

تحقیق و ارزیابی تداوم فرایند کوره بلند

محمد حسن جولزاده

چکیده

میزان تولید فولاد جهان در سال گذشته میلادی بالغ بر ۱/۲۴ میلیارد تن به ثبت رسید. ۶۵٪ تولید فولاد خام دنیا به روش کوره بلند - کنورتور اکسیژنی حاصل می شود. در سال ۲۰۰۶ میزان تولید چدن مذاب و کک متالورژیکی به ترتیب ۸۷۳ و ۳۰۰ میلیون تن بوده است. نسبت چدن مذاب به فولاد خام در طول ۶۰ سال گذشته ۰/۷ محاسبه شده است. بدون شک منبع اصلی تأمین چدن مذاب کوره بلند است. با توجه به مصرف بالای کک متالورژیکی در کوره بلند های جهان، کمبود کک، کمیاب شدن کک صادراتی و نوسانات قیمت آن، کاهش منابع تأمین ذغالهای کک شو و محدودیت های ایجاد شده، به گردش در آوردن و حفظ خطوط تولید کوره بلند های دنیا را با مشکل مواجه می سازد. در اوائل سال ۲۰۰۴ قیمت کک متالورژیکی از ۶۰ به ۴۸۰ دلار بر تن افزایش یافت و بحران عظیمی در صنایع فولاد جهان بوجود آمد. رشد سریع اقتصادی چین و در انحصار داشتن کک صادراتی توسط این کشور متخصصین را برای معرفی فرایندهای جایگزین تولید آهن، بجای کوره بلند وا داشته است. گزینه های نزدیک احیاء مستقیم و احیاء همزمان با ذوب است. فرایندهای الکترولیز، باکتری در حد آزمایشگاهی نتیجه مثبت داده و تحقیقات در این زمینه ها ادامه دارد. پیش بینی ها نشان می دهد که سهم فرایندهای تولید آهن به روش های کوره بلند، احیاء و احیاء همزمان با ذوب در سال ۲۰۵۰ به ترتیب ۵۹ و ۱۵ و ۱۰ درصد خواهد بود و سهم احیاء با هیدروژن، فولادسازی مستقیم و الکترولیز نیز به ترتیب ۱۰ و ۵ و ۱ درصد برآورد می شود.

واژه های کلیدی: کک، کوره بلند، فولاد خام، قیمت، احیاء، احیاء همزمان با ذوب

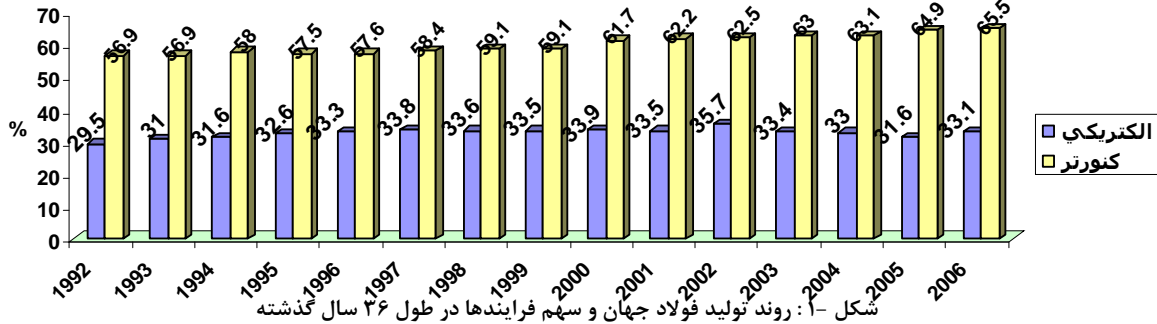
مقدمه

در سال ۲۰۰۶ میزان تولید فولاد خام جهان ۱/۲۴ میلیارد تن رقم خورده و کشور چین به ۴۱۹ میلیون تن فولاد خام دست یافته است. تقاضای شدید به محصولات فولادی در اکثر کشورهای جهان، بازار فولاد دنیا را متحول ساخته است. تعامل و همایش های زیادی در پیرامون مواد خام، مواد احیاء کننده سنگ آهن، زیر بناها، حمل و نقل و نیروگاهها در نواحی مختلف جهان صورت می گیرد. در این تحقیق وضعیت مواد احیاء کننده دنیا مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. در سال ۲۰۰۶ در جهان میزان تولید چدن و کک به ترتیب ۸۷۳ و ۴۹۹ میلیون تن برآورد شده است. بدون شک فرایند اصلی تولید چدن جهان کوره بلند است. سوآلهای برخواسته از گرد همایی انجام شده آنست که فرآیند کوره بلند تاکی حضور خود را در تولید فولاد جهان حفظ خواهد کرد، آیا کک بعنوان نیاز اصلی فرآیند کوره بلند باقی خواهد ماند و در نهایت آیا دوران کوره بلند به پایان رسیده است یا نه.

