

بکارگیری لاستیک های فرسوده خودرو در کوره های قوس الکتریکی بعنوان

شارژ کربن و سوخت شیمیائی

پروژه برتر ذوب آهن اصفهان در همایش تحقیقاتی سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران سال ۸۵

لاستیک های فرسوده خودرو منبع مناسب سوخت جهت ذوب فولاد در کوره های قوس الکتریکی است. لاستیک های خودرو به قراضه فولاد بعنوان منابع انرژی شیمیائی جهت جایگزینی ذغال، کک و گاز طبیعی افزوده می شود. کربن و هیدروژن لاستیک ها انرژی سوختی را تامین کرده و نوار سیم لاستیک قسمتی از شارژ فلزی را تشکیل می دهد. هنگام احتراق لاستیک ها به منظور کامل و تمیز سوختن به درون کوره اکسیژن دمیده می شود. لاستیک های فرسوده در حین فرایند، فولاد سازی کاملاً می سوزند و هیچ گونه انتشار آلاینده مشاهده نمی شود و بالعکس باعث کاهش انتشار آلاینده ها می گردد. لاستیک ها به فولاد سازی به راحتی انتقال می یابند (شکل ۱-) و در کنار انبار قراضه نگهداری می شوند (شکل ۲-). شرکت جمع آوری کننده لاستیک های فرسوده لاستیک ها را با زیر قیمت معمول به شرکت فولاد سازی عرضه می کند. در بعضی ایالت های امریکا مسئولین، برنامه های تشویقی برای مصرف کنندگان لاستیک های فرسوده دارند. بعنوان مثال در خرید تجهیزات برای آنها تخفیف قائل می شوند و مبلغی را تحت عنوان خالی و تمیز کردن محل جمع آوری لاستیک های فرسوده پرداخت می کنند. ارزش حرارتی لاستیک های فرسوده BTU ۱۵۸۰۰ بر پوند بوده به میزان ۲۰٪ از ارزش حرارتی ذغال بالاتر است. ارزش حرارتی ۲۰ پوند لاستیک فرسوده بطور تقریبی ۲۱۶ هزار BTU معادل ۹۲ Kw انرژی برقی می باشد. با بکارگیری لاستیک های فرسوده جمع آوری آنها روی خاک انجام نگرفته و محیط زیست پاک می شود. ضمناً نیاز انرژی به منابع نظیر برق، ذغال و گاز طبیعی کاهش می یابد. جایگزینی لاستیک های فرسوده بجای ذغال انتشار آلاینده ها را نسبت به پروسه های دمای بالا کاهش می دهد. بکارگیری لاستیک ها در کوره های قوس

الکتریکی منجر به کاهش هزینه های انرژی برق و شیمیائی می گردد و انتشار آلاینده ها از فرایند، کاهش پیدا می کند. لذا صرفه جویی قابل توجهی در هزینه های انرژی بدست می آید و مقدار قابل توجهی قراضه فولاد بازیافت می گردد. ۲۵٪ وزن لاستیک های فرسوده کامیونها را نوار و سیم فولادی تشکیل می دهد. این مقدار برای لاستیک های خودرو سواری ۱۰٪ وزن می باشد. مقدار زیادی لاستیک های فرسوده را می توان در پروسه کوره قوس الکتریکی به مصرف رساند. در دنیا سالانه بیش از یک میلیارد حلقه لاستیک از رده خارج می شود. در امریکا سالانه بیش از ۲۵۰ میلیون حلقه لاستیک از ماشین ها جدا می گردند.

بررسی اقتصادی

قیمت یک حلقه لاستیک فرسوده سواری و کامیون به ترتیب ۱ و ۲ دلار است. قیمت آنها ممکن است در محل های مختلف کمتر یا بیشتر باشد. در این تحقیق برای هر تن فولاد دو حلقه لاستیک سواری به راحتی و با موفقیت بکار برده شده است. بسته به شرایط کوره و تجهیزات کارگاه تعداد حلقه لاستیک برای هر تن فولاد ممکن است بیشتر هم باشد.

عملیات کوره

در شرایطی که برای هر تن فولاد دو حلقه لاستیک استفاده شود. قیمت لاستیک افزوده شده دو دلار می شود.

