



بررسی انواع آلودگی های محیط زیستی و اتلاف انرژی در صنایع تولید سیمان و راهکارهای موثر و کم هزینه برای بهینه سازی

مریم مهماندوست^۱، حمیدرضا اویسی^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مواد- گرایش شناسایی و انتخاب مواد مهندسی، دانشکده فنی و مهندسی،

دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار ۹۶۱۷۹۷۶۴۸۷

۲- دانشیار گروه مهندسی مواد و پلیمر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار ۹۶۱۷۹۷۶۴۸۷

خلاصه:

در حال حاضر آلودگی محیط زیست یکی از دغدغه های مهم زندگی شهری و صنعتی در جهان می باشد و تمام افراد جامعه را تحت تاثیر خود قرار می دهد. باتوجه به اینکه بخش اعظم انرژی صرف صنعت می شود و میزان قابل توجه آن مربوط به مصرف انرژی در صنعت سیمان می باشد. از این رو در آینده تبادل افکار به صورت گسترده و بین المللی در جهت ذخیره سازی انرژی در این صنعت نقش اساسی تری را ایفا می کند. این مقاله به اهمیت ضرورت صرفه جویی در انرژی و مدیریت آن در صنعت سیمان پرداخته است. هدف از این مقاله شناسایی انواع آلودگی های صنعت سیمان و تاثیر آن ها در کشورهای تولید کننده و بررسی راهکارهایی برای جلوگیری و کنترل حداکثری این آلاینده ها می باشد. همچنین به مباحثی در زمینه انرژی مورد نیاز، بازیابی انرژی و صرف جویی آن در کشورهای مختلف پرداخته خواهد شد. بررسی تدابیر زیست محیطی نظیر استفاده از سوخت های جایگزین، بازیافت گازهای اتلافی و غبار به عنوان راهکارهای ارائه شده از دیگر نکات بررسی شده در این مقاله است.

کلمات کلیدی: بازیابی اتلاف انرژی، سوخت جایگزین، محیط زیست، آلاینده ها، بازیافت غبار

۱. مقدمه

صنعت سیمان یکی از صنایع کلیدی و استراتژیک در جهان است، که به عنوان پایه و اساس توسعه و اجرای پروژه های مختلف سدسازی، احداث مسکن و کارخانجات صنعتی و... نقش اساسی دارد. باتوجه به رشد روزافزون صنعت در جهان کارخانجات سیمان یکی از آلوده کننده های زیست محیطی محسوب می شوند و جزء عوامل زیان آور در محیط کار در مراحل مختلف تولید و بهروری برای شاغلین و جامعه به شمار می آیند. از عوامل مهمی که باعث تخریب و آلودگی محیط زیست می شود مصرف کنترل نشده انرژی و آلودگی صوتی است. امروزه صرفه جویی در انرژی مشکل جهانی محسوب می شود. رویکرد ما در برابر بقای انرژی

* Corresponding author:

Email: hamid oveisi @hsu.ac.ir



همراه با فناوریهای روز در سازمان های مختلف تغییر می‌کند. از عوامل مهمی که باعث تخریب و آلودگی محیط زیست می‌شود مصرف کنترل نشده انرژی است. یکی از نتایج نگران کننده پدیده آلودگی هوا ناشی از کارخانه های سیمان، تاثیرات چشمگیر آن بر روی پوشش گیاهی مناطق اطراف است. آلودگی هوا امروزه به عنوان امری جدی برای بقای گیاهان در مناطق صنعتی مطرح است. توسعه روزافزون صنایع با افزایش هجوم مواد آلوده کننده به طبیعت و آلوده تر کردن اکوسیستم اطراف همراه خواهد بود. صنعت سیمان در این میان نقش مهمی را در به هم زدن تعادل حیات طبیعی و ایجاد ناهنجاری های زیست محیطی ایفا می‌کند. در این میان مواد آلوده کننده ناشی از کارخانه های سیمان به طور عمده شامل گرد و غبار متصاعد شده و فلزات سنگین آزاد شده است. کارخانه های سیمان در ایران در نقاط مختلف این سر زمین با اهداف توسعه پایدار و درک صحیح از آن یعنی استفاده و بهره مندی از منابع و ذخایر خدادادی با رویکرد صنعتی و توجه به مسائل زیست محیطی و تولید محصول یکی از شاخص های توسعه یافته کشور می‌باشد. حال آنکه در کشورهای در حال توسعه، تلاش و کوشش در راستای پیشرفت هر چه سریع تر در زمینه صنایع و تکنولوژی‌های مدرن، توجه آنان را از پرداختن به مسائل زیست محیطی بازداشته است. طبق آمارهای به دست آمده، در کشور ما نیز متأسفانه اثرات زیست محیطی ناشی از کارخانه های سیمان، به موضوعی بحث بر انگیز و جدی تبدیل شده است. هر چند سازمان محیط زیست کشور، میزان مجازی را برای مواد آلوده کننده متصاعد شده در نظر گرفته است که در بیشتر مناطق صنعتی دنیا به عنوان یکی از صنایع مهم و ضروری به شمار می رود، ولی در هر حال با ایجاد راهکارهایی مناسب در صنعت سیمان، می توان مقدار این مواد را تا حد امکان کاهش داد و در نتیجه از عواقب وخیم انسانی و نباتی آن پیشگیری به عمل آورد. [۱]

۲. آلودگی ناشی از سوخت های فسیلی وپیشنهاداتی در رابطه با حل مشکل

صنعت سیمان یکی از روشها برای استفاده از بازیافت محتوای انرژی پسماندها می باشد. این صنعت استفاده از انواع مختلف سوخت های پسماند را بسته به شرایط سیاسی و اقتصاد و همچنین امکان دسترسی و تکنولوژی سوزاندن وتامین مستمر پسماندها راممکن می سازد . کاربرد سوخت های جایگزین در صنایع سیمان از دودیدگاه زیست محیطی و اقتصادی سودمند خواهد بود. از نظر زیست محیطی به دلیل دمای بالای کوره فرصت مناسب برای کاهش استفاده از سوخت های فسیلی فراهم می‌شود. شکل (۱).



