



مشعل و سیستم گازسوز کوره‌های دوار ذوب چدن

■ ایوب عادل کوهی^۱، سارا ولیپور گیوی^۲ - شرکت شعله صنعت

■ حیدر حقیقی پور^۳ - شرکت نوین ستاره کاسپین

در حال حاضر کوره‌های دوار ذوب چدن در ایران از سوخت مایع (گازوئیل یا مازوت) به‌عنوان سوخت مصرفی استفاده می‌نمایند که شعله‌ی آنها احیایی و شدیداً تشعشعی می‌باشد. بزرگترین مشکل سوخت‌های مایع، افزایش آلاینده‌های زیست محیطی است که میزان آن در مقایسه با گاز طبیعی بسیار قابل ملاحظه است. در گذشته به‌دلیل پایین بودن قیمت گازوئیل و مازوت نسبت به گاز طبیعی، این صنایع تمایلی به گازسوز نمودن کوره‌های خود نداشتند ولی پس از اجرای طرح هدفمند کردن پیرانه‌ها و افزایش قیمت گازوئیل و مازوت نسبت به گاز طبیعی، تولیدکنندگان علاقه‌ی بسیاری برای کاهش هزینه‌های تولید و به عبارتی گازسوز نمودن کوره‌های خود نشان داده‌اند. طرح حاضر نیز با هدف گازسوز نمودن کوره‌های دوار ذوب چدن، شامل دو بخش اصلی طراحی و ساخت مشعل گازسوز و بخش طراحی و اجرای سیستم سوخت‌رسانی مرتبط با آن بوده و قابل پیاده‌سازی در تمامی کارخانه‌ها دارای کوره‌های دوار ذوب چدن می‌باشد و هم‌اکنون نیز نمونه‌ای از آن در شرکت نوین ستاره کاسپین به‌صورت کامل اجرا شده و موارد ارایه شده در این مقاله با همکاری این شرکت و برگرفته از نتایج به‌دست آمده از طرح پیاده‌سازی شده در شرکت مذکور می‌باشد. لازم به ذکر است اجرای این طرح منجر به کاهش هزینه‌ی ریالی سوخت مصرفی در حدود ۷۰ درصد، کاهش ۱۸ درصدی انرژی حرارتی موردنیاز برای ذوب چدن، کاهش زمان ذوب‌دهی به مدت ۱۰ دقیقه و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی گردیده است.

واژه‌های کلیدی: کوره دوار - ذوب چدن - مشعل - مصرف سوخت - انرژی حرارتی

۱- مقدمه

نتایج کمی و کیفی به‌دست آمده از پیاده‌سازی این طرح در شرکت نوین ستاره کاسپین بیان شود.

۲- وضعیت موجود کوره‌های دوار ذوب چدن

کوره‌های ذوب چدن از سوخت مایع (گازوئیل یا مازوت) به‌عنوان مصرفی استفاده می‌نمایند. مشعل‌های گازوئیل سوز یا مازوت سوز مورد استفاده در کوره‌های دوار ذوب چدن، مشعل‌هایی «کارگاهی ساز» و از نوع Open Port هستند. در این نوع مشعل‌ها، اطراف مشعل در محل نصب کاملاً باز بوده و سری مشعل نیز تا حدی با بدنه‌ی کوره فاصله دارد. مشعل‌های مایع سوز به‌کار گرفته شده در این مورد دارای شعله مستقیم هستند، بدین‌معنا که شعله تنها به سمت جلو حرکت کرده و چرخشی ندارد. دو ویژگی اصلی شعله‌ی سوخت مایع در این مشعل‌ها عبارتند از: شعله شدیداً تشعشعی است (این مورد از ویژگی‌های عمده‌ی شعله‌ی سوخت‌های مایع می‌باشد).

اقدامات انجام شده در قالب طرح حاضر را می‌توان در دو بخش عمده بیان نمود. بخش اول طراحی و ساخت مشعل گازسوز موردنیاز برای کوره‌های دوار ذوب چدن و بخش دوم طراحی و اجرای سیستم سوخت رسانی مرتبط با آن می‌باشد. نکته‌ی حایز اهمیت در این طرح، پیاده‌سازی عملی و واقعی آن در صنعت است. چراکه این طرح در کارخانه شرکت نوین ستاره کاسپین که یکی از با سابقه‌ترین شرکت‌های تولیدکننده‌ی انواع شیرآلات می‌باشد، به‌صورت کامل اجرا شده و از تاریخ ۱۳۹۰/۰۲/۱۵، حدود ۴ ماه است که مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. در توضیحات ارایه شده در ادامه نیز سعی شده است تا مزایای اقدامات صورت گرفته جهت گازسوز نمودن کوره‌های دوار ذوب چدن با ارایه‌ی مستند