صرفه جویی الکتریکی

با در نظر داشتن اینکه قیمت برق ۰/۰۵ دلار برای هر کیلو وات انرژی برق باشد برای هر حلقه لاستیک ۴/۶۰ دلار در هزینه انرژی برق صرفه جوئی می شوند.

$$\frac{9/2 \text{ دلار برای هر تن} \times 2 \times 92 \text{ Kw} \times 0/05 \text{ دلار/Kw}}{\text{حلقه}}$$

شارژ کربن

$$\frac{40 \text{ جایگزین} \times 0/05 \text{ دلار}}{\text{پوند}} = 2 \text{ دلار برای هر تن}$$

جائزینی گاز طبیعی

$$1/2 \text{ دلار} = 600 \text{ cu.ft} \times 0.2/100 \text{ cu.ft}$$

ارزش فولاد افزوده شده

$$\frac{2 \text{ پوند} \times 0.6}{\text{دلار}} \times 24 \text{ دلار بر تن فولاد} = \text{حلقه}$$

شرح پروسه

اجرای پروسه در یک کارگاه در حال کار به سادگی صورت می گیرد. مطلب اصلی اینست که از تعدادی لاستیک فرسوده استفاده شود که منجر به ایجاد حرارت بیش از حد نشود. تعداد حلقه لاستیک قابل شارژ با تجهیزات قابل دسترسی در کارگاه با تعداد دود و غبار گیر و وجود سیستم خنک کننده در دودکش تعیین می گردد. لاستیک ها در سبد بارگیری نزدیک به کف سبد قرار داده می شود، قراضه فولاد روی لاستیک ها قرار می گیرد. تحت فشار قراضه فولاد، لاستیک ها فشرده گشته و فضای خالی بین آنها کم می شود. قراضه با کمک چنگک (شکل ۳-۳) یا نوار نقاله یا توسط مگنت (در صورتی که لاستیک ها پاره شده باشد) از نظر ایمنی اگر لاستیک ها در بسته های قراضه قرار گیرد باید آنها را بصورت تکه تکه در آورد. بعد از بارگیری سبد با قراضه و لاستیک های فرسوده آنها را در داخل کوره تخلیه می کنند. در اثر برخورد با نسوز گرم و یا مذاب باقی مانده در کوره با تماس با شعله اکسی فویل یا در اثر ایجاد قوس، لاستیک ها مشتعل شده و می سوزد. اکسیژن توسط لانس یا مشعل اکسی - سوخت با جریان گاز طبیعی تغذیه می شود. بعد از اشتعال لاستیک ها این جریان قطع می شود. در اثر احتراق، لاستیک ها جایگزین گاز طبیعی می شوند. شعله و گازهای حاصله از احتراق لاستیک ها از بین قراضه عبور کرده و صعود می کنند. اکسیژن دمشی از طریق اکسی - سوخت با مواد منتشره از لاستیک ترکیب شده و می سوزد و در اثر حرارت ایجاد شده قراضه پیش گرم شده و گازها به سمت بالا حرکت می کنند. هوای اضافی احتراق ممکن است از طریق درب کوره یا دریچه های مکش غبار وارد کوره شود لذا از میزان اکسیژن مصرفی کاسته می شود. مقداری از کربن لاستیک توسط قراضه جذب می شود و همانند روش مرسوم افزودن کربن، میزان کربن فولاد افزایش می یابد.

آزمایشات اولیه و یافته ها

قبل از اینکه لاستیک های فرسوده در کوره قوس الکتریکی بکار برده شود، تحقیقات در زمینه کاربرد لاستیک های فرسوده در دیگر صنایع انجام پذیرفته است. به غیر از کوره های سیمان، لاستیک های فرسوده در رشته های دیگر بعنوان سوخت مورد استفاده قرار نگرفته است، سیم و نوار فولادی موجود در درون لاستیک ها و بزرگ بودن ابعاد لاستیک های