شکل (۱): آلودگی ناشی از سوخت های فسیلی



از نظر اقتصادی نیز موجب صرفه جویی در هزینه های تامین سوخت می گردد. در حال حاضر در بیشتر کشورهای اروپایی استفاده از پسماندهایی مثل لاستیک ماشین ، کاغذ ، پلاستیک ، روغن های سوخته ، حلال ها، لجن فاضلاب و... رایج است. دلایلی که موجب گردید تا کشورهای پیشرفته رو به استفاده از این سوخت ها ببرند شامل موارد زیر است:

- کاهش انتشار الاینده ها
- کاهش در مصرف سوخت های تجدید ناپذیر
- استفاده نکردن از تجهیزات مدرن زباله سوز و کاهش هزینه مربوطه
- کاهش هزینه های تولید سیمان
- بازیافت انرژی

انواع سوخت های جایگزین شامل سه دسته از انواع پسماندهای جامد، مایع و گازی می باشد و به دلیل ارزش حرارتی بالا و ترکیبات شیمیایی مناسب در صنایع سیمان به عنوان درصدی از سوخت های مصرفی در فرآیند تولید مورد استفاده قرار می گیرد. سابقه تاریخی استفاده از این سوختها در صنعت سیمان به بیش از دو دهه قبل بر می گردد و در کشورهای صنعتی جهان اغلب مورد استفاده واقع شده است. این سوختها به پنج زیر گروه اصلی تقسیم می شود :

سوختهای مایع (روغن ها، حلال ها)

سوخت های گازی (گاز پیرولیز)

سوختهای جامد ریز دانه (لجن فاضلاب خشک شده، خاک اره و پسماند حیوانی در کشتارگاه ها)

سوخت های جامد درشت دانه (خرده چوب، لاستیک ها، پسماندهای لاستیکی و پلاستیکی)

سوخت های جامد حجیم (توده های پلاستیکی و لاستیک کامل)

میزان کاربرد سوخت های جایگزین در صنعت جهانی نشان دهنده ارزش این موضوع است. درصد کاربرد این سوخت ها در برخی از کشور های جهان در جدول (۱) آمده است :

جدول (۱): میزان کاربرد سوخت های جایگزین در صنعت آمریکا ، اروپا، آسیا [۱]

کشور	درصد سوخت	کشور	درصد سوخت
هلند	۸۳	جمهوری چک	۲۴
سوئیس	۴۷.۸	اتحادیه اروپا	۱۲
اتریش	۴۶	ژاپن	۱۰
نروژ	۳۵	آمریکا	۸
فرانسه	۳۴.۱	استرالیا	۶
بلژیک	۳۰	انگلیس	۶
آلمان	۴۲	دانمارک	۴



۳	مجارستان	۲۹	سوئد
۳	فنلاند	۲۵	لوکزامبورگ

کاربرد لاستیک های فرسوده به عنوان سوخت جایگزین

لاستیک های ضایعاتی، تخریب ناپذیر و حجیم هستند. دفع و ازبین بردن آنها خود به عنوان یکی از بزرگترین معضلات محیط زیستی محسوب می‌شود. از جهتی آنها منبع ارزشمندی از مواد اولیه و انرژی هستند. ارزش حرارتی لاستیک ها حدود (7200 Kcal/Kg) که از زغال سنگ بیشتر (6000 Kcal/Kg) و از گاز طبیعی و مازوت (8200 Kcal/Kg) اندکی کمتر است. بنا بر این جایگزینی لاستیک ها به عنوان سوخت برای فرآیند سیمان از لحاظ تامین انرژی حرارتی ممانعتی ندارد. در این کارخانه ها لاستیک ها به همراه سوخته های رایج مورد استفاده قرار می گیرند و میتوانند برای کوره ها حرارت را تا دمای 1400°C درجه سانتی گراد تامین کنند. در صنعت سیمان لاستیک ها به دو صورت ۱. لاستیک کامل ۲. لاستیک پردازش شده تغذیه می‌شوند. تنها تفاوت لاستیک های کامل و پردازش شده در ارزش حرارتی آنها است. هر چه سیم و مفتول و تسمه به میزان کمتری باشد ارزش حرارتی بیشتری می‌شود. اما از جهتی به علت نیاز به مقداری آهن در فرآیند سیمان وجود آنها باعث کاهش مصرف سنگ آهن می‌شود. باین وجود به نظر می‌رسد پردازش لاستیک ها که همراه با صرف هزینه و انرژی است در تمام شرایط گزینه ی به صرفه ای نخواهد بود شکل (۲).



شکل (۲): تصویری از سوزاندن لاستیک ها

مزایا استفاده از لاستیک کامل

- کاهش هزینه به علت استفاده مستقیم بدون انجام فرایند اضافی
- سیستم تغذیه آسانتر و تجهیزات ساده تر
- رطوبت سوخت کاهش می یابد زیرا کامیون ها به صورت سر پوشیده به محل تغذیه به طور مستقیم می‌روند.

نقاط قوت برای این سوخت جایگزین در صنعت سیمان

- این فرآیند هیچ پسماندی ندارد و خاکستر تولید شده از احتراق با کلینکر ترکیب می‌شود.



- انتشار گازهای کربن دی اکسید و اکسیدهای نیتروژن تولیدی نسبت به حالتی که به طور صد در صد از سوخت های فسیلی استفاده می‌شود بسیار کمتر است.
- وجود فن اوری های روز دنیا برای سوزاندن لاستیک کامل بدون انجام هیچ گونه پردازش باعث کاهش چشمگیر هزینه ها شده است.
- ❖ در حال حاضر در ایران از ۱۳ میلیون حلقه لاستیک مصرفی، تقریباً ۲۵ درصد آنها را از طریق روکش مجدد بازیافت می‌کنند و ما بقی در طبیعت رها می‌شوند. در نتیجه لاستیک های فرسوده در کشورمان توانایی تامین انرژی سوخت تولیدی بیش از ۲/۸ میلیون تن سیمان را داراست.

استفاده از پسماندها

طبق مطالعات صورت گرفته توسط متخصصین آنها به نتایج مثبتی در مورد استفاده از پسماند های کارخانه ها رسیدند که مواردی را در زیر مورد بررسی قرار داده شده است.

لجن پساب و فاضلاب

لجن فاضلاب ها به دو دسته لجن فاضلاب شهری و پس آب صنعتی تقسیم می‌شود که در فرایند تصفیه جدا سازی می‌شود. از آنجا که دفن لجن ها و خشک کردن آن ها دارای محدودیت بهداشتی می‌باشد لذا در صنعت سیمان با سوزاندن آنها با هدف اکسیداسون کامل مواد آلی تشکیل دهنده آن باعث از بین رفتن عوامل بیماری‌زا و پاتوژنی می‌گردد. طبق مطالعات صورت گرفته توسط متخصصین امر به نتایج مثبت و منفی استفاده از این سوخت جایگزین دست یافته اند. که عبارت اند از:

مقدار انتشار گاز دی اکسید کربن ناشی از احتراق در مقایسه با سوخت های فسیلی کمتر است.

کاهش آلاینده های بحرانی هوا و آلاینده های فلزات سنگین هوا دیوکسین و فوران

سوزاندن لجن آلودگی و عوامل بیماری‌زا آن را از بین می‌برد.

لجن فاضلاب در مناطق گوناگون وجود دارد دسترسی آسان به منبع آن است .

اگرچه ارزش حرارتی لجن از دیگر سوخت های فسیلی کمتر است اما منافع اقتصادی آن بیشتر خواهد بود.

❖ طبق تحقیقات (شوماخر ۲۰۰۹) خطر ابتلا به سرطان ناشی از انتشار فلزات سنگین تا ۴۰۶ نفر به ازای یک میلیون نفر کاهش پیدا کرده است .

