



کاتالیست های احیاء مستقیم: از بارگذاری تا کارکرد در ریفرمر

گاز احیایی مورد نیاز جهت احیاء مستقیم اکسید آهن به آهن اسفنجی از واکنش پیوسته گازهای برگشتی از کوره احیاء بر روی یک بستر کاتالیستی بازتولید می گردد. در روش میدرکس نسبت گازهای احیایی یعنی هیدروژن و مونو اکسید کربن به گازهای برگشتی یعنی دی اکسید کربن و بخار آب پتانسیل احیاء را رقم می زند. این فاکتور که به نام کیفیت گاز احیاء شناخته می شود، یکی از تعیین کننده ترین پارامترها در فرآیند احیاء بوده و ارتباطی مستقیم با کیفیت بستر کاتالیست ها دارد.



حسن نوایی
(مدیر عامل گسترش
فناوری خوارزمی)



شکل ۱. تصویر کاتالیست
خنثی (راست)، نیمه فعال
(وسط) و فعال (سمت چپ)
مورد استفاده در ریفرمر
مدول ۱ شرکت فولاد
خوزستان.

کاتالیست ها از سوی این شرکت موجب شد تا اطمینان لازم جهت شارژ بهینه با دانسیته توده ای حداکثری تیوب ها حاصل گردد. دانسیته کاتالیست ها در تیوب های موجود در اکثر موارد نزدیک به ماکزیمم حالت ممکن بدست آمد و نتایج راه اندازی اولیه اختلاف فشار کلی ریفرمر را کمی بیش از موارد گذشته نشان می دهد که یکسان بودن شکل کاتالیست ها نسبت به موارد پیشین بیانگر حجم بیشتر شارژ در هر تیوب می باشد. در جدول ۱ می توان مقدار متوسط دانسیته بدست آمده در کل تیوب ها برای کاتالیست های فعال و نیمه فعال را ملاحظه نمود. می بایست اشاره گردد در این ریفرمر از مجموع ۳۲۴ تیوب در حدود ۴۵٪ از تیوب های مستعمل نیز استفاده شد که در مواردی اضافه طول نزدیک به ۷۵ سانتی متری نیز در آنها وجود داشت.

بنابراین هر واحد تولیدکننده آهن اسفنجی پس از حصول اطمینان از کیفیت کاتالیست های مورد استفاده در واحد، ناگزیرست توجه ویژه ای در جهت بارگذاری هرچه مطلوبتر کاتالیست ها داشته باشد چراکه کیفیت گاز احیاء تا آخرین روز پیش از تعمیرات سالیانه واحد می بایست استاندارد لازم را داشته باشد.

بارگذاری کاتالیست های تولیدی این شرکت برای نخستین بار در مقیاس یک ریفرمر کامل در مدول ۱ بخش احیاء ۲ در شرکت فولاد خوزستان صورت گرفت و راه اندازی واحد پس از انجام بارگذاری و مراحل START-UP از تاریخ ۱۹ اسفند سال ۱۳۹۵ آغاز شد. در این واحد کلیه تیوب های ریفرمر توسط کاتالیست های شرکت گسترش فناوری خوارزمی شارژ گردید و اعزام تیم فنی و نظارتی بر فرآیند بارگذاری

جدول ۱- متوسط دانسیته کاتالیست های شارژ شده و حداکثر و حداقل آنها بر حسب کیلوگرم بر لیتر

نوع کاتالیست ها	دانسیته بدست آمده	بیشینه ممکن	کمینه ممکن
فعال	۱/۱۵	۱/۲	۱
نیمه فعال	۱/۱۴	۱/۱۵	۰/۹۵

متوسط متان گاز ریفرم کمتر از ۰/۵ درصد باشد امکان نزدیک به صفر بودن متان در برخی از تیوب‌ها وجود داشته و واکنش متان و CO₂ در تیوب که واکنشی گرماگیر است، انرژی گرمایی تامین شده توسط باکس ریفرمر را مصرف نخواهد کرد، که این امر منجر به حرارت دیدن تیوب‌ها در نزدیکی منطقه خزشی خواهد شد. از طرف دیگر، محتوی متان در گاز خروجی بالاتر از ۱ درصد نیز باعث کاهش شاخص کیفیت گاز احیایی خواهد شد.

۲- CO₂ گاز ریفرم

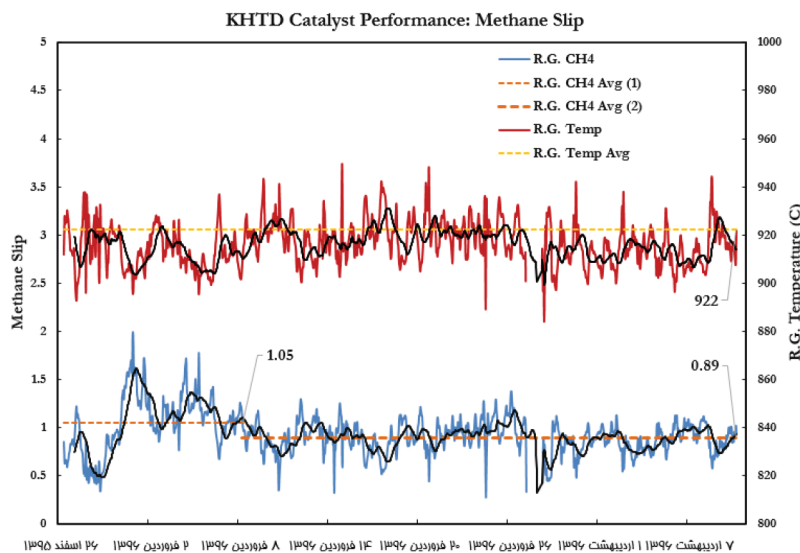
در شکل ۳ که مقدار CO₂ گاز ریفرم قابل بررسی است مشاهده می‌شود میزان CO₂ به طور مطلوبی در ۲/۵ درصد نگه داشته شده است. این میزان می‌تواند اطمینان لازم جهت کیفیت گاز احیایی را ایجاد کند.