۱- مدیرعامل، info@sholehsanat.com

۲- مدیر تحقیق و توسعه، saravalipour@gmail.com

۳- مدیر فنی، h.haghipour@gmail.com



▲ شکل ۱: یک نمونه مشعل گازوییل سوز مورد استفاده در کوره‌های دوار ذوب چدن



▲ شکل ۲: سرمشعل به کار رفته در مشعل‌های مایع سوز مورد استفاده در کوره‌های دوار ذوب چدن

اضافی در مشعل‌های سوخت مایع معمولاً بیش از ۲۰ درصد است، در حالی که در مشعل‌های گاز طبیعی می‌تواند زیر ۵ درصد هم برسد. اهمیت این مسئله در تبدیل سوخت کوره‌های دوار ذوب چدن از آن روست که وجود اکسیژن اضافی در فرآیند ذوب چدن، مشکل ساز است. لازم به ذکر است که افزایش هوای اضافی باعث پایین آمدن دمای شعله نیز می‌شود.

دامنه‌ی تنظیم^۲ مشعل‌های گاز سوز بیشتر از مشعل‌های با سوخت مایع است. بنابراین کنترل دما در کوره‌های با سوخت گازی آسان‌تر است.

گاز طبیعی برخلاف سوخت‌های مایع (و حتی گاز مایع) نیاز به تانک‌های ذخیره‌سازی ندارد، بنابراین علاوه بر حذف هزینه‌های نسبتاً بالا، از ایجاب خطرات آلودگی زیست محیطی ناشی از نشت مواد و همچنین آتش سوزی و غیره جلوگیری می‌شود.

با استفاده از گاز طبیعی می‌توان کیفیت مذاب را به خصوص با کاهش زمان ذوب‌دهی بهبود داد.

کاهش سرباره (به دلیل سرعت زیاد سیال، در کوره‌ی گاز سوز شده بخش قابل ملاحظه‌ای از سرباره‌ی خود به خود به بیرون پرت می‌شود).

افزایش عمر مفید کوره (به دلیل یکنواختی شعله‌ی گاز طبیعی و حذف ترکیبات گوگردی و اکسید وانادیم که موجب فرسایش بدنه‌ی کوره می‌گردند)

لازم به ذکر است در فرآیند گاز سوز نمودن کوره‌های دوار ذوب چدن، چند پارامتر به صورت مداوم رصد شده و مورد پایش و اندازه‌گیری قرار می‌گیرند تا با استفاده از تحلیل داده‌های به دست آمده برای هر یک از این پارامترها بتوان برآورد مناسبی از فعالیت‌های صورت گرفته، انجام داد. پارامترهای مذکور عبارتند از:

- انرژی مورد نیاز برای ذوب چدن
- کیفیت مذاب
- میزان مصرف سوخت
- سرعت ذوب دهی

شعله حیایی است. (مفهوم حیایی، مفهومی نسبی است و در اینجا به معنای آن است که میزان هوا، زیر شرایط استوکیومتری است.)

ضعف عمده‌ی مشعل‌های مازوت سوز یا گازوییل سوز استفاده شده در کوره‌های دوار ذوب چدن، کیفیت نامناسب احتراق در این مشعل‌ها است که عمدتاً ناشی از پودر شدن^۱ نامناسب سوخت به دلیل ساختار سنتی و نرسیدن درجه‌ی حرارت سوخت به درجه‌ی حرارت پودرشدگی و فشار هوای پودرکننده می‌باشد. در شکل‌های ۱ و ۲ نمونه‌ای از مشعل گازوییل سوز و سرمشعل آن نشان داده شده است. همانطوری که مشاهده می‌شود این مشعل‌ها از کیفیت ساخت مناسبی برخوردار نمی‌باشند و همین امر منجر به بروز مشکلاتی در کیفیت احتراق این مشعل‌ها می‌شود که در ادامه بیان خواهد شد. بزرگترین مشکل سوخت‌های مایع نظیر گازوییل و مازوت، افزایش آلاینده‌های زیست‌محیطی می‌باشد که میزان این آلاینده‌ها در مقایسه با گاز طبیعی مقدار قابل ملاحظه‌ای است. در گذشته با توجه به پایین بودن قیمت گازوییل و مازوت نسبت به گاز طبیعی، این صنایع تمایلی به گاز سوز نمودن و تغییر سیستم سوخت رسانی خود نداشتند.

