

فرایند انهدام توپی های قطعه ای دمش آرگون در فولاد سازی ثانویه

علیرضا طاهر بقال ، مسعود روغنی زادگان ، داریوش منجری، محمدرضا اخوان طباطبایی
گروه ملی صنعتی فولاد ایران

چکیده

پس از بازسازی کارخانجات فولادسازی گروه ملی صنعتی فولاد ایران، استفاده از روش فولادسازی ثانویه برای تهیه فولاد مرغوب و تمیز در دستور کار قرار گرفت. تهیه فولادهای تمیز همواره مرهون استفاده از نسوزهایی با کیفیت بالا میباشد. در این میان دیرگداز اکسید آلومینیوم Al_2O_3 به لحاظ عدم ترشوندگی Wetting با آهن مذاب کم اکسیژن همواره مورد توجه فولادسازان بوده است. توپی های قطعه ای دمش گاز آرگون یا ازت واقع در کف پاتیل فولادی معمولاً از جنس آلومینا Al_2O_3 با خلوص ۹۷ درصد می است. آرگون تجاری مصرفی در فولادسازی، موجب خوردگی شدید توپی دمش گاز آرگون و تخلیه ناخواسته مذاب از کف پاتیل و ایجاد ضایعات می شد. بررسی ها نشان داد که میزان خوردگی این توپی ها از ۱۰ میلیمتر به حدود ۴۰ میلیمتر بازای هر شارژ افزایش پیدا کرده است. پس از تحقیق در عوامل مؤثر بر فرایند تولید، وجود ۳ تا ۴ درصد اکسیژن در گاز آرگون دمشی محرز شد. بر طبق بررسی های انجام شده علت عمده انهدام سریع این توپی ها ایجاد اکسید آهن FeO به دلیل حضور اکسیژن در گاز دمشی و حمله اکسید آهن FeO به توپی است. این فرایند خودافزاینده است و منجر به انهدام سریع توپی نسوز می شود. مقاله حاصل تحقیق در کیفیت گاز ورودی و تاثیر آن بر طول عمر این توپی نسوز دمش گاز خنثی در پاتیل کوره ای (LF) است.

مقدمه

گاز آرگون با جرم مولکولی ۳۹.۹۴ ، جرم حجمی ۱.۷۸ gr/lit ، چگالی نسبی ۱.۳۸ نسبت به هوا و ظرفیت گرمای ویژه ۲۰.۷۸ j/mol-°k گازی کاملاً خنثی نسبت به مذاب فولاد

است. کاربرد گاز آرگون در فولاد سازی به منظور هم زدن مذاب ، همگن سازی حرارتی و محافظت مذاب فولاد از اتمسفر ، چسبندگی به گازها (اکسیژن، هیدروژن، نیتروژن) و آخال های موجود در مذاب و رانش آن ها به سمت سرباره است. آرگون به دلیل عدم واکنش و حلالیت بامذاب ، تاثیری بر ترکیب شیمیایی فولاد ندارد. در کارخانه فولادسازی گروه ملی صنعتی فولاد ایران ، به طور میانگین ، فشار دمش گاز آرگون 5bar ، سرعت 700 lit/min و مصرف 0.8 m^3 با ازاء هر تن مذاب فولاد است.

توپیی های نسوز (Refractory Plug) برای دمش گاز آرگون از کف پاتیل مذاب ، در انواع مختلف دمشی ، متخلخل ، یک پارچه و چند قسمتی ساخته و در فرآیند فولاد سازی ثانویه استفاده می شوند. دیرگداز آلومینا یا اکسید آلومینیم موسوم به آلومین آلفا- α AL2O3 یا کوراندوم Corundum ، در سیستم رمبوهدرال Rhombohedral متبلور می شود. دمای حالت نرم شوندگی آن ۱۸۰۰ و دمای ذوب آن بین ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ درجه سانتیگراد است. دیرگدازهایی با ۸۵٪ آلومینا مقاومت به شوک حرارتی بالا دارند اما مقاومت آن ها در برابر اکسیدهای آهن اندک است. اکسیژن در مقایسه با دی اکسید کربن در مجاورت آهن مذاب خوردگی این توپیی ها را به ۳ تا ۴ برابر افزایش میدهد.

روش تحقیق

ضمن مشاهدات کارگاهی مشخص شد با استفاده از آرگون خریداری شده، برخی از توپیی ها پس از ۴ تا ۶ ذوب منهدم میشوند و خروج ناخواسته مذاب از کف پاتیل فولاد ایجاد ضایعات می کند. در مطالعات اولیه ، عوامل احتمالی فرسایش توپیی ها به شرح زیر بررسی شدند :

کیفیت گاز ورودی	فشار گاز ورودی	زمان دمش
ترکیب شیمیایی فولاد	درجه حرارت فولاد ورودی به پاتیل	
تعمیرات و روش شستشوی توپیی با نیک Lance اکسیژن	طول عمر نسوز کف	
شوک حرارتی ورودی به توپیی در هنگام تولید	احتمال برگشت مذاب	

پس از بررسی عوامل فوق ، مشخص شد که گاز آرگون استفاده شده، ۳ تا ۷ درصد اکسیژن بصورت مخلوط داشته است، بنابراین با توجه به ۶۰ تن وزن مذاب و مصرف گاز آرگون 0.8 m^3/ton ، بین ۱۴۴۰ تا ۳۳۶۰ لیتر اکسیژن در هر شارژ از این توپیی ها عبور کرده

است. شکل (۱) مقایسه میزان خوردگی توپی منهدم شده باتوپی سالم، پس از شارژ را نشان میدهد. میزان مصرف این توپی هادر کارخانجات فولادسازی گروه ملی فولاد، بین ۲۳ تا ۲۶ ذوب با گاز آرگون ۹۹/۷٪ و زمان دمش ۶۰ تا ۷۰ دقیقه میباشد.

