

# بررسی وضعیت پایش، نگهداری و مشکلات رسوب دهنده های الکتروستاتیک در برخی کارخانجات سیمان ایران

سعید متصدی زرنندی<sup>۱</sup> - هستی دارائی<sup>۲</sup> - محمد حسن پیراسته<sup>۳</sup>

## چکیده

زمینه و هدف: در صنایع تولید سیمان، در نتیجه ی خرد کردن، آسیاب کردن، جابجایی، تخلیه و پخت مواد در کوره، غبار تولید می شود. رسوب دهنده های الکتروستاتیک (ESP) گسترده ترین تکنولوژی کاربردی برای حذف ذرات خطرناک در کارخانجات سیمان هستند. روش تحقیق: در این تحقیق که یک مطالعه ی توصیفی- مقطعی بوده با توجه به مطالعات گوناگون و استانداردهای مربوط به آن و کاتالوگ های این دستگاه ها، پرسشنامه هایی طراحی گردید. سپس این پرسشنامه ها بین کارخانجات مورد مطالعه توزیع گردید و اطلاعات زیر به دست آمد و از نرم افزار SPSS و آزمون کای دو برای تجزیه و تحلیل داده ها استفاده شد. یافته ها: نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که حداکثر راندمان حذف ذرات توسط سیستم ESP در حدود ۹۹/۹۸ درصد به دست آمد. همچنین مشاهده شد که بالا رفتن گاز مونوکسید کربن مؤثرترین عامل خاموشی ناگهانی سیستم ESP است. نتایج نشان دادند که بیشترین میزان پایش و نگهداری در سیستم های کنترل ذرات در ESP برای پایش سالانه ۹۴ درصد بود. نتیجه گیری: نتایج تحقیق نشان داد که به دلیل عدم دقت در پایش ها و عدم انجام پایش های روزانه، هفتگی و ماهانه مشکلات این سیستم های کنترلی روز به روز بیشتر می شود و راهکارهایی همچون طراحی دقیق برنامه ی پایش ها، تربیت نیروی انسانی کاری، تغییر و جایگزینی سوخت و نوسازی و بهسازی تکنولوژی ها می توانند در مرتفع کردن این مشکلات نقش اساسی ایفا نمایند.

کلیدواژه ها: آلودگی هوا؛ ذرات؛ صنعت سیمان؛ رسوب دهنده ی الکترو استاتیک؛ نگهداری

افق دانش؛ فصلنامه ی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی گناباد (دوره ی ۱۷؛ شماره ی ۳؛ پاییز ۱۳۹۰)

پذیرش: ۱۳۹۰/۶/۲۳

اصلاح نهایی: ۱۳۹۰/۶/۸

دریافت: ۱۳۸۹/۶/۳۱

۱- دانشیار، دکترای بهداشت محیط، دانشکده ی بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران

۲- نویسنده ی مسؤول؛ کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی البرز

آدرس: کرج- ۴۵ متری گلشهر- دانشگاه علوم پزشکی البرز- دانشکده ی بهداشت- گروه مهندسی بهداشت محیط