پس از اجرای قانون هدفمند کردن یارانه‌ها و افزایش قابل توجه قیمت گازوییل و مازوت در مقایسه با گاز طبیعی، تولید کنندگان بر آن شدند که به منظور کاهش هزینه‌های تولید، اقدام به گازسوز نمودن کوره‌های خود نمایند. این امر نه تنها در جهت رفع مشکل تولید کنندگان بلکه برای کاهش میزان آلاینده‌های زیست‌محیطی نیز موثر خواهد بود. همچنین با اندکی تامل می‌توان دلایل بسیاری در مزایای گاز طبیعی نسبت به سوخت مایع ارایه داد که در زیر به برخی از آنها اشاره شده است:

گاز طبیعی تمیزترین سوخت فسیلی می‌باشد و در واقع آن را می‌توان پس از هیدروژن پاکیزه‌ترین سوخت جایگزین به حساب آورد. محتوای مواد آلاینده مثل گوگرد که در سوخت‌های مایع مانند مازوت به ۲ درصد و حتی در مواردی به ۴ درصد می‌رسد در مورد گاز طبیعی نزدیک به صفر است. بنابراین علیرغم آنکه کماکان مثل هر سوخت فسیلی دیگر حاصل احتراق آن گاز دی اکسید کربن نامطلوب برای محیط زیست می‌باشد، در مقایسه با آنها بسیار مقبول‌تر است. (البته میزان گاز دی اکسید کربن تولید شده توسط گاز طبیعی کمتر از موارد مشابه با سوخت‌های مایع است)

احتراق گاز طبیعی در مقایسه با سوخت‌های مایع کامل‌تر است و بنابراین مقدار مونواکسید کربن که گازی سمی است در گازهای حاصل از احتراق گاز طبیعی بسیار ناچیز است. از آنجا که گاز طبیعی تمیز می‌سوزد از خود مواد زاید مثل دوده و خاکستر و بخارات مسموم و نامطبوع بجا نمی‌گذارد.

برای احتراق گاز طبیعی نیازی به استفاده از مواد و مکانیزم‌های کمکی برای پودر کردن نیست. در حالی که برای سوخت‌های مایع در بسیاری از موارد به دلیل دست ساز بودن تجهیزات مورد نیاز برای پودری کردن سوخت، احتراق از کیفیت مناسبی برخوردار نبوده و در بسیاری موارد نیز حتی با مراعات تمامی جوانب، با کمترین اهمال در تعمیر و نگهداری، ایجاد مشکلاتی مثل کک زدن، لجن ساختن و نازل بستن اتفاق می‌افتد. علاوه بر این مازوت برای سوزاندن مناسب نیاز به پیش گرم شدن دارد. برای حل این مسئله نیاز به فراهم نمودن پیش نیازهایی می‌باشد.

معمولاً مشعل‌ها برای احتراق نیاز به مقادیری هوای اضافی دارند. مصرف هوای

2- Turn down

1- atomizing

کارخانه‌ی نوین ستاره کاسپین با ساخت اولین رکوپراتور، هوا تا ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد پیش‌گرم شد و با برخی تغییرات جزئی در طراحی رکوپراتور ساخته شده، درجه حرارت هوای مشعل به ۳۶۰ درجه سانتی‌گراد نیز رسید. (در صورت عایق کردن رکوپراتور و لوله‌ی هوای برگشتی از رکوپراتور به مشعل، به راحتی می‌توان این دما را به ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد رساند)

در شکل زیر مشعل و سیستم سوخت‌رسانی طراحی و اجرا شده توسط شرکت تولیدی و مهندسی شعله صنعت بر روی کوره دوار ذوب چدن شرکت نوین ستاره کاسپین نشان داده شده است.

۳-۳- نتایج اولیه حاصل از اجرای طرح در شرکت نوین ستاره کاسپین

پس از آماده کردن سیستم گازرسانی اولیه و ساخت مشعل برای کوره‌ی ۵۰۰ کیلوپی، آزمایش بر روی کوره (بدون تغییر در ساختار آن) انجام شد. نتایج اولیه حاصل از تست مشعل و سیستم سوخت‌رسانی طراحی شده، شرایط زیر را نشان می‌داد:

فشار گاز در ورودی به مشعل ۳۰۰ mbar (حدود ۴/۴ psi)

زمان ذوب‌دهی یکسان با زمان ذوب‌دهی گازوییل

کیفیت مذاب یکسان (کیفیت مذاب به‌دست آمده مساوی مذاب به‌دست آمده از گازوییل بود.)

درجه حرارت مذاب حدود ۳۰ درجه سانتی‌گراد کمتر از درجه‌ی حرارت در هنگام کار با گازوییل بود ولی با این حال سرعت ذوب‌دهی و کیفیت مذاب تغییر نکرده بود.

در ادامه و به منظور بهبود نتایج حاصل از گازسوز نمودن کوره دوار ذوب چدن، اقدامات تکمیلی بر روی مشعل، کوره و سیستم سوخت‌رسانی انجام گردید که نتایج قابل توجهی به‌دست آمد. در ادامه‌ی تغییرات و نتایج حاصل از آن بررسی می‌شود.

