



گزارش ریفرمر واحدهای مختلف فولادی

مدول ۱ فولاد خوزستان | مدول زمزم ۱ فولاد خوزستان | مدول C فولاد مبارکه | فولاد سبزووار

مستقل از تولید و همچنین پارامترهای عملکرد وابسته به تولید برای تمامی واحدها مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

بارگذاری کاتالیست‌های تولیدی این شرکت برای نخستین بار در مقیاس یک ریفرمر کامل در مدول ۱ واحد احیاء ۲ 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. پس از عملکرد موفقیت آمیز این کاتالیست‌ها در ریفرمر مدول یک واحد احیاء ۲ شرکت فولاد خوزستان، به همین ترتیب در سال ۱۳۹۶ کاتالیست‌های این شرکت در ریفرمر شرکت فولاد سبزووار در تاریخ ۱ بهمن، مدول C شرکت فولاد اصفهان در تاریخ ۴ بهمن و در نهایت واحد زمزم ۱ شرکت فولاد خوزستان در تاریخ ۱۰ بهمن ماه شروع به کار کرد. در این واحدها کلیه تیوب‌های ریفرمر توسط کاتالیست‌های شرکت گسترش فناوری خوارزمی شارژ گردید و اعزام تیم فنی و نظارتی بر فرآیند بارگذاری کاتالیست‌ها از سوی این شرکت موجب شد تا اطمینان لازم جهت شارژ بهینه با دانسیته توده‌ای حداکثری تیوب‌ها حاصل گردد. در تمامی واحدها میزان دانسیته شارژ نزدیک به ماکزیمم حالت بدست آمد.

ریفرمینگ واکنش هیدروکربن (از قبیل گاز طبیعی، متان، پروپان و ...) با H_2O یا CO_2 برای تولید احیاکننده‌های H_2 و CO است. واکنش‌های ریفرمینگ گرماگیر بوده و نیاز به کاتالیست برای تسریع واکنش دارد. در تمامی واحدها به جز مقاطع زمانی خاص که سبب افت مقادیر تولید شده است، خوشبختانه خلوص متان در گاز طبیعی ورودی به واحد نسبتاً بالا بوده و درصد ورود هیدروکربن‌های سنگین بحرانی نبوده است. در ادامه به بررسی عملکرد کاتالیست‌های شرکت خوارزمی در تمامی واحدها پرداخته شده است.



• مهندس حسن نوایی
مدیرعامل شرکت گسترش فناوری خوارزمی

« شرکت گسترش فناوری خوارزمی یک شرکت دانش بنیان تولیدکننده کاتالیست‌های هتروژن، خصوصاً کاتالیست‌های ریفرمینگ واحدهای احیاء مستقیم است. این شرکت از سال ۱۳۹۰ فعالیت خود را در زمینه تحقیقات و تولید صنعتی این کاتالیست‌ها آغاز نمود که هم‌اکنون ثمره آن بارگذاری ۴ ریفرمر موجود کشور از کاتالیست‌های تولیدی این شرکت است. همچنین این شرکت قراردادهای متعددی برای تامین کاتالیست سایر واحدهای تولیدی امضا نموده است که هم‌اکنون در حال تولید و عرضه آنها به مصرف‌کنندگان است.

در این نوشتار واحدهای بارگذاری شده در صنعت فولاد و عملکرد کاتالیست‌های تولیدی این شرکت دانش بنیان در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در واحدهای مختلف بررسی شده است. در ابتدا توضیح مختصری در ارتباط با واحدهای بارگذاری شده، زمان استارت واحد و وضعیت واحدها داده می‌شود و سپس پارامترهای عملکرد

جدول ۱: مشخصات ریفرمر واحدهای احیاء مستقیم و پروفایل شارژ کاتالیست‌های ریفرمینگ تولیدی شرکت گسترش فناوری خوارزمی