کوره بلند و فولاد جهان

حرکت دادن خطوط تولید به فرای ۱/۲۴ میلیارد تن فولاد خام نیاز به اطمینان قطعی در تامین پایدار مواد اولیه، انرژی، یوتیلیته، خدمات و غیره دارد. پرسنل فنی با تجربه، دانش فنی بالا و کارا، مدیریت نخبه، بهره برداری مطلوب واحد و تجهیزات را فراهم می سازد. رشد نیازهای زیر بنایی به عنوان یک موضوع مهم است. در راس آن تعهد مالی است و در صورت عدم برنامه ریزی خوب و ننگنجاندن مناسب در چهار چوب جدول زمانبندی، در دسرهای زیادی ایجاد می کند. میزان تولید فولاد جهان بعد از افت تولید در سال ۲۰۰۲، در سال گذشته به ۱/۲۴ میلیارد تن رسیده است. در شکل ۱- سهم فرایند ها در بین سالهای ۱۹۹۲ و ۲۰۰۶ در تولید فولاد جهان مشاهده می گردد. کنورتور اکسیژنی (کوره بلند) بیشترین سهم را به میزان ۶۵/۵٪ به خود اختصاص داده است. میزان نیاز مواد اولیه برای تولید فولاد جهان در طول ۶ سال گذشته در جدول ۱- نشان داده شده است. در سال ۲۰۰۶ بیش از ۱/۴ میلیارد تن سنگ آهن در فولادسازی های جهان به مصرف رسیده است که تقریباً ۷۰۰ میلیون تن آن با کشتی صادر (یا وارد) شده است. چین به تنهایی در سال ۲۰۰۰، ۷۰ میلیون تن سنگ آهن وارد میکرد این مقدار در سال ۲۰۰۶ بیش از ۳۲۶/۳ میلیون تن به ثبت رسیده است. با توجه به اینکه رزروهای سنگ آهن جهان بالا و سرمایه گذارهای عظیمی در حال انجام است، به بهره برداری رسیدن معادن جدید کمی به وقت نیاز دارد. در این میان در ظرفیت ناو کشتیرانی مواد خام جهان کمبودی احساس شده است بخصوص بعد از حمل و نقل ۷۰۰ میلیون تن سنگ آهن و باضافه نزدیک به ۲۰۰ میلیون تن کک این بحران بیشتر نمایان شده

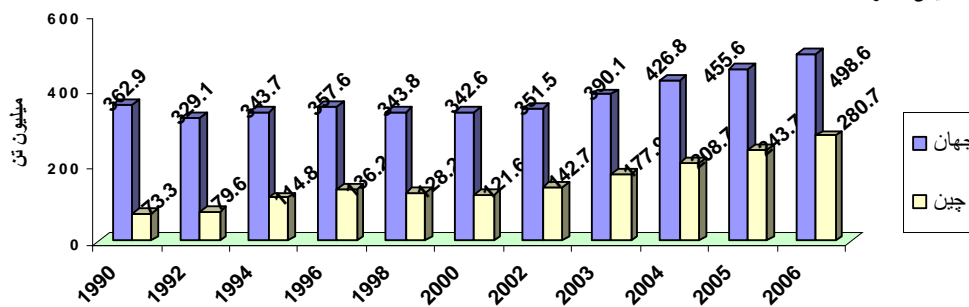
است. بطور تقریبی ۵۰۰ کشتی حمل و نقل مواد خام در ناو کشتیرانی جهان هر کدام با ۱/۲ میلیون تن ظرفیت در سال وجود دارد. بعبارت دیگر ظرفیت حمل و نقل سالانه کشتی ها ۶۰۰ میلیون تن است.



| ۲۰۰۶ | ۲۰۰۵ | ۲۰۰۴ | ۲۰۰۳ | ۲۰۰۲ | ۲۰۰۱ | |
|------|------|------|------|------|------|-------------------|
| ۱۲۴۰ | ۱۱۳۰ | ۱۰۵۵ | ۹۷۰ | ۹۰۲ | ۸۵۰ | میزان تولید فولاد |
| ۱۴۸۹ | ۱۳۷۳ | ۱۳۰۸ | ۱۲۰۰ | ۱۱۲۰ | ۱۰۵۰ | سنگ آهن |
| ۴۰۹ | ۳۸۰ | ۳۶۹ | ۳۴۰ | ۳۱۵ | ۳۰۰ | کک |
| ۵۰۰ | ۴۸۵ | ۴۶۷ | ۴۲۵ | ۴۰۰ | ۳۷۵ | قراضه |

جدول ۱- مصرف مواد خام فولاد سازی جهان در طول ۶ سال گذشته (میلیون تن)

بطور آشکار تجارت جهانی سنگ آهن و کک با بحران محدودیت ظرفیت حمل و نقل کشتی مواجهه است. متأسفانه امید زیادی در افزایش ظرفیت های جدید کشتیرانی در آینده نزدیک نیست. بررسی های انجام شده در سال ۲۰۰۴ نشان داد که فقط ۳۰ کشتی جدید به ناو کشتیرانی جهان اضافه شده است. با در نظر داشتن ۱/۲ میلیون تن ظرفیت حمل و نقل در سال، فقط ۵۰ میلیون تن افزایش ظرفیت حمل و نقل بوجود آمده است. این افزایش ظرفیت جهت رفع نیازهای سنگ آهن وارداتی توسط چین بلعیده شده است. وضعیت کک در اکثر کشورها بحرانی است و تحت تاثیر چین قرار دارند. این سرعت بالای تحول ظرفیت های تولید ذغال و کک را تحت فشار قرار داده و باعث بروز مشکلات متعددی در تامین مرسوم مواد و سیکل تقاضا گردیده است. افزایش تقاضای کوره بلندها به کک دانه درشت در اوایل قرن حاضر از ۲۵۰ به ۴۰۰ میلیون تن در سال ۲۰۰۶ افزایش یافته است. در شکل ۲- میزان تولید کک در جهان و سهم چین در دو دهه اخیر از نظر می گذرد. پیش بینی می شود که چین مقام اولی مصرف کک جهان را حفظ و ۳۲٪ کل کک را به مصرف برساند. در جدول ۲- وارد و صادر کنندگان اصلی کک جهان در دو سال گذشته دیده می شود [1]. ایران سالیانه نزدیک به ۲۵۰ هزار تن کک از چین وارد می کند.