تلفن: ۰۲۶۱-۴۳۳۶۰۰۸ نمایر: ۰۲۶۱-۴۳۱۹۱۸۸ پست الکترونیکی: hasti.daraei@yahoo.com

۳- دکترای مهندسی محیط زیست، شرکت مادر تأمین و فارس خوزستان

## مقدمه

مختلفی همچون کوره ی دوار، آسیاب مواد خام، خنک کننده کلینکر، آسیاب سیمان و زغال، محتوای غبار و سایز ذرات به طور مؤثری سازگاری داشته باشد (۵). راندمان حذف غبار در این سیستم ها به شرایط بهره برداری همچون اندازه، غلظت و ترکیب ذرات، دما، حجم و پخش گاز دارد (۶). رسوب دهنده ی الکتروستاتیک یک وسیله برای حذف ذرات ریز از جریان گاز می باشد که عملکرد آن از طریق باردار کردن ذرات و انتقال آن ها به پلیت های جمع آوری توسط ایجاد یک میدان الکتریکی می باشد. رسوب دهنده های صنعتی، مکانیسم بر هم کنشی کاملی بین میدان الکتریکی، جریان گاز و جریان ذرات دارد (۷،۸). اکثر ESP ها برای ۱۵ سال کارکرد ساخته شده اند و عملکردشان با افزایش زمان کارکرد رو به وخامت می رود. در اثر افزایش فشار برای تطابق با استانداردهای محلی و ملی کیفیت هوا، ضروری است که این دستگاه به درستی در تمام زمان کار کند (۹). رسوب دهنده ها در حدود ۹۹/۹ درصد و حتی بیشتر گرد و غبار را از جریان گاز خروجی جداسازی می کنند (۱۰). عملکرد طولانی مدت و موفق یک ESP به پایش مؤثر، روش های روشن و خاموش کردن و روش های نگهداری و بهره برداری آن ارتباط دارد. علیرغم طراحی مناسب ESP و با در نظر گرفتن راندمان بالای حذف در صورتی که روش های فوق به طور مناسب و مطلوب مورد توجه قرار نگیرد، میزان کاهش و حذف ذرات دچار اختلال شدیدی خواهد شد و راندمان حذف به طور غیر منتظره ای پایین خواهد آمد. ESP ها مزایای زیادی از جمله هزینه ی ساخت کم، نداشتن هزینه ی گرمایش اضافی و راندمان بالای جمع آوری دارند (۱۱). این مزایا می تواند به دلیل استفاده ی نامناسب و نگهداری نامطلوب به نقاط ضعفی تبدیل گردیده و عملکرد ESP را در محدوده ی بحرانی قرار دهد. از این رو یک ESP باید مطابق با اصول طراحی شده مورد بهره برداری، نگهداری و پایش مناسب قرار گیرد. پرسنل کارخانه باید در جهت اجرای این عملیات با اطمینان و کارایی آموزش ببینند. بهره برداری و نگهداری فیلتر برای عمر و راندمان تجهیزات سیمان مهم هستند (۱۲). لذا این تحقیق با هدف بررسی نحوه ی عملکرد، پایش و بروز مشکلات موجود در سیستم رسوب دهنده ی الکتروستاتیک در کارخانجات سیمان انجام گردید.

آلودگی هوا یکی از مشکلات جدی مهم در شهرها است. روزانه مقادیر زیادی از گازهای مخرب و سمی، آلاینده ها و ذرات خطرناک از طریق کارخانجات، نیروگاه ها و ساخت و ساز وارد محیط می شوند (۱). صنعت سیمان از زمان های گذشته با مشکلات حفاظت از محیط زیست مواجه گردیده است. اثرات کارخانجات سیمان بر محیط زیست به صورت منطقه ای است که اغلب حداکثر تا فاصله ی کیلومتری اطراف آن محدود می گردد. با توجه به این که لیست آلاینده ها در صنعت سیمان بسیار طویل می باشد به همین دلیل محیط زیست در جستجوی راه حل هایی برای رفع مشکلات زیست محیطی آن از طرق مختلف و با در نظر گرفتن محدودیت های موجود می باشد (۲). در حال حاضر ۳۴ کارخانه ی تولید سیمان در ایران وجود دارند که با اتمام طرح های در دست اجرا به ۵۵ عدد خواهد رسید (۱). در کارخانجات سیمان مواد آهکی و مواد رسی در شرایط خشک با هم مخلوط و سیمان تولید می گردد که شامل مراحل مختلفی شامل پیش حرارت دهی، کلینکرسازی، خنک کردن کلینکر، عملیات خرد کردن و انبار کردن می باشد (۳). در هر مرحله گاز و گرد و غبار زیادی تولید می شود که این ذرات و گرد و غبار تولیدی از نظر خواصی نظیر دما، رطوبت، قطر ذرات، ترکیب شیمیایی و غیره متفاوت خواهند بود (۴). به منظور کاهش اثرات نامطلوب و کنترل و کاهش آلاینده ها در حال حاضر در کارخانجات سیمان ایران فقط به کنترل ذرات و سیستم های حذف آن ها توجه شده و در این رابطه سه نوع سیستم برای غبارگیری گازهای خروجی از کوره ی مواد خام کارخانجات سیمان شامل رسوب دهنده ی الکتروستاتیک<sup>۱</sup>، فیلترهای کیسه ای<sup>۲</sup> و فیلترهای هیبرید<sup>۳</sup> استفاده می شود (۲). فیلترهای کیسه ای و رسوب دهنده های الکتروستاتیک بیشترین کاربرد را در کارخانه های سیمان دارند. هر چند که در بعضی از کارخانجات از فیلترهای هیبریدی نیز استفاده می گردد (۴). رسوب دهنده های الکتروستاتیک برای تمیزسازی گاز در هر مرحله از ساخت سیمان به کار می رود. این سیستم ها باید با شرایط گاز خروجی از قسمت های

