

تکنولوژی تولید آهن پخته

جلد اول

تبیین فرآیند، تجهیزات و سیستم ها



تهیه و تدوین :
اسدالله فرشاد



شرکت آهن و فولاد غدیر ایرانیان
(سهامی خاص)

شابک	: ۱۸۰۰۰۰ ریال : ج. ۱، جلد معمولی : 978-600-7019-01-6 : ۲۲۰۰۰۰ ریال (ج. ۱، جلد سخت) : ۱۱۰۰۰۰ ریال : ج. ۲، جلد معمولی : 978-600-7019-00-9 : ۱۵۰۰۰۰ ریال (ج. ۲، جلد سخت)
شماره	: ۳۳۲۰۵۵۵
کتابشناسی ملی عنوان و نام پدیدآور	: تکنولوژی تولید آهن اسفنجی/ تألیف و تدوین اسدالله فرشاد؛ مترجمان و همکاران تدوین اسدالله فرشاد و ... [و دیگران]: ویراستاران اسدالله فرشاد، محمد عسگری.
مشخصات نشر	: تهران : شارق، ۱۳۹۲ -
مشخصات ظاهری	: ج.: ۱، مصور، جدول، نمودار.
یادداشت	: مترجمان و همکاران تدوین اسدالله فرشاد، سیدحسن میرحسینی، احمد کریمی عقدا، محمد عسگری، حسین غفوری، امیرحسین فرشاد، ابوطالب رضائی، محیا شریعت‌فر.
یادداشت	: ج. ۳ (چاپ اول: ۱۳۹۲) (فیها).
مندرجات	: ج. ۱. تبیین فرآیند، تجهیزات و سیستم‌ها. ج. ۲. تولید، نگهداری و تعمیرات
موضوع	: آهن اسفنجی
موضوع	: آهن -- ایران -- صنعت و تجارت
رده بندی دیویی	: ۶۶۹/۱۲
رده بندی کنگره	: ۳۹۲/۲۸ TN۷۲۷
سرشناسه	: فرشاد اسدالله، ۱۳۲۱ -
وضعیت فهرست نویسی	: فهرست

عنوان کتاب: تکنولوژی تولید آهن اسفنجی جلد اول (تبیین فرآیند، تجهیزات و سیستم‌ها)

تألیف و تدوین: اسدالله فرشاد

مترجمان و همکاران تدوین: اسدالله فرشاد - سید حسن میرحسینی - احمد کریمی عقدا

محمد عسگری - حسین غفوری - امیرحسین فرشاد - ابوطالب رضائی - محیا شریعت‌فر

ویراستاران: اسدالله فرشاد - محمد عسگری

صفحه آرائی: ماهنامه تخصصی پردازش (مهدی بالیده) - محمد علی جعفری - علی خیری‌پور

طراحی روی جلد: تهمینه مجتهد بیدآبادی

ناشر: شارق

نوبت چاپ: اول، زمستان ۱۳۹۲

شمارگان: ۲۰۰۰ جلد

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۱۹-۰۱-۶

قیمت: جلد معمولی ۱۸/۰۰۰ تومان، جلد سخت ۲۴/۰۰۰ تومان

«حق چاپ محفوظ می‌باشد»

فهرست مطالب

مقدمه.....	۱۹
فصل اول : احیای مستقیم؛ روش میدرکس و تاریخچه آن.....	۲۵
۱-۱. مقدمه.....	۲۷
۲-۱. تاریخچه احیای مستقیم به روش میدرکس.....	۲۸
۳-۱. تاریخچه احیای مستقیم در ایران.....	۳۲
فصل دوم : روش‌های مختلف تولید آهن و فولاد.....	۳۵
۱-۲. مقدمه.....	۳۷
۲-۲. تکنولوژی کوره بلند- کنورتور.....	۳۸
۱-۲-۲. روش کوره بلند.....	۳۸
۲-۲-۲. روش کورکس.....	۳۹
۱-۲-۲-۲. شرح فرآیند.....	۳۹
۳-۲. احیای مستقیم- کوره های قوس الکتریکی.....	۴۲
۱-۳-۲. کوره استوانه‌ای یا ثابت عمودی.....	۴۳
۱-۱-۳-۲. فرآیند HYL.....	۵۴
۲-۳-۲. کوره دوار افقی.....	۶۱
۳-۳-۲. کوره دوار عمودی.....	۶۳
۴-۳-۲. بسترسیال.....	۸۱
فصل سوم : فرآیند میدرکس؛ عملکرد و کنترل.....	۸۳
۱-۳. روش میدرکس.....	۸۵
۱-۱-۳. احیا.....	۸۶

