2, 1, PU-E11) ۱۳۶
- ۳-۳-۱۱. پمپ برگشتی (Recycle Pump) مربوط به اسکرابر گاز بالایی (PU-) ۱۳۶
- ۳-۳-۱۲. پمپ تخلیه حوضچه کلاریفایر (PU-E37) ۱۳۸
- ۳-۳-۱۳. پمپ تغذیه آب ژنراتور گاز خنکی (PU-E91) ۱۳۸
- ۳-۳-۱۴. راه‌اندازی پمپ حوضچه گاز خنکی (2, 1, PU-E92) ۱۳۹
- ۳-۳-۱۵. کولر گاز تبدیل شده (SR-A42) ۱۴۰
- ۳-۳-۱۶. پمپ آبکشی قیف خوراک ورودی (Charge Hopper) (PU-E85) ۱۴۰
- ۳-۴-۱. دمنده هوای اصلی ۱۴۱
- ۳-۴-۱. راه‌اندازی دمنده هوای اصلی ۱۴۱
- ۳-۴-۲. دلایل توقف دمنده هوای اصلی ۱۴۲
- ۳-۵. پاکسازی ریفورمر ۱۴۲
- ۳-۶. دمنده هوای رقیق‌سازی ۱۴۴
- ۳-۶-۱. راه‌اندازی دمنده هوای رقیق‌سازی ۱۴۴
- ۳-۶-۲. دلایل توقف دمنده هوای رقیق‌سازی ۱۴۴
- ۳-۷. مجموعه گاز طبیعی ۱۴۵
- ۳-۷-۱. راه‌اندازی مجموعه گاز طبیعی ۱۴۵

- ۱۴۵.....۲-۷-۳. دلایل توقف مجموعه گاز طبیعی
- ۱۴۵.....۸-۳. دمنده‌های هوای کمکی و مشعل‌های کمکی
- ۱۴۵.....۱-۸-۳. پیش‌شرط‌های راه‌اندازی دمنده هوای کمکی و روشن کردن مشعل‌ها
- ۱۴۶.....۲-۸-۳. دمای ریفورمر زیر 815°C
- ۱۴۸.....۳-۸-۳. دمای ریفورمر بیش از 815°C
- ۱۴۹.....۴-۸-۳. دلایل توقف مشعل‌های کمکی
- ۱۵۰.....۵-۸-۳. دلایل توقف دمنده هوای کمکی
- ۱۵۰.....۹-۳. رژیم گرمایشی ریفورمر
- ۱۵۰.....۱-۹-۳. از دمای محیط به 260°C
- ۱۵۱.....۲-۹-۳. 260°C تا 815°C
- ۱۵۱.....۳-۹-۳. 815°C تا 1010°C
- ۱۵۲.....۱۰-۳. مجموعه گازهای آب‌بندی
- ۱۵۲.....۱-۱۰-۳. پیش‌نیازهای آغاز به کار مجموعه گاز آب‌بند
- ۱۵۲.....۲-۱۰-۳. راه‌اندازی پمپ روغن روان‌سازی PU-D03.1A
- ۱۵۳.....۳-۱۰-۳. خاموشی پمپ‌های روغن روان‌سازی PU-D03.1 A&B
- ۱۵۳.....۴-۱۰-۳. راه‌اندازی کمپرسور گاز آب‌بند CP-D03
- ۱۵۵.....۵-۱۰-۳. خاموشی کمپرسور گاز آب‌بند
- ۱۵۶.....۶-۱۰-۳. مشعل ثانویه دودهای خروجی
- ۱۵۷.....۷-۱۰-۳. ارسال جریان گاز آب‌بند به واحد
- ۱۵۸.....۸-۱۰-۳. تنظیم فشار داخل کوره و مجموعه گاز احیا
- ۱۵۸.....۹-۱۰-۳. غیرفعال شدن خودکار مشعل‌های ثانویه دود خروجی
- ۱۵۹.....۱۰-۱۰-۳. راه‌اندازی خشک‌کن گاز آب‌بند DR-D10
- ۱۶۰.....۱۱-۳. خشک‌کن و کمپرسورهای گاز پرج
- ۱۶۰.....۱-۱۱-۳. راه‌اندازی خشک‌کن گاز پرج DR-D21
- ۱۶۰.....۲-۱۱-۳. خاموشی‌های خشک‌کن گاز پرج
- ۱۶۰.....۳-۱۱-۳. راه‌اندازی کمپرسورهای گاز پرج (CP-D20.A/D20.B)
- ۱۶۲.....۴-۱۱-۳. خاموشی کمپرسورهای گاز پرج
- ۱۶۳.....۱۲-۳. کمپرسورهای گاز فرآیند