❖ پس از انجام نمونه های اجرایی این طرح و تحقیقات روی آن محققان به نتایج زیر دست یافتند:

۱- سوزاندن لجن فاضلاب روش دفع پایدار محسوب می‌شود زیرا آلودگی ها و عوامل بیماری‌زا ناشی از آن را از بین می‌برد.

۲- سوزاندن لجن فاضلاب در دستگاه های زباله سوز به تنهایی می‌تواند موجب آلودگی چند برابر هوا در شهرهای بزرگ شود، در صورتی که مصرف آن به صورت سوخت در صنعت سیمان هیچ گونه آلودگی در محیط زیست ایجاد نمی‌کند شکل (۳).



شکل (۳): پساب فاضلاب در حال سازی در طبیعت

پسماندهای جامد شهری

استفاده از پسماندهای جامد شهری باعث کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی در کوره‌های سیمان می‌شود. ویژگی غیر یکنواخت پسماندهای جامد و نیز کاهش کیفیت سیمان به علت تغییر ترکیب شیمیایی، استفاده از پسماندها در کوره‌های پخت سیمان را با محدودیت‌هایی مواجه می‌کند. مطالعات سازمان محیط زیست آمریکا در سال ۲۰۰۸ نشان داد استفاده از این گونه سوخت‌ها موجب کمتر شدن انتشار گاز متان (تولید شده در محل دفن) پسماندها شده است. کاربرد پسماندها به عنوان سوخت‌های جایگزین باعث کاهش چشمگیر انتشار گاز دی‌اکسید کربن و فوران می‌شود همچنین هزینه این سوخت‌ها کمتر است اما در مقابل توان انرژی کمتری نسبت به سوخت‌های تجدید ناپذیر دارند. لازم به ذکر است که این سوخت‌ها به علت دسترسی آسان‌تر می‌توانند جزو گزینه‌های مورد توجه باشند. در نتیجه استفاده از پسماندهای جامد در صنایع تنها با هدف ارتقای استانداردهای زیست محیطی قابل توجه است. بیش از ۹۸ درصد گاز طبیعی متشکل از متان می‌باشد و میزان درصد کمی از گازهای اتان، پروپان، پنتان و به علاوه مقدار اندکی ترکیباتی مانند دی اکسید کربن و نیتروژن نیز در آن وجود دارد به همین سبب معمولاً گاز طبیعی را همان متان خالص در نظر می‌گیرند. ترکیبات لاستیک که خود ماده‌ای پلیمری از خانواده الاستومر ها است.

۳. بررسی آلودگی صوتی و مشکلات ناشی از آن و پیشنهاداتی برای حل مشکل

مهم‌ترین آلاینده‌ها در صنعت سیمان سر و صدا است، که در بخش تولید و نگهداری این کارخانه‌ها از تجهیزات گوناگون به وجود می‌آید. آلودگی صوتی یا نویز در محیط کاری عامل بحث بر انگیز برای سلامت و ایمنی کارکنان تلقی می‌شود. به‌طور کلی آلودگی صوتی و تأثیرات نامطلوب آن بر انسان (ناتوانی جنسی، اختلالات خانوادگی و مناقشات کارگری) و محیط زیست من جمله زمین، ساختمان‌ها و حیوانات اهلی است. در حقیقت سر و صدا باعث اختلال در حیات طبیعی وحش و سیستم‌های اکولوژیکی می‌گردد. بر طبق مقررات کارهای فکری سر و صدایی با ۵۵ دسی بل و فعالیت‌های دفتری و عمدتاً بدنی با ۷۰ دسی بل و سایر فعالیت‌ها با ۸۵ دسی بل جزء منابع اصلی آلودگی به شمار می‌روند. منابع اصلی دیگر سر و صدا در کارخانجات سیمان شامل ماشین‌های مته زنی ضربه‌ای و گردان (بادی)، خاک بردارهای کابلی (دیزلی و برقی)، لودرها (زنجریری و چرخ‌دار)، بولدوزرها، ریپرها، کامیون‌های سنگین حمل بار، سنگ شکن‌ها (چکشی و ضربه‌ای)، آسیاب‌ها (ضربه‌ای، لوله‌ای، گلوله‌ای و غلتکی)،



محرك‌های آسیاب، ماشین‌های سرند، خنک‌کن‌ها (سیاره‌ای و دوار)، سیستم‌های سوخت کوره، محرك‌های کوره دوار، واحدهای کاهش فشار گاز، هواکش‌ها و دمنده‌ها، نوار نقاله‌ها، لیفتراک‌ها، مجاری سقوط مواد و ... هستند که در این بخش به تعدادی از راه کارهای کاهش صدای دستگاه‌ها می‌پردازیم.

مشکلات آلودگی صوتی از چهار طریق به‌صورت پایه‌ای حل می‌شود:

- تغییر در فرآیند
- خرید تجهیزات کم صدا
- تغییر در شیوه انجام عملیات
- استفاده از روش‌های کنترل صدا (صدا خفه کن، موانع صوتی)

در صورتی که نتوان از این روش‌ها مشکلات را حل کرد باید حفاظت شخصی نمود. [7]

تدابیری و اقداماتی جهت کنترل صدا توسط ساختمان:

- ماشین آلات و تأسیسات پر سر و صدا تا جای ممکن در ساختمان‌های بسته نصب شوند.
- تعداد پنجره‌ها و مدخل‌های ساختمان به حداقل برسد.
- اتاق‌های کنترل به اندازه کافی در برابر صدا عایق شوند.
- در ساختار بنای ساختمان ماشین آلات از پی ساختمان جدا باشد.
- سعی شود از اتصالاتی که بین آن‌ها از مواد زرد ارتعاش پر شده‌اند استفاده گردد.
- به کارگیری قطعات انعطاف پذیر مانند واشرها لاستیکی، بالشتک، قطعات پلاستیکی و گردگیر لاستیکی
- استفاده از قطعات فتری برای به حداقل رساندن صداهایی که دارای فرکانس پایین هستند.
- خاصیت جذب صدای بالا و روکار جاذب صدا
- از پلهایی که موجب انتقال صدا می‌شوند و یا اجزای آن‌ها با جنس ورق فلزی هستند دور شود.

تدابیر لازم برای کاهش انتشار صدا در ماشین آلات

در بعضی موارد شرایط غیر مناسب تجهیزات موجب ایجاد نویز می‌شود که نیاز است در اولین فرصت اقدام به تعمیر، ترمیم یا تعویض نمود.

- استفاده از چرخ دهنده‌های مورب که نصب قطر گامشان به تعداد دنده‌ها کوچک است.
- ترکیب چرخ دنده‌ها به صورتی که هر جفت چرخ دنده یک چرخ آن از موادی که خاصیت صداگیری داشته باشند ساخته شوند.
- قطعات گردان با دقت تراز گردند.
- قطعات لق محکم شوند.
- چرخ دنده‌ها تنظیم بشوند.



