محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دورهٔ ۶۸، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۴
صفحات ۱۳۵-۱۲۹

بررسی کارایی فیلترهای کیسه‌ای در حذف غبار و فلزات سنگین منتشره از کوره‌های قوس الکتریکی

نبی‌الله منصوری[۱]، فرهاد نژادکورکی[۲]، نرجس‌السادات موسویان ندوشن[۳*]
۱. دانشیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکدهٔ محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی
۲. استادیار گروه محیط زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد
۳. دانشجوی دکتری علوم محیط زیست، یزد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۲- تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۷/۸)

چکیده

فرایندهای صنعتی، گستره‌ای از آلاینده‌های گازی و ذرات حاوی عناصر زیان‌آور را به هوا منتشر می‌کنند. در این میان صنایع فولادسازی، ازجمله منابع عمدهٔ انتشار فلزات سنگین به شمار می‌روند و توجه کافی نداشتن به طراحی، نصب، تعمیر و نگهداری سیستم‌های تصفیهٔ گازها و غبار در آن‌ها از علل افزایش انتشار این آلاینده‌هاست. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش راندمان سیستم فیلترهای کیسه‌ای شرکت فولاد آلیاژی ایران، در حذف ذرات و فلزات منتشره از کوره‌های قوس الکتریکی (EAF) بررسی شد. تعداد ۲۰ نمونه ذرات منتشره ازکوره‌های EAF به روش سیستماتیک در ذوب‌های مختلف هم‌زمان قبل و بعد از سیستم فیلترهای کیسه‌ای، با استفاده از روش استاندارد Method1 EPA به روش ایزوکنتیک Method5 EPA و با استفاده از دستگاه TCR-Tecora برداشت شد. غلظت فلزات سنگین Pb، Cr،Cd و Ni در نمونه‌های اصلی و شاهد، توسط دستگاه AA100/200 VarianSpectr به روش ISO9855 تعیین مقدار شد. نتایج نشان داد راندمان فیلترهای کیسه‌ای در حذف غبارهای خروجی از کوره‌های EAF، به‌طور میانگین ۹۹/۵۸درصد بود. بررسی راندمان فیلترهای کیسه‌ای در حذف فلزات در فرم غبار آن‌ها، بیانگر وجود راندمان‌های متفاوت برای حذف فلزات مختلف است. به‌طوری‌که در مطالعهٔ حاضر کارایی فیلترهای کیسه‌ای در حذف فلزات مورد نظر به‌ترتیب از بیشترین به کمترین مقدار Ni, Cr, Pb و Cd با مقادیر ۹۶/۳، ۹۵/۹، ۹۵/۴ و ۸۴/۶ درصد محاسبه شد. درنهایت اینکه غلظت غبارهای خروجی دودکش از میزان استاندارد کشوری آن کمتر بود.

کلیدواژگان: ذرات، فلزات سنگین، فیلتر کیسه‌ای، کورهٔ قوس الکتریکی.

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۳۵۱۷۲۱۵۶۶۸، ۰۹۱۳۲۵۷۵۸۲۹
Email: n_mousavian@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

