Archive of SID

چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی
تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا
www.Koureh.ir تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶

بررسی و مقایسه عملکرد مشعل اکسیژن‌سوز و هواسوز در کوره‌های گردان ذوب سرب ثانویه

امین نظری[۱]، سینا انصاری لاله[۲]، محمد نصرتی، محمد مبین، احمد عبدالهی
دانشگاه تهران،دانشکده فنی، مهندسی مکانیک
Aminmoien69@gmail.com

چکیده

امروزه استفاده از مشعل‌های اکسیژن‌سوز در دنیابه دلیل بازدهی حرارتی و سرعت گرم کردن بالاتر، بهره‌وری بیشتر، مصرف سوخت پایین‌تر و ایجاد آلودگی کمتر در بسیاری از صنایع تولیدی مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله نیز هدف بررسی تأثیر جایگزین کردن مشعل هواسوز کوره گردان مورد استفاده برای ذوب ثانویه سرب در مجتمع ذوب غنی‌آباد با مشعل اکسیژن‌سوز است. برای نیل به این هدف یک مشعل اکسیژن‌سوز بر روی یکی از کوره‌های گردان نصب شده و نتایج حاصل از کارکرد سه ماهه کوره ثبت شده و با کارکرد مشعل هواسوز مقایسه شدند. در این مقاله تنها نتایج مربوط به دو پارامتر مصرف انرژی و هزینه استهلاک و تعمیرات ارائه شده است. مقایسه بین عملکرد این دو مشعل نشان داد که استفاده از مشعل اکسیژن‌سوز در سال منجر به صرفه‌جویی اقتصادی برابر دو و نیم میلیارد تومان خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: مشعل اکسیژن سوز، مشعل هوا سوز، کوره گردان، ذوب ثانویه سرب

[۱] کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک
[۲] کارشناسی ارشد مهندسی مواد

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

در عصر حاضر با توجه به کاهش روزافزون منابع فسیلی، افزایش قیمت آنها و افزایش بیش از حد آلودگی، یافتن روش‌هایی که میزان مصرف سوخت را کاهش می‌دهند، به مسأله‌ای اساسی تبدیل شده است. یکی از مصرف کنندگان عمده سوخت صنایع تولیدی‌ای هستند که از کوره استفاده می‌کنند. لذا تحقیقات گسترده‌ای در جهت افزایش بهره‌وری و کاهش مصرف سوخت کوره‌ها انجام شده است[۱]. از جمله این تلاش‌ها می‌توان به طراحی و توسعه فرآیندهای احتراقی با اکسیژن خالص اشاره کرد که امروزه در بسیاری از صنایع مختلف مانند تولید شیشه، تولید فلزات آهنی و غیرآهنی، سوزاندن پسماندها، بازیابی گوگرد و فرآیندهای دیگر کاربرد دارد[۲]. البته کاربردهای تازه‌ای نیز در تولید سوخت‌های زیستی[۳]، کک[۴] و سوخت‌های جامد[۵] پیدا کرده است.

بوکال و همکارانش در سال ۱۹۸۸ گزارش کرده‌اند که حذف شدن گازهای خنثی از محفظه احتراق به هنگام استفاده از احتراق‌های اکسیژن‌سوز نسبت به هواسوز منجر به افزایش ۵۹ الی ۷۹ درصدی گرمای مفید ایجاد شده و کاهش ۲۶ درصدی میزان مصرف سوخت می‌شود[۱]. یکی دیگر از مزایای مهم استفاده از مشعل اکسیژن‌سوز کاهش میزان اکسید نیتروژن (NO_x) حاصل از فرآیند احتراق است. یامادا و همکارانش در سال ۲۰۰۶ میزان اکسید نیتروژن تولید شده حین احتراق اکسیژن‌سوز و هواسوز را مقایسه و به این نتیجه رسیده‌اند که میزان اکسید نیتروژن ایجاد شده در احتراق اکسیژن‌سوز یک سوم میزان آن در احتراق هواسوز بوده است[۶].