شکل ۲- میزان تولید کک در نواحی مختلف جهان و سهم کشور چین در دو دهه اخیر [2]

تامین ذغال متالورژیکی و پروژه های کک سازی

در ناحیه تامین مواد ، تخمینها نشان می دهد که رزروهای قابل برداشت ذغالهای کک شوی جهان ۲۱۴ میلیارد تن است . به نظر می رسد این رقم خیلی بالاست . در هر حال منابع با تعبیرهای رزروهای قابل

| وارد کنندگان | ۲۰۰۵ | ۲۰۰۶ | وارد کنندگان | ۲۰۰۵ | ۲۰۰۶ |
|---------------------|-------|-------|--------------|------|------|
| انگلستان | ۷۲۵ | ۹۹۹ | بلژیک | ۴۳۴ | ۵۲۲ |
| ژاپن | ۲۶۹۲ | ۱۷۷۸ | فرانسه | ۱۵۲۰ | ۱۶۱۰ |
| کره | ۳۴۲ | ۳۱۵ | آلمان | ۴۹۳۲ | ۵۵۲۴ |
| صادر کنندگان | | | ایتالیا | ۱۰۶۱ | ۹۹۱ |
| چین | ۱۲۸۸۳ | ۱۲۳۲۲ | هلند | ۸۷۷ | ۴۵۱ |
| لهستان | ۴۳۷۸ | ۵۸۱۱ | اسپانیا | ۱۳۶۴ | ۱۵۵ |

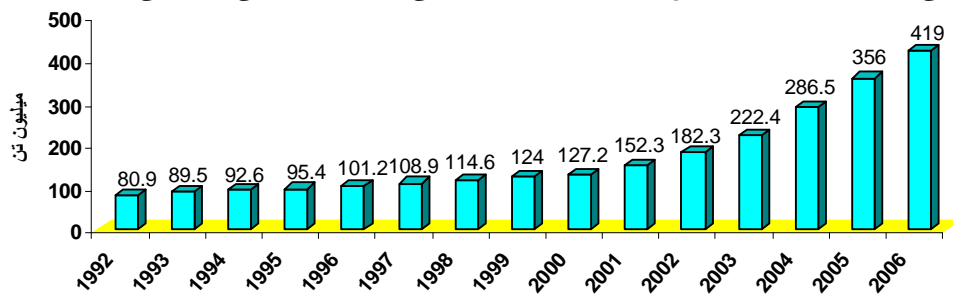
جدول ۲- وارد و صادر کنندگان کک جهان در سالهای ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ (هزار تن) [1]

استخراج اقتصادی تعریف می شوند . هم اکنون در جهان در حالی که تقاضای کالا به خصوص در چین افزایش می یابد ، تامین ذغال کک شو کمتر می شود سوالی به دنبال آنست که این وضعیت تا کی دوام خواهد آورد ؟ تامین منابع بدون انتهاست و ذغالهای نزدیک به سطح زمین و قابل استخراج اقتصادی ، کمیاب و محدودتر می شود لذا معدن کاری عمیق که قیمت تمام شده آن گران است الزامی به نظر میرسد . در جدول ۳- وارد و صادر کنندگان اصلی ذغال کک شوی جهان داده شده است . استرالیا با ۱۲۴ میلیون تن صادرات و ژاپن نیز بالغ بر ۷۹ میلیون تن واردات پیشتاز هستند . شایان ذکر است ایران سالانه ۷۰۰ هزار تن ذغال کک شواز استرالیا وارد می کند . تا کنون چندین کشور اعلام داشتند که برنامه هایی را برای توسعه ظرفیت کک سازی های خویش دارند . در صورتیکه کلیه پروژه ها اجرا و مورد بهره برداری قرار گیرند در سال ۲۰۰۸ ، ظرفیت تولید کک جهان ۸۴ میلیون تن افزایش خواهد یافت .

| وارد کنندگان | ۲۰۰۵ | ۲۰۰۶ | تایوان | ۵۱۹۶ | ۵۰۴۸ |
|--------------|-------|-------|---------------------|--------|--------|
| چین | ۷۱۹۴ | ۴۶۶۲ | صادر کنندگان | | |
| ژاپن | ۷۸۷۴۷ | ۷۹۶۸۴ | استرالیا | ۱۲۴۹۳۴ | ۱۲۴۳۲۰ |
| کره جنوبی | ۱۱۱۰۵ | ۱۲۰۴۴ | کانادا | ۲۶۵۶۱ | ۲۴۶۴۰ |
| هند | ۱۶۴۵۲ | ۱۸۵۸۰ | آمریکا | ۲۶۰۰۱ | ۲۴۹۴۶ |

