

بررسی پوشش آلومینا زیر کونیایی بر روی نازل هوای دم کوره بلند در مقایسه با پوشش زیر کونیایی تثبیت شده با ایترا

حسن باقری^۱، محسن حامدی^۱، حسن رحیمی^۲

^۱ تهران، دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی مکانیک

^۲ اصفهان، شرکت ذوب آهن اصفهان

چکیده

نازل های هوای دم از جنس مس خالص کاتدی ۹۹٫۹۵٪، برای دمش هوای 1250°C غنی از اکسیژن به داخل کوره بلند جهت اشتعال کک، ذوب و احیای سنگ آهن و تولید به کار می‌روند. افزایش دوام آن‌ها با پوشش مناسب، اهمیت زیادی در کاهش توقف های کوره بلند دارد. در این مطالعه دو نوع پودر سرامیکی YSZ8\% و پودر سرامیکی آلومینا زیر کونیا (AZ) با استفاده از پلازما در اتمسفر هوا بر روی زیرلایه های مسی با درصد خلوص مس (۹۹٫۹۵٪) پوشش شد. پوشش AZ در مقادیر میانگین آزمون سختی ۲۳٪، فرسایش مکانیکی ۴۴٪، بهتر از پوشش YSZ8\% می‌باشد، مقاومت به خوردگی داغ شیمیایی دوپوشش نیز یکسان بود. انتظار می‌رود نازل هوای دم با پوشش AZ که در کوره بلند نصب گردید به دلیل دارا بودن خواص متالورژیکی و مکانیکی برتر، عملکرد بهتری در کوره بلند داشته باشد.

کلمات کلیدی: نازل هوای دم، خوردگی داغ مکانیکی و شیمیایی، تخریب، پوشش پاش حرارتی

مقدمه

استفاده از روش احیاء غیر مستقیم (کوره بلند) و روش احیاء مستقیم دو روش مهم برای تولید تجاری فولاد هستند. تقریباً ۷۰ درصد فولاد تولیدی جهان به روش احیاء غیر مستقیم تولید می شود از این رو، این تکنولوژی سهم به سزایی در صنعت فولاد دارد. در این روش، سنگ آهن به همراه کک و دیگر مواد از قسمت بالایی به داخل کوره بلند تزریق می شود و دمش هوای غنی از اکسیژن با دمای حدود ۱۲۵۰ درجه سانتی گراد از نازل های هوای دم به داخل آن باعث اشتعال کک و در نهایت ذوب و احیای سنگ آهن و تولید چدن می شود. جنس نازل هوای دم از مس خالص کاتدی ۹۹/۹۵٪ به روش ریخته گری تولید می شود. بالاترین دمای شعله جلوی نازل به ۲۴۵۰ °C می رسد [۱]. نازل های هوای دمشی یکی از مهم ترین قطعات کوره بلند هستند که ایجاد آسیب در آن ها منجر به توقف کوره بلند خواهد شد [۲]. گزارش ها حاکی از آن است که این وقفه ها ۲ تا ۲/۵٪ از زمان عملیاتی تولید کوره بلند را به خود اختصاص می دهد [۳]. و مصرف کک را افزایش می دهد (شکل ۱) [۴، ۵]. این قطعات در معرض شوک های حرارتی به خصوص در قسمت دماغه، فرسایش مکانیکی و خوردگی داغ شیمیایی می باشند. فرسایش مکانیکی در اثر برخورد مواد اولیه، حرکت گردابی ذرات کک، فلز و سرباره و ذرات گرم و داغ ایجاد می گردد (شکل ۲) [۶-۷]. خوردگی داغ شیمیایی، ناشی از گازهای خورنده شیمیایی اسیدی مانند گوگرد و کلر ایجاد می شود [۷، ۸]. هر کدام از موارد ذکر شده یا جمعی از آن ها می تواند منجر به ایجاد آسیب در نازل شده و در نتیجه توقف کوره بلند را به دنبال داشته باشد. برای جلوگیری از ایجاد آسیب در نازل ها، ایجاد پوشش سرامیکی عایق حرارتی به عنوان یک راه حل موثر مورد توجه قرار گرفته است. جمع بندی تحقیقات انجام شده نشان می دهد، پوشش های سرامیکی مختلفی بر روی نازل هوای دم ایجاد شده است. در این مطالعه نیز دو پوشش سرامیکی AZ و YSZ8% مورد بررسی قرار می گیرد.

روش تحقیق

مواد و روش پوشش

در این پژوهش پودر AZ با ترکیب آلومینا زیر کونیا برای بر روی لایه ی مس خالص ۹۹/۹۵ با روش پلاسما در اتمسفر هوا پوشش داده می شود و پودر شناخته شده ی YSZ8% نیز بر روی زیر لایه ی مشابه پوشش داده می شود. ابعاد نمونه های زیر لایه ی مس ۶ * ۳۴۰ * ۳۴۰ میلیمتر می باشد.