- ۱۲-۳-۱. راه‌اندازی پمپ‌های روغن روان‌سازی کمپرسور گاز فرآیند..... ۱۶۳
- ۱۲-۳-۲. خاموشی‌های پمپ روغن روان‌سازی کمپرسورهای گاز فرآیند..... ۱۶۴
- ۱۲-۳-۳. راه‌اندازی کمپرسورهای گاز فرآیند..... ۱۶۴
- ۱۲-۳-۴. خاموشی‌های کمپرسور گاز فرآیند..... ۱۶۵
- ۱۳-۳-۱. سیستم جمع‌آوری گرد و غبار کوره..... ۱۶۶
- ۱۳-۳-۱. راه‌اندازی پمپ‌های لجن‌کش حوضچه جمع‌آوری گرد و غبار , PU-E71 , E72 , E73 , E74..... ۱۶۶
- ۱۳-۳-۱. خاموشی‌های پمپ لجن‌کش حوضچه جمع‌آوری گرد و غبار..... ۱۶۶
- ۱۳-۳-۱. راه‌اندازی فن سیستم جمع‌آوری گرد و غبار کوره CP-H42..... ۱۶۷
- ۱۳-۳-۴. خاموشی‌های فن سیستم جمع‌آوری گرد و غبار کوره..... ۱۶۷
- ۱۴-۳-۱. مجموعه انتقال اکسید آهن (گندله)..... ۱۶۷
- ۱۴-۳-۱. پر کردن قیف شارژ کوره Charge hopper..... ۱۶۷
- ۱۵-۳-۱. مجموعه انتقال محصول..... ۱۶۹
- ۱۵-۳-۱. انتقال محصول به سیلوهای نگهداری آنها..... ۱۶۹
- ۱۵-۳-۲. راه‌اندازی نوار نقاله تخلیه کوره CV-H41..... ۱۷۱
- ۱۵-۳-۳. خاموشی‌های نوار نقاله تخلیه کوره CV-H41..... ۱۷۲
- ۱۶-۳-۱. بارگیر تخلیه و کلوخه‌شکن‌ها..... ۱۷۳
- ۱۶-۳-۱. پیش‌نیازهای راه‌اندازی کلوخه‌شکن‌ها و بارگیر تخلیه..... ۱۷۳
- ۱۶-۳-۲. راه‌اندازی پمپ هیدرولیکی B یا HD-T03A..... ۱۷۳
- ۱۶-۳-۳. راه‌اندازی کلوخه‌شکن و بارگیر تخلیه..... ۱۷۳
- ۱۶-۳-۴. خاموشی‌های کلوخه‌شکن و بارگیر تخلیه..... ۱۷۴
- فصل ۴. مشکلات فرآیندی، عوامل و علائم، روش‌های حل آنها..... ۱۷۷
- فصل ۵. برخی از پروژه‌های انجام شده - در راستای ارتقای بهره‌وری..... ۱۹۹
- ۵-۱-۱. بررسی و حل مشکل نوسان اختلاف فشار بالا و پایین کوره..... ۲۰۱
- ۵-۱-۱. توضیح مساله:..... ۲۰۱
- ۵-۱-۲. هدف : کاهش ۶۰ درصدی رنج نوسان اختلاف فشار بالا و پایین کوره و از بین بردن آلارمهای کاذب این اختلاف فشار..... ۲۰۳

