

ارائه طرح جایگزینی سوخت حاصل از زباله در صنعت سیمان

رامین امیدوار*^۱، کاظم ترابیان^۲

چکیده

در حال حاضر مسئله کمبود منابع انرژی و تجدید ناپذیر بودن منابع سنتی به یکی از دغدغه های بشر تبدیل شده است. یکی از راه های جایگزین جهت تولید انرژی از ضایعات تولیدی بشر می باشد. در سال های اخیر، تبدیل زباله به سوخت به عنوان یک منبع پایان ناپذیر تولید انرژی به خصوص در صنایعی که مصرف انرژی بالایی دارند بسیار مورد توجه قرار گرفته است. از مهمترین این صنایع، صنعت سیمان و کوره های آن می باشد. در این مقاله شرحی بر فرآیند تولید سوخت از زباله و مراحل و تجهیزات آن آمده است و هم چنین به مزایای استفاده از این روش در صنعت سیمان مانند کاهش مصرف سوخت های فسیلی و دست یافتن به ارزش حرارتی بالاتر اشاره می شود.

کلمات کلیدی صنعت سیمان، زباله، سوخت های حاصل از زباله (RDF)، بازیافت

۱. مقدمه

۱.۱. سوخت استخراج شده از زباله

سوخت حاصل از زباله (Refuse-derived fuel یا Solid Recovered fuel) که اختصاراً به ترتیب RDF یا SRF گفته می شود، سوختی است که از خرد کردن و خشک کردن زباله ی جامد شهری (Municipal Solid Waste) بدست می آید. سوخت حاصله مقدار قابل توجهی عناصر آلی مانند پلاستیک ها و ضایعات تجزیه پذیر دارد. انرژی قابل توجهی از احتراق چنین سوختی حاصل می گردد که باعث شده است تا در صنایع پر مصرف مورد توجه قرار بگیرد.

امروزه یکی از رویکردهای مدیریت پسماند، افزایش مصرف و بازیابی برای چنین سوخت هایی می باشد.

۱.۱. صنعت سیمان

* تماس با نویسنده مسئول: تهران، نیاوران، رو بروی مجتمع تجاری نارون، کوچه یآوری، پلاک ۱۲. تلفن: ۰۲۱-۲۲۷۴۶۹۷۹-۰۲۱. فاکس: ۰۲۱-۲۲۷۴۶۹۸۰-۰۲۱. ایمیل: romidvar@fitmag.org

مصرف سیمان سهم بسیار قابل توجه ای را در اقتصاد جهانی به خود اختصاص داده است. در حقیقت، سیمان دومین ماده مصرفی از نظر میزان مصرف در جهان می باشد. به طور مثال، مصرف سیمان در صنعت ساختمان سازی از دو برابر مجموع تمام مواد مصرفی دیگر در این صنعت مانند آهن، آلومینیوم؛ چوب و پلاستیک بیشتر می باشد.

امروزه صنعت سیمان تعهدات زیست محیطی بسیاری را در قبال محیط زیست باید انجام دهد زیرا در فرآیند ساخت سیمان، دمای بسیار بالایی مورد نیاز است که برای آن انرژی بسیاری مصرف می شود. به طور متوسط، انرژی مصرفی در کارخانجات سیمان در حدود ده برابر انرژی مورد نیاز در صنایع دیگر می باشد. میانگین انرژی مورد نیاز برای تولید یک تن سیمان برابر احتراق تقریباً ۱۲۰ کیلوگرم زغال سنگ می باشد.

۳.۱. محیط زیست و صنعت سیمان

صنعت سیمان مسئولیتی عظیم در قبال آسیب های زیست محیطی که ناگزیر در حین فرآیند تولید سیمان به وجود می آید، را به دوش می کشد. یکی از قدم هایی که در این زمینه برداشته شده است، جایگزینی سوخت های فسیلی^۱ با زباله می باشد.