فرسوده در مقایسه با سوخت های مرسوم استفاده آن را در صنایع دیگر محدود کرده است. لاستیک های فرسوده همراه با ذغال در نیروگاه حرارتی بصورت ترکیبی در بیلرهای ویژه مورد استفاده قرار گرفته است. در کاربرد ترکیبی لاستیک ها بریده و خرد شده و باندازه دانه بندی ذغال مصرفی می رسد. عملیات بریدن هزینه های زیادی در برمی گیرد. هنگامیکه لاستیک و ذغال مشتعل می شوند سیم های فولادی ذوب شده و لوله های بیلر را می پوشاند. این برای تعمیر و نگهداری بیلرها مشکلاتی ایجاد می کند و قابل قبول نمی باشد. در بعضی موارد سیم های لاستیک ها از بدنه جدا می گردد. ولی این عملیات نیز هزینه های زیادی را به همراه دارد. در هر حال کاربرد لاستیک در بیلرها انتشار آلاینده ها را بهینه می سازد. لذا با توجه به موارد بیان شده کاربرد لاستیک ها در کوره های قوس الکتریکی پتانسیل بزرگی را دارا است، چون سیم فولادی برای کوره قوس الکتریکی مشکل ایجاد نکرده و انتشار آلاینده ها کاهش می یابد.

قبل از شروع آزمایشات آموزش و یادآوری های لازم به پرسنل کارگاه داده شده است. پیش بینی می گردید که هنگام بارگیری لاستیک ها دود زیادی در اثر اشتعال لاستیک ها پدیدار شود و کارگاه را در بر گیرد. از اینجهت مطالعات و تمرکزی روی شیمی فولاد و تجهیزات نظیر غبارگیر، بگ هاویس و سیستم دودکش صورت گرفته است.

اولین آزمایشات با بکارگیری تعداد کم از لاستیک ها شروع شده است. آزمایشات ابتدائی جهت ارزیابی فرایند و پائین آوردن حوادث احتمالی با ۲ الی ۳ لاستیک در شارژ ۲۰ تنی قراضه آغاز گردید و مشکلی مشاهده نگردید.

نتایج تست ها نشان می دهد ۲ لاستیک برای یک تن فولاد در کوره های مرسوم قابل قبول است بازای هر ذوب سه یا چهار شارژ صورت گرفته است. در صورت بکارگیری مقدار بیشتر لاستیک در شارژ اول و دوم بدلیل خنک بودن کوره مشکلی وجود ندارد. در شارژهای بعدی بدلیل گرم بودن کوره و اشتعال سریع لاستیک ها از تعداد لاستیک ها کاسته می شود. هنگام اشتعال لاستیک ها در کوره برعکس اشتعال آن در هوای آزاد دوده سیاه ایجاد نمی شود. لاستیک ها بدون ایجاد دوده بصورت تمیز بدون انتشار آلاینده می سوزند.

بدلیل اینکه کوره دارای خنک کننده در قسمت دودکش مکندۀ نداشت بالا بردن تعداد لاستیک مصرفی محدود بوده است. آزمایشات در کارگاه دیگر نیز انجام گرفته ولی مشکل اساسی نظیر دوده و انتشار آلاینده ها مشاهده نشده است.

از نظر دما و فشار در غبارگیر و بگ هاوس تعمیرات قابل توجه ای مشاهده نگردیده است. در فولاد تولیدی افزایش مس و گوگرد دیده نشده است. نوارهای فولادی موجود در لاستیک ها از جنس فولاد ۱۰۷۰ کربنی می باشد سطح آنها جهت جلوگیری از خوردگی با لایه

نازک برنز پوشش داده شده است. لاستیک ها برای تولید فولادهای با ناخالصی و گوگرد کم بکار برده شده است. همانند ذغال و کک لاستیک ها نیز می توانند کربن فولاد را افزایش دهند. در حین ذوب الکترودها با لاستیک ها تماس حاصل نکرده است. اگر تماس هم بوده است مشاهده نشده است.

شایان ذکر است استفاده از لاستیک های فرسوده در کنورتر اکسیژنی در کارخانه فولاد سازی هیروهاتای ژاپن با موفقیت انجام پذیرفته است.