۴- نتایج نهایی فرآیند گازسوز نمودن کوره‌های دوار ذوب چدن

۴-۱- تغییر فشار گاز ورودی به مشعل از ۴/۴ psi به ۲ psi

از مزایای طرح ارایه شده از سوی شرکت تولیدی و مهندسی شعله صنعت، امکان کار کردن مشعل و سیستم سوخت‌رسانی با فشار گاز ورودی برابر با ۲ psi می‌باشد. این نکته از این جهت قابل توجه است که فشار گاز تحویلی به اکثر صنایع ریخته‌گری، ۲ psi می‌باشد. در حال حاضر بسیاری از واحدهای کوچک ریخته‌گری، توان خرید ایستگاه گاز را ندارند و گاز بسیاری از آنها باید از طریق علمک تأمین شود و البته از طریق علمک، حداکثر فشار گاز ۱۳۵mbar (۲psi) خواهد بود. گاز با فشار ۲ psi به راحتی و تنها با یک علمک شرکت گاز مشابه علمک‌های خانگی و با هزینه‌ی فوق‌العاده کمی قابل تأمین است. لازم به ذکر است همان‌طور که گفته شد، در آزمایش‌های اولیه، فشار گاز ورودی حدود ۴/۴ psi بود که با تغییرات انجام شده بر روی مشعل، امکان کار با فشار گاز ۲ psi نیز فراهم شد.

۴-۲- افزایش درجه حرارت کوره

همان‌طور که در بالا عنوان شد در آزمایش‌های اولیه، مذاب از کیفیت مطلوبی برخوردار بود ولی دمای مذاب به میزان ۳۰ درجه سانتی‌گراد پایین‌تر بود. بنابراین از طریق تغییر مشعل به سمت مشعل پیش مخلوط نسبی و با استفاده از قرار دادن رکوپراتور در محل خروجی محصولات احتراق، دمای شعله حدود ۸۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت که موجب کاهش زمان ذوب دهی نیز



▲ شکل ۳- سیستم سوخت‌رسانی طراحی و اجرا شده توسط شرکت شعله صنعت برای گازسوز کردن یک کوره دوار ذوب چدن ۵۰۰ کیلوپی در شرکت نوین ستاره کاسپین

۳- مشکلات موجود در فرآیند گازسوز نمودن کوره‌های دوار ذوب چدن

در گازسوز کردن کوره‌های ذوب چدن دو مشکل عمده وجود دارد: همان‌طور که در بخش قبل نیز بیان شد، شعله‌ی مازوت و گازوییل مشعل‌های کوره‌های دوار ذوب چدن، شعله‌ای مستقیم است که بخش اعظمی از انرژی را از طریق تشعشع به کوره می‌دهد. به طور کلی شعله‌ی سوخت مایع، ۶۵ درصد از انرژی حرارتی را از طریق تشعشع به محفظه‌ی احتراق انتقال می‌دهد در حالی که شعله‌ی گاز طبیعی تشعشعی نبوده و تنها ۳۰ درصد از انرژی حرارتی را منتقل می‌کند.

درجه‌ی حرارت شعله گاز طبیعی نسبت به سوخت مایع حدود ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد کمتر است.

۳-۱- تشعشعی نبودن شعله گاز طبیعی

به منظور رفع این مشکل، شرکت شعله صنعت، مشعل را به گونه‌ای طراحی کرده است که شعله‌ی آن واگرا شود. بدین ترتیب با کم کردن فاصله‌ی شعله تا دیواره، میزان انتقال حرارت به روش تشعشعی افزایش می‌یابد. برای جذب هر چه بیشتر انرژی حرارتی شعله، سعی شده است تا با استفاده از شعله‌ی چرخشی، ماندگاری شعله به دلیل چرخش در داخل کوره افزایش یافته و به این ترتیب محصولات احتراق نیز مدت زمان بیشتری در داخل کوره خواهند بود و در نتیجه میزان انتقال حرارت به روش جابه‌جایی افزایش می‌یابد.

۳-۲- پایین بودن درجه حرارت شعله

به منظور رفع این مشکل، دو اقدام اساسی به شرح زیر صورت گرفته است: در طراحی سرمشعل که با دقت بسیار صورت گرفته سعی شده است که شعله‌ای ایجاد شود که تا حدی پیش مخلوط بوده و با کمترین میزان هوای اضافی احتراق نسبتاً کامل را داشته باشد تا از این طریق بتوان درجه‌ی حرارت شعله را بالا برد.

از محصولات احتراق در حال خروج از کوره که دمای بالاتر از ۱۳۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد دارد، استفاده شده و هوای ورودی پیش‌گرم می‌شود تا بتوان درجه حرارت شعله را به میزان بیشتری افزایش داد. در این روش علاوه بر افزایش درجه حرارت شعله، بخشی از انرژی حرارتی در حال خروج از کوره نیز از طریق پیش‌گرم هوا بازیابی می‌شود.