جدول ۳- وارد و صادر کنندگان اصلی ذغال کک شوی جهان در سالهای اخیر (هزار تن) [1]

چین و برزیل ۷۸٪ سهم این ظرفیتها را خواهند داشت. بقیه پروژهها در ژاپن، کره، هند، آفریقای جنوبی، ایتالیا، روسیه، انگلستان و ایران باجرا در می آید. میزان مصرف کک متالورژیکی جهان در سال ۲۰۱۵ نزدیک به ۵۰۰ میلیون تن برآورد شده است که ۴۳۰ میلیون تن آن در صنایع فولاد به مصرف خواهد رسید. چین نقش خود را در موازنه تأمین و مصرف کک حفظ و ادامه خواهد داد. با در نظر داشتن ۲۱۰ میلیارد تن رزرو ذغال کک شو که ۵۰٪ آن قابل استخراج اقتصادی است و با فرض میزان مصرف سالانه ۵۰۰ میلیون تن کک و ذغال کک شوی مورد نیاز به میزان یک میلیارد تن در سال، بعد از ۷۰ الی ۷۵ سال دیگر منابع در سطح جهان کاملاً به صفر خواهد رسید. در آمریکا عمر معادن ذغال ۴۰ سال برآورده شده است. رشد صنعت فولاد چین در سطح جهان بی نظیر می باشد. در شکل ۳- رشد صنعت فولاد چین مشاهده می گردد. رکوردهای شکسته شده توسط چین در طول دهه گذشته می تواند تشویقی برای هند جهت برداشتن قدمهای بلند با هماهنگی برنامه های اصلی و اجرائی موثر باشد.



شکل ۳- رشد صنایع فولاد کشور چین

عنوانهای کسب توسط کشور چین

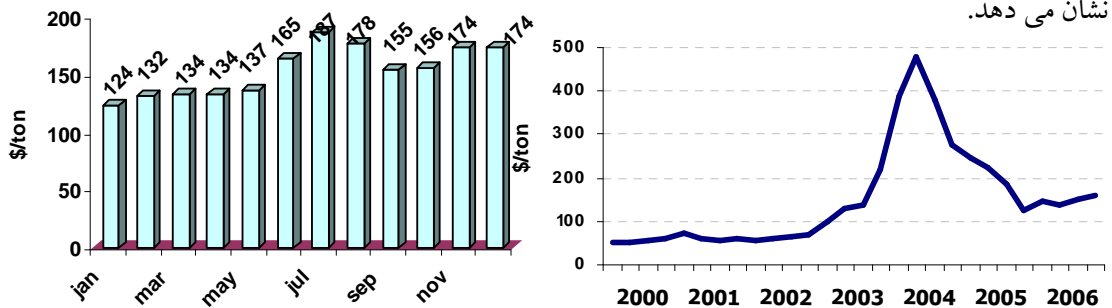
میزان مصرف فولاد در چین در سال ۲۰۰۶، ۳۵۶ میلیون تن بوده است. واردات فولاد کشور چین در سال ۲۰۰۳، ۴۰ میلیون تن بود. هم اکنون این کشور تبدیل به بزرگترین صادر کننده فولاد شده است. صادرات فولاد این کشور در سال گذشته ۵۱/۴ میلیون تن گزارش شده است. در سال ۱۹۹۶ کشور چین عنوان بزرگترین تولید کننده فولاد و چدن جهان را کسب کرد. در سال ۲۰۰۶ میزان تولید فولاد و چدن به ترتیب ۴۱۹ و ۴۰۵/۴ میلیون تن بوده است. چین همانند کشورهای تولید کننده بزرگ در تمام زمینه های صنایع فولاد و مواد خام و فولادسازی رشد همزمان داشته است. تقاضا و تولید فولاد جهان بدلیل نرخ رشد بالای چین از سال ۱۹۹۰ تا کنون در حد چشمگیری افزایش یافته است. ضمناً نیازهای کشور چین بازار بین المللی مواد خام فولاد سازی را تحت شعاع قرار داده است. رشد سریع در تولید فولاد منجر به توسعه فرایند فولاد سازی کوره بلند - کنورتور اکسیژنی گردیده است. بیشترین مصرف کک جهان در واحد های کوره بلند صورت می گیرد. با وجود اینکه چین دارای ذخائر ذغال کک شو و ظرفیت تولید کک عظیمی بلاخص در ناحیه شانکسی می باشد، قوانین زیست محیطی و بهینه سازی بهره

وری ظرفیت تولید و استفاده از ذغالهای کک شوی سخت برای تولید کک با کیفیت بهتر منجر به کمبود کک و ذغالهای کک شو گردیده است. مصرف بالای فولاد در چین و عدم تامین محصولات فولاد باندازه کافی در داخل کشور از لحاظ کمی و کیفی به نفع کشورهای صادر کننده فولاد شده است. این تحول باعث بهبود قیمت فولاد شده است. ژاپن، کره، تایوان میزان تولید فولاد خودشان را جهت جبران کمبود فولاد چین به سطح رکورد رساندند.