۸۸.....	۲-۱-۳. ریفورمینگ.....
۹۰.....	۳-۱-۳. سیستم بازیابی حرارت.....
۹۰.....	۲-۳. پایداری و کارایی فرآیند.....
۹۱.....	۳-۳. کنترل فرآیند.....
۹۲.....	۴-۳. فرآیندی با درجه فلز شوندگی بالا.....
۹۲.....	۵-۳. کنترل کربن و کربوراسیون.....
۹۴.....	۶-۳. شاخص های مصارف صنعتی احیای مستقیم به روش میدرکس.....
۹۵.....	۷-۳. ایمن سازی ها.....
۹۵.....	۸-۳. مسائل محیطی.....
۹۶.....	۹-۳. سایر ویژگی ها و مزیت های طرح میدرکس.....
۹۷.....	فصل چهارم : محاسبه بالانس جرمی در کوره احیای مستقیم به روش میدرکس...
۹۹.....	۱-۴. مقدمه.....
۹۹.....	۲-۴. محاسبات مربوط به گندله سنگ آهن و آهن اسفنجی.....
۱۰۳.....	۳-۴. موازنه جرم فلزی.....
۱۰۳.....	۱-۳-۴. احیای هماتیت به وستیت.....
۱۰۳.....	۲-۳-۴. احیای هماتیت به آهن فلزی.....
۱۰۴.....	۴-۴. موازنه جرم غیر فلزی (گانگ).....
۱۰۵.....	فصل پنجم : مشخصات فنی کوره احیای مستقیم.....
۱۰۷.....	۱-۵. تجهیزات کوره.....
۱۰۸.....	۱-۱-۵. مشخصات قیف ورودی اکسید آهن.....
۱۰۸.....	۲-۱-۵. لوله تغذیه اصلی مواد ورودی (گندله اکسید آهن) به کوره.....
۱۰۹.....	۳-۱-۵. دریچه کشویی گندله ورودی در قسمت فوقانی.....
۱۰۹.....	۴-۱-۵. دریچه کشویی آهن اسفنجی خروجی در قسمت تحتانی.....
۱۰۹.....	۵-۱-۵. شوینده گاز خروجی.....

۱۱۰	۵-۱-۶. قطره گیر
۱۱۰	۵-۱-۷. کلوخه شکن بالایی کوره
۱۱۱	۵-۱-۸. کلوخه شکن میانی کوره
۱۱۱	۵-۱-۹. کلوخه شکن پایین کوره
۱۱۲	۵-۱-۱۰. درب خروجی کوره
۱۱۲	۵-۱-۱۱. انتخاب مواد (فولادهای مناسب) برای ساخت کوره احیای مستقیم
۱۱۵	۵-۲. مشخصات، شامل آنالیز شیمیایی و خواص مکانیکی
۱۱۵	۵-۳. ویژگی‌ها و نمونه موارد استفاده ASTM A515
۱۱۶	۵-۳-۱. فولادهای مشابه (آمریکایی و غیره) ASTM A515
۱۱۶	۵-۳-۲. خواص کششی
۱۱۶	۵-۳-۳. عملیات حرارتی
۱۱۷	۵-۴. فولاد ASTM A131
۱۱۸	۵-۴-۲. فولادهای مشابه (آمریکایی و غیره) ASTM A131
۱۱۸	۵-۴-۳. ویژگی‌ها و نمونه موارد استفاده
۱۱۹	۵-۵. فولاد AISI Type 304
۱۱۹	۵-۵-۲. ویژگی‌ها
۱۲۰	۵-۵-۳. نمونه موارد استفاده
۱۲۰	۵-۵-۴. فولادهای مشابه (آمریکایی و غیره) AISI Type 304
۱۲۱	۵-۵-۵. خواص مکانیکی فولاد AISI Type A 304
۱۲۲	۵-۵-۶. ویژگی‌ها
۱۲۴	۵-۶. AISI Types 309, 309S, 309S (Cb)
۱۲۴	۵-۶-۱. ویژگی‌ها
۱۲۵	۵-۶-۲. نمونه موارد استفاده
۱۲۶	۵-۶-۳. خواص کششی

