با بهره‌مندی از گازهای احیاکن مصرف کک در ذوب آهن کم می‌شود

استفاده از گازهایی که هیدرژن و اکسید کربن در آنها زیاد است طرز کار کوره‌های بلند را دگرگون خواهد کرد.

نوشتهٔ

فرخ فرحان

استاد دانشکدهٔ فنی

گمان می‌رود که بنابر علت‌های فنی تزریق مستقیم گازهای احیا کننده به درون کورهٔ بلند هرگز ما را از مصرف کک در ذوب آهن بی‌نیاز نخواهد کرد. باوجود این، کمیابی روز افزون کک گدازگری (متالورژیک) و نیز تکمیل روش‌های تهیهٔ گازهای احیاکن که بویژه در سالهای اخیر پیشرفت تندی داشته است تغییرات بزرگی را در اعمال کوره‌های گداز آهن پیشگویی می‌کند.

شعبهٔ Surface Combustion (یعنی احتراق سطحی یا سوزش سطحی) از شرکت Midland - Ross Corporation و شرکت M.W. Kellogg و همچنین مؤسسهٔ Lummus هرکدام یک روش نوین برای تولید گازهای احیاکن ایجاد کرده‌اند. در این سه‌روش هدف اصلی تهیهٔ گازی است دارای هیدرژن و اکسید کربن فراوان که به داخل کورهٔ بلند تزریق شده مصرف کک را کاهش می‌دهد.

در روش مؤسسهٔ SC , Surface Combustion یک ظرف واکنش لوله‌ای بکار می‌رود که که در آن گاز زمینی (طبیعی) را با بخار آب به نسبت‌های ستوکیومتریک ترکیب می‌کنند، یعنی طبق نسبت‌های وزنی که از نوشتن فرمول واکنش بدست می‌آید. فرآوردهٔ عمل، گاز احیاکننده‌ایست که در ۱۸۰۰° سانتیگراد و فشار ۰ آتمسفر حاصل شده اجزای عمدهٔ آن H_2 و CO است.

بنابر طرحهای مقدماتی SC که از آزمایش های نیمه‌صنعتی نتیجه گرفته شده برای کارخانه‌ای که ۳۰ میلیون پای مکعب گاز در روز تولید می کند ۲٫۵ میلیون دلار سرمایه گزاری لازم است. این هزینه مشتمل است برظرف‌واکنش، مبدل حرارتی برای بازیافت گرمای گازهای خروجی و یک دیگر بخار برای تولید بخار آب بااستفاده ازگرمای باز یافتی. هزینهٔ عملیات یابهای تمام شده با درنظرگرفتن کاهش ارزش کارخانه درحدود ۲۳٫. دلار برای هزار پای‌مکعب محصول است‌واگر مواد اولیه ارزانتری در دسترس باشد بهای تمام شده از مبلغ بالا کمتر خواهد بود. ولی در روش SC ناگزیر باید گاز زمینی (طبیعی) بکار برده شود.

مؤسسهٔ لامس Lummus نیز روشی‌طرح کرده‌است که‌درگازاحیاکن تهیه شده مقدار H_2 و CO از ۹۰٪ بیشتر است. معمولاً در چنین گازها میزان سازنده‌های احیاکن یعنی H_2 و CO نباید از ۹٪ حجمی کمتر باشد. در روش لامس گاز احیاکننده از ترکیب بخار آب بامتان بدست می‌آید، بطوریکه در مخلوط اولیه نسبت وزن بخار آب بروزن زغال (یعنی کربن موجود درگاز طبیعی) از ۱٫۴ کمتر باشد. درحالیکه اگر این ترکیب ستوکیومتریک باشد وگاز زمینی را CH_4 خالص بکیریم برطبق واکنش :

$$H_2O + CH_4 \longrightarrow CO + 3H_2$$

نسبت وزن بخار آب (۱۸) برزغال (۱۲) برابر ۱٫۵ خواهد بود.

