بومی سازی در صنعت فولاد به نتیجه رسید

بررسی موردی عملکرد ۸ ماهه کاتالیست های داخلی در فولاد خوزستان

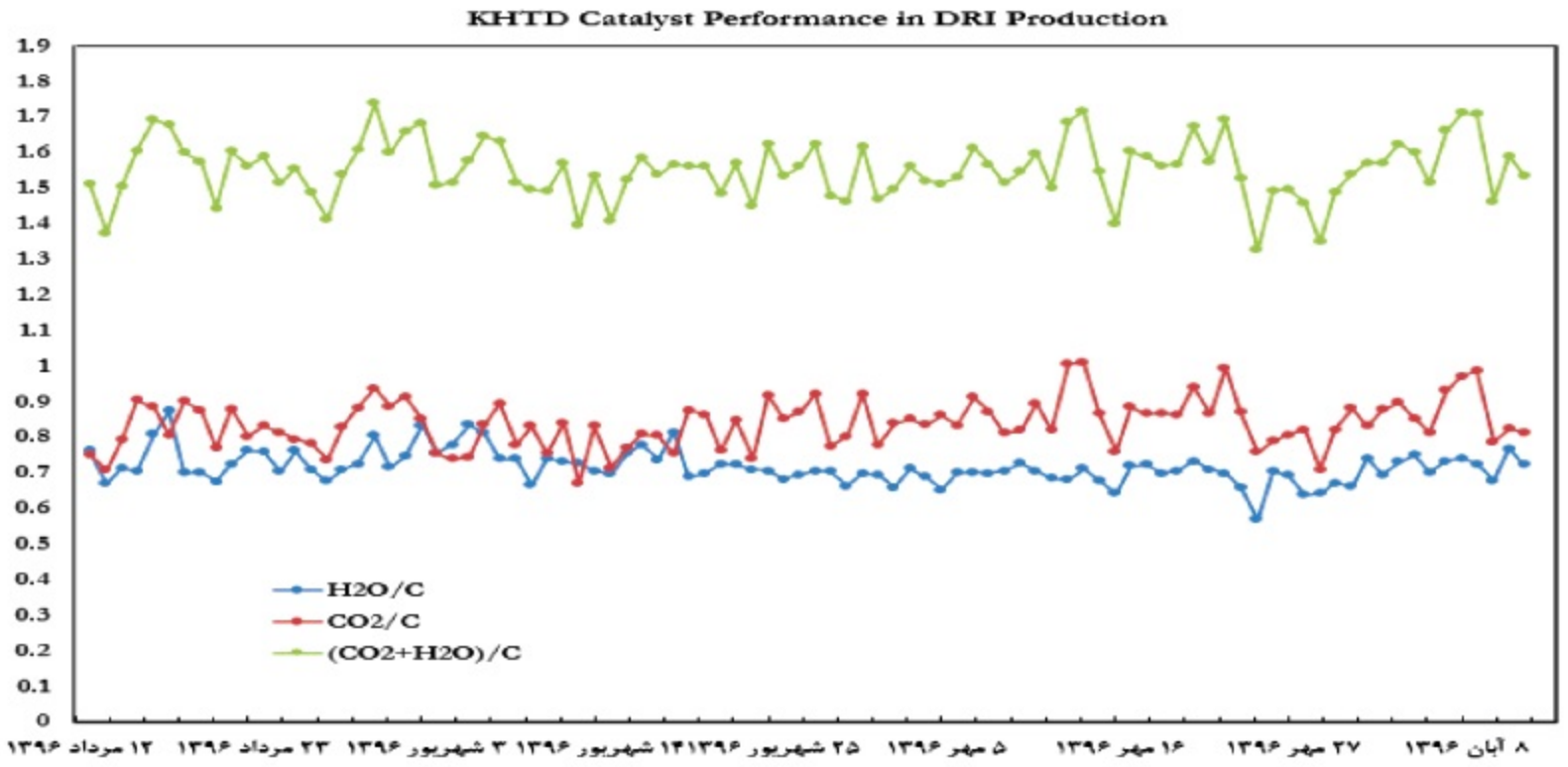
مهندس حسن نوائی
(مدیرعامل شرکت دانش بنیان گسترش فناوری خوارزمی)

