Archive of SID

بررسی روشهای کاهش آلاینده های زیست محیطی در کوره های سیمان

محمد بنیادی[1]، مرضیه راضی وانانی[2]
دانشگاه یاسوج، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی شیمی
Bonyadi@yu.ac.ir

چکیده

موضوع مورد مطالعه در این مقاله بررسی غبار و کربن دی اکسید ناشی از کوره های سیمان بوده و هدف آن ارایه راهکارهایی جهت کاهش این آلودگی ها می باشد.در این مقاله ابتدا فرآیند تولید سیمان پرتلند سنتی بیان شده و سپس درمورد غبار کوره سیمان توضیح داده شده و جدول ترکیب شیمیایی غبار خروجی از انواع کوره های سیمان ارائه شده و درادامه درمورد کربن دی اکسید تولید شده توسط کوره های سیمان مطالبی آمده و روش های کاهش این آلودگی ها ذکر شده است. در این پژوهش دو روش عمده ای که برای کاهش آلاینده ها در فرآیند تولید سیمان استفاده می شود مورد بررسی قرار گرفته است. یکی از این روشها استفاده از یک جریان جانبی برای برگشت دادن غبار تولیدی به خط ورودی کوره و دیگری از طریق استفاده از مکمل های دارای خواص سیمانی از جمله خاکستر بجا مانده از زغال سنگ، روباره و پوزولان های طبیعی (خاکستر برنج بدون سبوس و خاکسترهای آتشفشانی) برای تولید میزان مشخصی از سیمان می باشد. مقایسه بین این روش ها نشان می دهدکه آلودگی های ناشی از کوره های سیمان، در حالتی که از پوزولان های طبیعی استفاده شود به مراتب کمتر از حالتی خواهد بود که از روش بازگردانی غبار استفاده می شود. علاوه بر این بررسی ها نشان می دهد که برای کاهش میزان کربن دی اکسید خروجی از کوره ها می توان از واکنش دادن آن با کلسیم اکسید استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: سیمان، آلاینده، کوره، پوزولان

[1] - استادیار و عضو هیات علمی دانشگاه یاسوج
[2] - دانشجوی کارشناسی دانشگاه یاسوج

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در سال های اخیر توجه به افزایش دمای هوای کره زمین درحال رشد بوده است.یکی از علل این افزایش دما، زیاد شدن گازهای گلخانه ای مانند کربن دی اکسید می باشد.تقریبا ۵ درصد از گاز کربن دی اکسید منتشر شده، از کارخانه های سیمان سرچشمه می گیرد.کارخانه های سیمان علاوه بر تولید کربن دی اکسید، میلیون ها تن غبار تولید می کنند.عامل اصلی تولید غبار در این کارخانه ها، کوره های سیمان می باشند.غبار تولید شده خطر ابتلا به بیماری های قلبی و تنفسی را به همراه دارد؛ هم چنین برای پوست و چشم زیان آور بوده و به آلودگی محیط زیست منجر می شود.بنابراین باید در راستای کاهش کربن دی اکسید و غبار تولید شده از کوره های سیمان تدابیری اندیشیده شود.

تولید، مصرف و صادرات سیمان ایران از ابتدای ایجاد این صنعت در کشور درحال رشد بوده است.ایران درحال حاضر پانزدهمین کشور تولیدکننده سیمان در جهان به شمار می آید و رتبه اول را به عنوان بزرگ ترین تولیدکننده سیمان در منطقه خاورمیانه در اختیار دارد.مصرف سرانه سیمان در ایران از ۱ کیلوگرم به ازای هر نفر در سال ۱۹۲۵ به ۷ کیلوگرم در سال ۱۹۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در سال ۱۹۷۰ و ۲۷۸ کیلوگرم در سال ۱۹۹۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در سال ۲۰۰۸ رسیده است. سهم تولید سیمان ایران در جهان از ۰/۰۴٪ در سال ۱۹۵۰ به ۱/۴۲٪ در سال ۱۹۹۸ و ۲/۵٪ در سال ۲۰۰۸ افزایش یافته است.مطابق آخرین آمار درحال حاضر در کشور ۱۰۸ کارخانه ساخته شده در حال توسعه و در حال ساخت وجود دارد، که با راه اندازی کامل این پروژه ها تا سال ۲۰۱۳، تولید سیمان کشور به ۱۱۰ میلیون تن در سال خواهد رسید.