کک چینی

چین با وجود مصرف داخلی بالا، عنوان صادر کننده اصلی کک جهان را کسب کرده است. در طول دو سال گذشته کیفیت کک چینی کاهش یافته و ٪ خاکستر کک از ۱۰/۵ به ۱۲/۵ افزایش پیدا کرده است و تامین کک داخلی خیلی محدود شده است. در نیمه دوم سال ۲۰۰۴ قیمت کک به ۴۸۰ دلار بازای هر تن رسید. تا چهار سال پیش کشور چین صادر کننده بزرگ ذغال کک شوی جهان به شمار می آمد. کارشناسان صنایع فولاد انتظار داشتند که صادرات ذغال کک شوی مرغوب افزایش پیدا کند ولی واقعیت یک چیز دیگری بود. تقاضای شدید همراه با بهینه سازی صنایع ذغال داخلی منتج به ایجاد کمبود ذغالهای کک شوی سخت در بعضی از نواحی چین بخصوص در فولاد سازیهای مناطق ساحلی گردید. محدودیت تامین کک در درجه اول به کمبود ذغالهای کک شو برای تولید کک با کیفیت خواسته شده بستگی داشت. کمبود ذغال کک شوی سخت چین را از حالت صادر کننده ذغال کک شو به میزان ۵-۶ میلیون تن به وارد کننده ذغال کک شو به میزان ۲/۶ میلیون تن در ۲۰۰۳ تبدیل کرد. این کسری ۸ میلیون تن در سطح بین المللی منجر به بحران سخت امروز شده است. در سال ۲۰۰۴ واردات ذغال کک شو چین به ۴/۵ میلیون تن رسید در حالیکه صادرات ذغال به ۳ میلیون تن کاهش پیدا کرد. در سال ۲۰۰۶ واردات ذغال چین ۴/۷ میلیون تن بوده است. جهت تولید چدن بیشتر بهره وری کوره بلند نقش اول را دارد. برای بهره وری بالا عبور گاز و کیفیت بالای کک نیازهای اولیه کوره بلند است. ضمناً بعضی از تولید کنندگان چدن جهت رسیدن به عبور گاز و بهره وری مطلوب میزان تزریق پودر ذغال را کاهش و مصرف کک را افزایش داده اند. جهت افزایش تولید کک ساده ترین راه بالا بردن کیفیت ذغال و کاهش مواد فرار آن است. تعدادی از کک سازیها قابلیت کک شوی ذغال ها را با جایگزینی ذغالهای ضعیف و نیمه نرم شونده در بلند ذغال افزایش داده اند. با مواد فرار کمتر و کیفیت بالاتر، بازدهی و CSR کک افزایش یافته است. پیش بینی می شود تقاضای شدید به انواع ذغالهای چینی در آینده نیز ادامه داشته باشد. چین دارای ذخائر عظیمی ذغالهای حرارتی، کم کک شو، آنتراسیت می باشد. وضعیت ذغال کک شوی سخت مطلوب نمی باشد. لذا جهت رفع نیازهای چین،

میزان تولید ذغالهای ضعیف، چربدار، کک شو و گازی به اندازه کافی افزایش پیدا خواهد کرد. بدلیل اینکه در حال حاضر چین کوره بلندهای بزرگی را می سازد و جایگزین کوره بلندهای کوچکتر $350 M^3$ می کند، باید کیفیت کک نیز افزایش پیدا کند. چین بزرگترین تولید کننده کک جهان است. میزان تولید کک متالورژیکی این کشور در سال ۲۰۰۶ در حدود ۲۷۹ میلیون تن بوده است. دیگر موارد مصرف کک (۳۰٪) در صنایع ریخته گری، فروآلیاژ و شیمی می باشد. پیش بینی می شود کک چینی بعنوان منبع اصلی تامین بین المللی باقی بماند. در گذشته کک با قیمت کمی بالاتر از قیمت تمام شده قابل دسترس بود. ولی در اوایل سال ۲۰۰۴ کشور چین اکثر مجوزهای صادرات کک را باطل کرد و قیمت کک در مدت زمان کوتاهی به بالای ۴۸۰ دلار بر تن رسید و در اوائل سال ۲۰۰۵ به ۲۵۰ دلار بر تن کاهش یافت. روند تغییر قیمت کک چینی در شکل ۴- از نظر می گذرد. هم اکنون (خرداد ۸۶) قیمت کک درجه یک با خاکستر زیر ۱۲/۵٪ در حدود ۲۱۵ دلار هر تن است. نوسانات قیمت کک چینی در طول سال گذشته در شکل ۵- مشاهده می گردد. شایان ذکر است در طول چهار ماه اول سال ۲۰۰۷ چین ۹۹/۸۵ میلیون تن کک تولید کرده که نسبت به دوره مشابه سال قبل ۱۳/۳٪ افزایش از خود



شکل ۵- تغییر قیمت کک چینی در طول سال ۲۰۰۶ [1]

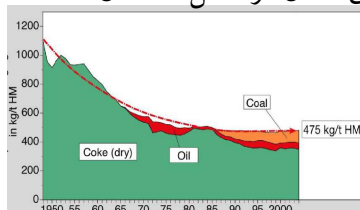
شکل ۴- روند تغییر قیمت کک چینی در سالهای اخیر [3]

میزان مصرف کک در کوره بلندها

فناوری تولید چدن مذاب در کوره بلندها بعد از چندین دهه توسعه مطلوب به حالت کاملاً بهینه رسیده است در ۶۰ سال گذشته نسبت چدن مذاب به فولاد خام در حدود ۰/۷ بوده است. پیش بینی می شود روند افزونی تولید فولاد جهان ادامه داشته باشد. عامل اصلی افزایش میزان تولید فولاد جهان، کشور چین است لذا نیاز چدن مذاب بدون تغییر نسبت ۰/۷ افزایش پیدا خواهد کرد.