نتایج و بحث

تحقیق در علل فرسایش توپی دمش گاز بر دو فرضیه استوار شد. بر مبنای فرضیه اول، حضور اکسیژن در گاز آرگون، اکسیداسیون آهن مذاب و یا سوختن کربن ایجاد گرما در مجاورت توپی و مذاب کرده، و گرمای ایجاد شده باعث ورود نسوز به نقطه نرم شدگی و یاذوب آلومینا شده و توپی منهدم می شود. اما موازنه حرارتی پاتیل نشان داد که دمش گاز آرگون حرارت گیر اس و فرضیه فوق نمیتواند توجیه کننده علت انهدام این توپی ها باشد. بر اساس فرضیه دوم، اکسید آهن FeO میتواند با آلومینا Al_2O_3 وارد واکنش شده و یک فاز میانی SPINEL تشکیل دهد. بنابراین تأثیر اکسیژن بر خوردگی نسوزهای آلومینا در مذاب آهن مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به آنتالپی آزاد سه اکسید آهن ($FeO/Fe_3O_4/Fe_2O_3$) طبق جدول ۲، مشاهده میشود که از نظر ترمودینامیکی اکسید پایدار در ۱۶۰۰ درجه سانتیگراد در تعادل با آهن مذاب، FeO می باشد. با توجه به دیگراگرام FeO/Al_2O_3 شکل ۶، در ۴۱/۳۸٪ اکسید آهن و ۱۷۸۰ درجه سانتیگراد، فاز $FeAl_2O_4$ موسوم به هر سینیت hercynite تشکیل می شود. میزان پایداری این فاز در ۱۸۷۳°k با FeO مقایسه و در جدول ۴، درج شده است. در دمای ۱۸۷۳°k هر سینیت بلحاظ ترمودینامیکی نسبت به اکسید آهن فاز پایدارتری است و واکنش غالب در این دما تشکیل هر سینیت می باشد.

نتیجه گیری

مطابق داده های جدول (۱) حضور اکسیژن موجب تشکیل فاز هر سینیت $FeAl_2O_4$ ، در مجاورت شکاف های توپی های قطعه ای علت عمده انهدام توپی دمش گاز ختشی است. با شروع دمش گاز، مذاب در شکاف های توپی محبوس و شرایط برای اکسید شدن آهن و نفوذ FeO به درون نسوز آلومینا فراهم میشود. هنگام همگن سازی فشار دمش افزایش می یابد و فاز ذوب شده از توپی جدا می شود. فرایند انهدام توپی ها ترکیبی از خوردگی

و فرسایش Errosion & Corrosion میباشد. این فرایند در مراحل بعدی دمش با مقادیر بیشتری تکرار می شود. بر طبق داده های جدول (۱) باید میزان خلوص گاز آرگون برای دمش از طریق توپی از جنس آلومینا در دمای ۱۶۰۰ درجه سانتیگراد ۹۹/۸٪ باشد.



شکل (۱): خوردگی توپی نسوز با آرگون ۹۵٪ (راست) و توپی سالم با آرگون ۹۹/۷٪ (چپ)

جدول (۱): محاسبه اکسیژن تعادلی با فاز هر سینیت و درصد خلوص گاز آرگون

دما (C)	xo مول جزئی O	ho اکتیویته O	fo ضریب اکتیویته	wt%O درصد وزنی O	اکسیژن تعادلی ppm	% خلوص گاز آرگون
1000	8.48E-6	2.42E-4	0.83455	2.899E-4	2.899	99.705
1100	3.11E-5	8.894E-4	0.83430	1.066E-3	10.66	99.706
1200	9.75E-5	2.74E-3	0.83359	3.287E-3	32.87	99.708
1300	2.55E-4	7.29E-3	0.83184	8.764E-3	87.64	99.714
1369	4.68E-4	0.0134	0.82951	0.0162	162	99.721
1400	6.05E-4	0.0173	0.82802	0.0209	209	99.726
1500	1.303E-3	0.0372	0.82046	0.0453	453	99.750
1600	2.58E-3	0.0737	0.80678	0.0914	914	99.797
1700	4.78E-3	0.1365	0.78380	0.1742	1742	99.879
1750	6.35E-3	0.1814	0.76775	0.2363	2363	99.941
1787	7.77E-3	0.2222	0.75346	0.2949	2949	100
1800	8.33E-3	0.2379	0.74804	0.3180	3180	100
1900	0.0138	0.3940	0.6962	0.5660	5660	100
2000	0.0218	0.6241	0.6261	0.9967	9967	100
2020	0.0238	0.6810	0.6100	1.116	11165	100