۲۰۴	۳-۱-۵. بررسی عوامل احتمالی ایجاد نوسان در اختلاف فشار با روش استخوان ماهی.
۲۰۵	۴-۱-۵. ارائه راهکار.....
۲۰۵	۵-۱-۵. گزارش اجرای پروژه.....
	۲-۵. افزایش راندمان رزین‌های دستگاه Ion Exchanger
۲۰۵	۱-۲-۵. هدف.....
۲۰۵	۲-۲-۵. بیان مشکل.....
۲۰۶	۳-۲-۵. روشهای پیشنهادی.....
۲۰۷	۴-۲-۵. نتیجه.....
۲۰۸	۲-۵. افزایش ایمنی و کاهش خطرات انسانی و تجهیزاتی ناشی از جمپرهای اجباری.....
۲۰۹	۱-۳-۵. توضیح مساله.....
۲۰۹	۲-۳-۵. هدف: افزایش ۷۰٪ ایمنی و کاهش ۷۰٪ خطرات انسانی و تجهیزاتی.....
۲۰۹	۳-۳-۵. راه‌حل‌های پیشنهادی.....
	۴-۵. مدل‌سازی و شبیه‌سازی فرآیند ریفرمینگ کاتالیستی در یک واحد احیای مستقیم آهن.....
۲۱۱	۱-۴-۵. انواع فرآیندهای تبدیل گاز طبیعی.....
۲۱۲	۱-۱-۴-۵. ریفرمینگ متان با بخار آب.....
۲۱۳	۲-۱-۴-۵. اکسیداسیون جزئی.....
۲۱۴	۳-۱-۴-۵. ریفرمینگ با دی اکسیدکربن یا ریفرمینگ خشک.....
۲۱۴	۴-۱-۴-۵. ریفرمینگ خودگرم‌زا.....
۲۱۶	۵-۱-۴-۵. ریفرمینگ ترکیبی.....
۲۱۷	۶-۱-۴-۵. سیستم مبدل ریفرمینگ Kellogg.....
۲۱۹	۲-۴-۵. پارامترهای موثر در واکنش‌های ریفرمینگ.....
۲۲۱	۳-۴-۵. مدل‌سازی ریفرم.....
۲۲۱	۱-۳-۴-۵. مدل‌سازی انتقال حرارت درون کوره.....
۲۲۴	۱-۱-۴-۴-۵. روش ناحیه‌ای.....
۲۲۵	۲-۱-۴-۴-۵. روش مونت کارلو (MCM).....
۲۲۶	۳-۱-۴-۴-۵. روش شار (Flux or multi-flux method).....
۲۲۷	۴-۱-۴-۴-۵. مدل حرارتی گسسته (Discrete transfer method).....

- ۲۲۷ ۲-۴-۴-۵. مدل سازی واکنش های درون لوله های کاتالیستی
- ۲۳۳ ۵-۴-۵. بررسی کارهای انجام شده در زمینه مدل سازی ریفرمینگ گاز طبیعی
- ۲۴۱ ۶-۴-۵. کاتالیست فرآیند ریفرمینگ

مقدمه

با وجود آنکه سال‌ها است آهن اسفنجی تولید شده از طریق روش میدرکس بخش اعظم ماده اولیه تهیه فولاد از طریق کوره الکتریکی در ایران را تشکیل می‌دهد و با تمهیدات به عمل آمده طی سال‌های گذشته مهندسی و ساخت واحدهای تولید آن بومی شده و توسط مهندسی و شرکت‌های ایرانی تحت لیسانس میدرکس انجام می‌گیرد، تا این لحظه کتابی به زبان فارسی که این روش تولید آهن اسفنجی را بررسی کرده و اطلاعات لازم در مورد فرآیند تولید و مشخصات واحدهای تولیدی را ارائه دهد وجود نداشته است.

لذا بجاست که در ابتدا از همت آقای مهندس اسداله فرشاد که به تهیه مطالب این کتاب پرداخته‌اند قدردانی شود.

پایه‌های تولید آهن اسفنجی در ایران در سال ۱۳۵۲ با تاسیس شرکت ملی صنایع فولاد ایران (NISIC) و در مجتمع فولاد اهواز (خوزستان فعلی) گذارده شد که در ابتدا به خاطر مصرف گاز طبیعی برای احیاء سنگ آهن به ذوب آهن گازی معروف شد.

چون در آن تاریخ هنوز روش برتری تجربه نشده بود هر سه روش موجود در آن زمان یعنی HYL I، پروفر (Purofer) و میدرکس بکار گرفته شد که در عمل روش میدرکس برتری خود را نسبت به دو روش دیگر ثابت نمود و این روش عملاً تا بکارگیری صنعتی از روش HYL III در سال ۱۳۶۱ تنها روش صنعتی تولید مداوم آهن اسفنجی با استفاده از گاز طبیعی در جهان بود.