افزایش صنعتی‌شدن، محیط زیست را از راه‌های مختلفی ازجمله انتشار آلاینده‌های هوابرد تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. منابع نقطه‌ای انتشار آلودگی، بسته به نوع و فرایند صنعتی، گستره‌ای از آلاینده‌های گازی و ذرات حاوی فلزات سنگین را به هوا منتشر می‌کنند. درنهایت بعد از انتقال از طریق هوا، این آلاینده‌ها به‌صورت نهشت‌های تر و خشک، بر محیط زیست تأثیر می‌گذارند و وارد زنجیرهٔ غذایی می‌شوند (Pöykiö *et al*., 2004). مطالعات مختلف نشان دادند که افزایش مرگ‌ومیر به‌خصوص مرگ‌ومیرهای ناشی از بیماری‌های قلبی- عروقی و قلبی- ریوی با ذرات معلق و به‌ویژه ذرات ریز با قطر کمتر از ۲/۵ میکرون مرتبط‌اند. علاوه بر این، ذرات معلق مواد مضری نظیر عناصر نادر و حتی برخی گازهای آلاینده مانند SO_2 را که بر روی سطوح آن‌ها در فرایندهای احتراق و سایر فرایندهای صنعتی تجمع پیدا می‌کنند نیز با خود حمل می‌کنند (Tohka & Karvosenoja, 2006). ورودی‌های عمدهٔ فلزات نادر به چرخهٔ اتمسفری به‌شدت به فرایندهای انتشار ذرات مربوط می‌شوند (Soltan *et al*., 2005). فلزات سنگینی که در ترکیب ریز و سبک شکل گرفته باشند به‌صورت معلق در هوای محیط باقی می‌مانند و در صورت بارش جوی قسمتی از این آلاینده‌ها در بارش حل می‌شوند و به سطح زمین برمی‌گردند و قسمتی از فلزات که در ترکیب ذرات درشت و سنگین موجود باشند طی زمان، ترسیب می‌شوند و به سطح زمین می‌رسند.

به‌طورکلی وجود فلزات سنگین در هوا یا در غبارهای موجود در هوا سبب افزایش غلظت این عناصر در بدن ساکنان مناطق آلوده از طریق بلع، تنفس و جذب پوستی می‌شود. در بیان اهمیت مسئله شایان ذکر است که در محیط‌های غبارآلود، مشاهده شده است که افراد بالغ بیشتر از ۱۰۰ میلی‌گرم در روز غبار را می‌بلعند. کودکان و اطفال به‌دلیل بازی‌کردن در محیط‌های باز بیشتر معرض هستند و غبار بیشتری می‌بلعند (Farahmand kia *et al*., 2009). فلزات سنگین در محیط زیست و در بدن موجودات زنده پایدارند و به‌صورت تدریجی می‌توانند تجمع یابند و به ترکیبات فلزی سمّی‌تر تبدیل شوند و واکنش‌های مضری از طریق بزرگ‌نمایی زیستی در زنجیرهٔ غذایی در کلیهٔ سطوح موجودات اکوسیستم تولید کنند که برای انسان و سایر موجودات زنده مضر باشند (Wang *et al*., 2010). تأثیرات زیان‌بار فلزات سنگین بر سلامتی انسان از جهات مختلف به اثبات رسیده است و مواجهه با این دسته از آلاینده‌ها موجب مسمومیت‌های حاد و مزمن و بیماری‌های بسیاری ازجمله اختلالات عصبی، فقر مواد غذایی، برهم خوردن تعادل هورمون‌ها، اختلالات تنفسی و قلبی، آسیب‌های کبدی و کلیوی، آلرژی و آسم، انواع سرطان و... (Farahmand kia *et al*., 2009) و حتی مرگ می‌شود (Wang *et al*., 2012). مواجههٔ طولانی‌مدت با فلزات سنگین می‌تواند منجر به پیشرفت کمتر فرایندهای فرسایندهٔ[1] فیزیکی، عضلانی و عصب‌شناختی شود (Dinis & Fiuza, 2011).

پژوهش بر روی مقادیر فلزات سنگین در ذرات اتمسفری شهر نانچانگ[2] نشان داد که آلودگی صنعتی منبع عمدهٔ انتشار فلزات سنگین در ذرات محیطی هوای شهری است (Wang *et al*., 2012). توجه کافی نداشتن به طراحی، نصب، تعمیر و نگهداری سیستم‌های تصفیهٔ صنعتی به‌خصوص تصفیهٔ گازها و غبارها در صنایع، موجب افزایش مشکلات و معضلات محیط زیستی فراوان شده است. فرایندهای تولید آهن و فولاد، آلاینده‌های غیرآلی را در فاز ذره‌ای (روی، کروم، نیکل، سرب، کادمیوم و سایر فلزات یا اکسیدهای فلزی) و فاز گازی (NO_x, SO_2, CO, HF و HCl) منتشر می‌کنند (Odabasi & Bayram, 2009). در صنایع فولادسازی، فرایندهایی که می‌توانند منشأ انتشار ذرات شوند عبارت‌اند از: شارژ قراضه، ذوب