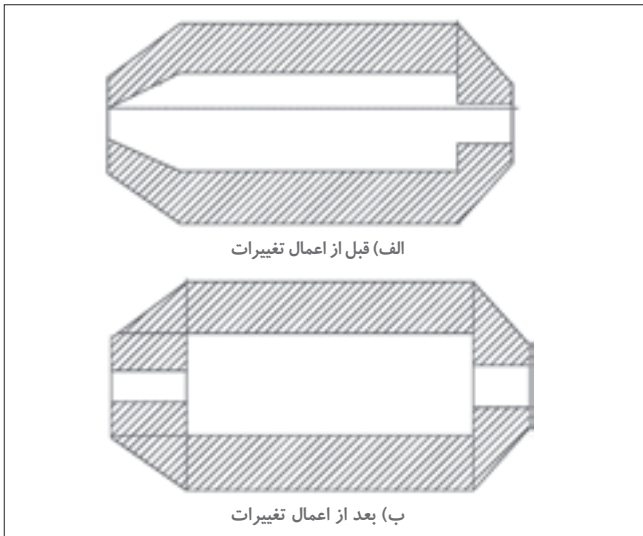
در کشورهای صاحب تکنولوژی توانسته‌اند با نصب رکوپراتور در مسیر خروجی محصولات کوره‌های دوار ذوب چدن، هوا را تا ۵۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد پیش‌گرم کنند. در پروژه‌ی انجام شده توسط شرکت تولیدی و مهندسی شعله صنعت در



▲ شکل ۴- استفاده از رکوپراتور در بخش انتهایی کوره

▼ جدول ۱- آنالیز شمش چدن داکتیل از یک بوته

Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al
۹۴/۱		۱/۰۸	۰/۳۱	۰/۰۱۱	۰/۰۲	۰/۰۴۹	۰/۰۰۱	۰/۰۳۹	۰/۰۰۲
۴/۲۳									
Bi	Co	Cu	Nb	Pb	Sn	Ti	V	W	Mg
۰	۰	۰/۰۷۴	۰	۰	۰	۰/۰۱۲	۰	۰۰/۰۰۱	۰/۰۰۲



الف) قبل از اعمال تغییرات

ب) بعد از اعمال تغییرات

▲ شکل ۵- برشی از یک کوره دوار ذوب چدن



▲ شکل ۶- مشعل طراحی شده در شرکت شعله صنعت برای کوره دوار ذوب چدن

گردید. براساس آزمایشات انجام شده و نتایج به دست آمده، این شرکت توانست علاوه بر جبران کاهش درجه‌ی حرارت (حتی با فشار گاز ورودی ۷۰mbar به مشعل)، مذاب مناسب را نیز در مدت زمان دلخواه به دست آورد.

۴-۳- کاهش صدای مشعل

به واسطه‌ی تغییرات انجام شده، صدای مشعل گازسوز تا حدی بیشتر از صدای مشعل گازوییل سوز شد (البته به واسطه‌ی احتراق سریع و شبیه به پیش مخلوط بودن شعله، مشعل‌های گازسوز طراحی شده برای این مورد، بالا بودن صدای شعله نسبت به شعله مشعل با سوخت مایع تا حدی طبیعی است). علاوه بر این باید به این نکته نیز توجه داشت که بافت کوره‌های دوار ذوب چدن در ایران به گونه‌ای سازگار با سوخت مایع (گازوییل یا مازوت) طراحی و ساخته شده است. بنابراین با تبدیل سوخت این کوره‌ها به گاز طبیعی، به دلایل مختلف از جمله واگرا بودن شعله و همچنین چرخشی بودن آن، صدای شعله بیشتر می‌شود.

برای کاهش صدای شعله‌ی مشعل، همانطوری که در شکل ۵ دیده می‌شود، تغییراتی در ورودی شعله برای ایجاد فضا جهت شعله‌ی واگرا انجام شده است. این تغییر بسیار موثر بوده و صدای شعله را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش داده است. ضمن اینکه قطر داخلی زانویی هدایت‌کننده‌ی محصولات احتراق قدری بزرگتر شده تا محصولات احتراق به راحتی و بیشتر از قبل وارد رکوپراتور شود. به این ترتیب هوا نیز بیشتر گرم شد. بدون شک با تغییراتی بیشتر (از جمله بر روی خروجی کوره) که تا حدی با سعی و خطا همراه خواهد بود، می‌توان باز هم صدای شعله را کاهش داد. همچنین به نظر می‌رسد با اعمال این تغییر بر روی خروجی کوره، می‌توان شرایط بهتری برای چرخش سیال به وجود آورد.

۴-۴- بهبود کیفیت مذاب

براساس آنالیز شمش چدن داکتیل^۲ (جدول ۱) و آنالیز مذاب به دست آمده از کوره‌های گازوییل سوز (جدول ۲) و گازسوز (جدول ۳)، آنالیز عناصر موجود به صورت زیر اندازه‌گیری شده است.

