



گزارش عملکرد کاتالیست‌های شرکت خوارزمی در ریفرمرهای شرکت‌های فولادخوزستان، فولاد مبارکه اصفهان و فولادسبزوار



گسترش فناوری
خوارزمی

از: مهندس حسن نوائی - مدیرعامل شرکت دانش‌بنیان گسترش فناوری خوارزمی

شرکت گسترش فناوری خوارزمی یک شرکت دانش‌بنیان تولیدکننده کاتالیست‌های هتروژن، خصوصاً کاتالیست‌های ریفرمینگ واحدهای احیاء مستقیم است. این شرکت از سال ۱۳۹۰ فعالیت خود را در تحقیقات و تولید صنعتی این کاتالیست‌ها آغاز نمود و هم‌اکنون ثمره آن بارگذاری ۴ ریفرمر کنونی شرکت از کاتالیست‌های تولیدی این شرکت است. در این مقاله قصد داریم به بررسی کیفیت عملکرد کاتالیست‌های تولیدی این شرکت در هر ۴ ریفرمر بپردازیم. همچنین پارامترهای موثر بر واکنش‌های ریفرمینگ مورد بحث و ارزیابی قرار خواهد گرفت.

ماهنامه پردازش: به‌طور کلی می‌توان واحدهای احیاء مستقیم را هم از لحاظ کیفی و هم از لحاظ کمی مورد ارزیابی قرار داد. میزان تولید آهن‌اسفنجی در هر ساعت و درصد متالیزیشن

کننده‌های H_2O و CO_2 بر گاز ریفرم شده تولیدی در ریفرمر موثر است. در فرایند میدرکس حداکثر مقدار آب با دمای گاز پروسس کنترل می‌شود. پارامترهای بهره‌برداری اصلی در ریفرمر احیاء مستقیم آهن عبارت‌اند از:

$$\frac{(CO_2 + H_2O)}{C} > 1.4$$

همواره توصیه می‌شود نسبت H_2O/C در گاز ورودی به ریفرمر بین $0.76-0.8$ و همچنین نسبت CO_2/C بین $0.76-0.75$ کنترل شود. این نسبت به‌طور غیرمستقیم با دمای گاز فرایند کنترل می‌شود. همواره مقدار کافی اکسیدکننده‌ها برای ریفرمینگ بهتر لازم است. در غیر اینصورت، تاثیر منفی بر میزان متان باقی مانده در گاز ریفرم شده دارد. با افزایش نسبت CO_2/C در گاز

آهن‌اسفنجی از جمله شاخص‌های ارزیابی واحد می‌باشند.

بارگذاری کاتالیست‌های تولیدی این شرکت برای نخستین بار در مقیاس یک ریفرمر کامل در مدول (۱) واحد احیاء (۲) در شرکت فولادخوزستان صورت گرفت و راه‌اندازی واحد پس از انجام بارگذاری و مراحل Start-up از تاریخ ۱۹ اسفند سال ۱۳۹۵ آغاز شد.