در صورتیکه در فرایندهای احیای سنگ آهن و تولید چدن غیر کوره بلندی، تحولات مهمی صورت نپذیرد، کوره بلند بعنوان تنها منبع اصلی تامین چدن مذاب جهان باقی خواهد ماند. میزان مواد احیاء کننده در کوره بلند یکی از عوامل مهم تاثیر گذار بر قیمت تولید چدن مذاب است. لذا جهت پایین آوردن قیمت تمام شده، کاهش میزان مصرف کک در کوره بلند الزامی است. با وجود اینکه در سال

۲۰۰۲ در جهان میزان مصرف ککک بازای هر تن چدن ۵۰۰ کیلوگرم بوده است ، اروپایی ها مدیریت خوبی را در جهت کاهش مصرف ککک از خودشان نشان داده اند . میزان مصرف مواد احیاء کننده در حدود ۴۷۵ کیلو گرم بر تن چدن مذاب بوده است . از طرف دیگر میزان مصرف ککک در کوره بلندهای جهان بهینه شده و قابل مقایسه با بهترین استانداردها می باشد . تحت شرایط نرمال در کوره بلندهای ژاپنی میزان تزریق پودر ذغال بازای هر تن چدن مذاب ۱۳۰ کیلو گرم بوده است (کوره بلند شماره ۳ فوکویاما ۲۶۶ کیلو گرم [4]). شایان ذکر است در کوره بلندهای ذوب آهن اصفهان بعنوان سوخت کمکی گاز طبیعی به میزان ۱۰۰ الی ۱۱۰ متر مکعب بر تن چدن مذاب تزریق می شود . روند کاهش میزان مواد احیاء کننده در کوره بلندهای آلمان در شکل ۶- نشان داده شده است .



شکل ۶- روند کاهش مصرف مواد احیاء کننده در کوره بلند های آلمان [5]

با توجه به توضیحات فوق ، بطور خلاصه در دراز مدت چندین عامل فشار به پایداری کوره بلند به شرح ذیل تاثیر گذار خواهد بود .

- افزایش میزان تولید فولاد خام که بیش از ۶۸٪ آن از طریق کوره بلند حاصل می شود نیاز به تامین مستمر و پایدار ککک دارد .

- ککک سازی های با ظرفیت بالا باید نصب شود .

- داده های سوال انگیز تامین ذغال متالورژیکی می تواند در تامین ککک مرغوب بی ثباتی ایجاد کند .

- افزایش قیمتها (در خرداد ۸۶ قیمت HBI ۲۶۸ و شمش چدن ۳۶۹ دلار بر تن بوده است)

ادامه حیات فرایند فولاد سازی کوره بلند - کنورتور تحت تاثیر تامین چدن مذاب می باشد . لذا وابستگی کوره بلند و ککک تا زمانیکه فرایندهای جدید تولید چدن بدون مصرف ککک نظیر کرکس ، اچ . آی . اسملت و غیره در رقابت با کوره بلند غلبه نکنند ، ادامه خواهد داشت . کمبود جدی مواد پایه فولاد سازی تولید فولاد ، تقاضای فولاد را پوشش نمی دهد ، محدود می کند . بدون تامین مناسب مواد خام صنایع فولاد جهان ، رشد مورد انتظار مصرف فولاد جهان امکان پذیر باشد .

گزینه های نزدیک

مدیران خرید مواد خام صنایع فولاد موظف هستند ، روشهای تامین ذغال و ککک را به اندازه کافی ، با کیفیت مطلوب و مستمر جهت مصارف کوره بلند با اطمینان خاطر انتخاب کنند . تامین کنندگان مواد

خام نیز در چالش ، تامین نیازهای ورودیهای فولاد سازی در حداقل زمان هستند . لذا کلیه فعالیتهای تحقیقات به سمت گزینه های فرایند تولید آهن برای فولادسازی متمرکز شده است . یکی از گزینه ها آهن اسفنجی است ، در شرایط کنونی چندین محدودیتی در رابطه تامین سنگ آهن با گرید بالا ، گاز طبیعی و ظرفیت مدول مناسب وجود دارد . فقط ظرفیت های بر پایه گاز تولید آهن اسفنجی به دو میلیون تن در سال رسیده است . در فرایندهای با مواد احیاء کننده جامد ظرفیت ها از ۱۵۰ هزار تن در سال فراتر نرفته است . همچنین تقاضا و عرضه انرژی برق در کشورهای دارای ذغال زیاد با واحد های کوره قوس الکتریکی با توان بالا هماهنگ نمی باشند . هم اکنون میزان تولید آهن اسفنجی جهان ۶۰ میلیون تن بوده و سهم ایران در این تولید ۶/۹ میلیون تن می باشد .