- 1- Electrostatic Precipitator
- 2- Bag House
- 3- Hybrid Filter

### روش تحقیق

سپس این پرسشنامه ها مورد ارزشیابی اولیه و در نهایت مورد عملیات تعیین روایی توسط متخصصین محیط زیست در کارخانجات مربوطه قرار گرفت. پایایی پرسشنامه با استفاده از روش آزمون - پس آزمون تعیین و ضریب همبستگی ۰/۸۷ به دست آمد. از بین ۳۴ کارخانه ی سیمان موجود در ایران، ۱۲ کارخانه به صورت تصادفی به عنوان نمونه انتخاب و بررسی های آماری بر روی آن ها انجام شد و هنگام انتخاب کارخانه ها تصمیم گرفته شد که در هر منطقه از کشور (شامل: شرق، غرب، شمال و جنوب) حداقل یک کارخانه لحاظ شود در نهایت پس از دریافت پرسشنامه های تکمیل شده نتایج وارد نرم افزار SPSS شده و برای بررسی و تجزیه و تحلیل داده ها از آزمون آماری کای دو استفاده گردید. در طی این مقاله به هر یک از کارخانجات یک کد داده شد. به طوری که از هیچ یک این کارخانجات نامی برده نشد. موقعیت قرارگیری کارخانجات در شکل ۱ آورده شده است.

این مطالعه یک مطالعه ی توصیفی - مقطعی بوده که در سال ۱۳۸۹-۱۳۸۸ انجام شد. روش کار در این تحقیق استفاده از پرسشنامه و ارسال آن ها به کارخانجات سیمان ایران بود. در نهایت این پرسشنامه ها با همکاری محقق و مسؤول محیط زیست کارخانجات مربوطه تکمیل گردید. بنابراین با توجه به استانداردهای مربوطه، بهره گیری از مقالات گوناگون و کاتالوگ های تجهیزات، پرسشنامه ای با مضمون اطلاعاتی در مورد تعداد ESP در کارخانجات، اطلاعات کلی و جزئی مربوط به سیستم ESP، اطلاعات مربوط به عملکرد سیستم و در نهایت چک لیست های مورد نیاز برای پایش های روزانه، هفتگی، ماهانه، فصلی و سالانه تهیه و تنظیم شد. این پرسشنامه در ۲ بخش طراحی گردید که بخش اول آن مربوط به اطلاعات کلی کارخانه و ویژگی های محیط کارخانه و بخش دوم پرسشنامه شامل اطلاعات مربوط به سیستم ESP بود.



شکل ۱: موقعیت قرارگیری کارخانجات سیمان مورد بررسی در این پژوهش روی نقشه ی ایران

### یافته ها

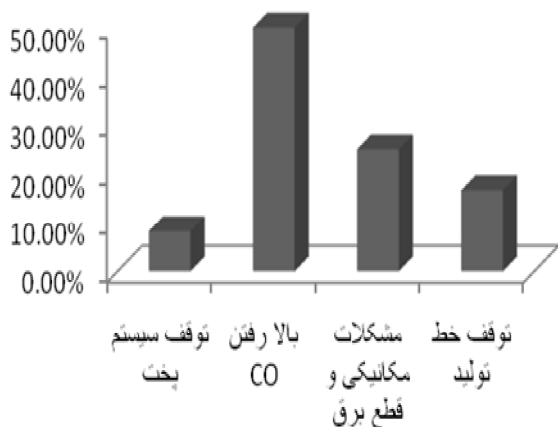
اطلاعات کلی راجع به سیستم های کنترلی، در زمینه ی بررسی شرایط عمومی کارخانجات نیز مواردی در نظر گرفته شده که جدول ۱ ارزیابی نتایج به دست آمده از این موارد را نمایش می دهد.