۱۲۷.....	AISI Types 310, 310S ۷-۵
۱۲۷.....	۱-۷-۵. ویژگی‌ها
۱۲۹.....	۲-۷-۵. نمونه موارد استفاده
۱۲۹.....	۳-۷-۵. فولادهای مشابه (آمریکایی و غیره) AISI Type 310
۱۲۹.....	۴-۷-۵. فولادهای مشابه (آمریکایی و غیره) AISI Type 310S
فصل ششم: تشریح قسمت‌های اصلی بدنه کوره احیای مستقیم، مراحل ساخت، تکمیل و نصب آن	
۱۳۱.....	۱-۶. مقدمه
۱۳۳.....	۲-۶. تشریح فرآیند ساخت
۱۳۳.....	۱-۲-۶. ارسال نقشه‌های طراحی اساسی و نقشه‌های طراحی تفصیلی به کارگاه ساخت
۱۳۳.....	۲-۲-۶. تامین کلیه مواد اولیه مورد نیاز ساخت
۱۳۴.....	۳-۲-۶. بررسی اسناد و مدارک مواد اولیه تامین شده
۱۳۴.....	۴-۲-۶. تهیه نقشه‌های کارگاهی توسط کارگاه سازنده
۱۳۶.....	۳-۶. عملیات حرارتی
۱۳۷.....	۱-۳-۶. انواع روش‌های عملیات حرارتی
۱۳۹.....	۴-۶. آزمون‌های غیر مخرب
۱۴۰.....	۵-۶. آزمون‌های مخرب
۱۴۰.....	۶-۶. سندبلاست و رنگ
۱۴۱.....	۷-۶. تشریح ده قسمت اصلی بدنه کوره
۱۴۲.....	۱-۷-۶. قسمت بالایی کوره
۱۴۳.....	۲-۷-۶. قسمت میانی کوره
۱۴۳.....	۳-۷-۶. نشیمن‌گاه کوره
۱۴۴.....	۴-۷-۶. قسمت پایینی کوره
۱۴۶.....	۵-۷-۶. قسمت تخلیه کوره

۱۴۷	۸-۶. مراحل تکمیل و نصب کوره احیا.....
۱۴۸	۱-۸-۶. پیش مونتاژها.....
۱۴۹	۲-۸-۶. مراحل نصب.....
۱۵۳	۹-۶. کنترل کیفیت و بازرسی فنی.....
۱۵۴	۱-۹-۶. مدارک فنی و مهندسی بازرسی.....
۱۵۶	۲-۹-۶. تعریف بازرسی در قراردادهای ساخت تجهیزات صنعتی.....
۱۵۷	۳-۹-۶. بازرسی در کارگاهها.....
۱۵۹	۴-۹-۶. تهیه مدارک بازرسی و تکمیل کتابچه بازرسی فنی نهایی.....
۱۶۰	۵-۹-۶. مراحل بازرسی و آزمایش جوش.....
۱۶۵	فصل هفتم: نقش ریفرورمر در فرآیند احیای مستقیم.....
۱۶۷	۱-۷. مقدمه.....
۱۶۸	۲-۷. اجزای تشکیل دهنده ریفرورمر.....
۱۶۸	۱-۲-۷. بدنه ریفرورمر.....
۱۷۳	۲-۲-۷. تیوب‌های ریفرورمر.....
۱۷۶	۳-۷. فرآیند ریفرورم.....
۱۸۰	۴-۷. مراقبت از ریفرورمر.....
۱۸۰	۱-۴-۷. مراقبت از تجهیزات ریفرورمر.....
۱۸۲	۲-۴-۷. مراقبت از نسوزها.....
۱۹۳	۳-۴-۷. مراقبت از کاتالیست.....
۱۹۴	۵-۷. موازنه جرم و انرژی در ریفرورمر.....
۱۹۴	۱-۵-۷. موازنه جرم.....
۱۹۵	فصل هشتم: کاتالیست.....
۱۹۷	۱-۸. تاریخچه و طریقه ساخت کاتالیست.....
۱۹۸	۲-۸. علم و هنر ساخت کاتالیست.....