پراکیس و همکارانش در سال ۱۹۹۷ گزارش کرده‌اند که در احتراق با اکسیژن، با افزایش خلوص اکسیژن دمای کوره و شعله افزایش یافته و میزان اکسید نیتروژن حداقل ۵۰ درصد کاهش می‌یابد[۷]. تایلر و همکارانش نیز در سال ۱۹۹۹ افزایش ۹/۲ درصدی بازده ذوب را به هنگام استفاده از مشعل اکسیژن‌سوز در صنایع شیشه‌سازی نسبت به مشعل هواسوز را گزارش کرده‌اند[۸].

در ادامه روند توسعه مشعل‌های اکسیژن‌سوز، شرکت ژوپیتر در سال ۲۰۰۸ اولین مشعل دوکاره هوا و اکسیژن‌سوز خود را مورد آزمایش قرار داده و نتایج مربوط به آن را ارائه کرده است. از این سیستم عمدتاً برای شبیه‌سازی و بررسی کردن ظرفیت مشعل‌ها استفاده می‌شود[۹]. در نهایت در سال ۲۰۰۹ شیل نتایج مربوط به نصب مشعل‌های اکسیژن‌سوز را مورد بررسی قرار داده است. وی به این نتیجه رسیده است که بازدهی کلی حرارتی مشعل‌های اکسیژن‌سوز ۸۰ درصد است، در حالی که این میزان برای مشعل‌های هواسوز حدود ۴۰ الی ۶۰ درصد است. وی کاهش ۲۵ الی ۵۰ درصدی میزان دی‌اکسید کربن و افزایش بیش از ۵۰ درصدی سرعت تولید را نیز گزارش کرده است[۱۰]. البته در کشورمان هم بر روی جایگزینی مشعل‌های اکسیژن‌سوز کار شده است، که از آن جمله می‌توان به بررسی رحیمی و همکارش در مورد اثر مشعل‌های اکسیژن‌سوز بر روی خوردگی آجرهای سقف کوره‌های ریورب مجتمع مس سرچشمه[۱۱]، بهینه‌سازی انرژی و کاهش مصرف سوخت با شبیه‌سازی احتراق در کوره آند مجتمع مس سرچشمه توسط ارومیه‌ای[۱۲] اشاره کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

۲- روش آزمایش

۲-۱- ظرفیت طرح

طرح جایگزینی مشعل‌های اکسیژن‌سوز برای یک کوره سی تنی با ظرفیت حرارتی ۳ میلیون کیلوکالری در ساعت در سه ماه با شرایط کارکرد ۸۵ روز کاری و روزانه با درنظر گرفتن شیفت روزانه و شبانه معادل ۱۸ ساعت تولید و بازدهی ۲۵ تن سرب کارگاهی در طول یک شبانه روز انجام شد.دو پارامترمیزان مصرف انرژی شامل گاز و برق، و استهلاک و تعمیرات تجهیزات شامل آجر نسوزها و سیستم فیلتراسیون جهت بررسی درآمد ناشی از اجرای این طرح مد نظر قرار گرفته و در نهایت درآمد ناشی از جایگزین کردن مشعل‌های اکسیژن‌سوز مورد محاسبه قرار گرفت.

۲-۲- میزان مصرف انرژی

در این بخش میزان مصرف گاز و برق مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه میزان مصرف گاز توسط مشعل-های اکسیژن‌سوز و هواسوز، مقدار میانگین مصرف گاز توسط مشعل هواسوز و میزان گاز مصرف شده پس از نصب مشعل اکسیژن‌سوز در نظر گرفته شد.

جهت بررسی میزان برق مصرفی، برق مصرف شده توسط فن‌های مشعل هواسوز آب خنکمحاسبه شده و ارزش ریالی آن ارزیابی شد، که نتایج حاصل در بخش ۳ ارائه خواهد شد.

۲-۳- استهلاک و تعمیرات

این مورد در دو بخش عمر آجرهای نسوز و فیلتراسیون ارزیابی گردید. جهت بررسی عمر آجرهای نسوز، از عمق‌های مختلف آجر بعد از سه ماه نمونه‌برداری شده و توسط آنالیز XRF میزان اکسیدهای موجود در آن تعیین شدند. برای نمونه‌برداری آجر از سطح داغ آن در عمق‌های مختلف بریده و پودر شده و مورد آنالیز قرار گرفت.