امروزه، نزدیک به ۷۰٪ انرژی بسیاری از کارخانجات سیمان از سوخت های جایگزین حاصل می گردد. در کوره^۲ های سیمان در کارخانجات سیمان، به صورت سنتی زغال سنگ، کک نفتی و دیگر سوخت های فسیلی سوزانده می شود ولی در حال حاضر بسیاری از آنها به سوی استفاده از سوخت های فسیلی حرکت کرده اند و هم چنین بسیاری از کارخانجات در حال تاسیس از ابتدا اقدام به راه اندازی یک کارخانه جانبی می کنند. در هر سال با مصرف سوخت های جایگزین به طور تقریبی از مصرف ۳ میلیون تن زغال سنگ جلوگیری به عمل می آید.

در مجموع استفاده از پسماند ها به عنوان سوخت جایگزین در فرآیند تولید سیمان باعث صرفه جویی در مصرف سوخت های سنتی^۳ می شود:

- برحسب فرایند ساخت سیمان، سوخت های جایگزین و مواد اولیه سبب کاهش انتشار گازها و صرفه جویی در منابع تجدیدناپذیر می شوند.
- در راستای مدیریت پسماند^۴، صنعت سیمان باعث کاهش مشکل انهدام و دفع پسماند که به طور سنتی سوزانده و یا دفن می شده اند و افزایش بازیابی انرژی می شود.

آزمایشات بسیاری نشان داده است که مصرف گرما در کوره های سیمان به دلایل صرفه جویی (هم اقتصادی و هم مواد خام) و حفاظت محیط زیست دارای مزیت های بسیاری می باشد. از دیدگاه اکولوژی^۵، حجم گازهای انتشار یافته از کوره ها نسبتاً

^۱ -Fossil Fuel

^۲ -Kiln

^۳ -Convective Fuels

^۴ -Waste Management

^۵ -Ecological

بدون تغییر باقی می ماند اما غلظت دی اکسید کربن^۱ کمتری دارد. میزان انتشار از یک کوره مخصوص سوزاندن نزدیک به صفر است.

نکته قابل توجه آن است که استفاده از پسماند در کوره های سیمان، ترکیب سیمان تولیدی و یا کیفیت محصول نهایی را دستخوش تغییر نمی کند و کاملاً سازگار با محیط زیست و بدون هیچ گونه احتمال خطر برای سلامت انسان می باشد. تمایل کارخانجات سیمان به استفاده بیشتر کوره های سیمان برای حذف پسماند، ناشی از عوامل دیگری نیز می باشد که از آن جمله می توان اشاره کرد:

- توزیع منظم کارخانجات سیمان در یک کشور و در دسترس بودن امکانات بازیافت در نقاط مختلف کشور
- به صرفه بودن تطبیق کوره های کارخانجات سیمان به سیستم جدید در مقایسه با هزینه های لازم برای راه اندازی یک واحد زباله سوز^۲ جدید

۲. سوخت های جایگزین در کارخانجات سیمان

در اغلب موارد، سوخت های جایگزین^۳ در خارج از کارخانجات سیمان آماده می شوند. مواد ضایعاتی که به طور کلی به عنوان RDF قابل استفاده مجدد هستند عبارتند از:

تایر ها، لاستیک، کاغذ، منسوجات، روغن های مصرف شده، چوب، پلاستیک ها، زباله های صنعتی، زباله های خطرناک و زباله جامد شهری.

نکته ای که باید مد نظر داشت این است که ترکیب RDF ای که در کوره های سیمان مورد استفاده قرار می گیرد باید هم از نظر اندازه و شکل و هم از نظر ارزش حرارتی ترکیبی همگن باشد. از جهت اندازه، فرآیند عمومی کاهش سایز^۴ انجام می گیرد تا یک اندازه مناسب برای یک سوخت مناسب حاصل شود. ماده باید از نظر اندازه باید یکنواخت باشد تا حمل و نقل آن تسهیل گردد و حتی در برخی موارد باید به وسیله یک غربال^۵ به یک اندازه بهینه رسانده شود تا متناسب با موقعیت ورودی کوره ها باشد.