فناوری احیاء همزمان با ذوب ، فرایند تولید آهن بر پایه ذغال است و از کوره بلندهای مرسوم بر پایه کک متفاوت است . در این فرایند تولید و مصرف کک حذف شده است . در اکثر فرایندهای احیاء همزمان با ذوب واحدهای زینترسازی نیز از میان برداشته شده است گاز گرم تولید شده در ظرف احیاء همزمان با ذوب بدلیل وجود گاز CO دارای انرژی شیمیایی بالا می باشد . از این گاز به دو صورت می توان استفاده کرد . اولاً گاز CO را می توان جهت احیاء اکسید آهن در واحد پیش احیاء بکار برد . ثانیاً گاز CO را در ظرف احیاء همزمان با ذوب تبدیل به CO₂ کرد که در نتیجه آن انرژی زیادی بدست می آید . بعنوان مواد احیاء کننده تنها گزینه جایگزین کربن ، گاز طبیعی است . گاز طبیعی در اکثر فرایندهای پیش احیاء مصرف می شود . بکارگیری هیدروژن مزایای فراوانی دارد ولی در شرایط کنونی امکان دسترسی به هیدروژن به اندازه کافی وجود ندارد . هیدروژن را می توان از طریق رفرم گاز طبیعی بدست آورد ولی در این حالت تفاوتی چندانی با بکارگیری مستقیم آن نخواهد داشت . ضمناً هیدروژن را می توان از طریق الکترولیز آب دریا نیز تولید کرد ولی جهت استفاده آن نیاز به توزیع کننده انرژی هسته ای و یا انرژی قابل بازیافت می باشد . احتمالاً چنین انرژیهایی در آینده مورد استفاده قرار خواهد گرفت .

الکترولیز و عملیات با باکتری

فرایند الکترولیز در تولید آلومینیم ، مس و روی بصورت گسترده بکار گرفته می شود . با وجود اینکه الکترولیز هنوز در صنعت فولاد مورد استفاده قرار نگرفته است ، به راههای مختلف می توان در تولید فولاد از آن استفاده کرد .

• با لیچ کردن سنگ آهن و قراضه در HCl ، محلول یونهای Fe⁺⁺⁺ حاصل می شود که می توان آنرا بطور مستقیم به یک فویل به ضخامت ۱۰ تا ۱۵۰ μm الکترولیز کرد . یک واحد نیمه صنعتی در CRM تحت عنوان فرایند الکتروفویل با ظرفیت ۴/۵ تن در ساعت و با سرعت ۳۱ متر در دقیقه به

ضخامت ۰/۱۵ میلیمتر بکار گرفته شده است. محلول را می توان یا با قراضه و یا با سنگ آهن گوگرد دار مجدداً تغذیه کرد.

• در یک محلول سودا که در آن پودر سنگ آهن پخش شده است در مرکز تحقیقات IRSID مورد آزمایش قرار گرفته است در اینجا فرض شده است که در محلول الکترولیز آب بصورت یونهای OH^- و هیدروژن آزاد تجزیه شده و Fe_2O_3 را احیاء کرده و آب تولید می کند. آهن جمع آوری شده ذوب، ریخته گری، نورد و به محصول نهایی تبدیل می شود.

• سنگ آهن را می توان در محلول نمک با دمای بالا حل کرد نظیر $(\text{B}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O}_3)$ و عملیات الکترولیز در حمام نمک صورت پذیرد. بسته به درجه حرارت، آهن در کاتد جمع آوری گردیده و آهن مذاب از کف سلول خارج می شود. این فرایند شبیه تولید آلومینیم است و در مرکز تحقیقات MIT مورد مطالعه قرار گرفته است. عملیات باکتری در تولید فلزات زیاد بکار برده می شود ولی هنوز در صنایع فولاد بکار گرفته نشده است. در این فرایند باکتریها سیدروفیل یونهای Fe^{+++} را به Fe^{++} تبدیل می کند ولی امروز هنوز کسی نمی داند آیا این کاتیونهای Fe کاملاً به آهن فلزی احیاء می شود یا نه.

نتیجه گیری

بافرض رشد تولید به میزان ۲٪ در سال، میزان تولید فولاد جهان در سال ۲۰۵۰ به ۲۵۰۰ میلیون تن خواهد رسید. تحت این شرایط منابع تامین آهن به شرح ذیل برآورد می شود.

- بعضی از واحدهای احیاء همزمان با ذوب جایگزین کوره بلندهای مستعمل خواهند شد.
- فرایندهای با کربن کمتر نظیر پیش احیاء، الکترولیز و تولید مستقیم فولاد رواج پیدا خواهد کرد.
- امکان اعطای مجوزهای انتشار گازهای گلخانه ای در فرایندهای کربن دار با جذب و تبدیل گاز CO_2 به محصولات جدید بطور جدی در نظر گرفته خواهد شد.

سهم فرایندهای یاد شده، با فرض اینکه توسعه، تعبیه و تجاری سازی آنها نزدیک به ۵۰ سال نیاز دارد تعیین می شود. وضعیت تولید آهن در سال ۲۰۵۰ به شرح خواهد بود. سهم کوره بلند، پیش احیاء با گاز طبیعی و احیاء همزمان با ذوب به ترتیب ۵۹، ۱۵ و ۱۰ درصد خواهد بود. سهم فرایندهای پیش احیاء با هیدروژن، فولاد سازی مستقیم و الکترولیز نیز به ترتیب ۱۰٪، ۵ و ۱ برآورد شده است.