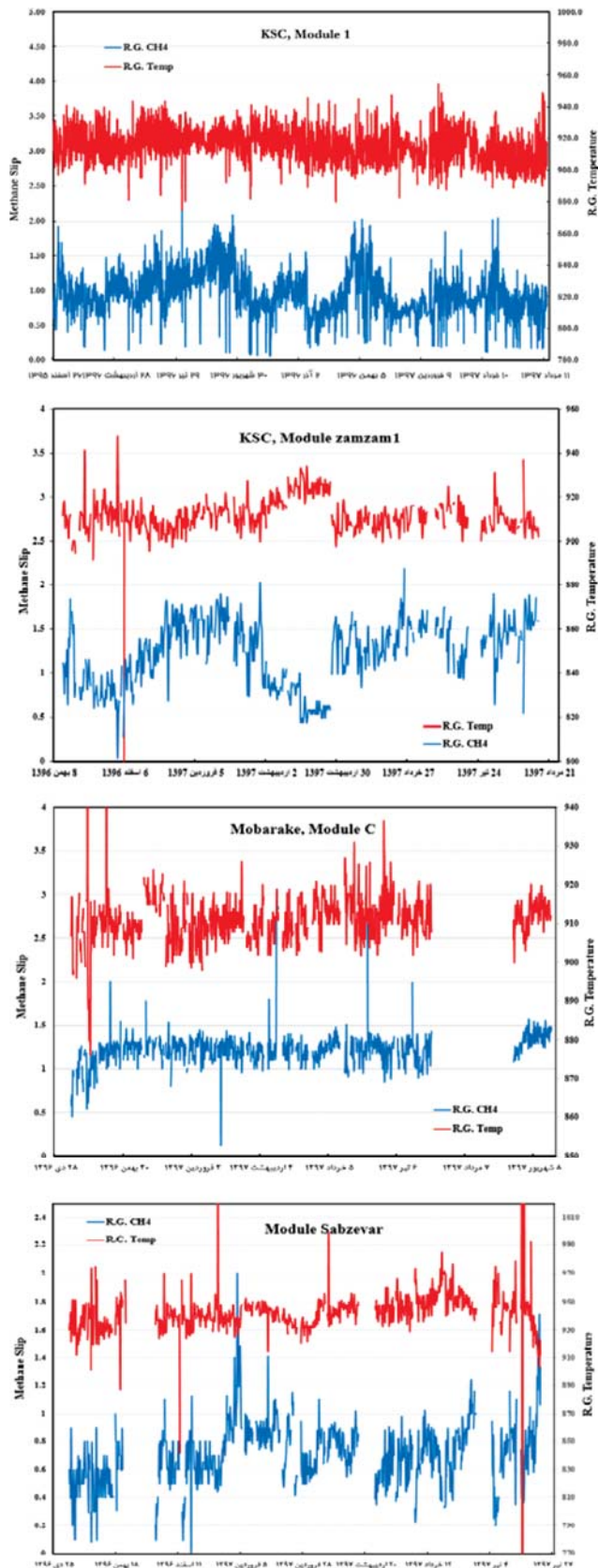
پس از عملکرد موفقیت‌آمیز این کاتالیست‌ها در ریفرمر مدول یک احیاء (۲) شرکت فولادخوزستان، به همین ترتیب در سال ۱۳۹۶ کاتالیست‌های این شرکت در ریفرمر شرکت فولادسبزوار در تاریخ اول بهمن، مدول C شرکت فولاد اصفهان در تاریخ ۴ بهمن و در نهایت واحد زمزم (۱) شرکت فولادخوزستان در تاریخ ۱۰ بهمن ماه شروع به‌کار کرد.

ریفرمینگ واکنش هیدروکربن (از قبیل گاز طبیعی، متان، پروپان و ...) با H_2O یا CO_2 برای تولید احیاءکننده‌های H_2 و CO است. واکنش‌هایی که در فرایند ریفرمینگ انجام می‌شود برگشت پذیر هستند و همچنین واکنش‌های ریفرمینگ خیلی سریع و از جمله واکنش‌های سطحی‌اند. از این رو بررسی تعادل و تاثیر شرایط عملیاتی بسیار حایز اهمیت می‌باشد. انتخاب اجزاء فیدگس و خصوصاً اکسید