واحدهای تولید آهن اسفنجی به روش میدرکس در طی ۴۰ سال گذشته تحولات فراوانی را طی کرده‌اند و از واحدهای با ظرفیت ۴۰۰/۰۰۰ تن در سال که برای مجتمع اهواز در سال ۱۳۵۲ خریداری شد تا واحدهای ۶۰۰/۰۰۰ تنی خریداری شده برای فولاد مبارکه در سال ۱۳۶۲، امروزه به واحدهای موسوم به مگامدول با ظرفیت تولید

سالانه ۱/۷ - ۱/۵ میلیون تن رسیده‌ایم که توسط مهندسين و شرکتهای ایرانی طراحی و ساخته می‌شوند.

این تحول مانند هر فرآیند دیگری بدون نشیب و فراز نبوده است و از ابتدای بکارگیری واحدهای ذوب الکتریکی با استفاده از آهن اسفنجی دست‌اندرکاران فرآیند تولید فولاد از طریق کوره بلند و کنورتور با آن به مخالفت برخاستند و این مخالفت‌ها که بعضاً نشأت گرفته از مسائل سیاسی و برخی دیگر ناشی از اعتقاد غلط به عدم کارایی کوره الکتریکی برای تهیه فولاد تغییرفرم‌پذیر (Deep Drawing) بود، بحث و گفتگوی فراوانی را در جامعه فولاد ایران برانگیخت که هنوز هم گاهگاهی ادامه دارد.

آنچه مسلم است هر دو روش قادر به تولید انواع محصول فولادی هستند و از نظر فنی مشکلی نیست بلکه مزیت هر یک از دو روش منوط به داده‌های محل نصب آن دارد. به عبارت دیگر در محلی که زغال کک شو به وفور یافت شود و یا به ارزانی قابل حصول باشد و تأمین آب هم مشکلی نباشد و در عوض گاز طبیعی یافت نشود و یا به ارزانی قابل حصول نباشد و عیار سنگ آهن قابل دسترس پایین باشد، روش کوره بلند کنورتور دارای مزیت اقتصادی است، در صورتی که در محلی گاز طبیعی به وفور یافت شود و سنگ آهن با عیار بالا در دسترس باشد ولی زغال کک شو یافت نشود و یا به ارزانی قابل حصول نباشد و همچنین کمبود آب عامل بازدارنده‌ای باشد مزیت اقتصادی با فرآیند آهن اسفنجی و کوره الکتریکی است چون هزینه سوخت در تعیین قیمت برق عامل تعیین‌کننده‌ای است. در نقاطی که عوامل فوق کلاً جمع بوده و یا به ارزانی قابل حصول باشند، عامل محیط زیست و یک مقایسه دقیق فنی و اقتصادی مزیت یکی از دو روش را تعیین می‌نماید.

به هر صورت بحث و گفتگوی فوق بکارگیری سریع فرآیند تولید از طریق آهن اسفنجی را در مورد پروژه‌های مربوطه خصوصاً در مورد مجتمع فولاد مبارکه با تاخیر مواجه نمود و بالاخره موقعی که در سال ۶۱-۱۳۶۰ تصمیم قطعی به انجام پروژه فولاد مبارکه از طریق احیا مستقیم و ذوب الکتریکی گرفته شد اولین واحد صنعتی HYL III که به عکس فرآیند HYL I از روش مداوم (Continuous) استفاده می‌کند وارد صحنه رقابت شده بود. هم‌زمان شرکت ژاپنی کوبه استیل (Kobe Steel) شرکت میدرکس را خریداری نمود و در نهایت در سال ۱۳۶۳ با قیمت مناسبتری نسبت به HYL III پنج واحد ۶۰۰/۰۰۰ تنی میدرکس را به مجتمع مبارکه فروخت و در عین حال به

درخواست شرکت ملی فولاد ایران لیسانس ساخت این واحدها در ایران را به شرکت بین‌المللی مهندسی ایران (ایریتک) که در مهندسی و نظارت ساخت واحدهای مجتمع فولاد مبارکه شرکت داشت واگذار نمود.