نتایج حاصل از مطالعه ی انجام شده در بخش های گوناگون به شرح زیر ارائه می شود: همان گونه که اشاره شد در پرسشنامه ی تدوین شده علاوه بر

جدول ۱: اطلاعات کلی کارخانجات سیمان مورد مطالعه

کد کارخانه	مساحت کارخانه (هکتار)	فاصله ی کارخانه تا شهر (km)	فضای سبز داخل کارخانه (هکتار)	تعداد کارگران (نفر)	ظرفیت تولید (تن در روز)
۱	۵۵	۰	۷۶	۹۳۹	۳۹۰۰
۲	۴۰۰	۴۵	۵۰	۴۲۰	۷۵۰۰
۳	۶۲	۰	۱۸	۳۰۷	۲۱۰۰
۴	۲۰	۵	۲۲۰	۵۸۰	۸۰۰۰
۵	۵۵۰	۴۵	۱۱۰	۲۵۹	۱۰۰۰
۶	۶۰	۱۲	۰	۲۵۰	۳۰۰۰
۷	۲۵	۲	۴	۳۰۰	۴۱۶۰
۸	۱۰۸	۱۷	۳۵	۴۰۰	۳۰۰۰
۹	۸۰	۳۷	۲۵	۳۲۶	۵۲۰۰
۱۰	-	۱۰	۱۰	-	۲۷۰۰
۱۱	۵۵	۲۴	۱۶	۱۹۶	۵۰۰
۱۲	۲۸۸	۳	۸۵	۱۵۹۱	۳۳۰۰
میانگین	۱۵۵	۱۷	۵۴	۵۰۶	۳۶۹۷

علاوه بر موارد فوق بررسی عامل اصلی shut down در ESP که یکی از مشکلات اساسی این سیستم و انتشار ناگهانی ذرات به محیط زیست می باشد، نشان داد که در حدود ۵۰ درصد عامل خاموشی ناگهانی در این سیستم مربوط به افزایش گاز CO و حدود ۲۵ درصد این عامل مربوط به قطع ناگهانی برق می باشد. نمودار ۱ درصد عوامل خاموشی در ESP را به تفکیک مقدارشان نمایش می دهد.



نمودار ۱: تعیین عامل اصلی shut down در سیستم کنترلی ESP در کارخانجات سیمان مورد مطالعه

جهت بررسی راندمان سیستم رسوب دهنده ی الکتروستاتیک، نسبت به تعیین بار ورودی و خروجی اقدام گردید و سپس راندمان به دست آمده با راندمان تئوری مقایسه گردید. طبق نتایج حاصله متوسط راندمان ESP برابر ۹۹/۶ درصد و حداقل راندمان این سیستم ۹۸ درصد می باشد. نتایج حاصل از بررسی تعداد ساعات کاری سیستم های ESP بر اساس ساعت بر روز و ساعت بر سال نشان داد که در حدود ۹۱/۷ درصد از سیستم های بررسی شده در حدود ۲۴ ساعت در روز به صورت مداوم کار می کنند و همچنین مشخص شد که ۶۶/۷ درصد از این سیستم ها ۷۲۰۰ ساعت در سال کار می کنند.

در ارتباط با عمر متوسط سیستم، ESP و متوسط عمر الکترودهای این سیستم نتایج نشان می دهد که ۳۰ درصد از ESP ها در کارخانجات سیمان ایران ۲۵ سال و در سایر کارخانجات کمتر از ۱۰ سال عمر می کنند و همچنین ۳۰ درصد از الکترودهای موجود در آن ها ۲۰ سال عمر می کنند. در ارتباط با تعداد کل shut down ناگهانی که سیستم ESP در سال دارد، مشخص شد که در حدود ۶۳/۶ درصد از رسوب دهنده های الکتروستاتیک در کارخانجات مربوطه ۳ بار در سال به طور ناگهانی shut down می شوند.

نتایج بررسی مشکلات عمده در ESP نشان می دهد که بیشترین مشکل مربوط به وجود فرسودگی در سیستم با میزان ۸۰ درصد و بعد از آن افزایش دما با میزان ۶۶/۷ درصد بوده است. نتایج

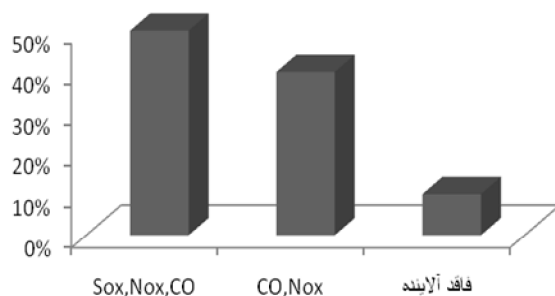
جدول ۲: درصد فراوانی نسبی مشکلات اصلی موجود در ESP در کارخانه های سیمان مورد بررسی