- چرخ لنگرها و پولی‌های تسمه‌ای بدون سوراخ باشند.
- استفاده از پایه‌های ریختگی به جای پایه‌های جوش داده شده.
- یاتاقان‌های بی‌صدا با حداقل لقی استفاده شود. (مثل یاتاقان‌های تخت معمولاً از یاتاقان‌های ضد اصطکاک صدای کمتری تولید می‌کنند).
- انتقال نیرو از روش عایق بندی مناسب مانند استفاده از اتصالات انعطاف پذیر یا سیال (کوپلینگ های هیدرولیکی)

در بحث بنا کردن ساختمان نیز مصالح ساختمانی مورد استفاده را باید مطابق با استانداردهای مربوط به محیط کار و ماشین آلات به کار گرفته شده مورد ارزیابی قرار داده و از آن‌ها در طراحی و ساخت استفاده کنیم. بعد از مصالح، تمام ساختمان‌هایی که جهت کنترل صدا هستند نیاز به تجهیزات تهویه کننده هوا و کاهش حرارت‌های تولیدشده از دستگاه‌ها را دارند. انواع تهویه مورد استفاده در این بخش‌ها به شرح زیر می‌باشند.

۱- تهویه طبیعی با هواکش‌های سقفی

۲- تهویه مصنوعی مکشی

۳- تهویه مصنوعی دمشی

برای استفاده از موتورهای برقی نیز باید موارد زیر رعایت شود:

از موتورهای با دور پایین و کم صدا استفاده شود. استفاده از موتورهای بزرگ با سیستم خنک کننده آبی به جای سیستم‌های خنک کننده هوایی بهتر است. از موتورهای برقی چهار قطبی یا دارای سرعت متغیر به طور مستقیم استفاده شود. از فن‌هایی که شکل پره‌های آن‌ها یکنواخت است استفاده نشود به‌تراست از نوع خمیده به عقب باشند. تا حد امکان حفاظ موتور مجهز به سیستم تهویه بی صدا شود.

فن‌ها

.... فاصله میان پره‌ها کم و سرعت دوران فن قابلیت کنترل را داشته باشد. دیواره‌های حفاظ فن عایق بندی صدا شود. تغییر فرکانس اصلی با انتخاب درست سرعت و تعداد پره‌ها اهمیت دارد. کل فن و موتور را درون یک محفظه قرار داده شود. مجاری ورودی و خروجی دارای صدا خفه کن بوده و تکیه گاه‌های آن‌ها ضد ارتعاش باشند. تکیه گاه‌های زد ارتعاش در اتاقک‌های عایق صدا (آکوستیک) قرار گیرند. جداسازی ماشین آلات توسط جدا گرهای تیغه‌ای یا حفاظ‌های مجزا از یکدیگر باشد. لوله‌های کاهش فشار مجهز به صدا خفه کن شود. لوله‌های هوای تحت فشار برای رفع صداها می‌تواند عایق بندی گردند. کمپر سورها در محافظ‌های قابل حمل قرار داده شوند .



سنگ شکن‌ها

دستگاه‌های سنگ شکن در ساختمان‌های بسته و ضد صدا و پایین‌تر از سطح زمین نصب شوند. دستگاه‌هایی که در فضای آزاد قرار گرفته‌اند تا حد امکان رو به رو محل‌های مسکونی اطراف نباشند. قیف‌های ورودی سنگ شکن‌ها از آسترهای ویژه یا لاستیکی و یا ترجیحاً پایک لایه دائم بالشتکی شکل از مواد پوشیده شود.

آسیاب‌ها

بهتر است تمام دیوارتمان آسیاب همراه با کل منابع تولید صدا (آسیاب، موتور، سپراتور، نقاله‌ها، آلواتورها، فیلتر و...) و نیز اتاق کنترل و سایر دستگاه‌های تهویه در یک ساختمان بسته و عایق بندی شده قرار گیرند.

سرو صدا در محیط کار

استفاده از پلاک گوش، گوشی پلاستیکی، گوشی پارچه‌ای و کلاه عایق صدا برای کارکنان می‌تواند حدود ۳۰ تا ۴۰ دسی بل را کاهش می‌دهد. ایجاد اتاقکی برای استقرار پرسنل به‌طور مثال در محل آسیاب سنگ که آلودگی صوتی حدود ۸۰ دسی بل را با این کار می‌توان به ۶۰ دسی بل کاهش داد. فعالیت‌های جانبی هستند انجام دادن آن‌ها در قسمت‌های پر سر و صدا کارخانه ضرورتی ندارند مثل تمیز کردن و نگهداری قطعات قابل تعویض عملیات بسته بندی و... تجهیزاتی که از نظر پخش صدا عایق بندی شده‌اند یا در حفاظ قرار گرفته‌اند توسط یک سیستم کنترل از راه دور، کنترل شوند. تا حد امکان از فعالیت‌های غیر ضروری پرسروصدا در ساعات عصر و شب خودداری شود. اختصاص اتاقکی عایق بندی برای انجام کارهای کنترل و نظارت بر روی دستگاه‌ها باعث می‌شود صدا را تا حد ۲۰ یا ۳۰ دسی بل کاهش دهند. در نتیجه استفاده از ابزار و روش‌های ساده و کم هزینه ارائه شده باعث کنترل چشم گیر صدا در فضا محیط اطراف فضای داخلی کارخانه برای شاغلین و دست اندر کاران تولید می‌گردد [۱۰].

۴. انرژی مصرفی در صنعت سیمان

در صنعت سیمان انرژی به دو صورت الکتریکی و گرمایی مصرف می‌شود.

انرژی الکتریکی

در تمام فرآیند تولید سیمان انرژی الکتریکی در قسمت‌های خرد کردن سنگ در سنگ شکن، سایش مواد خام در آسیاب‌ها عملیات فن‌ها و بلورها در پیش گرم کن و خنک کردن کلینکر سیستم‌های انتقال و چرخش کوره دوار مورد استفاده قرار می‌گیرد که به‌صورت میانگین از لحاظ مقداری برای هر تن سیمان ۱۱۹ KWH انرژی الکتریکی مصرف می‌شود. دستگاه‌هایی که طی فرآیند انرژی الکتریکی را مصرف می‌کنند بسته به نوع دستگاه مقدار زیادی از انرژی را تلف می‌کنند مانند دستگاه‌هایی چون سنگ شکن، آسیاب‌های مواد خام و سیمان و... با توجه به وزن خود دستگاه‌ها متری از انرژی مصرفی صرف انرژی مکانیکی در به حرکت درآوردن ماشین انتقال نیرو می‌شود. هرچه وزن بدنه ماشین سنگین‌تر باشد، میزان انرژی مصرفی برای تبدیل محصول بیشتر و به عبارتی اتلاف انرژی بیشتر می‌شود که در دستگاه‌های جدید به ویژه آسیاب‌های تغییر یافته اثر قابل ملاحظه‌ای در



کاهش انرژی مصرفی (الکتریکی) داشته است. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته از مقایسه دستگاه‌های قدیمی و جدیدی که در این اواخر در صنعت سیمان به کار گرفته شده‌اند می‌توان صرفه جویی در مصرف انرژی را 42 Kwh/Ton بیان کرد.