فولاد سبزووار	مدول C فولاد مبارکه	مدول زمزم ۱ فولاد خوزستان	مدول ۱ فولاد خوزستان	ظرفیت
۸۰۰,۰۰۰	۸۰۰,۰۰۰	۸۰۰,۰۰۰	۶۰۰,۰۰۰	
۴۶۸ (۸)	۴۳۲ (۸)	۴۶۸ (۸)	۳۲۴ (۸)	تعداد تیوب‌ها
پروفایل شارژ (سانتی متر)				
۴۲۰	۴۳۰	۴۰۰	۴۰۰	فعال
۳۳۵	۲۸۰	۳۱۰	۳۱۰	نیمه فعال
۳۰	۹۰	۹۰	۹۰	خنثی



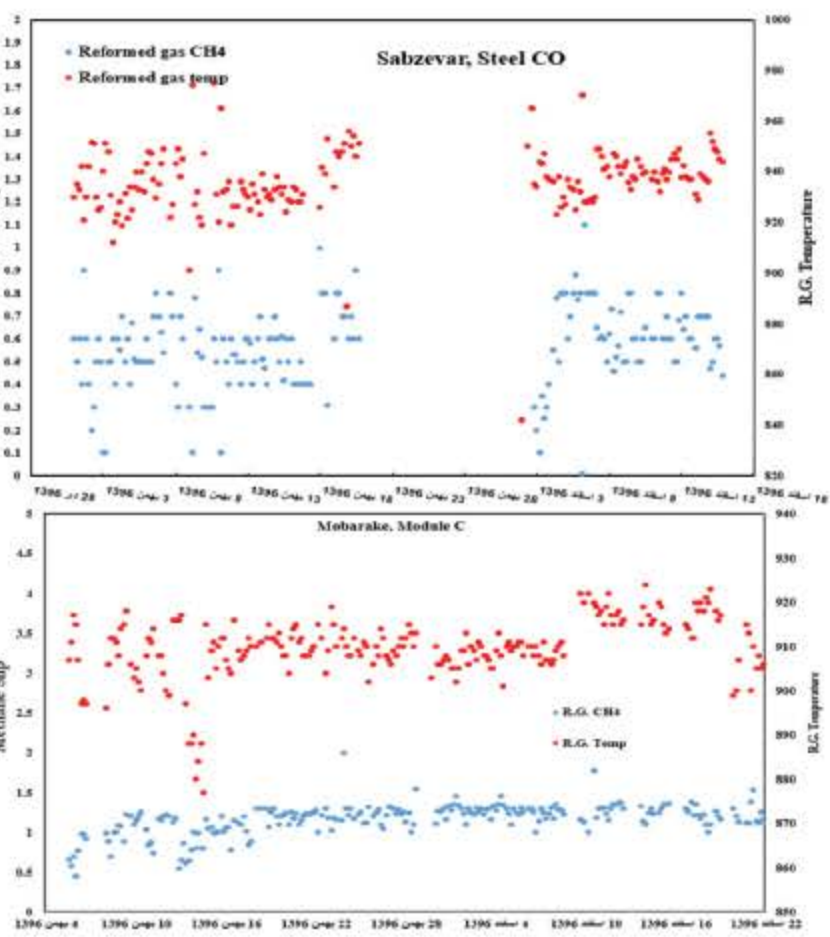
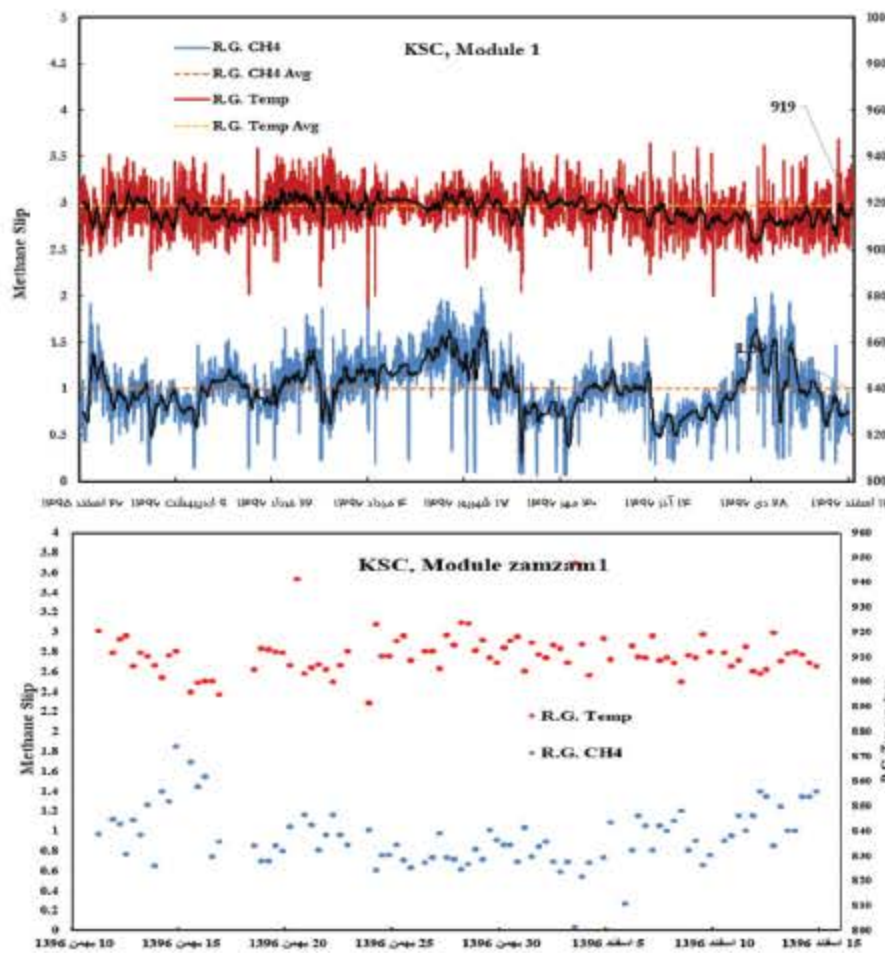
در شکل شماره ۲ می توان میزان متان خروجی از ریفرمرهای واحدهای مختلف را ملاحظه نمود.