در ادامه به بررسی کیفیت عملکرد دو ماهه کاتالیست‌های تولیدی شرکت گسترش فناوری خوارزمی در این واحد پرداخته خواهد شد.

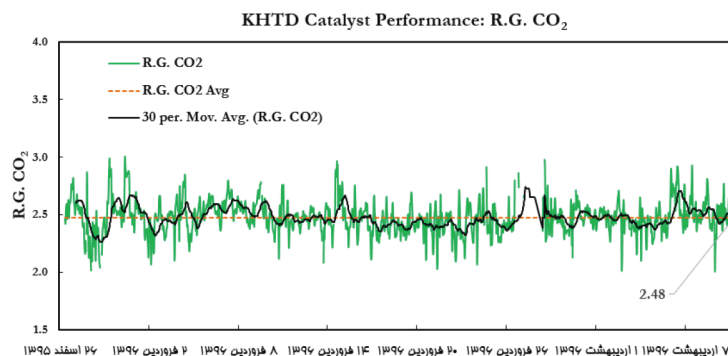
پارامترهای عملکردی مستقل از تولید

۱- متان گاز ریفرم

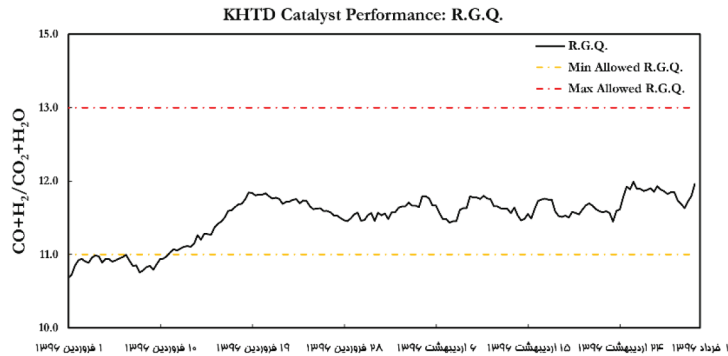
جهت به تاخیر انداختن شرایط خزشی در تیوب‌ها بازه ۰/۵ تا ۱ درصد مطلوبترین دامنه برای مقدار متان است. شکل ۲ تغییرات متان و دمای گاز ریفرم را در نشان می‌دهد. می‌بایست توجه گردد که به علت وجود سولفور در گاز پروسس تا تاریخ ۸ فروردین امکان کنترل مطلوب گاز توسط بستر کاتالیست وجود نداشت و پس از این تاریخ با استفاده از مخازن سولفورزدا امکان این مهم فراهم گردید. علاوه بر حفظ و نگهداری تیوب‌ها، غیر یکنواختی باکس ریفرمر از لحاظ پروفیل دمایی نیز برای تعیین این بازه در نظر گرفته می‌شود. زمانیکه



شکل ۲- متان و دمای گاز ریفرم در یک ماه و نیم نخست پس از راه اندازی



شکل ۳- تغییرات میزان CO₂ گاز ریفرم در یک ماه و نیم نخست پس از راه اندازی



شکل ۴ - تغییرات شاخص کیفیت گاز احیایی در دو ماه و نیم پس از راه اندازی

۳- شاخص کیفیت گاز ریفرم

با توجه به آنالیز گاز ریفرم می‌توان شاخص کیفیت گاز احیایی را که عبارت از حاصل تقسیم گازهای کاهنده بر گازهای اکسنده $\left(\frac{CO+H_2}{CO_2+H_2O}\right)$ می‌باشد، بدست آورد. این شاخص با توجه به داده‌های بدست آمده از آنالیز گازها توسط واحد آزمایشگاه شرکت فولاد

در شکل ۴ ترسیم شده است، که نشان می‌دهد مسمومیت موقت کاتالیست‌ها در ۱۵ روز اول به علت بالا رفتن میزان سولفور، کاهش کیفیت گاز احیایی در این بازه را به دنبال داشته است. مطلوبترین بازه برای این شاخص ۱۱ تا ۱۳ می‌باشد که مشاهده می‌شود پس از برقراری شرایط مطلوب در واحد، عملکرد کاتالیست‌ها به گونه‌ای بوده که شاخص مورد نظر را فراهم کنند.

یک ماهه انتهایی نمودار که این شاخص را در حالتی که به تعادل رسیدن خط تولید و تنظیم مطلوب پارامترهای تولید برقرار گردیده است نشان می‌دهد، مشاهده می‌گردد که کاتالیست‌ها به لحاظ عملکردی استاندارد لازم را فراهم نموده و نیاز واحد برای ریفرم گازها را فراهم آورده‌اند.

بنابراین با توجه به اطلاعات و مطالعه صورت گرفته روی بازه‌ای مشخص از عملکرد کاتالیست‌ها می‌توان گفت که کاتالیست‌های تولیدی شرکت گسترش فناوری خوارزمی به نحو بسیار مطلوبی جوابگوی نیاز واحد از کاتالیست‌های DRI می‌باشد و در شرایط برابر می‌تواند عملکردی قابل رقابت با انواع خارجی خود داشته باشد.