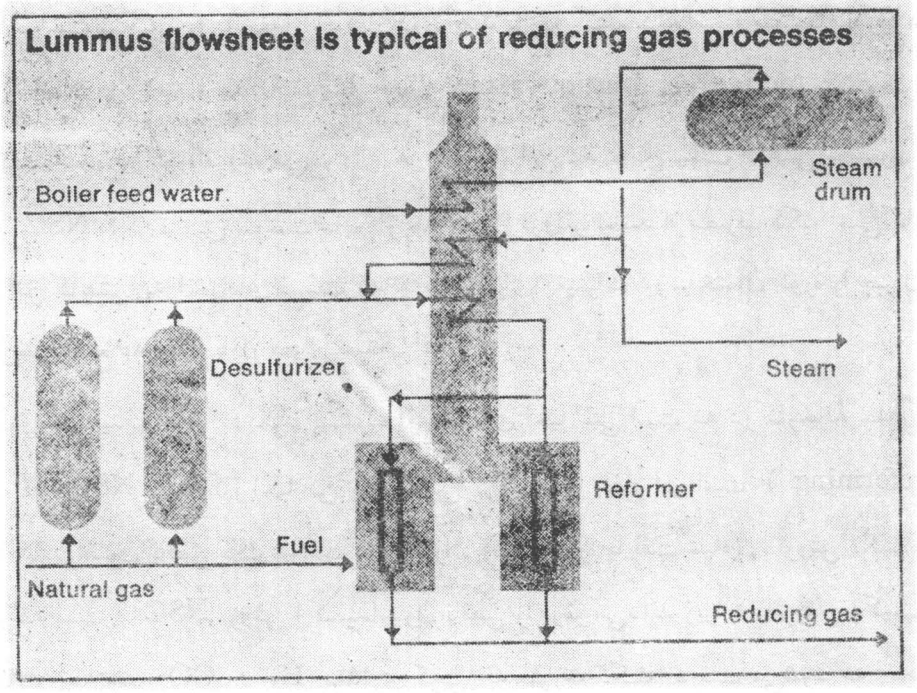
نخست گوگرد گاز زمینی را به کمک زغال فعال یا اکسید روی دورکرده سپس همراه با بخار داغ (superheated) ازیک مبدل کاتالیزی (Catalytic reformer) می گذارند. واکنش دردرجهٔ حرارت ۴۸۰ تا ۹۸۰° سانتیگرادانجام می گیرد و می‌توان این دما را طوری تنظیم کرد که با نیازهای‌دیگر فرآیند (process) سازگار باشد.

اگر روش لامس که براساس ترکیب بخار آب با متان است با روش « گاز غنی کاتالیزی » (catalytic rich gas) که شورای گاز بریتانیا British Gas Council طرح کرده است توأم شود می‌توان درصورت نبودن گاز طبیعی ارزان از نفت گاز naphta یا گاز نفت مایع شده LPG بهره‌مند شد. اکنون شرکت لامس در امریکا سه کارخانه برای تهیه گاز زمینی مصنوعی بااستفاده‌از امتیازهای انگلیسی در دست ساختمان دارد.

به نظر لامس سرمایهٔ لازم برای کارخانه‌ای به ظرفیت ۷۰ میلیون پای‌مکعب در روز درکرانهٔ خلیج مکزیک ۲٫۶ میلیون دلار است. و هزینهٔ عملیات یا بهای تمام شده از ۱۷۶٫ دلار برای هزار پای‌مکعب (برای گاز زمینی به بهای ۴۰٫ دلار هرمیلیون B.T.U) تا ۳۰٫ دلار برای هزارپای‌مکعب فرق می کند (برای گاز زمینی به بهای ۸۰٫ دلار هرمیلیون B.T.U) شکل ۱ نموداری از روش‌لامس

می‌باشد که نمونه‌ای است از کار برد گازهای احیا کن در گداز آهن.

در روش M.W.Kellogg گاز زمینی را با بخار آب ترکیب می کنند و عمل در حضور یک کاتالیزر نیکلی که با مواد قلیایی تقویت شده انجام می گیرد. دراین طریقه باید مقدار بخار آب ۲۰۰ تا ۳۰۰ درصد بیشتر از مقدار لازم یعنی ستوکیومتریک باشد. به نظر Finneran یکی از کارشناسان شرکت کلوگ، می‌توان در کرانه خلیج مکزیک کارخانه‌ای به گنجایش ۶۰ میلیون پای‌مکعب در روز با صرف ۲٫۸ میلیون دلار برپا کرد و هزینهٔ عملیات ۲۳٫ دلار برای هر هزار پای‌مکعب ازگاز احیا کن خواهد بود.



شکل ۱- روش لامس برای تهیهٔ گاز احیا کن

به عقیدهٔ فینران بزرگترین مزیت تزریق گاز احیا کن اینست که ظرفیت کورهٔ بلند بیشتر می‌شود و و افزایش محصول ممکن است تا ۲۵٪ برسد. همچنین هزینهٔ سوخت کاهش می‌یابد.