انرژی گرمایی

در فرآیند پخت سیمان از انرژی گرمایی استفاده می‌شود. تبدیل مواد خام به سیمان به دو روش انجام می‌گردد. روش تر روشی قدیمی است که در آن کوره پخت سیمان بزرگ و بلند است و کوره با مخلوطی از مواد خام در حالت محلول آبی سر کار دارد و انرژی زیادی برای از دست دادن آب همراه و فرآیند کلسیناسیون نیاز دارد. روش خشک در این روش کوره پخت کوچک و کم حجم شده و مواد خام به شکل پودر خشک وارد کوره می‌شوند در جدیدترین روش خشک در جدیدترین روش خشک دو قسمت پیش گرم کن و پری کالسیناتور که واکنش اکسینه شدن و از دست دادن کربن دی اکسید در این قسمت است به صورت مناسبی طول کوره‌ها کم شده است. در ساده‌ترین حالت روش تر مقدار انرژی مصرفی کمتری داشته، ولی مقدار انرژی مصرفی گرمایی بیشتر بوده و بازه پایین‌تری نسبت به روش خشک دارد. به همین خاطر در کارخانه‌های جدید سیمان از روش خشک بهره گرفته می‌شود. در روش خشک پیش گرم کن گسترش بیشتری در کوره پیدا کرده که منجر به استفاده بیشتر از حرارت تلف شده در سیستم پخت توسط هوای گرم برای رطوبت زدایی مواد می‌شود. هم چنین در کارخانه‌های جدید سیمان امروزه پری کالسیناتور ک قسمتی از وظیفه ی سیستم پخت در بخش واکنش شیمیایی کلسیناسیون مواد خام ورد به کوره را به عهده دارد به عنوان یکی از سیکلون ها در پایین‌ترین قسمت پیش گرم کن اضافه شده. این امر موجب کوتاه شدن طول کوره و مدت زمان کمتر توقف مواد در کوره شده، در نتیجه انرژی مصرفی کمتری برای تولید محصول دارد. از عوامل دیگر تعیین کننده میزان انرژی مصرفی نوع سیمان است، که به مواد اولیه و مواد افزودنی به کلینکر سیمان تولیدی مربوط است اگر مواد اولیه و مواد افزودنی به کلینکر از درجه سختی بالایی برخوردار باشد به انرژی بیشتری برای سایش نیاز دارد.

در صنعت سیمان از سه روش آسیاب استفاده می‌شود.

۱- غلتکی

۲- گلوله‌ای

۳- رول پرس

آسیاب‌های غلتکی دارای کمترین و گلوله‌ای دارای بیشترین مصرف انرژی الکتریکی را دارند چون آسیاب‌های گلوله‌ای دارای گلوله‌هایی با وزن بسیار بالا در محفظه آسیاب می‌باشد. اگر انرژی مورد نیاز قسمت‌های از خط تولید که نیاز به انرژی حرارتی دارند از حرارت تلف شده از کوره تأمین شود، در قیمت تمام شده محصول و انرژی مصرفی صرفه جویی می‌گردد.

استفاده از گرمای اتلافی

موضوع فرآیندهای صنعتی یکی از مهم‌ترین گزینه‌ها است چون هم انرژی زیادی مصرف می‌کند هم اینکه انرژی هدررفته در این فرآیندها بسیار بالاست. یکی از راه‌های جلوگیری از اتلاف انرژی و استفاده از آن تولید هم‌زمان است که در آن با استفاده از گرمای اتلافی در فرآیند احتراق، انرژی الکتریکی تولید می‌گردد. ارزیابی پتانسیل استفاده از گرمای اتلافی فرآیند تولید



برق این اصل را بیان می‌کند که با استفاده از چرخه رانکین می‌توان به میزان 30 kwh به ازای هر تن کلینکر انرژی الکتریکی تولید کرد. این انرژی از بخش‌هایی همچون: سرد کن، گازهای خروجی از گرم‌کن مقدماتی از سیستم کوره چهار مرحله‌ای با فرآیند خشک حاصل می‌شود. این انرژی به وسیله مجموعه‌ای از توربوژنراتورهایی تولید می‌شود که با بخار تولید شده از دیگ و گازهای گرم فرآیند احتراق و هوای داغ سردکن کلینکر کار می‌کنند. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که طرح بازیافت گرمای اتلافی زمانی سودمند است که مصرف انرژی و هزینه‌های تأمین انرژی الکتریکی بالا باشد. ۱۰ درصد از انرژی مصرفی کوره آن هم به صورت تلفات تابشی از دیواره کوره دوار سیمان تلف می‌شود که می‌توان از این انرژی در جهت مثبت استفاده مجدد کرد و مانع از هدر رفت آن شد. مثلاً در کارخانه سیمانی در کشور پرتقال برای بررسی طرح بازیافت حرارتی گازهای خروجی در این کشور چون هزینه تأمین انرژی الکتریکی بالا بود پس تدبیراتی در این جهت انجام شد که این سیستم توسط شرکت دولتی ای پی دی در سال ۱۹۸۹ راه اندازی شد.

نیروگاه های بازیافت اتلاف حرارتی

به تمام تکنولوژی‌ها و فناوری‌های تولید برق اطلاق می‌شود. نخستین صناعی که در ابتدا تکنولوژی نیروگاه‌های بازیافت تلفات حرارتی را در جهت بهبود بهره‌وری و تولید برق پاک بهره گرفتند. تولید برق از طریق بازیافت تلفات حرارتی کارخانه سیمان از جذابیت لازم جهت سرمایه‌گذاری بوده و با دوره بازگشت سرمایه حدود ۵ سال این امکان را برای سرمایه‌گذار به وجود می‌آورد تا از مزایای خرید برق پاک به صورت تضمینی و تا مدت ۲۰ سال بهره‌مند گردد.

۵. آلودگی ناشی از غبار

صنعت سیمان با تولید آلاینده‌هایی که قبلاً ذکر شد به عنوان یکی از صنایع آلوده کننده محیط زیست شناخته شده است و هزینه‌های اجتماعی بسیار سنگینی را به لحاظ جبران خسارت‌های فوق بر دولت‌ها تحمیل می‌نماید در نتیجه یکی از نگرانی‌های این صنعت تأمین منافع زیست محیطی و عدم تخریب محیط زیست می‌باشد. ترکیبات موجود در سیمان به صورت ترکیبات حساسیت‌زایی می‌باشند که از جمله هیدروکسید کلسیم به شکل ماده اولیه سنگ آهک است. ذرات معلق در هوا می‌توانند بیماری‌های خاصی (پنوموکونیوزها) را ایجاد کنند. عواملی که در این بیماری اثر گذار هستند شامل: اندازه ذرات، مدت زمان استنشاق و حساسیت فردی، خصوصیات فیزیکی خود ذره مانند شکل تخلخل سختی و... می‌باشند. بیشترین موارد نگران کننده ناراحتی‌های تنفسی، ناراحتی‌های پوستی، ناراحتی چشمی، اثرات منفی روی سلامتی انسان‌ها، اثر روی سبزیجات و نباتات آلودگی کلیه آب‌ها اعم از سطحی زیر زمینی هستند. از اثرات دیگر آلودگی انتشار گرد و غبار بر محیط زیست اختلال در فتوسنتز گیاهان و باروری گرده‌های گیاهان از طریق رسوب غبار بر روی برگ‌ها و دیگر اجزای گیاهان کاهش رشد نمو گیاهان به‌ویژه در دو تا سه کیلومتری اطراف کارخانه سیمان به علت تغییر پی‌اچ خاک و قلیایی کردن آن و همچنین مانع رسیدن نور خورشید به آن‌ها از طریق ذرات معلق در هوا و انکسار نور خورشید موجب رشد باکتری‌های مضر در زمین می‌شود شکل (۴).