برای داشتن ارزش حرارتی یکنواخت، بسیار حیاتی است تا ترکیبی همگن از زباله بدست آید که در هنگام سوزانده شدن انرژی یکنواختی را آزاد کنند. بنابراین مهم است تا انواع مختلف مواد قبل از فرآیند کاهش سایز و یا زمانی که ماده نهایی در یک گودال قرار دارد، مخلوط شوند.

فرآیند عمومی تولید یک سوخت جایگزین از مواد ضایعاتی عبارتست از: خردایش اولیه توسط خردکن^۶، مواد ورودی (زباله شهری و ...) توسط یک جرثقیل به محفظه خوراک خردکن خورانده می شوند. خردکن های امروزی مجهز به سیستمی هستند که مانع از

^۱ -CO₂

^۲ -Incinerator

^۳ -Alternative Fuels

^۴ -Size Reduction

^۵ -Screen

^۶ - Shredder

پل بستن مواد ورودی در محفظه ورودی می شوند. مواد خروجی در اثر نیروی گرانش، به پایین دستگاه هدایت می شوند و وارد یک نقاله مارپیچی^۱ می شود که طوری طراحی شده است تا مایعات از جامدات در حین انتقال جدا شود. بخش جامد مواد بر روی نوار نقاله بعدی تخلیه می شود. یک جدا کننده مغناطیسی^۲ برای جداسازی ذرات آهنی بر روی نوار نقاله نصب شده است. برای خردایش بیشتر و رسیدن به اندازه مطلوب، ضایعات وارد خردکن ثانویه می شوند که در قسمت زیرین آن یک صفحه غربال قرار داده شده است تا ماده نهایی یکنواختی حاصل گردد.

نقاله مارپیچی ثانویه و نوار نقاله مجهز به جداکننده مغناطیسی مجدداً بعد از خردکن ثانویه قرار داشته است تا هر گونه ذره آهنی که هنوز حذف نشده است را جدا کند. در بعضی از مناطق و بر حسب میزان درصد وجود فلزات غیرآهنی در زباله، از دستگاه های جداکننده مغناطیسی مخصوص فلزات غیرآهنی استفاده می شود. در نهایت، زباله به محفظه نگهداری موقت تخلیه می شود. در این مرحله، به صورت مکانیکی مخلوط می شود تا ترکیبی همگن حاصل شود. ترکیب نهایی به وسیله یک نوار نقاله از محفظه به مرکز نگهداری حمل می گردد تا در آنجا آماده استفاده در کوره انباشت گردد. در شکل (۱) نمایی از خط طراحی و مهندسی تولید سوخت جایگزین از زباله های صنعتی خطرناک (مانند فیلتر های روغن) می باشد که در یکی از بزرگترین کارخانجات سیمان کشور ترکیه مشغول به کار است.



شکل (۱): نمایی از خط RDF- اجرا شده توسط شرکت Satrind ایتالیا

همانطور که بیان شد، از مواد گوناگونی به عنوان سوخت جایگزین استفاده می شود. یکی از مهمترین آن ها تایر های فرسوده می باشد. برتری استفاده از تایر های فرسوده در این است که تنها در یک و یا حداکثر دو مرحله خردایش می توان به سایز خرده تایر^۳ رسید که سایز مناسبی می باشد. اندازه مناسب خرده تایر ها به وسیله سرعت مشخصه محور خردکن و غربال از پیش تعیین شده بدست می آید. این مرحله خردایش می تواند یکی از خروجی های اولیه کارخانجات بازیافت تایر چه به صورت مکانیکی و یا شیمیایی می باشد.

¹ -Screw Conveyor

² -Magnetic Separator

³ -Tire's Chip

سوخت زغال سنگ و کک به دلیل درصد بالای کربن در هنگام سوختن، میزان حرارت بالایی را ایجاد می کنند. تایلرها نیز منبع عظیمی از هیدروکربن ها (هیدروژن و کربن) می باشند و سوزاندن تایلرها در کوره های سیمان ۲۵٪ بیشتر از سوختن زغال سنگ انرژی تولید می کنند. (شکل ۲).