تهیهٔ صنعتی گازهای احیا کن دشواری مخصوصی دربر ندارد ولی در سالهای گذشته با ساختن کاتالیزرهای ویژه و مؤثر امکانات روش بیشتر شده وطرحهای گوناگونی پیشنهاد شده است. هرچندتا کنون در هیچ کورهٔ بلندی «تزریق مستقیم» به مقیاس بزرگ عملی نشده است ولی چون عرضهٔ کک خوب سال به سال کمتر می‌شود به عقیدهٔ برخی کارشناسان تزریق مستقیم یکی دو سال دیگر به مرحلهٔ اجرا در خواهد آمد.

یکی از مؤسساتی که در زمینهٔ تزریق مستقیم پژوهش و فعالیت کرده است شرکت ژاپونی

Nippon Steel Corporation (NSC) می‌باشد. این شرکت با مؤسسهٔ امریکائی Texaco شریک شده در آزمایشگاه‌های ذوب آهن خود در Hirohata روش جدید تکساکو را که برمبنای گازهای احیا کن است مورد بررسی و آزمون قرار داده است. چون زغال سنگ قابل تبدیل به کک در ژاپون رو به نایابی است تاکنون NSC دراین باره کوشش‌های زیادی کرده است.

روش مشابه دیگر تزریق سوخت مایع در کورهٔ بلند است که سبب صرفه‌جوئی در مصرف کک خواهد شد. متأسفانه دراین طریقه به اشکالات تازه‌ای برمی‌خوریم.

اگرسوخت سنگینی را به مقدار زیاددر کورهٔ بلند تزریق کنیم درجهٔ حرارت شعله در نزدیکی دهنه لولهٔ ورودی کاهش می‌یابد و منطقهٔ سوزش فعال (active combustion zone) کوچکتر می گردد و برمیزان گاز تولید شده در کوره‌افزوده می‌شود. هر کدام از این سه عامل سبب کاهش محصول آهن خواهد شد. به‌نظر NSC اگر تزریق سوخت مایع از حد معینی فزونتر نباشد از مصرف کک می کاهد. ولی بیشتر اوقات این کاهش به اندازه‌ای نیست که هزینه اجرای تغییرات در ساختمان کوره را جبران کند. ونیز استفاده از سوخت مایع به وضع بازار محلی بستگی دارد.

بطوریکه دیدیم روش دیگر، استفاده ازگازهای احیا کنی است که درکارخانهٔ جداگانه ساخته می‌شود. به‌نظر NSC تهیه گاز احیا کن یا براساس ترکیب با بخار آب است (steam reforming) و یا برپنیاد اکسیداسیون ناقص یک سوخت مایع ارزان (نفت کوره یا نفت سیاه). روش تکساکو مخلوطی از این دو طریقه است. NSC روش اکسیداسیون ناقص را برتر می‌داند زیرا در طریقهٔ ترکیب بابخار آب با حضور کاتالیزر علاوه‌بر CO و H_2 مقداری کربن به صورت کک درست می‌شود که تخلخل ذرات کاتالیزر و درجهٔ تأثیر آنرا کاهش می‌دهد. اما به عقیدهٔ مؤسساتی که روش‌های گاز احیا کن را عرضه کرده‌اند این دشواری تاکنون برطرف شده است.

در آزمایشهای نیمه صنعتی Texaco - NSC نفت سیاه و اکسیژن را پس‌از افزودن بخار آب می‌سوزانند. گازها را سپس ازیک کورهٔ تبدیل reforming furnace گذرانده، آنها را تا دمای مناسبی که برای تزریق در کوره مناسب باشد خنک می کنند. دراینجا یک دشواری تشکیل دوده است ولی‌تولید آن به اندازه‌ای نبوده است که توسعه این روش را متوقف سازد. اکنون‌بررسی‌های نیمه صنعتی این طریقه با کورهٔ بلندی به ظرفیت ۱۷۰۰ مترمکعب انجام می گیرد.