وجود مشکل	فرسودگی	اتصالات و کابل ها	دمای بالا	خورندگی	میانگین وجود مشکلات
بله	۸۰	۳۳/۳	۶۶/۷	۴۵/۵	۵۶/۳۷
خیر	۲۰	۶۶/۷	۳۳/۳	۵۴/۵	۴۳/۶۲

جدول ۳: نحوه ی اندازه گیری غبار در خروجی سیستم ESP در کارخانجات مورد مطالعه

نوع سیستم اندازه گیری غبار	درصد اندازه گیری در سیستم ESP
دستی	۷۵/۰
On line	۱۶/۷
فاقد سیستم پایش ذرات	۸/۳

نتایج حاصل از بررسی گازهای خروجی از دودکش کارخانجات مورد مطالعه نشان می دهد که مجموع انتشار  $SO_x$ ،  $NO_x$  و CO بیشترین میزان را به خود اختصاص داده و در مجموع ۵۰ درصد می باشد. نمودار ۲ نمایانگر میزان انتشار گازهای آلاینده ی منتشر شده است. حدود ۸ درصد از کارخانجات بررسی شده نشان داده شد که فاقد آلاینده های گازی هستند.



نمودار ۲: بیشترین آلاینده ی گازی خروجی در کارخانجات سیمان مورد مطالعه

با توجه به آزمون کای دو که بر روی دو پارامتر سوخت و آلاینده ی گازی صورت گرفت، مشخص شد که رابطه ی معنی داری بین نوع سوخت و آلاینده های گازی خروجی

به دلیل تنوع مشکلات مربوط به ESP در کارخانجات سیمان مورد مطالعه و همچنین تعیین رتبه ی مربوط به هر کارخانه، به هر یک از مشکلات امتیاز مشخصی داده شده تا بتوان کارخانجات را در گروه های دارای مشکل کم، متوسط و زیاد تقسیم بندی نمود. شایان ذکر است در امتیازدهی به هیچ یک از مشکلات اولویتی داده نشده و درجه بندی در این زمینه صورت نگرفته است. لذا با توجه به موارد فوق کارخانه ای که در محدوده ی امتیازی ۵-۰ قرار می گیرد با هدف بررسی نحوه ی عملکرد، پایش و بروز مشکل موجود در سیستم رسوب دهنده ی الکتروستاتیک در کارخانجات سیمان انجام گردید. کارخانجات با کمترین مشکلات و کارخانجاتی که امتیاز آن ها بیش از ۱۵ می شود دارای بیشترین مشکل در زمینه ی ESP هستند.

با توجه به این امتیاز بندی مشخص شد که در حدود ۱۶/۷ درصد از کارخانجات مورد بررسی در این تحقیق دارای بیشترین مشکل در سیستم کنترلی ESP هستند و ۲۵ درصد از این کارخانه ها دارای کمترین مشکل در این زمینه بوده اند. همچنین مشکلات مربوط به خوردگی، اتصالات و کابل ها، فرسودگی و دمای بالا در ۵۰ درصد کارخانجات از اهمیت خاصی برخوردار نبوده است.

نتایج حاصل از بررسی نحوه ی اندازه گیری ذرات در خروجی ESP نشان داد که در حدود ۸/۳ درصد از کارخانجات دارای سیستم کنترلی ESP فاقد سیستم اندازه گیری بودند. اطلاعات به دست آمده از این موضوع در جدول ۳ آورده شده است.

خورنده هستند.

از بررسی میزان و نحوه ی پایش های معمول در ESP نتایج زیر حاصل شد. بیشترین میزان پایش ها در حدود ۹۴ درصد مربوط به پایش های سالانه و کمترین آن در حدود ۷۲ درصد مربوط به پایش های ماهانه بود. در این رابطه به عملیات مندرج در هر گروه پایش، امتیاز مشخصی داده شد و سپس درصدگیری صورت گرفته است. نتایج حاصل از بررسی پایش در ESP در جدول ۴ آورده شده است. در ارتباط با نحوه ی پایش های روتین در سیستم ESP که طبق استاندارد باید به صورت روزانه، هفتگی، ماهانه و سالانه انجام شود، نتایج زیر حاصل گردید.