نتایج بدست آمده برای هر چهار واحد حاکی از این می باشد که ریفرمینگ گاز توسط کاتالیست ها به خوبی صورت گرفته و میزان متان و دی اکسید کربن به خوبی قابل کنترل می باشد.

با توجه به اینکه مدت زمان بیشتری از زمان راه اندازی مدول ۱ شرکت فولاد خوزستان می گذرد، لذا بررسی دقیق تری را می توان بر روی عملکرد کاتالیست های این واحد انجام داد.



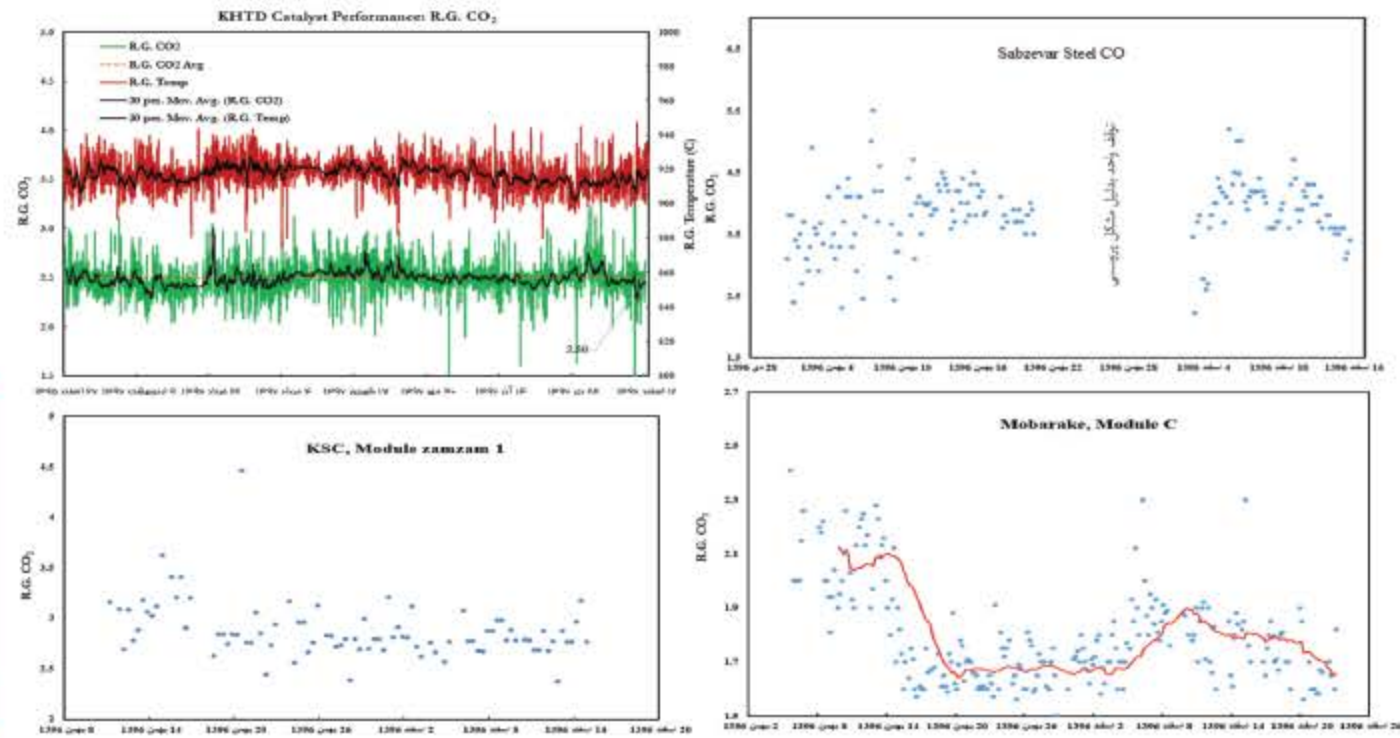
شکل ۱: کاتالیست های ریفرمینگ صنعت فولاد



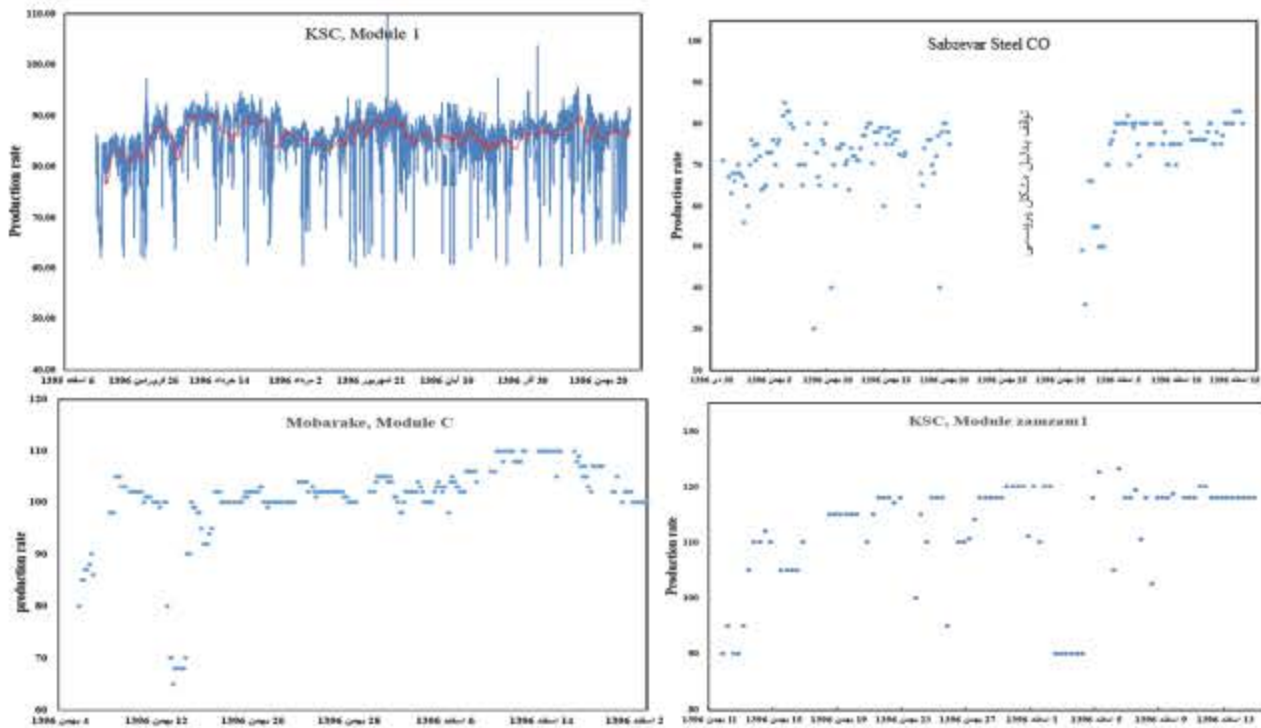
شکل ۲: تغییرات دمای گاز ریفرم و میزان متان گاز ریفرم. به ترتیب: بالا سمت چپ (فولاد خوزستان مدول ۱)، بالا سمت راست (فولاد سبزواری)، پایین سمت چپ (فولاد خوزستان زمزم ۱) و پایین سمت راست (فولاد مبارکه مدول C).