بکار گیری لاستیک در فولاد آوبرن - نوکر

در کارخانه فولاد آوبرن - نوکر آمریکا ۳۵۰ تن لاستیک فرسوده مصرف شده است که معادل ۳۵ هزار لاستیک خودرو سواری است. در این تحقیقات شرکت یاد شده از لاستیک های فرسوده بازیافت کربن، انرژی و فولاد را بطور مطلوب انجام داده است. در این راستا جایزه حفظ محیط زیست US EPA را دریافت کرده است. در این کارخانه بکارگیری لاستیک های فرسوده در شارژ کوره قوس الکتریکی بصورت فرایند معمول درآمده است و تحقیقات انجام شده نشان می دهد که استفاده از لاستیک های فرسوده در فرایند فولاد سازی مداوم (Consteel) امکان پذیر است. طبق اطلاعات و گزارشات دریافت شده از لاستیک سازی گودییر و دیگر شرکت های مشابه در صورت احتراق لاستیک ها در دمای بالای اکسین تشکیل نمی شود. احتراق لاستیک ها نسبت به احتراق ذغال VOC (ترکیبات عالی فرار) کمتری ایجاد می کند. ضمناً در صورت بکارگیری ترکیبی از ذغال و لاستیک میزان VOC منتشر شده نسبت به ذغال تنها خیلی کمتر است.

انتشار آلاینده ها ناشی از مصرف لاستیک های فرسوده در کوره

نتایج آزمایشات و تحقیقات نشان می دهد که انتشار گاز CO₂ از کوره های قوس الکتریکی در ذوب های با لاستیک های فرسوده نسبت به ذوب های معمولی کمتر است. طبق گزارشات US-EPA در کوره های سیمان با بکارگیری لاستیک ها در تامین انرژی میزان NOx منتشره کاهش می یابد. بدلیل داشتن کربن کمتر و احتراق گرم و تمیزتر انتشار گاز CO₂ به میزان ۱۹/۵٪ نسبت به فرایند بکارگیری ذغال تنها کاهش می یابد.

خلاصه

- ۱) بکارگیری لاستیک های فرسوده در کوره های قوس الکتریکی در هزینه های ذوب چندین دلار بازای هر تن فولاد صرفه جویی بعمل می آورد.
- ۲) استفاده از لاستیک ها، هزینه های شارژ کربن را کم یا حذف می کند.

- ۳) قیمت هر حلقه لاستیک فرسوده تقریباً یک دلار است.
- ۴) لاستیک های فرسوده دارای فولاد با کیفیت بالا در نوار و سیم است.
- ۵) لاستیک ها انتشار آلاینده ها را در کوره قوس الکتریکی کاهش می دهند.
- ۶) لاستیک ها بعنوان کاتالیزاتور در تبدیل CO به CO₂ نقش ایفا می کنند لذا انتشار گاز CO در اتمسفر کاهش می یابد.
- ۷) انرژی قابل دسترسی در کوره با تبدیل CO به CO₂ افزایش می یابد.
- ۸) لاستیک ها نسبت به گزینه ذغال تنها ۱۹/۵٪ کمتر گاز CO₂ منتشر می کنند.
- ۹) استفاده از لاستیک ها بعنوان انرژی شیمیائی اضافی منجر به کاهش میزان مصرف انرژی الکتریکی می گردد.
- ۱۰) لاستیک ها بغیر از صنایع فولاد در کارخانه های سیمان و نیروگاه با موفقیت مصرف شده است.
- ۱۱) لاستیک های فرسوده دارای ۱/۵٪ گوگرد می باشند که نسبت به ذغال وکک خیلی بالا است بدلیل سوختن کامل آن، امکان تولید فولادهای با گوگرد زیر ۰/۰۲۵٪ امکان پذیر است.
- ۱۲) در کشور ژاپن در فولاد سازی هیروهاتا در کنورتر اکسیژنی، ۶۰ هزار تن لاستیک فرسوده در سال ۲۰۰۳ با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است.



شکل - ۱ : انتقال لاستیک های فرسوده به کارگاه ذوب



شکل - ۲ : محل نکه داری لاستیک های فرسوده در کارگاه



شکل - ۳ : حمل لاستیک ها توسط چنگک به کوره