۱- نسبت چدن مذاب به فولاد خام همانند ۶۰ سال گذشته همواره ۰/۷ است.

۲- تقاضای فولاد چین در اوایل قرن شدیداً افزایش یافته و باعث رونق بازار داخلی و خارجی شده است.

۳- کمبود قراضه، تولید چدن به روش کوره بلند را تشویق می کند برای بهره وری بالای کوره بلند نیاز به کک با کیفیت مرغوبتر می باشد.

- ۴- تزریق سوخته‌های کمکی نظیر پودر ذغال در جهت کاهش مصرف کک کمک می کند ولی کک بعنوان استخوان بندی کوره بلند نقش خویش را حفظ خواهد کرد. بکار گیری کک مرغوب به معنی افزایش ظرفیت تولید کوره بلند است. هدف اصلی بازسازیهای کوره بلند افزایش بهره وری است.
- ۵- قیمت سنگ آهن و مواد خام فولاد سازی بروی قیمت تمام شده فولاد تاثیر بسزایی دارد.
- ۶- هزینه های حمل و نقل دریایی متناسب با افزایش حجم تجارت سنگ آهن و ذغال افزایش می یابد.
- ۷- ادامه حضور کوره بلند در صنعت فولاد جهان با عدم دسترسی به مواد خام و افزایش قیمت آنها و نرخ حمل و نقل کشتی رانی، کمبود ذغال متالورژیکی و مواد خام مرغوب کمرنگ ترمی شود. لذا جایگزینی فرایندهای دیگر تولید چدن و آهن الزامی می باشد.
- ۸- آهن اسفنجی سهم کوچکی از مواد شارژی فولاد سازی های جهان را تشکیل می دهد چون برای تولید آنها گاز طبیعی و کوره های قوس الکتریکی با توان بالا نیاز می باشد. تامین گاز طبیعی در کشورهای دارای ذخائر بزرگ سنگ آهن نیاز به برنامه ریزی فنی اقتصادی دراز مدت جهت تعبیه مدول های بزرگ دارد. فرایندهای بر پایه ذغال سنگ نقش کوچکی را (۲۰٪) در تولید آهن اسفنجی جهان ایفا می کنند. ظرفیت مدولهای این فرایند بدلیل مساله زیست محیطی محدود می باشد.
- ۹- فرایندهای احیاء همزمان با ذوب نظیر کرسس، اچ. آی. اسملت وای. تی. ام کا ۳ فرایندهای جایگزین جدی بشمار می آیند. ما باید بطور جدی دنبال فرایندهای با توان بالا و سازگار با محیط زیست نظیر الکترولیز برای تولید مستقیم آهن (همانند آلومینیم) و استفاده از هیدروژن در احیاء باشیم.

مراجع

- 1- Steelmaking Raw Materials Monthly , Metal Bulletin Research , Issue 131 April 2007 , 16 Lower Marsh London SE1 7 RJ
- 2- P. Diemer H.8.Lungen , M . Reinke , C .D . Wuppermann " Utilization of coke oven gas for the production of DRI " MPT No3 June 2007 , pp 44-50 , Steel Institute VDEH
- 3- Masaaki Naito " Development of Iron Making " N.S Technical Report No 94 July 2006 PP . 2-15
- ۴- م . ح . جولازاده " آخرین فناوری های جدید تعمیرات و باز سازی کوره بلند های شرکت نیپون استیل ژاپن " ماهنامه فولاد شماره ۱۴۸ تیر ماه ۸۶ ص ۱۴-۲۰
- 5- T.K.Roy " The Coke – Will it be " The Cause ? " IIM Metal News , Vol .9 No.1 Feb.2006 PP 5-14 .

The Study and Evaluation of Blast Furnace Longevity

Mohammad Hassan Joulazadeh
Joulazadeh @ esfahansteel . com

The world crude steel production amounted 1240 million tons in 2006 . The major contribution of world steel production is through BF – BOF route . The worldwide hot metal and metallurgical coke production were 873 and 300 million tons in 2006 respectively .Over the last 60 years the worlds hot metal to crude steel production ratio has been equal to about 0.70 . The main source of hot metal , till today , is undoubtedly the blast furnace . Considering the high metallurgical coke consumption in worlds blast furnaces , the shortage of exported coke the tightness in coke availability , supply of metallurgical coal , and new regulations made it difficult to operate BFs . The rapid economic growth of China , monopolizing the exported coke in this country , forced the experts to introduce substitute processes for iron production instead of BF . The close options are DR and smelting reduction technology . The electrolysis and bacterium processes in laboratory level has given out a positive result and the research is still underway in this respect . It expected that the share of iron production processes in BF , DR , reduction smelting in the year 2050 will be 59,15 and 10% respectively and the share of reduction with hydrogen , direct steelmaking and electrolysis are estimated as 10,5 and 1 percent respectively.

Key words : Coke , Coal , Blast Furnace , Crude Steel , Price , Direct Reduction , Smelting Reduction .