تفاوت‌هایی که در آنالیز نمونه اول نسبت به آنالیز دوم و سوم دیده می‌شود، نشان‌دهنده‌ی کاهش بسیار کم عنصر کربن (C) در هر دو آنالیز دوم و سوم و حفظ میزان سیلیس (Si) است. همچنین در نمونه با سوخت گاز می‌توان دید که سیلیس نسبت به ذوب با سوخت گازوییل به میزان بیشتری حفظ شده است و درصد سوختن کربن نیز در هر دو مورد تقریباً یکسان می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از آنالیزهای موجود از نظر کیفیت ذوب، نه تنها با گازسوز نمودن کوره، کیفیت مذاب نسبت به گازوییل افت نکرده است، بلکه از لحاظ جذب عناصر کوره از وضعیت بهتری نیز برخوردار می‌باشد.

۴-۵- کاهش انرژی حرارتی و مدت زمان ذوب دهی

از دیگر تأثیرات به کارگیری مشعل جدید طراحی و ساخته شده در شرکت تولیدی و مهندسی شعله صنعت (شکل ۶)، امکان کاهش میزان انرژی حرارتی ورودی نسبت به مشعل قبلی است. میزان انرژی حرارتی مشعل نصب شده در کوره دوار ذوب چدن بوده می‌باشد. به دلیل دست ساز بودن مشعل‌های فعلی اکثر کارخانه‌های ریخته‌گری چدن، این مشعل‌ها از کیفیت احتراق مناسب برخوردار نبوده و موجب افزایش آلاینده‌های زیست محیطی و بالا بودن مصرف سوخت می‌گردد.

در کوره‌های دوار ذوب چدن، بخش قابل ملاحظه‌ای از انرژی حرارتی از طریق

۳- چدن مورد استفاده در کوره شرکت نوین ستاره کاسپین از نوع چدن داکتیل است.

▼ جدول ۲- آنالیز ذوب شمش با کوره دوار گازوییل سوز با اضافه کردن ۵ کیلوگرم سیلیس (دمای ذوب ریزی ۱۳۵۰ درجه سانتیگراد)

Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al
۹۴/۵۶۲۱	۳/۶۳۳۰۶	۱/۴۰۴	۰/۱۳۶۷۳	۰/۰۱۸۴۲	۰/۰۲۱۹۴	۰/۰۳۳۱۲	۰/۰۰۳۴۹	۰/۰۴۰۷۱	۰/۰۱۰۳۴
Bi	Co	Cu	Nb	Pb	Sn	Ti	V	W	Mg
۰/۰۰۱۵۸	۰/۰۰۶۷۳	۰/۰۷۰۹۴	۰/۰۰۰۸۷	۰/۰۰۲۴۱	۰/۰۱۲۵۲	۰/۰۱۲۵۲	۰/۰۰۲۴۴	۰/۰۰۱۴۸	۰/۰۲۸۳۹

▼ جدول ۳- آنالیز ذوب شمش با کوره دوار گاز سوز با اضافه کردن ۵ کیلوگرم سیلیس (دمای ذوب ریزی ۱۳۵۰ درجه سانتیگراد)

Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al
۹۳/۸۰۷	۳/۵۵۸۴۵	۲/۰۷۸۱۳	۰/۲۵۵۷۳	۰/۰۱۹۲۶	۰/۰۱۴۵۱	۰/۰۴۰۶۸	۰/۰۰۳۳۵	۰/۰۳۹۹۲	۰/۰۱۳۴۸
Bi	Co	Cu	Nb	Pb	Sn	Ti	V	W	Mg
۰/۰۰۱۶۱	۰/۰۰۶۴۵	۰/۰۰۳۴۶	۰/۰۰۱۱۷	۰/۰۰۳۱۷	۰/۰۱۳۵۶	۰/۰۱۱۳۱	۰/۰۰۳۴۶	۰/۰۰۰۷۹	۰/۰۴۸۴

▼ جدول ۵- میزان کاهش هزینه‌های ریالی حاصل از گازسوز نمودن کوره دوار ذوب چدن

نوع سوخت	میزان مصرف سوخت برای هر نوبت ذوب‌دهی	هزینه سوخت (مصرفی ریالی)
گازوییل	۱۷۰ لیتر	۵۹۵/۰۰۰(۱)
گاز طبیعی	۱۴۲ مترمکعب	۹۶/۵۶۰(۲)