گاز پروسس شده است. در ابتدای راه اندازی به گاز فرصت کافی جهت تبادل با کاتالیست داده می شود. یعنی به گاز فرصت کافی جهت تبدیل شدن متان و CO₂ بر روی کاتالیست ها در لوله های ریفرمر داده می شود و لذا اعداد CO₂ و متان در ابتدای راه اندازی برای تمامی واحدها پایین و بسیار مطلوب می باشد. در مدول C فولاد مبارکه اصفهان، جهت کنترل مقدار H₂/CO تزریق آب کمتری صورت می گیرد، همین امر باعث می شود تا درصد بیشتری از واکنش های ریفرمینگ با اکسند CO₂ صورت بگیرد. به همین دلیل میزان CO₂ در خروجی از ریفرمر پایین می باشد. همچنین مشاهده می شود برای دیگر واحدها میزان CO₂ به طور مطلوبی در ۲،۵ درصد نگه داشته شده است. در خصوص ریفرمر واحد سبزواری باید اشاره کرد که بعلاوه مهیا نبودن شرایط آنالیزی از خروجی ریفرمر و آماده نبودن آنالیزها و همچنین مقدار پایین تولید در ابتدای راه اندازی (نسبت به مقدار ایده آل) مقدار CO₂ در خروجی ریفرمر بالا نگه داشته می شود تا از عدم نشست کربن اطمینان حاصل شود.