شکل (۴): آلودگی ناشی از غبار در یک کارخانه سیمان

در تحقیقات عمده‌ای که در مورد تأثیر مواد آلاینده بر روی پوشش گیاهی مناطق اطراف صنایع سیمان در بیشتر نقاط دنیا انجام شده است، به‌طور واضح تخریب حیات گیاهی در نتیجه ورود مواد متصاعد شده به اثبات رسیده است. همان‌طور که قبلاً اشاره شد غبارات متصاعد شده از کارخانه‌های سیمان شامل بسیاری از عناصر سنگین و همچنین ترکیباتی نظیر فلوریدها، سولفات‌ها و کلرید است. ورود ترکیبات فوق به چرخه طبیعت از طریق هوا، آب و خاک که به‌عنوان منابع تغذیه‌کننده گیاهان هستند و تمرکز آن‌ها در مجاورت گیاهان فعالیت‌های متابولیکی آن‌ها را در تأمین نیازمندی‌های حیاتی‌شان دچار مشکل می‌کند. نوسانات زیست محیطی شامل دما، سختی، خاک و رطوبت خاک و فرسایش خاک‌های اطراف در نتیجه عوامل آلوده‌کننده به وجود خواهد آمد که به همراه آن منابع تأمین انرژی برای اجزای مختلف خاک تحت این دگرگونی‌ها قرار خواهد گرفت و به‌طور تخصصی‌تر ارکان حیاتی گیاه نظیر محتویات کلروفیل، فیتوماس، پروتئین، نشاسته و... کاهش شدیدی نشان خواهد داد. بنابراین فعالیت‌های متابولیکی و آنزیمی گیاهان دچار اختلال شدیدی خواهد شد. برای تعیین کمی اثرات فوق برای گیاهان یکسری آزمایشاتی به‌طور معمول انجام شده که شامل آنالیز خاک‌های اطراف صنایع سیمان برای تعیین سختی محتویات کربنات کلسیم، بافت، کلرید، شوری و ماکزیمم ظرفیت جذبی آب است. مثال نمونه در مورد آزمایشاتی که بر روی سه گونه مختلف گیاهی در شهرستان کراچی پاکستان انجام شده است را مرور می‌کنیم. در کراچی که وجود صنایع سیمان پوشش گیاهی مناطق اطراف را به‌طور جدی به‌مخاطره انداخته است، سه گونه گیاهی تحت آزمایش آلودگی قرار گرفته به‌طوری که از هر گونه یک نمونه را با غبار سیمان آلوده کرده و نمونه دیگر را به‌عنوان نمونه کنترل شده مورد بررسی قرار دهند. بدین ترتیب به وضوح تأثیر غبارات متصاعد شده بر روی رفتار گیاه مشخص است. یعنی کاهش تعداد برگ‌ها، ارتفاع رشد کم گیاه و پوشش گیاهی پراکنده که در نتیجه ورود عوامل آلاینده به سیستم بیوشیمیایی گیاه و تحت تأثیر قرار دادن ارکانی نظیر میزان کلروفیل و استومات خواهد بود، است. نکته‌ای که باید به آن توجه داشت این است که آسیب‌پذیری گونه‌های مختلف گیاهی در مقابل مواد آلاینده یکسان نیست. به عبارت دیگر یک گونه گیاهی ممکن است ضعف‌هایی را در مواردی نشان دهد که برای گونه گیاهی دیگر تغییری در آن مورد حاصل نشده باشد. در واقع حساسیت گیاهان مختلف به مواد آلاینده مختلف متفاوت است. غبارات کارخانه سیمان علاوه بر تمرکز عناصر سنگین سمی به اجزای مختلف گیاه، در خاک‌های تغذیه‌کننده گیاه تغییراتی ایجاد خواهد کرد که از مهم‌ترین آن‌ها افزایش ظرفیت خاک به علت ورود ترکیبات قلیایی و افزایش ظرفیت جذبی آن برای خاک است. سختی در مورد عامل اول قلیایی شدن خاک در مورد برخی گیاهان مفید و برای برخی دیگر مضر است. ولی عامل دوم یعنی افزایش ظرفیت جذبی خاک که در



نتیجه ورود مواد رسی به خاک است، یکی از عوامل مهم بازداشت گیاه برای رشد است. عنصر جیوه به عنوان یک فلز سنگین سمی یکی از مهم‌ترین عوامل آلوده کننده محیط زیست محسوب می‌شود [7],[11].

مهم‌ترین روش‌های مبارزه با انتشار آلودگی غبار:

- جمع آوری غبار بر اساس نیروهای گرانشی؛ باید نیروی جاذبه ذرات از نیروی مقاومت سیال حامل بیشتر باشد تا موجب ته نشین شدن ذرات گردد. اتاق‌های غبارگیری و کانال‌ها به این اساس می‌باشد.
- جمع آوری غبار بر اساس نیروی گریز از مرکز (یک نیروی اضافی به ذرات وارد شود و با برخورد آن‌ها به دیواره، جدا سازی بهبود یابد. مانند: جدا کننده‌ها سیکلونی و مولتی سیکلونی با انواع ساده، پره دار و توسعه یافته.
- غبارگیری به روش تر (تماس مایع با ذرات باعث به هم چسبیدن آن‌ها می‌شود و یا با استفاده از اسپری آب رطوبت مواد را بالا برده و مقدار انتشار غبار را کاهش داد).
- غبارگیری با فیلترها و صافی‌ها (عبور جریان گاز از بستر شنی، پارچه‌ای، مواد فشرده پرز دار فیلترهای سرامیکی ...)
- جداسازی در میدان الکتریکی (با عبور جریان گاز از میدان الکتریکی قوی، آن را باردار کرده و یون‌های گاز بروی ذرات می‌نشینند در نتیجه ذرات غبار بار دار شده به سمت صفحات با بار مخالف حرکت می‌کنند روی صفحات جمع کننده ته نشین می‌شوند).