کاتالیست های ریفرمینگ احیاء مستقیم تولیدی شرکت گسترش فناوری خوارزمی در اواسط اسفند سال ۱۳۹۵ در ریفرمر مدول ۱ شرکت فولاد خوزستان شارژ گردید و از آن تاریخ با عملکرد بسیار مناسب در حال سرویس می باشد. در این گزارش سعی شده است که به بررسی عملکرد این کاتالیست ها در دوره ۸ ماهه از بارگذاری آنها درون ریفرمر تا کنون پرداخته شود:

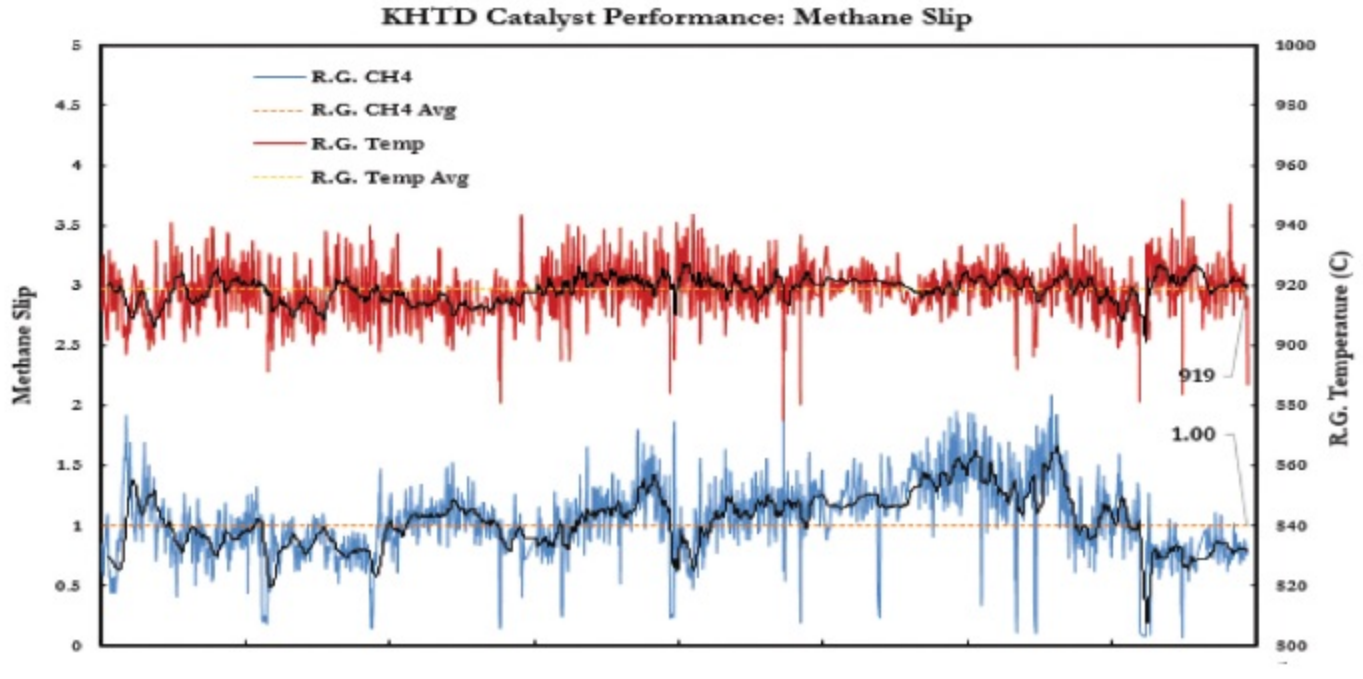
یکی از راه های تولید گازهای سنتز (مخلوط هیدروژن و مونوکسید کربن) فرآیند ریفرمینگ ترکیبات هیدروکربنی از قبیل گاز طبیعی، متان، پروپان و ... با اکسنده هایی مانند H_2O یا CO_2 است. این واکنش گرماگیر بوده و نیاز به کاتالیست برای تسریع واکنش و انجام میزان درصد تبدیل مطلوب خوراک دارد. در واحدهای احیاء مستقیم سنگ آهن و تولید آهن اسفنجی، از این فرآیند استفاده شده و گاز ریفرم شده غنی از گازهای سنتز یا گازهای احیاء کننده که ریفرمر را ترک می کند، برای احیاء اکسید آهن به آهن فلزی تولید می شود. از این رو کاتالیست ها را می توان قلب تپنده واحدهای احیاء در نظر گرفت که عملکرد صحیح آنها در ریفرمر می تواند کیفیت و مقدار لازم جهت تولید مقدار مورد نیاز آهن فلزی را فراهم کند.