شکل (۲): خط آماده سازی تایلرهای فرسوده جهت مصرف در کوره های سیمان

۳. مزایا و معایب RDF:

استفاده از سوخت های جایگزین یک تکنولوژی مشهور و مستحکم است که مزایای زیست محیطی متعددی دارد: اجتناب از مصرف منابع ارزشمند غیر قابل تجدید، کاهش گازهای ناشی از سوخت های سنتی، آسیب کمتر لایه اوزن، کاهش حجم دفن زباله و یا زباله سوزی ناقص، تولید انرژی حرارتی بالاتر از سوخت های فسیلی، امکان سوختن همراه با سوخت های دیگر.

در کنار مزایای متعدد سوخت های استخراج شده از ضایعات، نقص هایی نیز در ارتباط با RDF وجود دارد که اعم آن عبارتست از:

احتمال انفجار در مرحله کاهش سایز: که این مشکل امروزه تا حد امکان کاهش یافته است. یکی از راه ها، استفاده از خردکن ها با دور پایین می باشد. فرایند تولید RDF انرژی الکتریکی زیادی را مصرف می کند و هم چنین نیاز به تعمیرات و نگهداری دارد. نیاز به فیلتراسیون گازهای خروجی ناشی از احتراق مانند دی اکسید سولفور و کلرید هیدروژن از دیگر معایب آن می باشد، خوشبختانه فیلتراسیون سنتی مورد استفاده در کارخانجات سیمان برای جلوگیری از انتشار گازهای خروجی کافی می باشد. سوخت RDF در مقابل سوخت های دیگر صدمات بیشتری را به سیستم لوله کشی و بویلرها می رساند. بازاریابی مناسب به خصوص در کشورهای غیر صنعتی جهت مصرف سوخت های جایگزین صورت نگرفته است. به عنوان مثال در سال ۱۹۹۰ در آمریکا ۴۰ کارخانه در زمینه RDF تاسیس شده اند در حالی که متأسفانه در ایران تا کنون کارخانه ای در این زمینه احداث نشده است.

۴. جمع بندی:

همانطور که در این مقاله بیان شد، یکی از راه های مصرف سوخت های حاصل از زباله ، احتراق آن ها در کوره های سیمان می باشد. از آنجا که جایگزینی سوخت هایی مانند کک و زغال سنگ با چنین سوخت هایی، علاوه بر این که باعث حذف مشکلاتی نظیر دفن زباله غیر اصولی، سوزاندن ناقص و انتشار گازهای سمی می شود از سوی دیگر مانع از بین رفتن منابع تجدید ناپذیر انرژی مانند زغال سنگ می شود، هم چنین ارزش حرارتی بیشتری در مقایسه با سوخت های سنتی تولید می شود و ترکیب سیمان تولیدی نیز از نظر کیفیت تغییر نمی کند.

۵. مراجع:

[1] REFUSE DERIVED FUEL, CURRENT PRACTICE AND PERSPECTIVES, FINAL REPORT, 2003, EUROPEAN COMMISSION – DIRECTORATE GENERAL ENVIRONMENT.

[2] RDF plant presentation by Satrind, Environmental Expert Journal. Oct, 2009.

[3] Standard CEN/343, European Committee for Standardization.

[4] "Refuse-derived fuel (RDF) and densified refuse-derived fuel (d-RDF)" Book by Marc L. Renard. Published by National Center for Resource Recovery, 2008

۶. بالانویس:

۱. دکتری مهندسی مکانیک و مدیر بخش تحقیق و توسعه شرکت مهندسی فارس مغناطیس، تهران، ایران
۲. مهندس برق، قدرت و مدیر عامل شرکت مهندسی فارس مغناطیس، تهران، ایران