با وجود اینکه انتشار ذرات غبار در صنعت سیمان اجتناب ناپذیر است بخش قابل ملاحظه‌ای از آن دوباره در محوطه کارخانه نشست می‌کند که با عبور مرور افراد و جریان باد این ذرات ریز می‌توانند مجدداً در هوا منتشر شده و سبب آلودگی شوند اقداماتی که برای مقابله با این پدیده مؤثر است عبارت‌اند از:

- ایجاد فضای سبز
- محوطه سازی و استفاده کمتر از مسیرهای خاکی
- پاشش یا شستشو با آب
- جلوگیری از تخلیه
- انباشت ضایعات در محوطه
- استفاده از غبار به وسیله یکی از روش‌های بازیافت غبار
- استفاده از شوت‌های مناسب جهت تخلیه و ریزش مواد مختلف
- برنامه منظم و جدی برای نظافت و استفاده از تجهیزاتی همانند جاروهای مکنده
- پاشش آب به مقدار کافی بر روی مواد بارگیری شده در کامیون‌ها با استفاده از سیستم‌های خودکار الکترونیکی
- پاشیدن آب بر روی مواد خام در حال انتقال در قسمت‌های مختلف کارخانه
- استفاده از سیستم‌های پاشش آب در محل تخلیه مواد خام توسط کامیون
- استفاده از احاطه کننده‌ها تا مانند محافظ وسیله مزبور را پوشانند هوابندی و درز بندی کامل تجهیزات و جلوگیری از انتشار و ریزش گرد و غبار
- استفاده از ماسک‌های مناسب بر اساس حد تراکم گرد و غبار



- استفاده از عینک‌های مخصوص گرد غبار
- اسپررومتری (تست تنفس) کنترلی

استفاده از غبارهای دور ریز:

غباری که توسط فیلترهای مختلف در واحد تولید سیمان گرفته می‌شود اصولاً به چرخه تولید بازمی‌گردند مثلاً غبار دریافتی از بخش آسیاب سیمان را می‌توان در موارد زیر به کاربرد:

- به‌عنوان افزودنی به آسفالت برای روکش کردن پل‌های فلزی
- در تولید سیمان‌های گیرش سریع
- در ترمیم ترک‌های چاه نفت و...

اما از غبار کوره سیمان با توجه به ترکیب خاصی که دارد نمی‌توان در کوره استفاده کرد هم اکنون نیز در کارخانجات سیمان کشورمان به آن به‌عنوان دور ریز صنعتی نگاه می‌کنند اما در این اواخر بر کاربرد آن تأکید می‌شود. چرا که انرژی زیادی جهت آماده‌سازی و کلسیناسیون جزئی صرف شده است و دور ریختن آن موجب اتلاف انرژی و هزینه می‌گردد و دیگر اینکه حجم زیاد این مواد هزینه زیادی برای دفع آن نیاز است و انباشته شدن آن نیز اثرات زیست محیطی جبران ناپذیری دارد لذا پیشنهادانی برای کاربردهای زیر شده است .

- به‌عنوان پرکننده در بتن‌های اسفالتی
- افزودن غبار به سیمان تولیدی
- جامد سازی لجن‌های نفتی
- تثبیت لجن فاضلاب‌های شهری
- کاربرد غبار در جذب گوگرد دی اکسید تولیدی نیروگاه‌ها
- افزودن غبار به مواد اولیه بعد از فرایند شستشو
- تولید کلینکر از غبار بعد توسط یک سیستم جانبی
- تهیه آجر و سایر مصالح ساختمانی
- موارد محدود مکمل خوراک حیوانات خنثی سازی ضایعات اسیدی صنعتی

۶. رویکرد صنعت سیمان به استفاده از پاکت‌های کاغذی در بسته بندی

از آنجایی که در معدود کارخانجات سیمان استفاده از کیسه‌های پلی پروپیل برای بسته بندی باب شده است این موضوع را باید مورد بحث قرار داد. باید توجه داشت اثرات مخرب و زیست محیطی که این نوع کیسه‌ها دارند باعث ممنوعیت استفاده از آن‌ها در صنعت سیمان شده و حتی در صورت مصرف در کشورهای پیشرفته جریمه‌های سنگینی در نظر گرفته شده است. کسانی که به سلامت خود و فرزندان‌شان توجه دارند و نسبت به جامعه و زادگاه خود تعهد دارند و خود را در مقابل آیندگان



مسئول می‌دانند، باید توجه داشته باشند کاربرد پاکت‌های کاغذی پیشرفته که با تکنولوژی جدید ساخته شده‌اند خالی از لطف نیست این خود گامی کوچک برای هدف بزرگ زنده نگه داشتن زمین و محیط زیست برای آیندگان می‌باشد.

۷. مواردی از طرح‌های اجرا شده در دنیا:

روستای اسلاویت در کشور سوئد با جمعیتی بالغ بر دو هزار نفر دچار مشکل جدی تأمین گرما شده بودند. کارخانه سیمان مجاور این روستا با ارایه راه کاری اقدام به رفع این نیاز نمود. این کارخانه از انرژی گرمایی اتلافی در قسمت سرد کن کلینکرو گازهای انتشار یافته از دودکش‌ها برای تأمین گرما در چهار بخش استفاده نموده که به شرح زیر می‌باشد:

واحدهای تولید سیمان و نیروگاه برق، خانوارها، خدمات شهری، گلخانه‌های پرورش گیاهان بوته‌ای

اجرای این پروژه سبب صرفه اقتصادی و صرفه جویی انرژی و حل مشکل تأمین بخشی از گرمای مورد نیاز منطقه و کارخانه شد [14].

در کارخانه سیمان آ.گ واقع در کشور آلمان تدابیری در جهت بازیافت انرژی گرمای اتلافی کوره دوار انجام شد که در بخش‌های سیستم‌های تهویه و گرمایشی ساختمان و هم چنین سیستم‌های آب گرم کن صنعتی کارخانه مورد استفاده قرار داده شد.

کارخانه سیمپور در کشور پرتغال برای کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی از لاستیک‌های فرسوده به عنوان سوخت‌های جایگزین در جهت تأمین بخشی از انرژی حرارتی مورد نیاز اقدام کرد، که این پروژه نقاط قوت ضعفی را به همراه داشت. در ایران نیز در یکی از کارخانه‌های سیمان طرحی مشابه انجام شد، ولی به دلیل عدم همکاری سازمان‌های متولی طرح متوقف شد [16].

در حال حاضر بسیاری از کشورهای پیشرفته و در حال توسعه از این سوخت در صنعت سیمان استفاده می‌کنند، برای نمونه کشور لهستان ۷۰ درصد از لاستیک‌های فرسوده تولیدی را از این روش بازیافت می‌کند.

در آمریکا سهم سالانه صنعت سیمان ۱۳۱ میلیون حلقه (حدود ۴۰ درصد) از کل لاستیک‌ها هست. از آنجایی که رایج‌ترین سوخت جایگزین کشورهای اروپایی در صنعت سیمان لاستیک‌های مستعمل می‌باشد، در کشورهایی همچون آلمان و انگلستان نیمی از سوخت و همچنین در فنلاند، لوکزامبورگ و پرتغال به عنوان تنها سوخت محسوب می‌شوند.