یکی از مهم ترین پارامترهای موثر بر روی ترکیب درصد گاز تولیدی یا همان گاز ریفرم، ترکیب درصد اجزاء گاز خوراک (فیدگس) و خصوصا اکسیدکننده های H_2O یا CO_2 است. وجود مقادیر اکسیدکننده های پایین سبب تشکیل کک و غیرفعال شدن کاتالیست ها شده و از طرفی وجود اکسید کننده های اضافی در گازهای ریفرم شده به واکنش های احیاء سنگ آهن آسیب می رساند. به همین دلیل به منظور بهره برداری از ریفورمر میدرکس نیاز است که دقت لازم در نسبت های اکسیدکننده به مقدار گاز طبیعی صورت پذیرد. تنظیم این مقادیر از طریق میزان دبی حجمی گاز طبیعی و دمای گاز پروسس (گاز چرخشی در واحد) صورت می گیرد. بر خلاف واحدهای پتروشیمی، برای تولید گاز احیاکننده با کیفیت بالا در واحدهای احیاء مستقیم سنگ آهن، نسبت اکسیدکننده به کربن پایین مورد نیاز است. شکل (۲) نسبت اکسیدان به کربن، CO_2/C و H_2O/C را در سه ماهه اخیر فیدگس مدول یک را نشان می دهد.

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



شکل ۲- تغییرات نسبت اکسیدان ها به کربن در Feed gas در هشت ماه اول راه اندازی ریفورمر مدول ۱ فولاد خوزستان



شـــکل ۳- تغییرات ترکیـــب درصـــد متان باقیمانده و دمای گاز ریفرم در هشت ماه پس از راه اندازی

بالارفتن میزان ترکیبات سنگین خصوصا بوتان در گاز طبیعی و به تبع آن در فیدگس، ریسک تشکیل کربن بر روی سطح کاتالیست را به شدت افزایش می دهد که برای این منظور نیاز است تا اکسنده بیشتری نسبت به کربن وجود داشته باشد. در ابتدای خرداد، محتوای ترکیبات سنگین($C2^+$) موجود در جریان گاز طبیعی تا ۲۰ درصد افزایش پیدا کرده است و غلظت متان در گاز طبیعی به میزان ۸۰ درصد حجمی رسیده بود. در ابتدای خرداد شدت جریان گاز طبیعی نسبت به گاز پروسس کاهش پیدا کرده است تا بتوان نسبت فوق را کنترل نمود و اثر منفی افزایش $C2^+$ جبران شود.

در بازه زمانی ۲۴ خرداد تا ۱۰ تیر و همچنین از اوایل مرداد تا اواخر شهریور، مشاهده شد که میزان متان در گاز ریفرم شده بیشتر از یک می باشد. دلیل این امر وجود مشکل در مخازن سولفورزدا جهت کنترل سولفور ($H2S$) در خوراک ورودی می باشد. میزان بالا رفتن مقدار سولفور به عنوان یک عامل مسموم کننده کاتالیست در فیدگس به مقدار حتی بالاتر از مقدار طراحی مخازن سولفورزدا یعنی ppm 30 سبب کاهش فعالیت کاتالیست ها می شود در حالی که توصیه شده این میزان زیر ppm ۵ تنظیم شود. البته لازم به ذکر است عملکرد کاتالیست در حالتی که میزان سولفور بین ppm ۱۰ تا ۱۵ کنترل شود مشکل چندانی ایجاد نخواهد نمود.

به طور متوسط، طول عمر مخازن سولفورزدا در این واحد چهار ماه می باشد که ورود گاز سولفوردار با غلظت بسیار بالاتر از حد معمول (به سبب وجود سولفور بسیار بالاتر از حد نرمال در سنگ آهن) از سمت گاز Process در این مدت، طول عمر آن را به میزان زیادی کاهش داده است که این می تواند دلیلی بر تغییرات متان باشد.

جدول (۱)، آنالیز گاز احیا بعد از راه اندازی مخازن سولفورزدای جدید را نشان می دهد. همانطور که در شکل (۳) مشاهده می شود، با توجه به توضیحات فوق، پس از وارد مدار شدن مخازن سولفورزدا، میزان متان به خوبی قابل تنظیم و کنترل بوده و مقدار آن پس از سولفورزدایی کمتر از ۱ درصد (که مقدار ایده آل متان خروجی است) نگه داشته شده است.