- ۱۹۸.....۱-۲-۸. تولید حامل
- ۲۰۰.....۲-۲-۸. افزودن فلز
- ۲۰۱.....۳-۸. کاتالیست
- ۲۰۱.....۱-۳-۸. فاکتورهای موثر بر عملکرد کاتالیست
- ۲۰۱.....۲-۳-۸. عملکرد کاتالیست = عملکرد ریفورمر = عملکرد کارخانه
- ۲۰۲.....۳-۳-۸. اندازه گیری عملکرد کاتالیست
- ۲۰۴.....۴-۸. روش های بهبود عملکرد کاتالیست
- ۲۰۴.....۱-۴-۸. دما
- ۲۰۶.....۲-۴-۸. ترکیبات گوگرد
- ۲۰۷.....۳-۴-۸. سموم کاتالیست
- ۲۰۸.....۴-۴-۸. شارژ کاتالیست
- ۲۰۹.....۵-۸. روش های بهبود طراحی در عملکرد کاتالیست
- ۲۰۹.....۱-۵-۸. گوگرد
- ۲۱۰.....۲-۵-۸. پیش گرم کردن گاز خوراک
- ۲۱۱.....۳-۵-۸. منحنی شارژ کاتالیست
- ۲۱۱.....۴-۵-۸. قطر تیوب
- ۲۱۱.....۵-۵-۸. مشخصات هندسی ریفورمر
- ۲۱۲.....۶-۵-۸. فشار عملیاتی
- ۲۱۲.....۶-۸. روش های بهبود در فرآیند ساخت در عملکرد کاتالیست
- ۲۱۲.....۱-۶-۸. مقادیر نیکل
- ۲۱۳.....۲-۶-۸. اشکال با سطح هندسی زیاد
- ۲۱۴.....۳-۶-۸. سطح
- ۲۱۵.....۴-۶-۸. مقاومت در برابر خرد شدن
- ۲۱۵.....۵-۶-۸. اندازه / شکل

۲۱۵	۷-۸. فاکتورهایی که بر عملکرد کاتالیست اثر گذارند
۲۱۵	۱-۷-۸. تشکیل کربن در ریفورمر
۲۱۸	۸-۸. ممانعت از شکست هیدروکربن‌ها در یک ریفورمر
۲۱۸	۱-۸-۸. کاهش مقدار هیدروکربن‌های سنگین در گاز طبیعی
۲۱۹	۲-۸-۸. شرایط عملیاتی
۲۱۹	۳-۸-۸. منحنی شارژ کاتالیست
۲۲۱	فصل نهم: رکوپراتور
۲۲۳	۱-۹. مقدمه
۲۲۴	۲-۹. اجزای تشکیل دهنده رکوپراتور
۲۲۶	۳-۹. تشریح مشخصات و عملکرد هر یک از اجزا
۲۲۶	۱-۳-۹. کیسینگ ۱
۲۲۸	۲-۳-۹. کیسینگ ۲
۲۲۹	۳-۳-۹. کیسینگ ۳
۲۳۱	۴-۹. موازنه جرم و انرژی در رکوپراتور
۲۳۱	۱-۴-۹. میزان کل انرژی جذب شده از گاز سوختی در رکوپراتور
۲۳۳	۲-۴-۹. میزان انرژی گرفته شده به وسیله هوای مصرفی
۲۳۵	۳-۴-۹. میزان انرژی گرفته شده به وسیله گاز خوراک
۲۳۷	۴-۴-۹. میزان انرژی گرفته شده به وسیله گرمایش ابتدایی گاز طبیعی در رکوپراتور
۲۳۸	۵-۴-۹. فرمول‌های مربوط به محاسبات ظرفیت گرمایی ویژه گازها و اشکال (ضمیمه) ...
۲۴۵	فصل دهم: کمپرسورهای فرآیند
۲۴۷	۱-۱۰. مقدمه
۲۴۷	۲-۱۰. انواع کمپرسورها
۲۵۰	۳-۱۰. کمپرسورهای لوب مستقیم
۲۵۱	۱-۳-۱۰. هدف