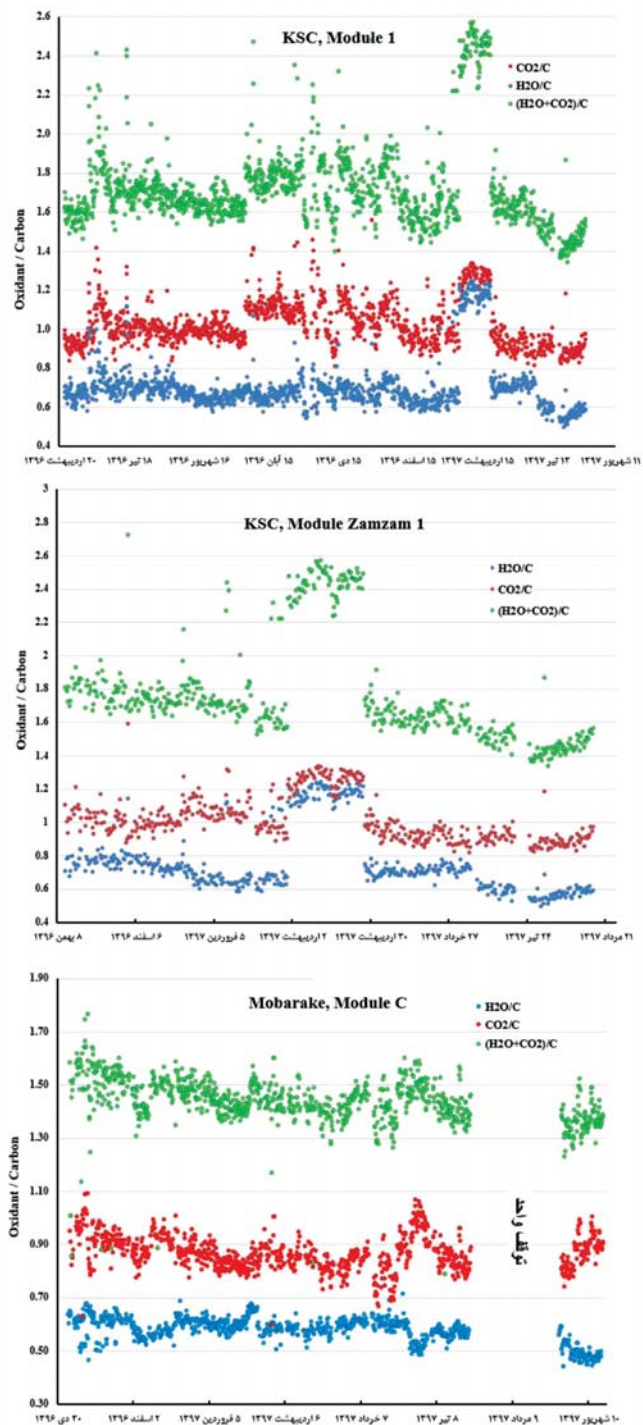
گسترش فناوری
خوارزمی

شکل ۲



تغییرات دمای گاز ریفرم و میزان متان گاز ریفرم. به ترتیب: (فولادخوزستان مدول ۱)، (فولادخوزستان زمزم ۱)، (فولادمبارکه مدول C) و (فولادسبزواری)