آزمون های انجام گرفته بر روی پوشش های سرامیکی

از نمونه های پوشش شده با پودر AZ و YSZ8% توسط میکروسکوپ الکترونی تصاویر مقطع عرضی جهت بررسی و مشاهده لایه های پوشش ها تهیه شده و ساختار پوشش ها تحت آزمون های خوردگی داغ

شیمیایی، خوردگی فرسایش مکانیکی قرار می گیرد. میزان میکرو سختی دو پوشش اندازه گیری شده، و مورد مقایسه قرار می گیرد.

نتایج و بحث

مشخصه پوشش

الف) میکرو ساختار و تخلخل: در شکل ۳ میکرو ساختار مقطعی دو پوشش AZ و YSZ دیده می شود در دو پوشش گسستگی لایه ای در ساختار دیده نمی شود، هم چنین ریز ساختار پوشش AZ چگال تر از YSZ می باشد. در سطح مشترک در هر دو پوشش نیز ترک و لایه لایه شدگی مشاهده نمی شود.

ب) میکرو سختی پوشش ها: در شکل ۴ میزان مقادیر میانگین سختی هر دو پوشش نشان داده شده است. میزان میانگین میکرو سختی پوشش AZ، ۲۳٪ نسبت به پوشش YSZ، بیشتر است.

ارزیابی عملکرد فرسایش پوشش ها

نتایج آزمون فرسایش بر روی پوشش ها در شکل ۵ نشان می دهد پوشش سرامیکی AZ عملکرد بهتری نسبت به پوشش سرامیکی YSZ دارد نتایج تحقیقات وانگ و همکاران افزایش سختی سرامیک آلومینا زیر کونیا نسبت به آلومینا را تایید می کند [۹]. این امر عامل مهمی در افزایش مقاومت در برابر فرسایش است.

ارزیابی خوردگی داغ شیمیایی

هر دو پوشش در مقابل خوردگی داغ عملکرد قابل قبولی داشت، قابل توجه است که در مورد ZrO_2 و YSZ، Al_2O_3 مقاومت به خوردگی مناسبی گزارش شده است [۱۰-۱۳] با توجه به این که مقاومت به خوردگی داغ شیمیایی در کاربرد آن برای نازل هوای دم کوره بلند مهم است پس از آن که ۴۰ ساعت پوشش ها در شرایط شبیه به شرایط کاری خورنده قرار گرفت. با استفاده از تجزیه و تحلیل اشعه ایکس (XRD) فاز مواد پوشش تحت شرایط خوردگی شیمیایی بررسی شد، و مشخص شد که هیچ ترکیب شیمیایی جدیدی در سطح پوشش ایجاد نشده است هم چنین هیچ گونه جدایش یا ورقه شدگی در پوشش ایجاد نگردید.

نتیجه گیری

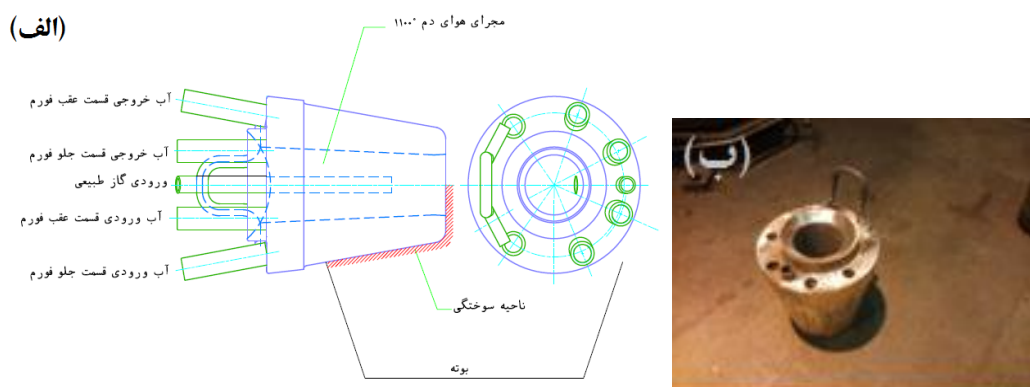
۱- پوشش AZ در آزمون خوردگی داغ شیمیایی عملکرد یکسانی با پوشش YSZ دارد و بر روی دو پوشش بعد از آزمون، ترکیب جدید شیمیایی ناشی از واکنش پوشش با محیط خورنده شیمیایی به وجود

نیامد.

- ۲- پوشش AZ در بقیه‌ی آزمون‌های انجام شده عملکرد بهتری نسبت به پوشش YSZ داشت. میانگین کاهش جرم پوشش AZ در آزمون فرسایش مکانیکی ۴۴٪ کمتر از پوشش YSZ می‌باشد. میزان میانگین میکروسختی پوشش AZ، ۲۳٪ بیشتر از پوشش YSZ می‌باشد.
- ۳- جهت انجام تست میدانی و بررسی عملکرد پوشش AZ در برابر آسیب، بر روی نازل هوای دم کوره بلند پوشش سرامیکی AZ ایجاد گردید و در کوره بلند نصب شد.