- ۱۰-۳-۲. ضرورت اصلاح طرح کمپرسور جهت افزایش ظرفیت تولید..... ۲۵۵
- ۱۰-۳-۳. اصلاحات طراحی..... ۲۵۷
- ۱۰-۳-۴. ساختار..... ۲۶۰
- ۱۰-۳-۵. عملکرد کمپرسور دوار..... ۲۶۸
- ۱۰-۳-۶. دمنبرهای ارتعاشی..... ۲۷۰
- ۱۰-۴. کمپرسور گاز آب‌بندی..... ۲۷۲
- ۱۰-۵. کمپرسور گاز برج یا گاز شستشو..... ۲۷۶
- ۱۰-۵-۱. عملکرد کمپرسورهای گاز شستشو..... ۲۷۸
- ۱۰-۶. کمپرسور هوای ابزار دقیق..... ۲۷۹
- ۱۰-۶-۱. عملکرد کمپرسورهای هوای ابزار دقیق..... ۲۷۹
- ۱۰-۷. جمع بندی..... ۲۷۹
- فصل یازدهم: سیستم حمل مواد در کارخانه احیای مستقیم..... ۲۸۱
- ۱۱-۱. سیستم حمل مواد..... ۲۸۳
- ۱۱-۱-۱. کلیات..... ۲۸۵
- ۱۱-۱-۲. اجزای اصلی نوار نقاله..... ۲۸۶
- ۱۱-۲. برج انتقال..... ۳۱۳
- ۱۰-۳. سرندها..... ۳۱۴
- ۱۱-۴. مخازن ذخیره..... ۳۱۴
- ۱۱-۵. تغذیه‌کننده‌ها..... ۳۱۵
- ۱۱-۶. سیستم غبارگیر..... ۳۱۶
- ۱۱-۷. شرایط کارکردی سیستم حمل مواد..... ۳۲۵
- ۱۱-۸. نوار نقاله..... ۳۲۵
- ۱۱-۹. نحوه کارکرد خط انتقال مواد اکسیدی به کوره..... ۳۲۶
- ۱۱-۱۰. نحوه کارکرد خط انتقال محصول از کوره..... ۳۲۸

فصل دوازدهم : فرایندها و تأمین آب صنعتی مورد نیاز واحد احیای مستقیم به	
روش میدرکس.....	۳۳۳
۱-۱۲. مقدمه.....	۳۳۵
۲-۱۲. آشنایی با اصطلاحات متداول در فرایندهای تولید انواع آب صنعتی.....	۳۳۵
۳-۱۲. سیستم تصفیه آب.....	۳۳۷
۴-۱۲. اساس کارکرد دستگاههای اسمز معکوس.....	۳۳۷
۵-۱۲. مصرف و انتقال آب چیرانی به نقاط مختلف واحد احیای مستقیم.....	۳۴۱
۶-۱۲. مدارها آب در فرایند میدرکس.....	۳۴۲
۷-۱۲. آبهای مصرفی و پسابهای تولیدی یک واحد احیای مستقیم.....	۳۴۴
۸-۱۲. تأسیسات و تجهیزات مرتبط به آب صنعتی و مشخصات آنها در فرایند احیای	
مستقیم.....	۳۴۷
۱-۸-۱۲. پمپها.....	۳۴۷
۲-۸-۱۲. پایههای آببندی.....	۳۵۱
۳-۸-۱۲. اساس کار پایههای آب بندی.....	۳۵۲
۴-۸-۱۲. خنک کننده گاز آببندی.....	۳۵۲
۵-۸-۱۲. خنک کننده گاز شکسته شده.....	۳۵۴
۶-۸-۱۲. کلاریفایر.....	۳۵۴
۷-۸-۱۲. کلاسیفایر.....	۳۵۵
۸-۸-۱۲. غبارگیرها.....	۳۵۶
۹-۸-۱۲. اسکرابرها یا شوینده گاز.....	۳۵۷
۱۰-۸-۱۲. انواع مبدل های حرارتی موجود در یک واحد میدرکس.....	۳۵۹
۱۱-۸-۱۲. خشک کن یخچالی.....	۳۶۱
۱۲-۸-۱۲. خشک کن های گاز پرچ.....	۳۶۳
۱۳-۸-۱۲. برج خنک کن.....	۳۶۳