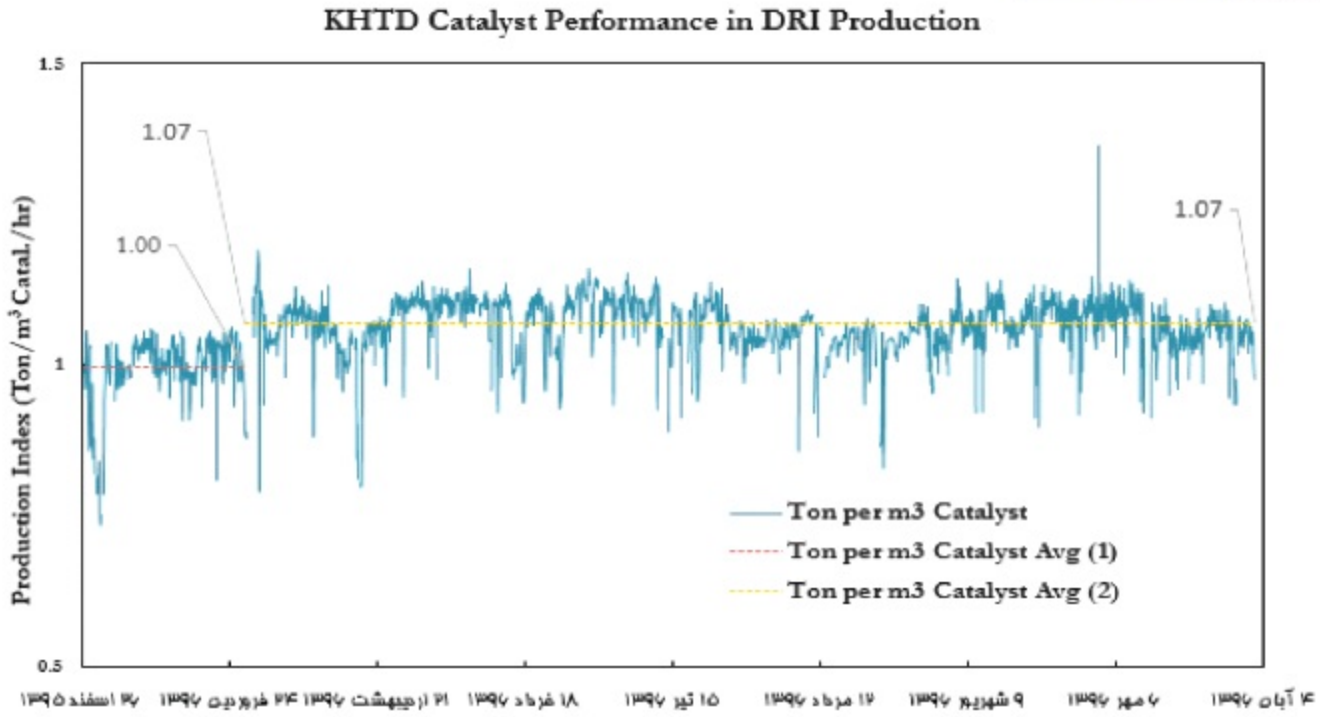
جدول ۱- آنالیز سولفور گاز احیا در مدول ۱ بعد از راه اندازی مخازن سولفورزدا جدید

خروجی مخزن سمت چپ	خروجی مخزن سمت راست	ورودی به دو مخزن	تاریخ نمونه گیری
۱	۲	۱۸	۱۳۹۶/۰۶/۲۵
۲	۱	۲۱	۱۳۹۶/۰۶/۳۱
۱	۲	۲۲	۱۳۹۶/۰۷/۰۴
۲	۳	۱۸	۱۳۹۶/۰۷/۱۰
۲	۲	۲۰	۱۳۹۶/۰۷/۱۵
۱	۲	۱۸	۱۳۹۶/۰۷/۱۹