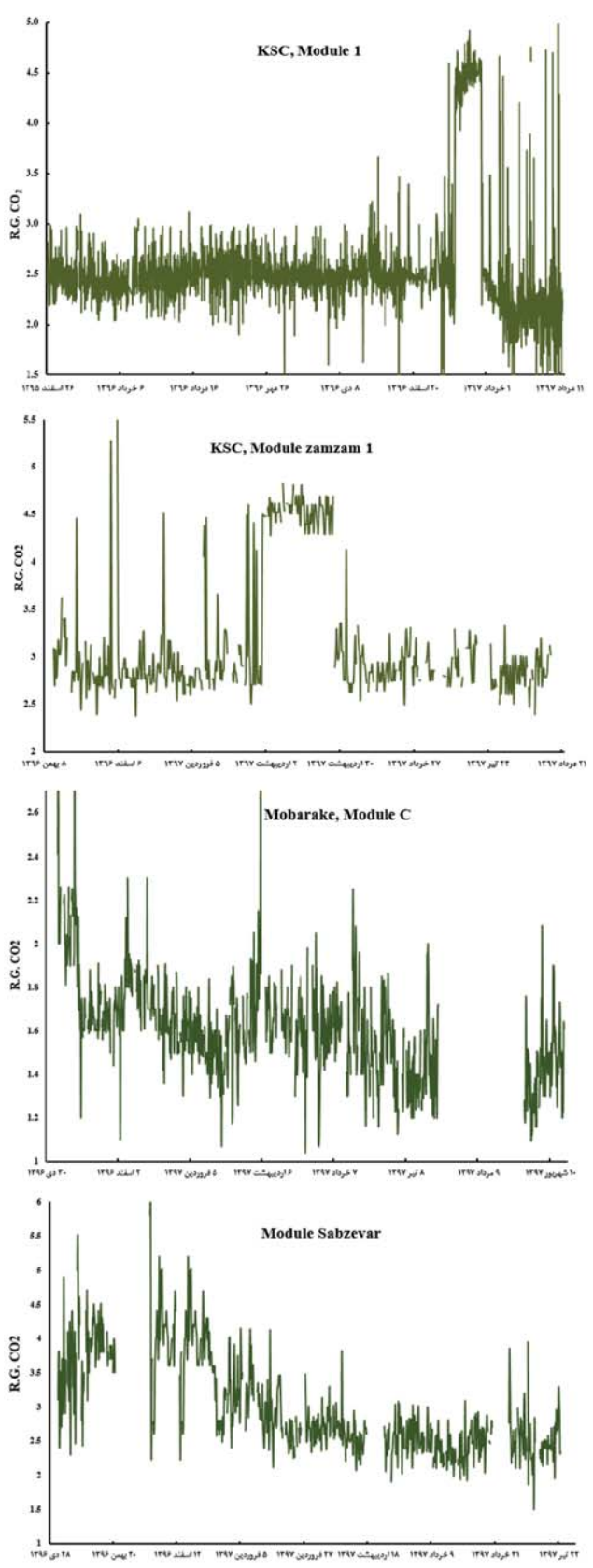
شکل ۱



نسبت اکسئندها به کربن. به ترتیب: (فولادخوزستان مدول ۱)، (فولادخوزستان زمزم ۱)، (فولادمبارکه مدول C)

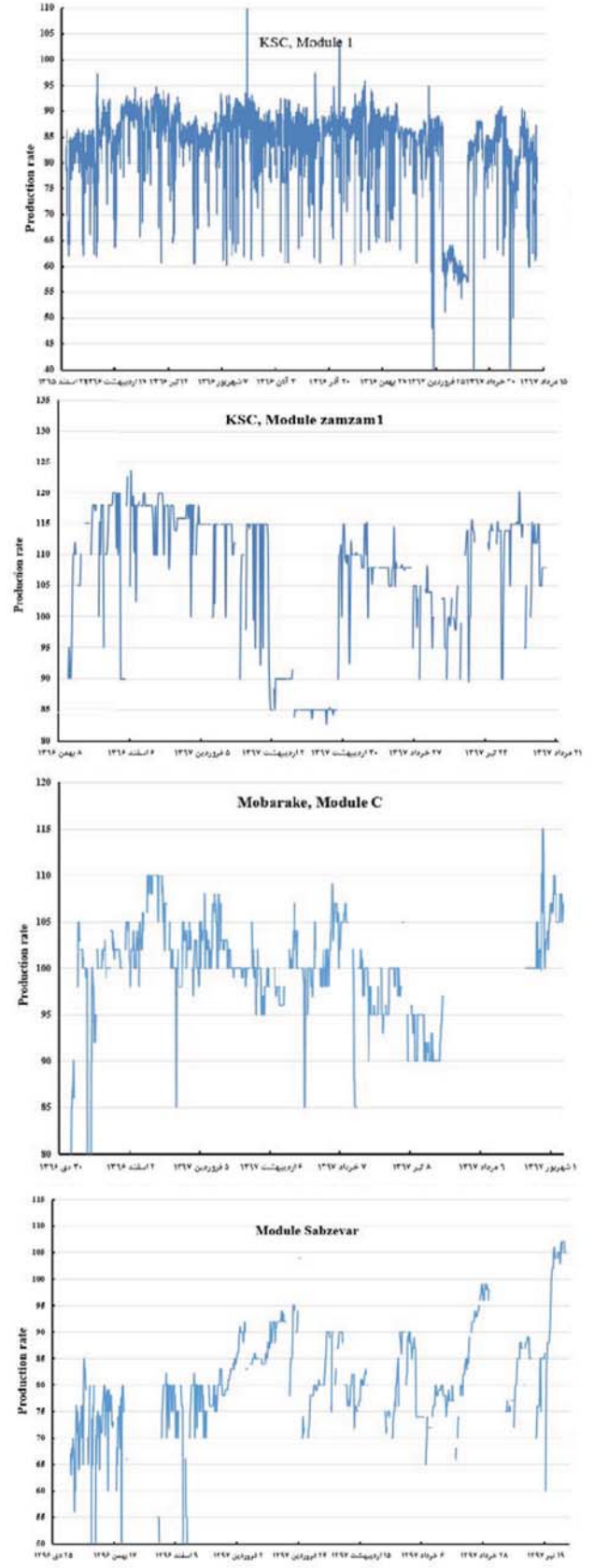
ورودی به ریفرم، میزان تبدیل متان نیز افزایش می یابد. نتایج بدست آمده در تحقیقات نشان می دهد که با افزایش نسبت CO_2/C میزان ریفرمینگ با CO_2 کاهش می یابد، زیرا CO_2 به عنوان عامل اضافی در واکنش حضور خواهد داشت. همچنین با افزایش این مقدار، نسبت مولی H_2/CO کاهش می یابد که دلیل واکنش انتقال آب-گاز می باشد. در شکل شماره (۱)، نسبت اکسئندها به کربن برای مدول های بارگذاری