باتوجه به موارد ذکر شده اهمیت تولید سیمان کاملا روشن بوده و تولیدکنندگان سیمان باید ضمن افزایش تولید جهت رقابت در بازار جهانی، فرآیند تولید را در جهت کاهش خطرات زیست محیطی بهینه سازی کنند.در این مقاله به بررسی تولید آلاینده ها از کوره های سیمان پرداخته شده و هدف آن ارایه روش هایی جهت کاهش این آلاینده ها می باشد.

۱-فرآیند تولید سیمان پرتلند

سیمان پرتلند سنتی از کانی های کلسیم سیلیکات ساخته می شود.مواد خام از معدن استخراج شده و به کارخانه منتقل می شوند؛ در ابتدا وارد سنگ شکن شده و به صورت پودر بسیار نرمی درمی آید، سپس وارد یک پیش گرمکن شده و پس از آن در یک کوره دوار بزرگ، دمای مواد ورودی به بالاتر از ۱۴۰۰ درجه سلسیوس می رسد[۱].کلینکر یا محصول خروجی از کوره سرد شده و گرمای اضافی به واحد پیش گرمکن برگشت داده می شود.قبل از بسته بندی، به کلینکر گچ اضافه می کنند تا زمان گیرش سیمان تنظیم شود.محصول پایانی یک مخلوط پودری نرم می باشد که به عنوان سیمان پرتلند شناخته می شود.

www.SID.ir

Archive of SID

۲-آلاینده های تولید شده از کوره های سیمان

۲-۱-غبار کوره سیمان

در سیستم پیش گرمکن و کوره، تجهیزاتی جهت کنترل و به دام انداختن ذرات ریز نسوخته و مواد خامی که بخشی از آن ها سوخته شده و همراه با گازهای اشتعال حرکت می کنند، وجود دارد.این ذرات و مواد ریز، عامل تولید غبار کوره سیمان می باشند.شدت تولید غبار کوره سیمان تقریبا ۲۰-۱۵ درصد شدت تولید کلینکر تخمین زده شده است.اگر مواد ورودی به کوره دوار خیلی نرم باشد، فرسایش ذره ها زیاد خواهد شد و به افزایش غبار کوره سیمان منجر می شود.

جدول شماره ۱- ترکیب شیمیایی غبارهای خروجی از انواع کوره های سیمان[۷]

کلینکر سیمان در کوره زغال سوز	آهک در کوره زغال سوز	کوره مجهز به پیش گرمکن	کوره بلند مرطوب	کوره مجهز به پیش گرمکن گریت با دو کانال گاز	کوره عمودی
Sio_2	۱۳/۶۰	۱۷/۷	۱۶/۹	۲۱/۸	۱۴/۵
$Al_2O_3+TiO_2$	۳/۷۶	۵/۵	۷/۲	۱۰/۱	۲/۹
Fe_2O_3	۱/۶۱	۱/۷	۵/۳	۳/۷	۱/۴
Mn_2O_3	۰/۰۷	۰/۱	-	-	۰/۱
CaO	۴۳/۴۴	۴۰/۲	۳۵/۳	۲۸/۲	۴۲/۴
MgO	۰/۸۹	۰/۹	۰/۸	۱/۱	۰/۵
SO_3	۰/۴۱	۱/۱	۸/۲	۱۲/۱	۲/۶
K_2O	۰/۶۴	۱/۴	۶/۴	۱۱/۷	۵/۸
Na_2O	۰/۰۹	۰/۲	۰/۴	۰/۷	۰/۳
افت وزنی	۳۵/۴۹	۳۱/۲	۱۹/۵	۱۰/۶	۲۹/۵

۲-۲- کربن دی اکسید

براساس گزارشات، در فرآیند تولید سیمان به طور متوسط جهانی، میزان کربن دی اکسید منتشر شده، ۰/۸۱ کیلوگرم کربن دی اکسید بر هر کیلوگرم سیمان تولید شده می باشد.تقریبا نیمی از کربن دی اکسید حاصل از کارخانه های سیمان در فرآیندکلسیناسیون آزاد شده و بقیه آن از سوخت های فسیلی مانند زغال، گاز طبیعی و سوخت مایع آزاد می شود.در این فرآیند ۱-۰/۶ کیلوگرم کربن دی اکسید به ازای هر تن سیمان تولیدی، آزاد می شود.