و این اولین قدم در جهت بومی‌سازی طراحی و ساخت واحدهای احیاء مستقیم میدرکس در ایران بود و شرکت ایریتک با استفاده از آن و با نظارت و همکاری مهندسین مجتمع فولاد خوزستان واحد احیاء مستقیم معروف به زمزم را برای این مجتمع طراحی و اجرا نمود.

در پی آن و با تشکیل شرکت MMTE در ایران، شرکت ملی فولاد ایران از شرکت کوبه استیل خواست که لیسانس ساخت واحدهای میدرکس به این شرکت نیز داده شود.

دو شرکت ایریتک و MMTE واحدهای متعدد احیاء مستقیم به روش میدرکس را در طی سالیان گذشته طراحی نموده و ساخته‌اند و تجربه بسیار با ارزشی توسط کارشناسان ایرانی اندوخته شده است.

علاوه بر واحدهای فوق در سال ۱۳۷۵ اولین واحد صنعتی که با روش قائم توسط آقای مهندس احمد صادقی طراحی شده بود در شرکت ملی ذوب آهن اصفهان شروع به کار کرد و در سال ۱۳۸۶ نیز (MME) Mines and Metals Engineering از شرکت‌های تابعه شرکت آسکو تک در آلمان روش PERED را در آن کشور به ثبت رساند و بر اساس آن چند واحد با این روش در ایران در دست ساخت است.

با وجود روش‌های متفاوتی که تاکنون برای تولید آهن اسفنجی بوجود آمده‌اند، روش میدرکس هنوز بیشترین سهم تولید آهن اسفنجی را در ایران و در دنیا در اختیار دارد و با بکارگیری واحدهای با ظرفیت تولید بالا و روش تغذیه آهن اسفنجی گرم به داخل کوره الکتریکی از کارایی بالایی برخوردار است و این کتاب کمک موثری در شناخت بهتر این روش می‌نماید.

دکتر سروش کامیاب

ویراست نخست

در ایران توسعه معادن و صنایع معدنی و خصوصاً صنایع آهن و فولاد و سایر فلزات غیرآهنی طی کردن موفق مسیر توسعه اقتصادی را تضمین می نماید.

رهایی از وابستگی به اقتصاد نفتی فرآیندی تدریجی است و توجه اساسی به معادن و صنایع معدنی می تواند یکی از بسترهای بسیار مناسب برای عبور موفق از این گذار باشد، خصوصاً اینکه صنایع آهن و فولاد از معدن تا صنایع پایین دستی آن همواره به عنوان موتور توسعه پایدار (Engines of Growth) در اقتصاد کشور ما عمل می نماید.

مقرر شده بود که تا انتهای برنامه پنجم، تولید فولاد کشور به ۳۷ میلیون تن بالغ گردد و در افق ۲۰ ساله ظرفیت تولید فولاد خام کشور بر اساس سند استراتژی توسعه صنعتی به ۵۵ میلیون تن برسد، که به این ترتیب نیاز صنایع آهن و فولاد کشور سالانه بالغ بر ۸۰ میلیون تن سنگ آهن کنسانتره و دانه بندی می باشد.

با عنایت به پتانسیل بی نظیر در معادن سنگ آهن ایران و پتانسیل تولید کنسانتره سنگ آهن بسیار مطلوب و برخورداری از ذخایر عظیم گاز طبیعی، امکان تولید گندله سنگ آهن به عنوان مواد اولیه تولید آهن اسفنجی فراهم بوده و به زودی ایران بزرگترین تولیدکننده آهن اسفنجی از طریق احیای مستقیم در دنیا خواهد شد.

در حال حاضر صد در صد تولید آهن اسفنجی در ایران مبتنی بر روش میدرکس می باشد و بالغ بر ۱۰ سال است که گام های بلندی در جهت بومی سازی طراحی و ساخت واحدهای احیای مستقیم میدرکس در ایران برداشته شده است، همچنین دانش فنی بهره برداری از تکنولوژی میدرکس بر اساس قراردادهای منعقد شده با شرکت فولاد کوبه ژاپن (Kobelco) به ایران منتقل شده است. این دانش در سال های اخیر به طور مستمر بهبود و تمامی جنبه های تکنولوژیک آن ارتقا یافته است.