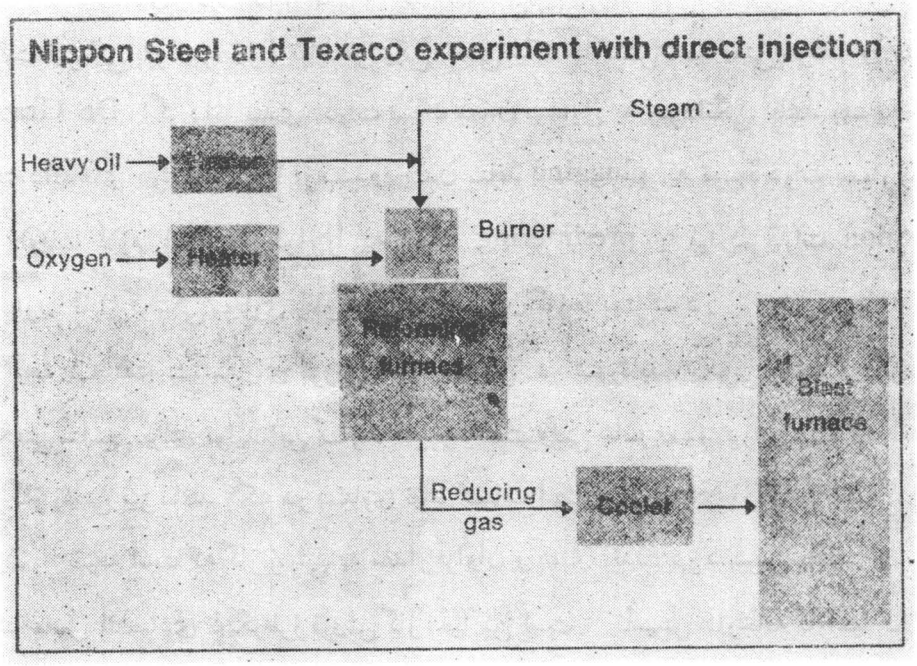
شکل ۲ نمودار روش Texaco—NSC را به عنوان نمونه‌ای ازطریقهٔ تزریق مستقیم مختصراً نشان می‌دهد.

یکی از موسساتی که بررسی‌های پردامنه روی واکنش‌های کورهٔ بلند انجام داده است

Association Internationale de Recherches sur le Bas-Fourneau d' Ougrée (AIRBO) درکشور بلژیک می‌باشد. J.E.De Graaf استاد دانشگاه فنی Louvain از روی آزمایش‌های AIRBO و آزمایش‌های دیگران اثرات تزریق گازهای احیا کننده را به درون کورهٔ بلند به ترتیب زیر توصیف می کند :

درکورهٔ بلند معمولی بالای ۱۰۰۰° سانتیگراد عمل احیا مستقیماً به‌وسیلهٔ کک انجام می گیرد. در دماهای پائین‌تر احیای غیر مستقیم توسط گازهائی مانند H_2 و CO که در کوره تولید می‌شودافزایش می‌یابد. احیای مستقیم فرق بزرگی با احیای غیر مستقیم دارد و آن اینست که احیای مستقیم توسط کک واکنش بسیارگرماگیری است.

درحالیکه احیای غیر مستقیم یا کمی گرماده است (CO) و یا اندکی گرماگیر می‌باشد (H_2). پس برای اینکه در مصرف سوخت کوره صرفه‌جوئی شود احیای غیر مستقیم برتری دارد. از سوی دیگر می‌دانیم که بهای کک ۲۰٪ از هزینه تهیه چدن را تشکیل می‌دهد.



شکل ۲- روش تکساکو - NSC برای تزریق مستقیم

De Graaf چنین نتیجه می گیرد که در یک کورهٔ بلند معمولی ۵۰٪ عمل احیا بوسیلهٔ کک، ۴۵٪ به کمک اکسید کربن و ۵٪ بقیه به توسط هیدرژن انجام می گیرد. «مسئله شیمیایی» در عملیات کورهٔ

بلند اینست که از میزان احیای مستقیم کاسته و برمقدار احیای غیر مستقیم توسط CO و H_2 بیفزائیم. و از همین‌جا تزریق گازهای احیا کن پیش می‌آید.

تزریق گازهای احیا کن در کورهٔ مرتفعه در کشورهای چندی‌عملی شده است، اما دو گراف دربارهٔ نتایج حاصل شک دارد. همانطوریکه از آزمایش‌های NSC برمی‌آید مقدار سوخت مایعی که می‌توان به جای کک در کورهٔ بلند وارد کرد محدود است و ظاهراً این حد ۰ کیلو نفت سیاه برای هرتن آهن می‌باشد.