▼ جدول ۴- نتایج عددی حاصل از گازسوز نمودن کوره دوار ذوب چدن

نوع سوخت	میزان مصرف سوخت برای هر نوبت ذوب‌دهی	حرارت ورودی برای هر ذوب (کیلوکالری)	زمان ذوب دهی (دقیقه)
گازوییل	۱۷۰ لیتر	۱/۴۴۵/۰۰۰	۶۰
گاز	۱۴۲ مترمکعب	۱/۱۷۸/۶۰۰	۵۰°

* با استفاده از رکوپراتور و هوای پیشگرم

اقتصادی با توجه به پیاده‌سازی طرح هدفمندکردن یارانه‌ها، قیمت انرژی حاصله برای مصرف‌کننده‌ی گاز طبیعی بسیار کمتر خواهد بود چراکه در حال حاضر قیمت هر لیتر گازوییل ۳۵۰۰ ریال، هر لیتر مازوت ۲۰۰۰ ریال (بدون در نظر گرفتن هزینه‌ی حمل) و قیمت هر متر مکعب گاز ۶۸۰ ریال می‌باشد. (این مقایسه زمانی اهمیت پیدا می‌کند که بدانیم از نظر انرژی حرارتی آزاد شده، یک متر مکعب گاز طبیعی با در نظر گرفتن کیفیت بهتر احتراق تقریباً مساوی یک لیتر گازوییل و مازوت می‌باشد).

در جدول (۵) میزان کاهش هزینه‌های ریالی ناشی از تغییر سوخت از سوخت مایع به گاز طبیعی در یک کوره دوار ۵۰۰ کیلوگرمی ذوب چدن آورده شده است. با احتساب گازوییل هر لیتر ۳۵۰۰ ریال

با احتساب گاز طبیعی هر متر مکعب ۶۸۰ ریال

با استفاده از نتایج به‌دست آمده می‌توان به راحتی دریافت که با گازسوز نمودن یک عدد کوره دوار ذوب چدن، هزینه‌ی ریالی سوخت مصرفی در حدود ۸۴ درصد کاهش یافته است. حتی با فرض اینکه ۷۰ درصد از گازوییل مصرفی در کوره‌ها به صورت یارانه‌ای (هر لیتر ۱۵۰۰ ریال) و مابقی هر لیتر ۳۵۰۰ ریال محاسبه شود، میزان کاهش هزینه‌ی ریالی سوخت مصرفی در حدود ۷۳ درصد خواهد بود که باز هم رقمی بسیار قابل توجه است. البته گازسوز نمودن کوره‌ها نیازمند صرف هزینه‌ای به عنوان سرمایه‌گذاری اولیه می‌باشد که این سرمایه‌گذاری نیز با توجه به کاهش قابل ملاحظه هزینه‌ی سوخت، حداکثر در شش ماه کاری جبران خواهد شد.

۵- سیستم سوخت رسانی کوره دوار ذوب چدن

۶- نتیجه‌گیری

با توجه نتایج کمی و کیفی ارائه شده در این مقاله و به دلیل همراستا بودن نتایج حاصل از این طرح با اهداف کلان کشور از جمله کاهش مصرف سوخت و کاهش