برای بررسی استهلاک فیلتراسیون نیز کیسه‌های پارچه‌ای بعد از سه ماه مورد بررسی قرار گرفته و از روی تعداد کیسه‌هایی که نیاز به تعمیر داشتند، مدت زمان لازم برای تعمیرات و تعویض دوره‌ای سیستم فیلتراسیون تخمین زده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- میزان مصرف گاز

پس از نصب مشعل اکسیژن سوز بر روی کوره گردان ۳۰ تنی و بررسی عملکرد سه ماهه آن نتایج ارائه شده در جدول ۱ به دست آمد.همانطور که مشاهده می‌شود میانگین میزان مصرف سوخت برای مشعل‌های آب خنک

www.SID.ir

Archive of SID

هواسوز طبق آمار موجود قبل از اجرای این طرح برابر ۳۰۰ متر مکعب در ساعت بود. ولی با نصب مشعل‌های اکسیژن‌سوز میزان مصرف سوخت حدود ۱۲۰ متر مکعب در ساعت کاهش یافته است. یا به عبارت دیگر به ازای هر مترمکعب سوختن گاز با اکسیژن به ۱/۶۷ مترمکعب گاز در اثر سوختن با هوا نیاز داریم، که تقریباً مصرف ۱/۷ برابر است. لذا با احتساب ارزش ریالی گاز مصرفی می‌توان دریافت که با اجرای این طرح به میزان ۵۲ میلیون تومان در سال صرفه جویی می‌شود.

جدول ۱: مقایسه نتایج مربوط به مشعل اکسیژن‌سوز و مشعل هواسوز کوره گردان ذوب سرب.

	مشعل اکسیژن‌سوز	مشعل هواسوز
مصرف گاز (مترکعب در ساعت)	۳۰۰	۱۷۹/۶
هزینه هر متر مکعب گاز در ساعت (ریال)	۷۴۰	۷۴۰
چگالی گاز متان در شرایط استاندارد (kg/m^3)	۰/۶۴۸	۰/۶۴۸
مقدار انرژی خروجی (KJ/Kmol)	۸۶۷۴۲۵/۸	۵۴۲۱۴۰/۶

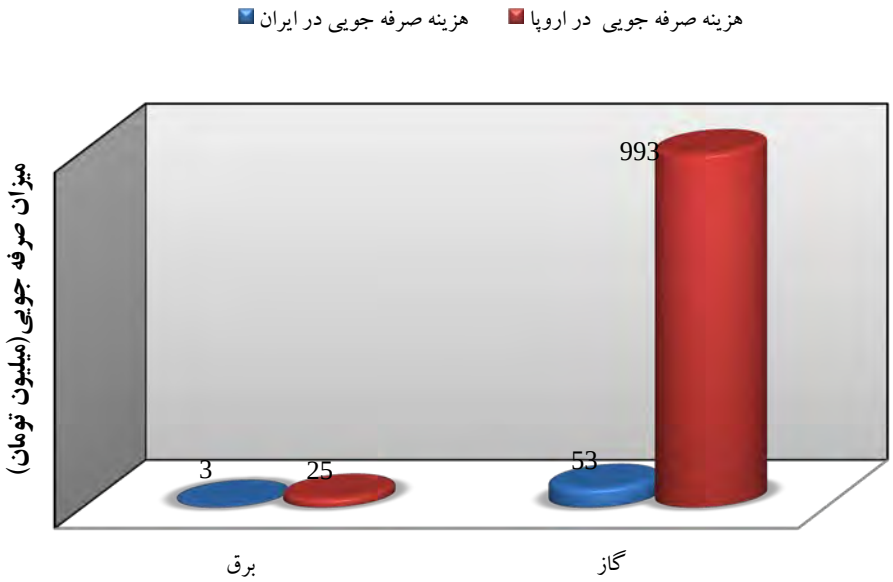
۳-۲- میزان مصرف برق

با قرار دادن مخزن‌های اکسیژن دیگر نیازی به فن هوادهی با توان بالا در دهانه کوره نبوده و لذا با خروج فن ۶۵۳۴۰ کیلووات ساعت در سال در مصرف برق صرفه جویی خواهد شد. با احتساب هزینه هر کیلووات ساعت برابر با ۴۷۰ ریال، می‌توان گفت میزان صرفه جویی در سال حدود ۳۰ میلیون ریال خواهد بود.