جدول ۴: درصد پایش های روتین برای سیستم کنترل ESP در کارخانجات سیمان مورد مطالعه

کد کارخانه	پایش روزانه	پایش هفتگی	پایش ماهانه	پایش فصلی	پایش سالانه
۱	۷۵	۳۳/۳	۶۶/۶	۶۶/۶	۸۸/۹
۲	۷۵	۱۰۰	۱۰۰	۶۶/۶	۱۰۰
۳	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۶۶/۶	۱۰۰
۴	۵۰	۱۰۰	۳۳/۳	۱۰۰	۱۰۰
۵	۷۵	۳۳/۳	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۶	۵۰	۶۶/۶	.	.	۷۷/۸
۷	۲۵	۶۶/۶	۳۳/۳	۶۶/۶	۶۶/۶
۸	۷۵	۶۶/۶	۳۳/۳	۶۶/۶	۱۰۰
۹	۵۰	۶۶/۶	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۰	۱۰۰	۶۶/۶	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۱	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۶۶/۶	۱۰۰
۱۲	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
میانگین	۷۵	۷۵	۷۲	۷۵	۹۴

وجود ندارد ( $p > 0.05$ ). یکی از دلایل عمده ی معنی دار نشدن این تست کم بودن میزان اطلاعات موجود و عدم دسترسی به غلظت اندازه گیری شده ی آلاینده ها بوده است.

در رابطه با نحوه ی باز یافت ذرات به سیستم ESP نتایج حاصله نشان داد که ۵۸/۳ درصد از کارخانجات مربوطه ذرات تولید شده را مجدداً به کوره بر می گردانند و در حدود ۲۰ درصد از کارخانجات ذرات را به سیلو منتقل می کنند.

در رابطه با وضعیت ذرات ورودی به ESP از نظر خوردگی، چسبندگی و مشتعل بودن، آنالیز مربوطه نشان داد که حدود ۳۳/۳ ذرات وارد شده به این سیستم خورنده و چسبنده و ۲۷ درصد از ذرات ورودی به این سیستم

درصد بود که با توجه به حساسیت کارایی این سیستم برای حذف آلاینده ها و کاهش بار آلودگی، این راندمان نیز از حد استاندارد کمتر بوده و احتمالاً عامل این کاهش راندمان عدم توجه به پایش ها به خصوص پایش روزانه می باشد (۱۱، ۱۲). میزان عملکرد سیستم ESP بر حسب ساعت در روز ۲۴ ساعت و در سال ۷۲۰۰ ساعت می باشد که این عملکرد پیوسته ممکن است باعث کارایی ضعیف سیستم و انتشار غبار از آن و همچنین کاهش عمر مفید آن ها گردد. تنها در ۳۰ درصد از کارخانجات مورد بررسی عمر ESP در حدود ۲۵ سال و الکتروود ۲۰ سال به دست آمده که شاید یکی از

با محاسبه ی میانگین پایش ها برای ESP که در حدود ۷۸/۸ درصد به دست آمد، مشخص شد که این پایش ها در سیستم ESP به صورت مناسب و مطابق با استانداردها انجام می شود.

## بحث

در ارتباط با راندمان تئوری و میانگین راندمان به دست آمده در این تحقیق برای ESP راندمان اسمی سیستم در حدود ۹۹/۹ درصد و میانگین راندمان به دست آمده از نسبت بار ورودی و خروجی برای این سیستم در حدود ۹۹/۶۹

ماهانه و سالانه) تأکید داشت. همان گونه که ذکر شد هر یک از این سیستم های کنترلی طبق استانداردها به طور روزانه، هفتگی، ماهانه، فصلی و سالانه مورد پایش قرار می گیرند. با توجه به اطلاعاتی که در این مطالعه به دست آمد و نیز با انجام روش های آماری بر روی داده های موجود، مشخص شد که اکثریت کارخانجات مورد بررسی در این مطالعه پایش های روتین و مناسب مطابق با استانداردها را انجام نمی دهند. با توجه به این که این امر نقشی اساسی در کنترل ذرات از خروجی، کارکرد مناسب سیستم ها، کاهش بار خروجی و بالا رفتن راندمان دارد، رعایت و دقت در این امر باید مورد توجه خاص قرار گیرد. در این بین نقش اساسی را در پایش های روزانه دارد که نسبت به دیگر پایش ها می تواند از اهمیت ویژه ای برخوردار باشد و با در نظر گرفتن این که پایش به موقع و مرتب روزانه باعث کاهش دفعات تعویض الکتروود، کاهش هزینه های تمیز سازی، کاهش ذرات خروجی و در نهایت افزایش راندمان می شود، متأسفانه در این زمینه نسبت به دیگر پایش ها توجه کمتری شده است (۲).