میزان تولید بر حسب تن بر متر مکعب کاتالیست

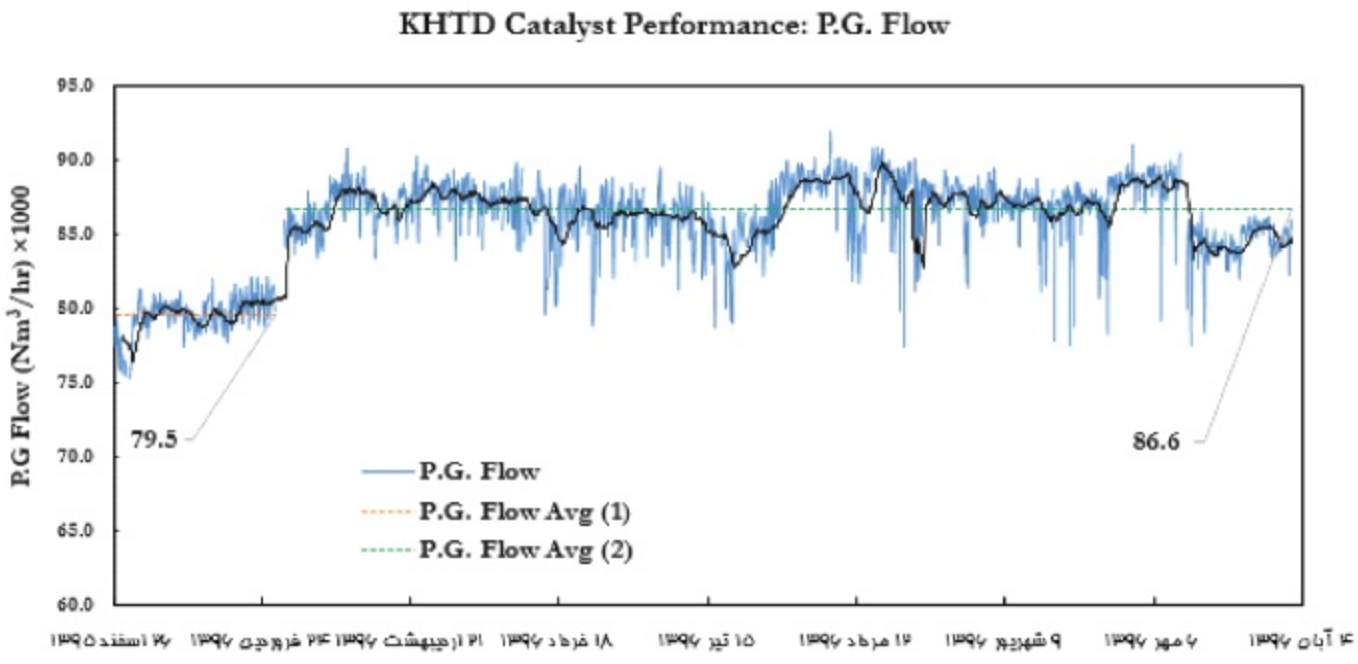
بررسی بیشتر عملکرد کاتالیست ها نیازمند مطالعه پارامترهای تولید در کل واحد می باشد. بر اساس تجربه واحدهای میدرکس، یک واحد تولیدی به ازای هر متر مکعب کاتالیست با تزریق اکسیژن به لاین باستل می تواند ۱/۰۸ تن آهن اسفنجی تولید کند، اما در صورت عدم تزریق اکسیژن تولید به ازای همان مقدار کاتالیست ۱ تن بر متر مکعب خواهد بود. بنابراین با توجه به حجم کاتالیست های موجود در تیوب ها که در این مدول عددی معادل ۸۱/۷ متر مکعب است می توان شاخص تولید واحد را محاسبه نمود.

با توجه به شکل (۴) که نمودار این شاخص در هشت ماهه اخیر را نشان می دهد، متوسط این شاخص در یک ماه آغازین کمتر از حالت مورد نظر بوده است که علت این امر ناکافی بودن جریان گاز پروسس در آن مدت به سبب مشکل فنی کمپرسور بوده است. پس از توقف کوتاه مدت و راه اندازی مجدد این شاخص در میزان مورد نظر حاصل گردیده است.



شکل ۴- تغییرات شاخص تناژ تولید در هشت ماهه اول راه اندازی

توجیه دقیق‌تر منحنی بدست آمده در شکل (۵) را می‌توان در روند افزایش فلوی گاز پروسس مشاهده نمود. به دلیل مشکلات فنی کمپرسور مرحله دوم، رسیدن به فلوی نرمال گاز پروسس در این واحد با محدودیت مواجه بود. فلوی پروسس در بازه زمانی ذکر شده به تدریج افزایش یافته و در روزهای پایانی به حداکثر مقدار خود یعنی ۸۸۰۰۰ متر مکعب بر ساعت رسانده شده است.