در نمودار شکل ۱با توجه به قیمت حامل‌های انرژی، میزان صرفه جویی در کشور ایران و کشورهای اروپایی مقایسه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود با توجه به گران بودن حامل‌های انرژی در اروپا، استفاده از مشعل-های اکسیژن‌سوز در کشورهای اروپایی صرفه‌جویی زیادی به همراه دارد و به همین جهت است که در کشورمان کمتر بر روی مشعل‌های اکسیژن‌سوز کار شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: مقایسه میزان صرفه‌جویی حاصل از استفاده از مشعل اکسیژن‌سوز در کشور ایران و کشورهای اروپایی.

۳-۳- استهلاک آجرهای نسوز

نتایج مربوط به آنالیز XRF مربوط به نمونه‌های برداشته شده از عمق‌های مختلف آجر نسوز نزدیک به مشعل اکسیژن‌سوز بعد از عملکرد سه ماهه و نیز آنالیز آجر کروم-منیزیتی مورد استفاده در کوره گردان در جدول ۲ نشان داده شده است.

همانطور که مشاهده می‌شود، با کاهش عمق آجر نسوز مصرف شده در نزدیکی مشعل اکسیژن‌سوز و نزدیک شدن به سطح آن، میزان فازهای اصلی تشکیل دهنده آجر نسوز کروم-منیزیتی کاهش می‌یابد. این امر نشان می-دهد که دو فاز اصلی به دلیل بالا بودن دمای داخل کوره و اکسیدی بودن شرایط داخل کوره به هنگام استفاده از مشعل اکسیژن‌سوز دچار خوردگی شده و از بین رفته‌اند.

جدول ۲: آنالیز مربوط به مقاطع مختلف آجرهای نسوز مصرف شده و آنالیز آجر نسوز مصرف نشده.

نمونه	MgO (%)	Cr_2O_3 (%)
عمق ۱ سانتی‌متری	۶/۹	۱/۳
عمق ۲/۵ سانتی‌متری	۲۷/۹	۹/۰

www.SID.ir

Archive of SID

عمق ۵ سانتی‌متری	۴۳/۸	۱۳/۷
عمق ۸ سانتی‌متری	۵۰/۴	۱۶/۱
آجر نسوز مصرف نشده	۵۸	۲۰

با توجه به این نتایج تخمین زده می‌شود که در هر کوره ۳۰ تنی با اکسیژن‌سوز کردن مشعل‌ها عمر این آجر نسوزها حدود ۳۰ در صد در سال کاهش یابد. هزینه ناشی از تعویض و تعمیر آجرها در یک سال کاری با استفاده از مشعل اکسیژن‌سوز به طور میانگین برابر ۴۵ میلیون تومان خواهد شد.

۳-۴- استهلاک سیستم فیلتراسیون

با توجه به اینکه تعداد کیسه‌های آسیب دیده در این دوره سه ماهه کمتر شده بود، محاسبات نشان می‌دهند در صورت اجرای این طرح میزان هزینه ناشی ازتعمیر و نگهداری فیلتراسیون حدود ۳۵ درصد کاهش خواهد یافت. دلیل این امر را می‌توان به کاهش میزان حجم گاز خروجی به دلیل حذف شدن میزان زیادی از گازهای خنثی مانند نیتروژن و نیز کاهش میزان گازهای سمی و آلوده کننده مانند اکسیدهای نیتروژن مربوط دانست. محاسبات نشان می‌دهند که هزینه صرفه جویی از اجرای این طرح برابر ۶۶ میلیون تومان در سال خواهد بود.