۳-روش های کاهش آلاینده های تولید شده از کوره های سیمان

۳-۱-روش های کاهش غبار کوره سیمان

www.Koureh.ir

www.SID.ir

Archive of SID

جهت کاهش این آلودگی ها،یک جریان جانبی برای کوره ها درنظر می گیرند که همه یا بخشی از غبار کوره سیمان را به طرف خط ورودی مواد خام به کوره برگشت می دهد.میزان غبار کوره سیمان که می تواند بازیافت شود به میزان فلز و آلاینده ها و میزان ترکیبات قلیایی آن بستگی دارد.هرچه میزان ترکیبات قلیایی موجود در آن بیش تر باشد، درصد ایجاد گرفتگی های قلیایی در کوره های دوار افزایش می یابد.

مواد قلیایی شامل اکسیدهای سدیم و پتاسیم، کلر، اجزاء رسی و سوخت، در مناطق کلسیناسیون و پخت از مواد خارج شده و عمدتا در پیش گرمکن کندانسه می گردند. این پدیده دایما تکرار می گردد تا به علت افزایش درصد آن ها در مواد داخل کوره، مقداری نیز همراه با کلینکر از کوره خارج گردد.کندانسه شدن این ترکیبات در پیش گرمکن ها که عمدتا در مسیر گاز صورت می پذیرد، به تنگ شدن سطح مقطع مسیر و در موارد حاد، بسته شدن آن منجر می گردد.

در اینگونه موارد یک راه حل پیشنهادی این است که گوگرد اضافی وارد شده به کارخانه را با یک جریان جانبی به خط ورودی مواد خام به کوره فرستاد.وارد کردن گوگرد از طریق مواد خام (به صورت گچ) یا سوخت (استفاده از سوخت های مایع یا جامد غنی از گوگرد) باعث می گردد تا ترکیبات قلیایی مانند کربنات های سدیم و پتاسیم به صورت سولفات های قلیایی درآیند.در بعضی از کارخانجات اروپا، با تزریق اکسیژن در سر کوره، با مشکل گرفتگی های قلیایی مقابله می نمایند.متاسفانه کوره های دوار سیمان، دارای فشار جزیی پایین اکسیژن بوده و همین امر یعنی کافی نبودن مقدار اکسیژن در محیط، برطرف کردن مشکلات گرفتگی را سخت تر می نماید.پس باید تلاش شود که فشار جزیی اکسیژن را در محیط افزایش داد.

۳-۲- روش های کاهش کربن دی اکسید

یکی از راه های کاهش میزان کربن دی اکسید تولیدی توسط کوره ها این است که ذره های کلسیم اکسید خیلی گرم (دمای بیش تر از ۱۰۰۰ درجه سلسیوس) از یک محفظه احتراق جداگانه به مرحله پیش تکلیس آورده شده و در تماس با کربن دی اکسید قرار گیرند.این فرآیند باعث می شود که کربن دی اکسید با کلسیم اکسید واکنش داده و کربن به صورت کانی کربنات درآید.

۳-۳- روشی کلی جهت کاهش میزان آلاینده های کوره های سیمان

یک راه حل کلی جهت کاهش میزان آلودگی های کوره های سیمان این است که مقدار کلینکر موردنیاز برای تولید مقدار مشخصی سیمان را کاهش داد.برای این منظور می توان مواد مکمل دارای خواص سیمانی را به کار برد.از جمله این مواد مکمل می توان خاکستر به جا مانده از زغال سنگ، روباره و پوزولان های طبیعی (خاکستر برنج بدون سبوس و خاکسترهای آتشفشانی[۲]) را نام برد.در این صورت نه تنها میزان غبار کوره سیمان و کربن دی اکسید کاهش می یابد، بلکه مقدار کلینکر موردنیاز بر تن سیمان تولید شده هم کاهش می یابد؛ بنابراین هم خطرات زیست محیطی و هم قیمت مواد کم تر می شود.