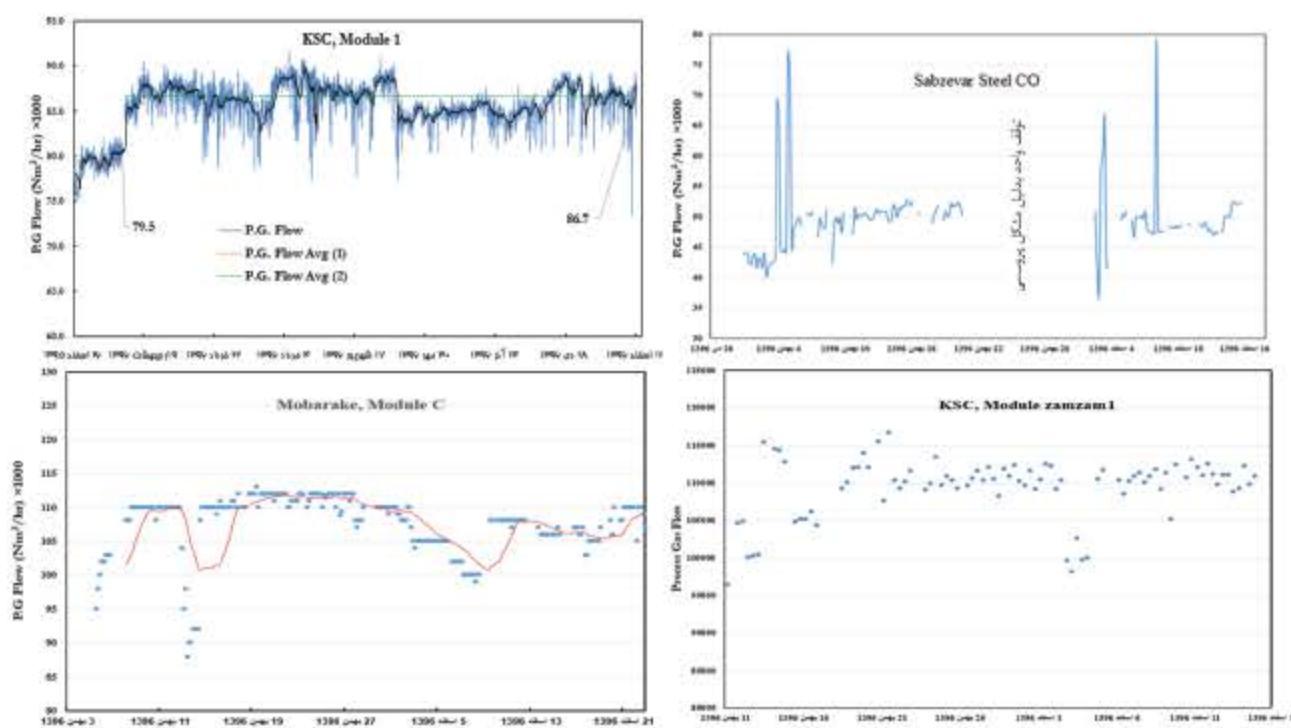
افزایش میزان گوگرد در گاز ورودی به ریفرمر باعث کاهش ظرفیت ریفرمر (افزایش میزان متان گاز ریفرم) خواهد شد. در ابتدای راه اندازی مدول ۱، همچنین در چندین بازه زمانی مشاهده می شود که میزان متان خروجی از مقدار ایده آل اندکی فاصله گرفته است. پس از بررسی و وارد شدن مخازن سولفورزدا نشان داده شده است که میزان متان در دمای گاز ریفرم به خوبی قابل تنظیم بوده و مقدار آن پس از وارد شدن مخازن سولفورزدایی در مدار، در خروجی ریفرمر حدود ۱ درصد که مقدار ایده آل متان خروجی است نگه داشته شده است. همین معضل فرآیندی برای مدول زمزم ۱ شرکت فولاد خوزستان هم در بعضی زمان ها وجود داشت. وجود سولفور (H₂S) بسیار بالا، حتی بیش از مقدار طراحی سیستم سولفورزدا، تا حد 40 PPM مسبب بروز شرایط نامطلوب و کاهش فعالیت کاتالیست است. با توجه به اینکه واکنش های ریفرمینگ گرماگیر بوده، همین امر باعث کاهش دمای گاز ریفرم شده که متعاقباً باعث بالا رفتن میزان متان و CO₂ باقیمانده در گاز ریفرم می شود. منشا این سولفور بالا، گندله مورد استفاده بوده که در نتیجه واکنش های احیاء درون کوره احیاء از گندله خارج و وارد



شکل ۳: تغییرات CO₂ گاز ریفرم بر حسب زمان: به ترتیب: بالا سمت چپ (فولاد خوزستان مدول ۱)، بالا سمت راست (فولاد سبزواری)، پایین سمت چپ (فولاد خوزستان زمزم ۱) و پایین سمت راست (فولاد مبارکه مدول C).



شکل ۴: نرخ تولید آهن اسفنجی در واحدهای مختلف



شکل ۵: میزان فلوی گاز پروسیس برای تمامی واحدها

شکل (۴) میزان تولید هر چهار واحد را نشان می‌دهد که در اکثر مدول‌ها از ابتدای راه اندازی تا حالت نرمال نرخ تولید به مقدار مطلوب خود رسیده است. در حال حاضر تمامی چهار واحد بجز واحد سبزواری که به علل مشکلات جزئی نتوانسته است به ظرفیت بیشینه برسد سایر واحدها در ماکزیمم نرخ تولید کار می‌کنند. همچنین در شکل ۵ می‌توان تغییرات میزان فلوی گاز پروسیس این واحدها را با زمان ملاحظه نمود که در پاره‌ای از نقاط به علل مشکلات فرآیندی یا بروز توقف‌ها دارای نوساناتی بوده است ولی به مقدار مناسب شدت جریان خود رسیده است.