۳-۵- درآمد ناشی از اجرای این طرح

در نهایت با جمع‌بندی مطالب مذکور می‌توان به این نتیجه رسید که براساس محاسبات و بررسی‌های تجربی به عمل آمده میزان افزایش راندمان هر کوره در هر روز به میزان ۳۴ درصد خواهد بود. محاسبات نشان می‌دهند برای تولید هر کیلوگرم سرب کارگاهی میزان ۸۵۰ تومان هزینه صرف می‌شود که با اجرای این طرح این میزان به مقدار ۶۵۰ تومان کاهش خواهد یافت. درنتیجه هزینه صرفه جویی برابر ۲۰۰ تومان به ازای هر کیلوگرم بوده و این امر در نهایت هر سال منجر به صرفه جویی حدود دو و نیم میلیارد تومان خواهد شد.

۴- نتیجه‌گیری

مقایسه نتایج به دست آمده از کارکرد سه ماهه مشعل اکسیژن‌سوز با آمار موجود در رابطه با کارکرد کوره با مشعل هواسوز نشان داد که استفاده از مشعل اکسیژن‌سوز منجر به کاهش مصرف گاز و برق شده و هزینه تعمیر و نگهداری سیستم فیلتراسیون را کاهش داده ولی در عوض عمر آجرهای نسوز کاهش یافته و لذا هزینه تعمیرات و نگهداری دیواره کوره افزایش خواهد یافت. در مجموع استفاده از مشعل اکسیژن‌سوز با توجه به محاسبات و بررسی-های به عمل آمده منجر به صرفه‌جویی دو و نیم میلیارد تومانی در هر سال خواهد شد که به نوبه خود مقدار قابل توجهی است.

www.SID.ir

Archive of SID

www.Koureh.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

[1]V.Ganapathy " Waste Heat in burner " ,Fairmont press ,1991.
[2] Baukal, C. E., “Oxygen Enhanced Combustion” CRC Press, Boca Raton, FL (1998).
[3]Agostini, M. D., et al., “Method for Largely Unsupported Combustion of Coke” U.S. Patent No. 7,185,595, (2007).
[4] Agostini, M. D., et al., “Pulverized Solid Fuel Burner” U.S. Patent Appilication No. 2008/0184919 (2008).
[5] White, V., et al., “Purification of Oxy-fuel Derived CO_2” Energy Procedia, 1 (1), pp. 399-406 (2009).
[6] Yamada T, Tamura M, Fujimori T, Khare S, Wall TF, Isherwood B, Spero C. Comparison of combustion characteristics between Oxy-fuel and aircombustion. In: 31st international technical conference on coal utilization and fuel systems, clear water, Florida; 2006.
[7] Perrakis, K. K., et al., “Emission control using oxy-fuel burners in high energy consuming combustion systems” 1st Meeting of the Greek Section of the Combustion Institute, Proceedings, Athens, pp. 221-226, (1997).
[8] Tyler, J. H., et al., “A direct comparison of oxy-fuel burner technology” 59th Conference on glass problems: Ceramic Engineering and Science Proceedings, The American Ceramic Society, 20 (1), p. 271 (1999).
[9] Ochs, T., et al, “Oxy-Natural Gas Firing of the Jupiter Oxygen Oxy-Fuel Test Facility” Jupiter Oxygen Corporation, 2008.
[10] Scheele J. V., “Results from oxyfuel installations in reheating and annealing” Heat Processing, (7), pp. 339-342, (2009).
[۱۱] علی رحیمی و همکارش، "بررسی اثر مشعل‌های اکسیی‌فیول بر خوردگی آجرهای سقف کوره‌های ریورب مجتمع مس سرچشمه"، دهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ۱۳۸۴.
[۱۲] آیدارومیهای و همکارانش، "بهینه‌سازی انرژی و کاهش مصرف سوخت با شبیه‌سازی احتراق در کوره آند مجتمع مس سرچشمه"، نخستین کنفرانس ملی انجمن انرژی ایران، پژوهشگاه انرژی، ۱۳۹۲.

www.SID.ir