در سال ۲۰۰۹ طرح اجرایی بر روی یک کارخانه سیمان در اسپانیا صورت گرفت که ۲۰ درصد از سوخت مصرفی شامل لجن و ۸۰ درصد آن کک نفتی بود. بر اساس آمار سه راه برای انتقال بیماری و ایجاد سرطان در افراد وجود داشت ۱- استنشاق هوای آلوده ۲- جذب پوستی ۳- بلع خاک و گرد و غبار که طبق تحقیقات استفاده از لجن فاضلاب به جای سوخت‌های فسیلی خطر ابتلا به سرطان ناشی از تماس با آلاینده‌های فلزات سنگین و هم چنین تماس با دیوسین و فوران را ۴۵۶٪ مورد به ازای یک میلیون فرد بالغ کاهش داده است.

کارخانه سیمان بنی ملال در سال ۲۰۱۲ قراردادی را با شرکت وکوپال فیول تراک برای ساخت یک خط انتقال قطعات خرد شده لاستیک مستعمل به کلسایتر منعقد کرد. به طوری که این خط انتقال بتواند در آینده زباله‌های جامد را نیز جابجا کند. [17]



شش کارخانه سیمان در لهستان از سوخت های جایگزین استفاده می‌کنند. چند مورد آن‌ها در مالوگوسچ و کوچی قرار دارند که در اوایل دهه ۱۹۹۰ استفاده از سوخت‌های جایگزین را آغاز کردند. آن‌ها هر دو از سوخت‌های جایگزین ساخته شده از زباله استفاده می‌کنند [18]

۸. نتیجه گیری:

طبق تحقیقاتی که در زمینه صنعت سیمان و تأثیرات آن بر روی محیط زیست در جهان صورت گرفت، کارخانه‌های موفق در این مسیر واحدی بودند که مشکلات را با روشی خاص برطرف نمودند. مشکلات را به بخش‌های کوچک تقسیم کردند و هر یک را به صورت مجزا تحلیل و چاره جویی نمودند. تمام جوانب اقتصادی، زمانی، جغرافیایی و... را مورد بررسی دقیق قرار دادند. برای حل مشکل آلودگی صوتی در محیط اطراف، هر یک از دستگاه‌های تولید سر و صدا را به طور مجزا مورد مطالعه قرار دادند. سپس با اصلاح ساختار و حتی مکان قرار گیری دستگاه‌ها دنبال رفع مشکل تک تک اجزا تشکیل دهنده آن‌ها پرداختند. در واقع با انجام اصلاحات کوچک امکان برطرف نمودن بخشی از مشکلات با کمترین هزینه و زمان میسر است و می‌توان به نتیجه مطلوب دست یافت. همچنین اگر اقداماتی در جهت اصلاح برداشته شود باید به منابع و ذخایر موجود منطقه و کشور توجه لازم داشت. به عنوان نمونه کارخانه‌ای که در نظر دارد از لاستیک‌های فرسوده به عنوان سوخت جایگزین استفاده کند باید پیش بینی تأمین منبع مورد نظر را برای سال‌های متوالی داشته باشد و چه بسا طرح‌هایی که به علت در نظر نگرفتن این نکته با مشکلاتی مواجه شده اند (کارخانه سیمان سیمپور در پرتقال). لذا بهتر است از طرح‌ها و تجربیات کشورهایی که در جهت اصلاح و بهبود گام‌های مفیدی برداشته‌اند استفاده گردد. به طور مثال کشورهای پیشرفته در چند سال اخیر به علت آلودگی‌های فراوان زیست محیطی تولید سیمان را کاهش داده‌اند و یا واحد‌های تولیدی را به کشورهای نظیر، عراق، امارات و قطر و... انتقال داده‌اند. [19]

۹. منابع :

۱- دکتر نورپور، علیرضا، انرژی و محیط زیست در صنایع سیمان، تهران، موسسه انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۳.

۲- عزیزیان، م.، تکنولوژی پخت سیمان، انتشارات کتاب دانشجو، ۱۳۸۷.

3- www.cementtechnology.ir

4- <http://gatch.blogfa.com/post-601.aspx>

5-Anjan Chatterjee, Tongbo Suib, (2019) Alternative fuels Effects on clinker process and properties, Cement and Concrete Research, Volume 123, September 2019, 105777.

6-W, Schakela, C, R, Hungb, L-A, Tokheimc, A, H, Strømmanb, E, Worrel, A, Ramírez, d, «Impact of fuel selection on the environmental performance of postcombustion calcium looping applied to a cement plant», Applied Energy 210 75-87

۷- کتاب: بررسی اثرات زیست محیطی صنعت سیمان و راهکارهای کاهش آن



بررسی اثرات زیست محیطی صنعت سیمان و راهکارهای کاهش <https://www.academia.edu/8853753/>

8-H.V.Fuchs, «Sound absorbers for heavily fouling exhaust gas system»,ZKG,No.7/1993,pp:

E185-E191

9-Jacobsen, F., Poulsen, t., Rindel,J.H.,Christian Gade, A.,Fundamentals of acoustics and noise control,Technical university of Denmark,2011

۱۰- مهندس حسین چهرگانی، دکتر فریبا محسن زاده، کنترل آلودگی سر و صدا در صنعت سیمان، ماه نامه علمی تخصصی فناوری سیمان دی ماه (۱۳۹۰)

11-. Aghamolaii1, Gh. Lashkaripour, M. Ghafoori,(2014-2016), Iran Occupational Health, Vol. 12, No. 2, June-July 2015

12-Rasoli S, Khatibzadeh S, Seifolahzadeh A. Air pollution in the cement industry. the first specialized seminars environment and color, Tehran. 2003:1-10. [Persain]

13-Edwards,J.H.,potential sources of CO2 and the options for its large-scale utilization now and in the future, Catalysis today,23,59-66,1995.

14-Sirchis, J.(2005),Energy efficiency in the cement industry,Elsevier applied science,London and New Yor,.

15- Noorpoor,A.R., Hejrati,S.M.(2013),heat recovery from rotary cement kiln ,International conference on cement industry,energy and environment,.

۱۶- تاجیک، م. ر.، سالم، ش.، جزایری، س. ح.، انواع سوخت‌های جایگزین مرسوم در صنعت سیمان و انتخاب سوخت مناسب برای صنعت سیمان ایران، دهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران، ۱۳۸۴.

17-Zschiesche, W. and Menzel, K., "Systems for the Use of Alternative Fuels in Cement Production", World Cement, February 2014, pp. 73-76.

18-Eugeniusz Mokrzyckia, , Alicja Uliasz-Bochen´ czyka, MieczysawSarnab,« Use of alternative fuels in the Polish cement industry»Applied Energy 74 (2003) 101–111

19- <https://mimt.gov.ir>



دانشگاه حکیم
نعمانی

اولین کنفرانس بین‌المللی، پنجمین کنفرانس ملی و نمایشگاه جانبی
صنعت سیمان و افق پیش رو
ایران/تهران ۲۰-۱۹ آبان ۱۳۹۸