با وجود اینکه سال هاست آهن اسفنجی تولیدی با روش میدرکس مواد اولیه اصلی تولید فولاد ایران را در شرکت های فولاد خوزستان، فولاد مبارکه، فولاد آلیاژی ایران، فولاد خراسان، فولاد هرمزگان، گروه ملی صنعتی فولاد ایران، فولاد کاوه جنوب و سایر فولادسازی های بخش خصوصی کشور را تشکیل می دهد، تاکنون تکنولوژی تولید آهن اسفنجی مشتمل بر تبیین فرآیند، شناخت تجهیزات و سیستم ها، راه اندازی راهبردی و نحوه تولید و نگهداری با روش میدرکس که در زمینه های بهره برداری کارخانه های

احیای مستقیم بیش از ۴۰ سال تجربه دارد، به طور کامل تدوین و ارایه نشده بود. تهیه و انتشار این کتاب در دو جلد با هدف بهبود کارایی و کارآمدی در بهره‌برداری با همت و تلاش جمعی از مدیران و کارشناسان شرکت آهن و فولاد غدیر ایرانیان و شرکت فناوارن فولاد آبتین و با همکاری انجمن مهندسين متالورژی ایران انجام شده است.

تهیه و ترجمه برخی از متون این کتاب توسط آقایان مهندسان اسداله فرشاد، محمد عسگری، سیدحسین میرحسینی، حسین غفوری، حمیدرضا فتوحی، ابوطالب رمضانی، امیر حاجیان، امیرحسین فرشاد، نویدرضا یزدانشناس، احمد کریمی عقدا، یاسر مظفری، بهزاد پرویزی و سرکار خانم مهندس محیا شریعت فر انجام شده و زحمات تهیه و تدوین کتاب را آقای مهندس اسداله فرشاد به عهده داشته‌اند که از همگی این عزیزان تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

شرکت آهن و فولاد غدیر ایرانیان

توجه: در تشریح این دستورالعمل‌ها از کد تجهیزات نصب شده و راه‌اندازی شده در کارخانه احیای مستقیم آهن و فولاد غدیر ایرانیان استفاده شده که به منظور استفاده و تعیین این دستورالعمل‌ها در سایر کارخانجات تولید آهن اسفنجی با روش میدرکس در کشور باید کد تجهیزات آن کارخانه جایگزین شود.

پیش‌گفتار

تولید آهن و فولاد در ایران به دلیل وجود معادن غنی سنگ‌آهن و نیز نیاز روزافزون کشور به محصولات فولادی یکی از صنایع مهم و رو به رشد می‌باشد به طوری که در آینده‌ای نه چندان دور تولید فولاد در ایران به بیش از ۴۰ میلیون تن بالغ می‌گردد. تولید آهن و فولاد در ایران به دو روش کوره بلند و احیای مستقیم انجام می‌شود به دلیل وجود منابع عظیم گاز طبیعی در کشور، روش احیای مستقیم با تکنولوژی‌های متفاوت جهانی مانند MIDREX، HYL و همچنین با بومی‌سازی دانش فنی احیا مستقیم در ایران که با سرعت زیادی رو به گسترش می‌باشد، امر پرورش کارشناسان و ارتقای دانش تولید و بهره‌برداری توسط متخصصین متالورژی استخراجی در زمینه آهن و فولاد را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید.

در این راستا شرکت آهن و فولاد غدیر ایرانیان با همکاری انجمن مهندسين متالورژی ایران به منظور آشنایی هر چه بیشتر دانشجویان، مهندسين، متخصصین و کارکنان صنایع آهن و فولاد، اقدام به انتشار کتاب تکنولوژی احیای مستقیم نموده است. رویکرد این کتاب آشنایی مهندسين و صنعتگران با تکنولوژی و مسائل صنعتی تولید آهن و فولاد به روش احیای مستقیم و انتقال دانش کاربردی این صنعت می‌باشد. امید است انتشار این کتاب سرآغاز راهی موفقیت‌آمیز جهت تلفیق تجارب و دانش کاربردی صنعت متالورژی و توسعه ارتباطات صنعت و دانشگاه کشور باشد.



انجمن مهندسين متالورژی ایران

دکتر محمود نیلی احمدآبادی