مراجع

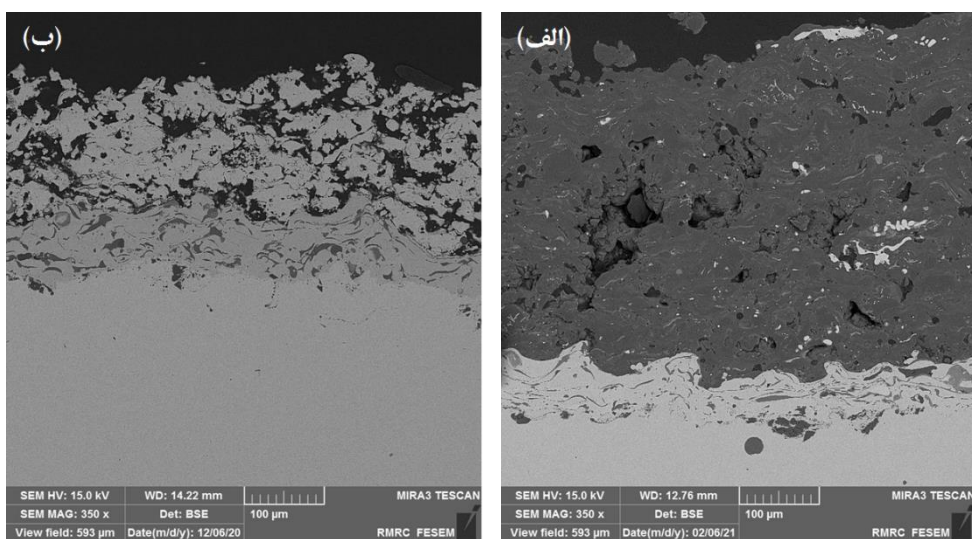
- [1] Hori, R., "Blast tuyere of a blast furnace", 1999, Google Patents.
- [2] Chatterjee, R., et al., "A Journey Towards Improving Tuyere Life", 2021, p. 1-12.
- [3] Portnov, L., et al., "Improving the durability of blast-furnace tuyeres", 2014, 58 (56): p. 488-491.
- [4] Kirillova, N., et al., "Improving air-tuyere operation in blast furnaces by means of coatings and sealant", 2013. 43(5): p. 231-235.
- [5] Tarasov, Y.S., O. Kobelev, and S. Sayfullayev, "Improving the heat insulation efficiency of the blast furnace tuyere", in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. IOP Publishing.
- [6] Gao, T., et al., "Melting Erosion Failure Mechanism of Tuyere in Blast Furnace", 2020: p. ISIJINT-2020-138.
- [7] Farkas, O. and R. Móger, "Metallographic Aspects of Blast Furnace Tuyere Erosion Processes", steel research international, 2013. 84.
- [8] Mori, K., et al., "Heat insulating durable tuyere", 1974, Google Patents.
- [9] Testing, A.S.F. and Materials. "Standard test method for adhesion or cohesion strength of thermal spray coatings", 2001. ASTM West Conshohocken (PA).
- [10] Davis, J. R. "Handbook of thermal spray technology", ASM international. 2004.
- [11] Curkovic, L., I. Kumić, and K.J.C.I. Grilec, "Solid particle erosion behaviour of high purity alumina ceramics", 2011. 37(1): p. 29-35.
- [12] Gao, W., "Developments in high temperature corrosion and protection of materials", 2008: Elsevier.
- [13] Ramachandra, C., et al., "Durability of TBCs with a surface environmental barrier layer under thermal cycling in air and in molten salt", 2003. 172(2-3): p. 150-157.



شکل ۱- (الف) شماتیک نازل هوای دم و ناحیه در معرض آسیب سوختگی (ب) نازل هوای دم.



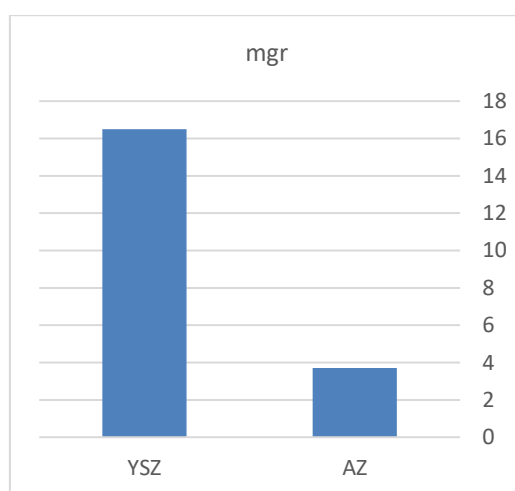
شکل ۲- نواحی مورد آسیب خوردگی داغ مکانیکی، شیمیایی و سوختگی بر روی بدنه و دماغه نازل.



شکل ۳- ساختار میکرو گرافی مقطع عرضی از (الف) پوشش AZ (ب) پوشش YSZ در مقیاس ۱۰۰ میکرون.



شکل ۴- مقادیر میانگین میکرو سختی دو پوشش AZ و YSZ بر حسب ویکرز.



شکل ۵- مقادیر میانگین عملکرد فرسایش دو پوشش AZ و YSZ بر اساس کاهش جرم بر حسب mgr.