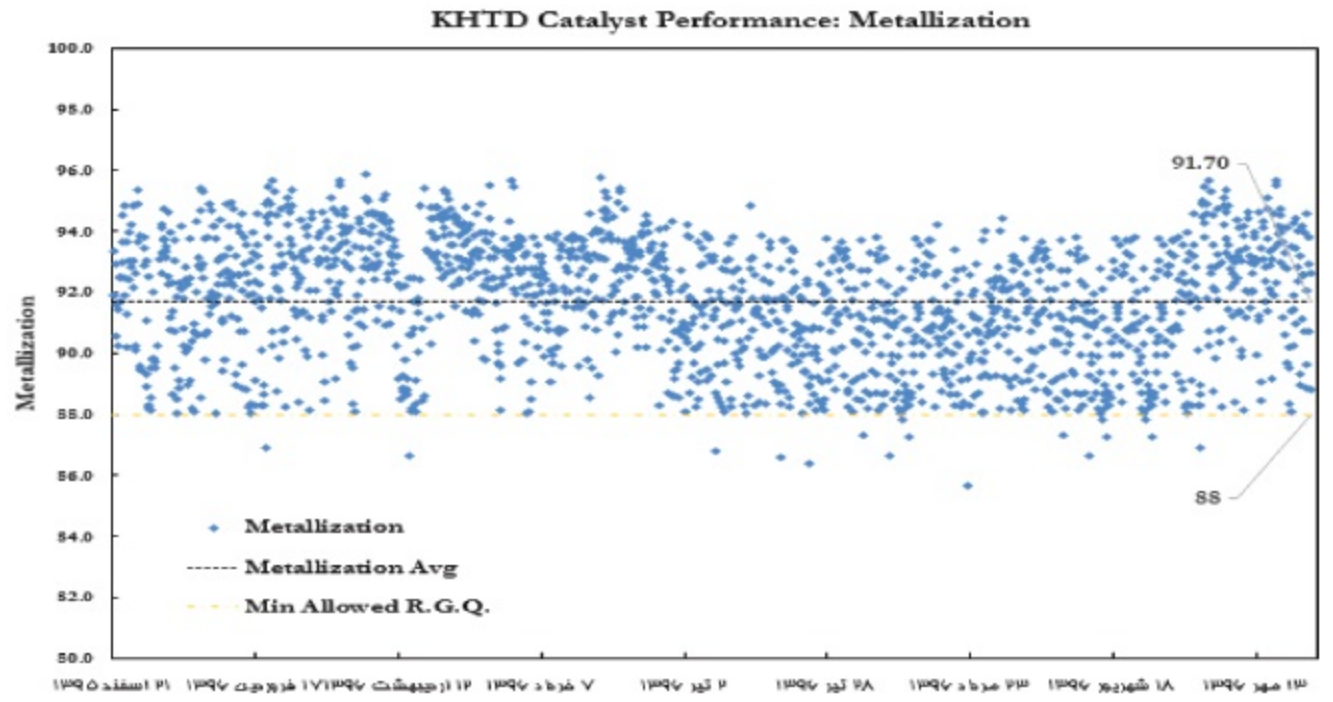


شکل ۵- تغییرات فلوی گاز پروسس در هشت ماه اول راه اندازی

بنابراین با توجه به اینکه برای تولید یک تن آهن اسفنجی ۱۰۰۰ متر مکعب گاز پروسس مورد نیاز است، در ابتدای تولید ظرفیت واحد متأثر از کمبود فلوی گاز پروسس بوده و با افزایش آن ظرفیت مورد نظر واحد به دست آمده است.

متالیزیشن آهن اسفنجی

طبق اهداف و برنامه ریزی‌های شرکت فولاد خوزستان، میزان متالیزیشن یا خلوص آهن فلزی ۹۲ درصدی برای آهن اسفنجی نیاز مورد نظر فولادسازی را برآورده می‌کند و خلوص ۸۸ درصد به پایین مردود یا Reject محسوب خواهد شد. در شکل (۶) که داده‌های خلوص آهن اسفنجی هفت ماه اول راه اندازی را نشان می‌دهد، مشاهده می‌شود که خلوص آهن اسفنجی علی رغم مشکلات عنوان شده به نحو مطلوبی بالای ۹۲ درصد به دست آمده است. فراوانی داده‌های خلوص آهن بالای ۹۲ درصد در این بازه نشان می‌دهد واحد در عین سرعت تولید مطلوب خود، آهن اسفنجی با میزان خلوص بالا را نیز تولید می‌کند که حکایت از بازدهی بالا و مطلوب واحد نیز دارد.



شکل ۶- متالیزیشن آهن اسفنجی در هشت ماه نخست راه اندازی