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از پوزولان های طبیعی باعث می شود که تولیدکنندگان سیمان، برای هر کیسه سیمان بیش تر از ۲۵ درصد، کاهش هزینه تولید داشته باشند.در کشورهای درحال توسعه مانند فیلیپین، استفاده از پوزولان های طبیعی براساس شاخص های صنعتی-اقتصادی و اجتماعی برنامه ریزی می شود[۳].براساس آزمایش های انجام شده مقاومت و ماندگاری پوزولان های طبیعی با سیمان پرتلند سنتی برابر بوده و درحدود ۶۰-۲۵ درصد، سیمان ترکیب شده (سیمان پوزولان) جانشین سیمان پرتلند سنتی شده است.هر اندازه که استفاده از سیمان پوزولان بیش تر می شود، تفاوت ها در استحکام و ماندگاری سیمان پوزولان دربرابر سیمان پرتلند روشن تر می شود[۶،۵،۴].

جدول شماره ۲- مقایسه صدمات زیست محیطی فرآیندهای مختلف تولید سیمان پرتلند با به کار بردن راهکارهای ذکر شده

صدمات زیست محیطی	سنتی	ترکیب شده(پوزولانی)	بازگردانی غبار کوره
گاز گلخانه ای	۰/۰۸۸	۰/۰۶۹	۰/۰۸۸
اسید سازی	۰/۰۴۳	۰/۰۳۴	۰/۰۴۳
انباشتگی قلیایی ها	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶
فلزهای سنگین	۰/۲۰۴	۰/۱۶۱	۰/۲۰۴
مواد سرطان زا	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲
دود و مه زمستانی	۰/۰۳۹	۰/۰۳۱	۰/۰۳۹
دود و مه تابستانی	۰/۰۰۹	۰/۰۰۷	۰/۰۰۹
منابع انرژی	۰/۰۵۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰

نتیجه گیری

بهینه سازی فرآیند تولید کلینکر باعث کاهش چشمگیر میزان آلودگی ناشی از کارخانه های سیمان می شود.آزمایش های انجام شده نشان می دهد در روش بازگردانی غبار کوره به خط ورود مواد خام، میزان آلودگی نسبت به روش سنتی کاهشی نداشته و درجهت کاهش آلاینده ها بی تأثیر می باشد.ولی در روش استفاده از پوزولان های طبیعی درصد آلاینده ها در مقایسه با روش سنتی، کاهش پیدا کرده است.بنابراین باتوجه به این که بکارگیری مکمل های دارای خواص سیمانی، هم قیمت تمام شده محصول و هم میزان آلودگی را کاهش می دهد و این که کیفیت و استحکام سیمان تولید شده با این روش، با کیفیت سیمان پرتلند برابر یا حتی بیشتر هم می باشد لذا از نظر اقتصادی و زیست محیطی به صرفه می باشد.

مراجع

[1] Environmental Roadmapping Initiative (ERI). Cement impacts, risks, and regulations, <http://ecm.ncm.org/ERI/new/IRRcement.htm%23profile>

[2] Neuwald A. Supplementary Cementitious Materials, part I: pozzolanic SCMs, what are SCMs and how can you use them to your advantage? Manufactured Concrete September/October 2004:8-16.

www.SID.ir

Archive of SID

[3] Harris R, Eatmon T, Seifert C. Reconciling technological viability with social feasibility: the case of natural pozzolans for sustainable development. World Review of science, Technology, and sustainable Development 2008;5(1):49-65.

[4] Dodson VH. Low cement/high fly ash concretes: their properties and response to chemical admixtures. In: McCarthy GJ, Glasser FP, Roy DM, Hemmings RT, editors. Fly ash and coal conversion by-products: characterization, utilization and disposal IV. Materials Research Society Symposium Proceedings 113;1988. P. 199-207

[5] Helmuth R. Fly ash in cement and concrete. Portland Cement Association;1987.

[6] Mihelcic J, Eatmon T, Harris R, Muga H. Engineering sustainable construction materials for the developing world: a meta-discipline approach to engineering education. The international Journal of Engineering Education 2007;23(6):1116-25.

[۷] هندبوک مهندسی سیمان، مواد نسوز، مصالح ساختمانی (جلد اول) - تألیف مهندس منوچهر بکائیان

www.Koureh.ir

www.SID.ir