شکل ۳



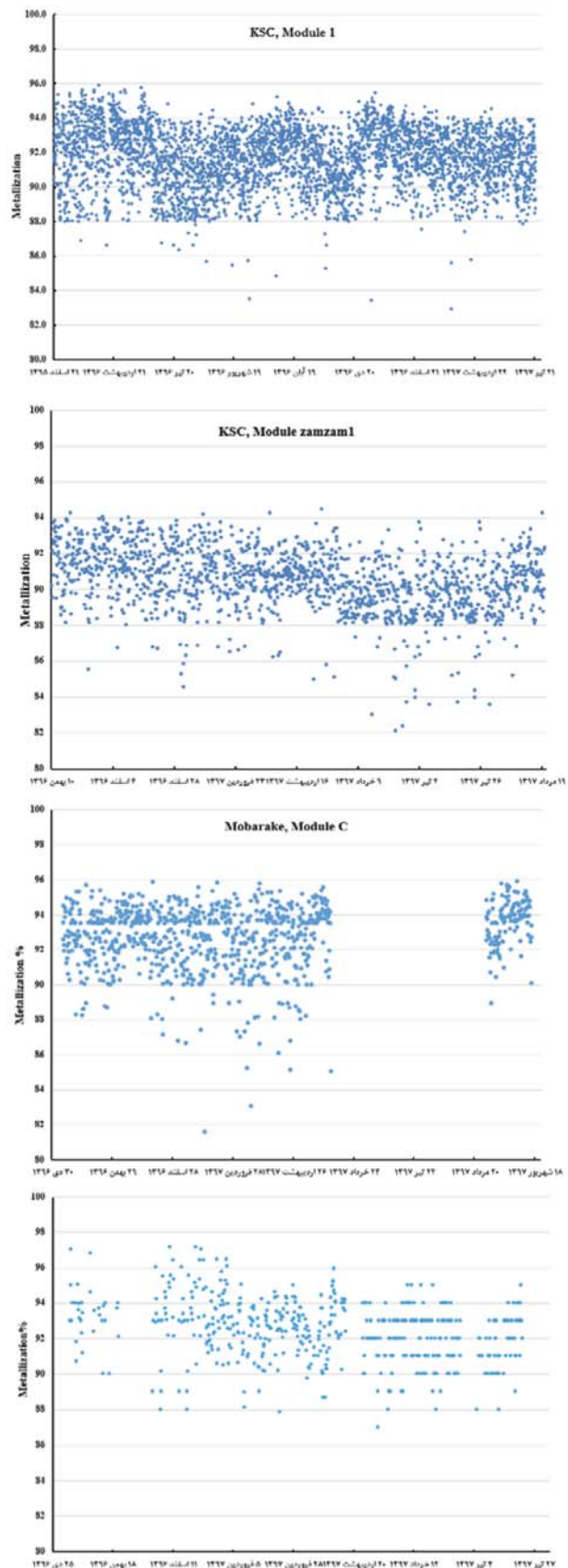
تغییرات CO₂ گاز ریفرم بر حسب زمان، به ترتیب: (فولادخوزستان مدول ۱)، (فولادخوزستان زمزم ۱)، (فولادسبزوار)، (فولاد مبارکه مدول C) و (فولادسبزوار).

شکل ۵



نرخ تولید آهن اسفنجی به ترتیب: (فولادخوزستان مدول ۱)، (فولادخوزستان زمزم ۱)، (فولادسبزوار)، (فولاد مبارکه مدول C) و (فولادسبزوار).