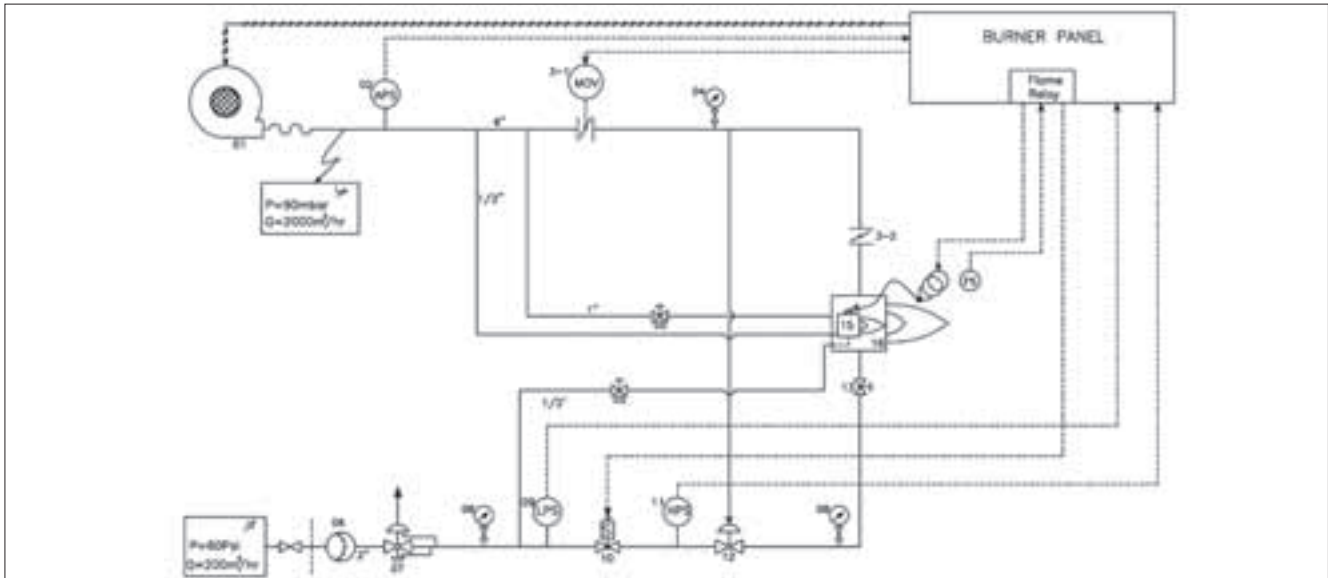
محصولات احتراق که دمایی حدود ۱۳۰۰ درجه سانتی‌گراد دارند، از کوره خارج می‌شوند. چنانچه مبدل مناسبی در خروجی کوره نصب گردد (رکوپراتور) تا بتوان در این مبدل هوای احتراق را گرم نمود، می‌توان بخش قابل ملاحظه‌ای از انرژی حرارتی را به کوره برگرداند یا به عبارت دیگر در اتلاف آن صرفه‌جویی نمود. بنابراین با توجه به شناخت کلی شرکت شعله صنعت از رکوپراتور، این شرکت اقدام به طراحی و ساخت یک دستگاه رکوپراتور برای کوره‌ی مورد آزمایش نمود. با نصب رکوپراتور در مرحله‌ی اول، هوای احتراق تا ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد پیش گرم شد و در نتیجه با پیش گرم هوای احتراق، درجه‌ی حرارت شعله بالاتر رفته و سرعت ذوب دهی نیز افزایش یافت. با اعمال برخی تغییرات بر روی رکوپراتور که با همکاری شرکت نوین ستاره کاسپین صورت گرفت، درجه‌ی حرارت هوای پیش گرم تا ۳۶۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. در صورت عایق کردن رکوپراتور و مسیر هوای خروجی از رکوپراتور به مشعل، به راحتی می‌توان درجه‌ی حرارت هوای پیش گرم را تا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش داد.

سرعت ذوب‌دهی برای کوره‌ی گازسوز بدون رکوپراتور نتایجی برابر با کوره گازوییل سوز را نشان می‌دهد، حال آنکه با نصب رکوپراتور و با پیش گرم نمودن هوای احتراق تا ۳۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و تغییرات در سر مشعل، مدت زمان ذوب‌دهی از یک ساعت (۶۰ دقیقه) به ۵۰ دقیقه کاهش یافته است.

در جدول (۴) میزان تاثیر استفاده از مشعل تولیدی شرکت شعله صنعت و همچنین گاز سوز نمودن سیستم قبلی بر روی پارامترهای مختلف شامل میزان مصرف سوخت، میزان انرژی حرارتی و زمان ذوب دهی نشان داده شده است. با توجه به نتایج فوق، طراحی مشعل و سیستم سوخت رسانی برای کوره دوار ذوب چدن، منجر به کاهش ۱۸ درصدی انرژی حرارتی و ۱۰ دقیقه کاهش زمان ذوب دهی (۱۷ درصد کاهش زمان ذوب دهی) گردیده است.

۴-۶- کاهش هزینه ریالی سوخت مصرفی

یکی از هدف‌های اصلی به‌کارگیری طرح حاضر، کاهش هزینه‌های تولید به واسطه‌ی کاهش هزینه‌ی سوخت مصرفی است. آنچه مسلم است از نظر



▲ شکل ۷- سیستم سوخت‌رسانی کوره گازسوز دوار ذوب چدن

کاهش آلاینده‌های زیست محیطی به واسطه‌ی جایگزینی سوخت گازوییل با گاز طبیعی

آلاینده‌های زیست محیطی، لذا می‌توان گفت که این طرح از جذابیت بسیاری در بین صنایع ریخته‌گری برخوردار خواهد بود. نتایج حاصل از این طرح را به صورت خلاصه می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

کاهش هزینه‌ی ریالی سوخت مصرفی حدود ۷۰ درصد

کاهش انرژی حرارتی موردنیاز برای ذوب چدن به میزان ۱۸ درصد

کاهش زمان ذوب دهی به مدت ۱۰ دقیقه (۱۷ درصد)

۷- منابع

Charles E. Baukal, 2003, «Industrial burners handbook»

بایگانی فنی شرکت تولیدی و مهندسی شعله صنعت

KARGAH-E-HONAR
Design Center

کارگاه هنر

مشاوره، طراحی و اجرای پروژه های تبلیغاتی
برگزاری نمایشگاههای تخصصی
تهیه کتابهای تخصصی - صنعتی
عکاسی صنعتی - تبلیغاتی

Contact +9821 88328417-21
kargahonar@yahoo.com

KARGAH-E-HONAR
Design Center