فنّاوری کوره بلند همراه با بازیابی گاز خروجی [۱] (TGR-BF)

امروزه به دلیل مسائل زیست‌محیطی، کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG[۲]) در فرایندهای تولید آهن و فولاد از اهمیت بالایی برخوردار بوده و انواع روش‌های نوین توسط کنسرسیوم‌های مختلف وابسته به صنعت فولاد از جمله ULCOS[۳] در حال توسعه هستند. بر اساس هدف بیان شده برای این کنسرسیوم‌ها، صنعت فولاد به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان گازهای گلخانه‌ای در جهان بایستی نسبت به کاهش انتشار این گازها برای مقابله با تغییرات اقلیمی توجه بیشتری از خود نشان دهد. فرایند TGR-BF یکی از ۴ پروژه مطالعاتی کنسرسیوم ULCOS برای کاهش انتشار گازهای گلخانه در صنعت تولید آهن می‌باشد که با نام ULCOS BF نیز شناخته می‌شود.

شکل ۱: نمونه‌ای از آلودگی‌های ایجاد شده توسط صنایع.

تولید فولاد به روش سنتی کوره بلند همچنان به‌عنوان یک فناوری عمده در صنعت فولاد جهانی مطرح بوده ولیکن نیازمند استفاده از فنّاوری‌های جدید جهت بهبود و توسعه می‌باشد. به همین منظور در سال‌های اخیر برای کاهش انتشار GHG در فرایند تولید فولاد به روش کوره بلند راه‌کارهای مختلفی ارائه شده است. مهم‌ترین راهکارهای ارائه شده برای کاهش انتشار CO_2 از فرایند کوره بلند به شرح زیر است:

۱. بازیافت CO/H_2 از گاز خروجی از کوره بلند
۲. فرایند جذب و ذخیره‌سازی CO_2
۳. استفاده از سوخت‌های زیستی به عنوان منبع طبیعی کربن
۴. جایگزینی CO توسط H_2 به عنوان عامل احیاکننده

[۱]. Top gas-recycling blast furnace (TGR-BF)
[۲]. Green-house gas
[۳]. Ultra Low CO_2 Steelmaking

۵. استفاده از DRI، HBI و LRI با کربن کم
۶. استفاده از انرژی الکتریکی

در فرایند TGR-BF دو راهکار ابتدایی ذکر شده مورد بررسی قرار گرفته است. هدف تعیین شده برای این پروژه، بهینه‌سازی فرایند سنتی کوره بلند برای کاهش انتشار گاز CO_2 به میزان ۵۰٪ در هر تن فولاد می‌باشد.

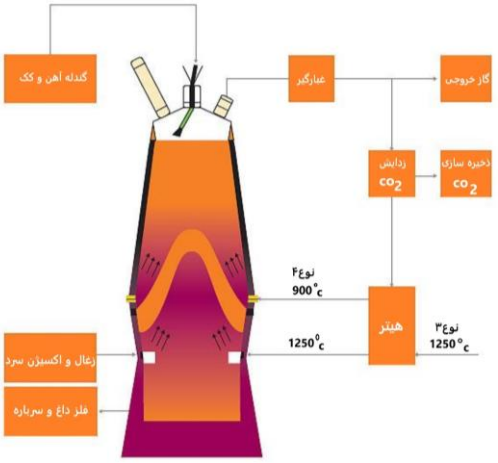
اصول کار TGR-BF بر مبنای تفکیک گازهای خروجی است که در آن اجزای گازی مفید می‌توانند بازیافت شده و به کوره بلند برگردانده شوند و به عنوان عامل احیاکننده مورد استفاده قرار گیرند. در این صورت کک مورد نیاز در فرایند کوره بلند کاهش خواهد یافت (اجزای نمادین نمونه‌ای از TGR-BF در شکل ۲ نشان داده شده است). علاوه بر این، مورد دیگر دمش اکسیژن خالص به‌جای هوای پیشگرم شده به کوره به‌منظور حذف نیتروژن ناخواسته و نامطلوب از گاز می‌باشد که منجر به تسهیل جذب CO_2 و ذخیره‌سازی آن می‌شود.

شکل ۲: شماتیک اجزای فرایند TGR-BF معرفی شده توسط کنسرسیوم ULCOS.

۴ نسخه متفاوت برای فرایند معرفی و مورد آزمایش قرار گرفت. با توجه به نتایج بدست آمده نسخه های ۱، ۳ و ۴ قادر به ذخیره حداقل ۲۱٪ کربن بودند و نسخه ۲ نیز به علت ذخیره میزان اندک کربن و نیاز به فنّاوری‌های چالشی برای حرارت دهی گاز خروجی، مورد پذیرش قرار نگرفت. تمام نسخه های پذیرفته شده شامل حذف CO_2 و تزریق محصولات گازی غنی از CO از طریق دمنده های کوره[٤]، استفاده از اکسیژن خالص و تزریق زغال‌سنگ همراه با گاز احیایی می‌باشد. در نسخه های ۱، ۳ و ۴ محصولات گازی

[٤]. hearth tuyere

نیز توسط شافت‌های دمنده به کوره تزریق می‌شود و تنها تفاوت در دمای گاز تزریق شده و مکان تزریق می‌باشد. نمایی از فرایند TGR-BF در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: نمایی از فرایند TGR-BF به‌منظور به حداقل رساندن انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از جذب و ذخیره‌سازی استاندارد CO_2.

به‌منظور آزمایش این تئوری در عمل، یک واحد تفکیک گاز در کنار کوره بلند موسسه تحقیقاتی MEFOSدر سوئد ساخته شد و تجهیزات لازم برای کار کردن کوره بلند با گاز اکسیژن خالص و دمش مجدد CO نصب شد. نتیجه آزمایش تلفیق کوره بلند بهینه‌سازی شده و واحد تفکیک گاز در این موسسه موفقیت‌آمیز بود. حتی بدون CCS[۵]، استفاده از کوره بلند همراه با بازیابی گاز خروجی منجر به کاهش قابل توجهی در انتشار گاز CO_2 شد که عمدتاً به دلیل کاهش مصرف کک بود(۲۵ درصد کمتر به ازای هر تن چدن مذاب).

نکته پایانی این‌که، در دومین مرحله از این فرایند، گاز CO_2 ذخیره‌سازی شده، فشرده و برای کاربردهایی مثل حوزه‌های نفت و گاز، بسترهای زغال- سنگی در کربنات‌های معدنی و یا برای استفاده در فرایندهای صنعتی انتقال خواهد یافت.

با توجه به برنامه‌های ULCOS این فنّاوری بعد از نتایج بدست آمده از واحدهای پایلوت تا سال ۲۰۳۰ به‌صورت تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته این کار نیازمند به سرمایه‌گذاری‌های تحقیقاتی اولیه در حدود چند صد میلیون یورو می‌باشد.

---

[۵]. Carbon Capture and Storage