۱۲-۸-۱۴. قطره گیرها.....	۳۶۴
فصل سیزدهم : معرفی نسوزهای مصرفی در تجهیزات مهم واحد احیای	
مستقیم.....	۳۶۷
۱-۱۳. مقدمه.....	۳۶۹
۲-۱۳. نسوزهای مصرفی در تجهیز کوره احیا و ریفرمر.....	۳۶۹
۱-۲-۱۳. کوره احیا.....	۳۷۰
۲-۲-۱۳. نسوزهای مصرفی در سقف کوره.....	۳۷۰
۳-۲-۱۳. نسوزهای مصرفی در جداره بالایی کوره احیا.....	۳۷۱
۴-۲-۱۳. نسوزهای مصرفی در ناحیه باسل.....	۳۷۳
۵-۲-۱۳. نسوزهای مصرفی در قسمت تحتانی کوره.....	۳۷۵
۳-۱۳. نسوزهای مصرفی در ریفرمر گاز.....	۳۷۶
فصل چهاردهم : تشریح سیستم کنترل فرآیند در احیای مستقیم.....	۳۸۳
۱-۱۴. مقدمه.....	۳۸۵
۲-۱۴. معرفی کلی ساختار سیستم DCS.....	۳۸۶
۱-۲-۱۴. نرم افزارهای بکار رفته در سیستم DCS.....	۳۸۶
۲-۲-۱۴. ایستگاه کنترل فرآیند.....	۳۸۷
۳-۲-۱۴. شبکه سیستم.....	۳۸۸
۴-۲-۱۴. ایستگاه اپراتوری.....	۳۸۸
۵-۲-۱۴. ایستگاه مهندسی.....	۳۸۹
۳-۱۴. سیستم‌های اتوماسیون رایج در صنایع.....	۳۸۹
۱-۳-۱۴. سیستم اتوماسیون یکپارچه.....	۳۹۱
۲-۳-۱۴. سیستم اتوماسیون Industrial IT 800 Xa.....	۳۹۳
۳-۳-۱۴. سیستم اتوماسیون CENTUM 3000 R3.....	۳۹۵
۴-۳-۱۴. سیستم دلتا-وی امرسون.....	۳۹۷

۴-۱۴. سیستم‌های واحد احیای مستقیم.....	۴۰۳
۴-۱۴-۱. سیستم کوره.....	۴۰۳
۴-۱۴-۲. ریفرمر.....	۴۰۶
۴-۱۴-۳. رکوپراتور.....	۴۰۷
فصل پانزدهم: آزمایشگاه در واحد احیای مستقیم.....	
۱-۱۵-مقدمه.....	۴۱۷
۲-۱۵-بخش‌های آزمایشگاه.....	۴۱۷
۱-۲-۱۵-بخش آماده‌سازی نمونه.....	۴۱۷
۲-۲-۱۵-بخش تامبل.....	۴۲۱
۳-۲-۱۵-بخش شیمی تر (تجربه).....	۴۲۲
۴-۲-۱۵-بخش کربن/سولفور.....	۴۲۸
۵-۲-۱۵-بخش جذب اتمی و گاز کروماتوگراف.....	۴۲۸

مقدمه

با وجود آنکه سال‌ها است آهن اسفنجی تولید شده از طریق روش میدرکس بخش اعظم ماده اولیه به 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 مهندسین 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، پروفِر (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 مهندسین 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 (ایریتك) 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 احیا 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 آسکوتک 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.

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 بر خور داری 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 سیستم‌ها، راه‌اندازی راهبردی و نحوه تولید و نگهداری با روش میدرکس که در زمینه‌های بهره‌برداری کارخانه‌های 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 فناوران 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، سیدحسن میرحسینی، حسین غفوری، حمیدرضا فتوحی، ابوطالب رضائی، امیر حاجیان، امیرحسین فرشاد، نویدرضا یزدانشناس، احمد کریمی عقدا، یاسر مظفری، بهزاد پرویزی و سرکار خانم مهندس محبا 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 HYL، MIDREX و همچنین با بومی‌سازی دانش فنی احیای 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