برای اینکه بتوانیم کورهٔ بلند را مانند یک ظرف واکنش شیمیایی بررسی کنیم باید در نقاطی به ارتفاع متغیر از گازهای کوره نمونه برداری کنیم. نتیجهٔ بررسی‌ها چنین است:

هنگامیکه بار کوره به‌درجهٔ حرارت ۸۵۰° تا ۹۰۰° سانتیگراد می‌رسد احیای مستقیم آغاز می‌شود و این احیا باافزایش دما سریعاً افزایش می‌یابد، بطوریکه بالاتر از ۱۰۰۰°C احیای غیر مستقیم تقریباً قطع می‌شود. بیشینهٔ احیای غیر مستقیم بین دو دمای ۸۰۰ تا ۸۲۵° است و بیشینه احیای مستقیم بین ۱۰۰۰ تا ۱۱۰۰ درجهٔ سانتیگراد. احیای غیر مستقیم نه تنهاسریع‌تر است بلکه عمل رادر دمای پائین‌تری انجام داده سبب صرفه‌جوئی در مصرف سوخت خواهد شد.

حالت فیزیکی بار کوره نیز ارتباط نزدیکی باسی‌نتیک واکنش احیا یعنی سرعت واکنش دارد. بنابر گفتهٔ De Graaf اگر دانه بندی ذرات سنگ معدن متمایل به ریزدانگی باشد بهترین اندازه برای کک بکار رفته‌دانه‌های درشت‌است تا از مسدود شدن منافذ plugging به توسط ذرات بسیار ریزجلوگیری شود. گاهی اوقات لازم است بار کوره را به‌کمک presintering یا تراکم ذرات agglomeration درشت دانه سازیم تا از گرفتگی مجاری جلوگیری شده جریان گازها بهتر شود.

از آنچه که گفته شد مزایای تزریق گاز احیا کن در کورهٔ بلند بخوبی روشن می‌گردد. امروزه روش‌های صنعتی مناسبی برای تولید این گازها موجود است ولی عامل مهم دراین باره شرایط اقتصادی محل است. گاز زمینی نیز مانند کک در بسیاری نقاط کمیاب است و بهره‌مندی از آن در آهن گدازی فقط در جاهائی مقرون به صرفه است که گاز زمینی به مقدار فراوان و بهای اندك در دسترس باشد.

یک عامل اقتصادی دیگرطرز فروش گاز احیا کن است. تأسیس کارخانه گازاحیا کن را می‌توان به دو ترتیب عملی کرد. یک راه اینست که مانند روش‌های Kellogg و Surface Combustion کارخانه را در محل مصرف گاز بسازند. راه دیگر اینست که مانند بنگاه‌های اکسیژن سازی گاز احیا کن درکارخانهٔ جداگانه به توسط یک شرکت سازنده تهیه گردد. انتخاب بین این دو راه مهم است زیرا در راه اول هزینه عملیات و در راه دوم سرمایه گذاری حداقل است.

باوجود این مسائل اقتصادی ، چون تزریق گاز احیا کن مزایای بزرگی در بردارد و جوابگوی اشکالات فنی گوناگونی است انتظار می‌رود در کشورهائی که منابع گاز طبیعی فراوانی دارند بزودی مورد پذیرش واقع شود .

این مقاله ازروی اطلاعاتی که تا تاریخ آوریل ۱۹۷۲ رسیده است نوشته شده است . برای مطالعهٔ بیشتر به شمارهٔ ۱۵ مه ۱۹۷۲ از مجلهٔ Chemical & Engineering NEWS مراجعه شود .

تهران ـ خرداد ماه ۱۳۵۱

بسمه تعالی

این کتاب با ۶۵ جلد دیگر از کتابخانه ٔ
شخصی کاوه منزوی که در سال ۱۳۳۰ متولد
و در تاریخ ۱۳۵۴/۹/۱۵ با درجه ٔ فوق لیسانس مهندسی
مکانیک، از دانشکده فنی دانشگاه تهران
فارغ التحصیل شده
و هنگام خدمت در دانشکده ٔ افسری در اثر تصادف
اتومبیل در مورخه ٔ ۱۳۵۶/۱/۱۳ کشته شد
این کتابخانه در تاریخ ۱۳۶۹/۴/۱ از جانب
پدر و مادر وی به کتابخانه ٔ دانشکده ٔ فنی
تقدیم گردید تا مورد بهره برداری دانشجویان
قرار گیرد ۰%ب

خانواده ٔ منزوی