### نتیجه گیری

بر اساس نتایج به دست آمده از این مطالعه، شرایط نگهداری و میزان پایش های معمول خصوصاً پایش های روزانه، هفتگی و ماهانه در کارخانجات سیمان مورد بررسی، مطابق با استانداردهای مربوطه پیش نمی رود. شاید عمده ترین علت کاهش راندمان کاری سیستم های ESP، کاهش عمر مفید آن ها و در نهایت انتشار ذرات به محیط این امر باشد. یکی از دلایل عمده ی مشکلات ESP، نبود نیروی آموزش دیده و متخصص کاری جهت بهره برداری و نگهداری از این سیستم ها می باشد که این امر باعث کاهش عمر سیستم و بروز مشکلات فنی عمده در آن ها می گردد.

پیشنهاد می شود موارد ذیل جهت رفع این مشکل انجام شود:

- ایجاد نظام جامع پایش تجهیزات کنترلی ذرات و گازهای خروجی از فرآیندهای گوناگون کارخانجات سیمان با تأکید بر انجام پایش های روزانه، ماهانه و سالانه

دلایل آن عملکرد پیوسته و بدون وقفه ی سیستم است که این امر موجب بالا رفتن هزینه ها نیز می شود (۴،۲،۱). محاسبه ی تعداد خاموشی ناگهانی نشان می دهد که ۶۳/۶ درصد ESP ها در حدود ۳ بار در سال دچار این وضعیت شده که این امر نقش مهمی در کاهش عمر مفید الکتروودها و سیستم و همچنین انتشار ناگهانی غبار به محیط دارد. در زمینه ی علت اصلی shut down در سیستم کنترلی از نوع ESP، یکی از عوامل اصلی و حتی عمده ترین علت آن بالا رفتن گاز CO می باشد که این گاز به عنوان یکی از آلاینده های اصلی خروجی از کارخانجات سیمان شناخته شده که می توان این مشکل را با کاهش استفاده از سوخت مازوت تا حدودی حل نمود. از دیگر عوامل shut down در این سیستم قطع ناگهانی برق می باشد که این مشکل را نیز می توان با ذخیره سازی و به کار اندازی ژنراتور حل نمود (۸،۲).

در ارتباط با مشکلات موجود در کارخانجات مورد بررسی مشخص شد که عمده مشکل مربوط به سیستم کنترلی ESP مربوط به فرسودگی می باشد. این مشکل ناشی از کهنگی و فرسودگی قطعات و همچنین کاهش زیاد دما که منجر به رسیدن مخلوط گازی به نقطه ی شبنم می شود، می باشد و باید مورد بررسی و تعمیر قرار گیرد. دومین مشکل عمده، مربوط به دمای بالا می باشد که باعث افزایش مقاومت الکتریکی ذرات و در نتیجه کاهش راندمان غبارگیری می گردد که برای پرهیز از این پیشامد باید دما ی حرارتی بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ درجه ی سانتی گراد تعیین شود (۸،۴،۲).

در رابطه با مطالعه در زمینه ی نحوه ی اندازه گیری ذرات در خروجی از سیستم ESP، مشخص گردید در حدود ۷۵ درصد به صورت دستی پایش صورت می گیرد و حدود ۸/۳ درصد نیز فاقد سیستم پایش ذرات در خروجی می باشد که این نحوه ی پایش غیر معقول بوده و باید همگی به صورت On line باشند (۱۱،۲).

در حدود ۶۳/۶ درصد از کارخانجات، ذرات موجود را مجدداً به سیستم کوره باز می گردانند که این امر می تواند نقش مهمی در کاهش آلودگی های ثانویه داشته باشد (۳،۲). این تحقیق بر پایش های روتین (روزانه، هفتگی،

- تبدیل سیستم های اندازه گیری و پایش از حالت دستی به حالت on line به منظور کنترل بیشتر ذرات و گازهای آلاینده

### تشکر و قدردانی

پژوهشگران بر خود لازم می دانند از همکاری شرکت مادر تأمین و فارس خوزستان و کلیه ی پرسنل آن که ما را در انجام این پژوهش یاری دادند نهایت سپاس گزاری و قدردانی را ابراز نمایند.