شکل ۶



متالیزیشن آهن اسفنجی برای تمامی واحدها به ترتیب

شکل ۴

کاتالیست‌های ریفرمینگ
صنعت فولاد

شده در گاز ورودی به ریفرمر آورده شده است. هرچه قدر نسبت CO_2/C کمتر شود، احتمال تشکیل کربن بیشتر خواهد بود و بنابراین برای جلوگیری از رسوب کربن باید در دماهای بالاتری بهره‌برداری انجام شود. همواره بایستی توجه داشت که میزان نسبت H_2/CO در گاز ریفرم شده در محدوده ۱/۵۵-۱/۷۵ است. علاوه بر این میزان متان باقی مانده در گاز ریفرم در محدوده کمتر از ۲ درصد و میزان دی‌اکسید کربن در حدود ۲/۵ درصد مناسب است. در اواخر فروردین ماه سال جاری تا اواخر اردیبهشت ماه، محتوای ترکیبات سنگین (C_2^+) موجود در جریان گاز طبیعی شرکت فولادخوزستان تا ۲۰ درصد افزایش پیدا کرده است و غلظت متان در گاز طبیعی به میزان ۸۰ درصد حجمی رسیده بود. بالا رفتن میزان ترکیبات سنگین خصوصاً بوتان، ریسک تشکیل کربن بر روی سطح کاتالیست را به شدت افزایش می‌دهد که برای این منظور نیاز است تا اکسنده بیشتری نسبت به کربن CO_2/C وجود داشته باشد (شکل ۱). در این بازه زمانی شدت جریان گاز طبیعی نسبت به گاز پروسس کاهش پیدا می‌کند تا بتوان نسبت فوق را کنترل نمود و اثر منفی افزایش C_2^+ جبران شود. در قسمت دوم مشاهده می‌شود که برای جلوگیری از آسیب رسیدن به کاتالیست‌ها، میزان فلوی گاز پروسس و همچنین تناژ تولیدی به شدت کاهش یافته است. در همین بازه زمانی مشاهده می‌شود که محتوی متان در گاز خروجی بالاتر از یک درصد می‌باشد.

در بازه زمانی مرداد ماه، به دلیل توقف سالیانه واحد در مدول C مبارکه اصفهان اطلاعاتی در دسترس نمی‌باشد. با توجه به نمودار عملکرد کاتالیست‌ها (شکل ۲) می‌توان کیفیت گاز ریفرم به لحاظ میزان متان خروجی را ملاحظه نمود. نتایج بدست آمده برای هر چهار واحد حاکی از این می‌باشد که ریفرمینگ گاز توسط کاتالیست‌ها به خوبی صورت گرفته و میزان متان و کربن‌دی‌اکسید به خوبی قابل کنترل می‌باشد. بررسی بیشتر عملکرد کاتالیست‌ها نیازمند مطالعه پارامترهای تولید در کل واحد می‌باشد. پارامترهای تولیدی نشان می‌دهد کیفیت بالای کاتالیست‌های مورد استفاده با تولید کیفیت مناسبی از گاز ریفرم شده، شرایط لازم و مورد نیاز کوره احیاء سنگ آهن را فراهم نموده است که لازم به ذکر است که این واحدها در حال حاضر بسیار نزدیک به ظرفیت اسمی خود در حال بهره‌برداری می‌باشد.

همانگونه که در شکل‌های ۵ و ۶ ملاحظه می‌شود میزان تولید آهن اسفنجی با کیفیت مطلوبی برای تمامی واحدها فراهم شده است که با توجه به تاریخچه عملکردی واحد، در قیاس با کاتالیست‌های تولیدکننده خارجی عملکرد بسیار مناسب و خوبی را از خود نشان داده است. با توجه به مطالب عنوان شده در رابطه با تولید، تامین و همچنین اجرا و نظارت موثر بر بارگذاری این مواد توسط این شرکت می‌توان به درستی ادعا نمود با تکیه بر توان داخلی می‌توان در صنعت کشور به بومی‌سازی هر چه بیشتر تکنولوژی‌های روز دنیا دست یافت و عرصه صنعت کشور را به میدانی قابل رقابت برای تولیدکنندگان داخلی و خارجی تبدیل کرد.