### References:

- 1- Boudaghpour S, Jadidi A. Investigation of the effect of outlet pollutants of cement production industries around Tehran and approaches to control and eliminate pollutants, Intl J Phy Sci 2009; 4(9), 486-495.
- 2- Chehregani H. Environmental engineering in cement industry, Tehran, Hazegh Publications. 1383; 135-278. [In Persian]
- 3- Ryahi Samani M. Investigation of application precipitations in treatment output gas in cement factories, American Journal of Environmental Sciences 2007; 3 (3): 166-174
- 4- Ghiasedin M. Sanitary affects air pollution, air and sound pollution in law Iran. Tehran, Studies & schematization Center Publications. 1387; 58-62 [Persian]
- 5- Bapat J D. Application of ESP for gas cleaning in cement industry, J Haz Mat 2001; 5(13), 285-308
- 6- Truce R J. Improves electrostatic precipitator performance, american society of new technology mechanical engineers, 2002; 30, 2-16

- تربیت نیروی متخصص کاری جهت بهره برداری از سیستم کنترل به منظور افزایش راندمان کاری و بهره وری بالا  
 - تغییر سوخت از سوخت های آلوده به سوخت های کمتر آلوده از جمله گاز طبیعی  
 - نوسازی و بهسازی تکنولوژی ها و به کارگیری تکنولوژی نوین سیمان جهت کاهش میزان نیروی انسانی و افزایش تناژ تولید و رفع فرسودگی های خطوط تولید و کنترل  
 - رفع عیب و فرسودگی تجهیزات به کار گرفته شده در کارخانجات

- 7- Choi B S, Fletcher C A J. Turbulent particle dispersion in electrostatic precipitators, Journal of Marine Systems 1997; 76, 141- 148
- 8- Jaworek A, Krupa A, Czech T. Modern electrostatic devices and methods for exhaust gas cleaning: A brief review, Journal of Electrostatics, 2007; 12(3), 133-155
- 9- Bapat J. Application of ESP for gas cleaning in cement industry — with reference to India , Journal of Hazardous Materials, 81(3) (2001) 285-308
- 10- Ariana I, Fujita H, Nishida O, Harano W and Kawazoe., Pollutant reduction of diesel exhaust emissions by electrostatic precipitator with water treatment system. Journal of applied sciences in environmental science 2(1); 2007: 13-18.
- 11- Bibbo P, Theodore P, Bouncier A . Electrostatic precipitators; air pollution control equipment-selection, design, operation and maintenance. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall; 1982: 33-44.
- 12- Minamimachi F, Kobe-shi H K. Removal of marine diesel particulate matter by electrostatic precipitator, ICESP X. Australia; 2006: 1-10.



## **Investigation the Status Monitoring, Maintenance and Problems of Electrostatic Precipitation in Cement Factories in Iran**

**Saeed Motesaddi Zarandi<sup>1</sup>, Hasti Daraei<sup>2</sup> and Mohammad Hasan Pirasteh<sup>3</sup>**

### **Abstract**

**Background and Aim:** In cement production factories, dust is produced due to corrosion, grinding, replacement, and baking materials in the furnace. Electrostatic precipitation is one of the most widely applied technologies for the removal of hazardous particles from cement factories.

**Materials and Methods:** In this study, some questionnaires were designed, by attention with several studies and its standards and catalogs of production for this equipment. Then, the questionnaires were distributed in the factories under study and the following information was obtained. The Excel software was used for analyzing the data. The data were analyzed employing t-test and Chi-square.

**Results:** The results of the study showed that the maximum removal efficiency of particles had been obtained to 99.98% by to ESP system. Also, it was observed that the rising CO gas was the most effective factor in the shutdown of ESP systems. The results showed that the maximum rate of monitoring and maintenance in control systems was in the ESP for annual monitoring (94%).

**Conclusion:** The results of the study showed that because of inaccuracy and indifference in daily, weekly and monthly monitoring, problems in the control systems daily are more; and the solutions such as designing monitoring programs, worker training human resources, renewal and improvement in technology can play a fundamental role in alleviating these problems.

**Keywords:** Air pollution, cement plant, electrostatic precipitation, maintenance, particles

**Received:** 22 September 2010

**Revised:** 30 August 2011

**Accepted:** 14 September 2011

*Ofogh-e-Danesh. GMUHS Journal. 2011; Vol. 17, No. 4*

---

1- PhD in Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- **Corresponding Author:** MSc, in Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health, School of Public Health, Alborz University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

**Tel:** +98 261 4336008

**Fax:** +98 261 4319188

**E-mail:** hasti.daraei@yahoo.com

3- PhD of Environmental Engineering, Fars and Khuzestan Cement Company Sully, Tehran, Iran