1. Degenerative
2. Nanchang

Archive of SID

www.SID.ir

و تصفیه، تخلیهٔ فولاد، عملیات نورد و تخلیهٔ سرباره (Passant *et al.*, 2002). تولید غبار حدود ۱ـ ۲ درصد وزنی شارژ کورهٔ قوس الکتریکی است. اگرچه ترکیب غبار کورهٔ قوس الکتریکی بسیار متغیر است، اما اصولاً براساس نوع قراضهٔ به‌کاررفته در کوره، این غبار به‌دلیل محتوای فلزات سنگین آن نظیر روی، سرب، کادمیوم و کروم به‌منزلهٔ یک پسماند خطرناک در بیشتر کشورهای صنعتی مورد توجه قرار گرفته است (Lopez & Lopez-Delgado, 2001). با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش سعی بر آن شد تا راندمان سیستم فیلترهای کیسه‌ای شرکت فولاد آلیاژی ایران در حذف ذرات و فلزات منتشره از کوره‌های قوس الکتریکی بررسی شود.

۲. مواد و روش‌ها

در شرکت فولاد آلیاژی ایران از یک سیستم مرکزی تصفیهٔ غبار برای تصفیهٔ گازهای خروجی از ۲ کورهٔ قوس الکتریکی استفاده می‌شود. قبل از شروع دورهٔ نمونه‌برداری، سیستم فیلترهای کیسه‌ای بازنگری و تخلیه شدند. در این پژوهش تعداد ۲۰ نمونه ذرات معلق حاوی فلزات سنگین به روش سیستماتیک به دست آمد. یعنی با هماهنگی انجام‌شده، طوری برنامه‌ریزی شد که در زمان نمونه‌برداری به‌ترتیب طی ذوب‌های مختلف، از کلیهٔ مواد اولیهٔ مرسوم که معمولاً در زمان‌های متفاوت استفاده می‌شد، به‌ترتیب در کوره‌ها شارژ شود و همان موقع، به‌طور هم‌زمان نمونه‌برداری از قبل و بعد از سیستم فیلتراسیون (فیلترهای کیسه‌ای)، انجام شد. محل‌های نمونه‌برداری بر روی دودکش با استفاده از روش استاندارد EPA Method 1 تعیین شدند (EPA, 2003). ۲۰ عدد فیلتر فیبری شیشه‌ای مسطح (با قطر۳۷ میلی‌متر، قطر منفذ ۱ میکرومتر) برای نمونه‌برداری از خروجی سیستم فیلتراسیون گازها یعنی از خروجی دودکش و ۲۰ عدد فیلتر فیبری شیشه‌ای انگشتانه‌ای[1] برای برداشت نمونه‌های غبار قبل از سیستم فیلتراسیون گازها تهیه شدند. از هر ۲۰ فیلتر، ۱۰ عدد به‌منزلهٔ فیلتر شاهد برای محاسبهٔ خطای ترازو در نظر گرفته شد. تمامی فیلترها شامل فیلترهای اصلی و شاهد، قبل از نمونه‌برداری ابتدا شماره‌گذاری و در آون در دمای ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد برای ۱ ساعت خشک شدند و سپس تا رسیدن به دمای محیط، در دسیکاتور قرار گرفتند و بلافاصله به وسیلهٔ ترازوی دیجیتال ساخت شرکت AND با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم، وزن‌کشی شدند (EPA, 2012). قبل از نمونه‌برداری از کالیبره‌بودن تمامی دستگاه‌ها اطمینان حاصل شد. همچنین آزمایش‌های نشتی دستگاه‌ها نیز انجام شد(EPA, 2003). نمونه‌برداری ذرات معلق برای آنالیز فلزات به روش ایزوکنتیک US-EPA Method5 و به وسیلهٔ دستگاه اندازه‌گیری ذرات مدل TCR-Tecora صورت گرفت. هم‌زمان با نمونه‌برداری ذرات میزان دمای گاز خروجی نیز در زمان برداشت هر نمونه، اندازه‌گیری شد. پس از نمونه‌برداری و انتقال فیلترهای نمونه‌برداری شده و شاهد به آزمایشگاه، مجدداً مطابق قبل فیلترها وزن‌کشی شدند. از اختلاف وزن فیلترها قبل و پس از نمونه‌برداری، میزان ذرات جمع‌آوری‌شده محاسبه (EPA, 2003) و با داشتن وزن ذرات و خطای ترازو، وزن دقیق‌تر ذرات نمونه‌برداری‌شده محاسبه شد. پس از وزن‌سنجی، تا زمان آنالیز نمونه‌ها، فیلترها در مکان تاریک و خشک نگهداری شدند. تمامی فیلترهای اصلی نمونه‌برداری‌شده و ۳ عدد فیلتر شاهد که تصادفاً انتخاب شدند (EPA, 2003)، برای آنالیز فلزات Pb، Cd، Cr و Ni توسط دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی Varian SpectrAA 100/200 با اسید مطابق با روش ISO9855 شست‌وشو شدند. روش مربوطه اسیدشویی با ترکیب۱ حجم نیتریک‌اسید غلیظ با ۲ حجم هیدروکلریک‌اسید غلیظ است. حد تشخیص روش مربوطه ۱ میکروگرم است. به‌منظور استانداردسازی میزان ذرات معلق در نمونه‌ها، به روش زیر محاسبه و استانداردسازی انجام شد:

1. Thimble glass fiber filter

Archive of SID

www.SID.ir

$$C = C_b \times \left[\frac{۲۷۳}{\left(T^\circ + ۲۷۳c\right)} \times \left(\frac{P_{KPa}}{۱۰۱/۳۲۵} \right) \right] \quad (۱)$$

C = غلظت استانداردشده ذرات معلق (mg/m^3)

T°c = دمای گاز مکش‌شده برحسب سانتی‌گراد

PkPa = فشار هوا برحسب کیلوپاسکال

راندمان فیلترهای کیسه‌ای نیز به کمک معادلهٔ ۱ محاسبه شد:

$$\eta = \frac{C_۱ - C_۲}{C_۱} \times ۱۰۰ \quad (۲)$$

η =راندمان به درصد

C_1 = غلظت غبار ورودی به فیلترهای کیسه‌ای

C_2 = غلظت غبار خروجی به فیلترهای کیسه‌ای

۳. نتایج

برای محاسبهٔ راندمان فیلتر، طبق معادلهٔ ۲، غبارهای ورودی و خروجی به فیلترهای کیسه‌ای و نیز غلظت فلزات سنگین موجود در غبارها بررسی شد. خلاصهٔ نتایج براساس جدول‌های ۱ و ۲ تنظیم شده است.

جدول۱. غلظت ورودی و خروجی و راندمان فیلترهای کیسه‌ای در حذف غبارها

ردیف	نمونه	تکرار	کد	دما (درجهٔ سانتی‌گراد)	تراکم استانداردشده غبار (mg/m3)		راندمان فیلتر ٪
					قبل از فیلتر	بعد از فیلتر	
۱	آهن اسفنجی	۱	B	۵۱/۵۴	۸۳۰/۵۹۴	۴/۹۱۲	۹۹/۴۱
۲		۱	RS1	۴۶/۱۴	۱۷۵۴/۵۳۳	۸/۸۷۰	۹۹/۴۹
۳	مواد برگشتی خط تولید	۲	RS2	۴۳/۹۴	۳۸۶۵/۰۶۵	۱۱/۱۵۹	۹۹/۷۱
۴		۳	RS3	۴۱/۴۴	۱۲۶۷/۷۶۰	۱۱/۱۰۵	۹۹/۱۲
۵		۱	SS1	۴۵/۴۲	۵۴۶۰/۰۰۰	۱۴/۲۳۲	۹۹/۷۴
۶	قراضهٔ شریدر	۲	SS2	۵۱/۳	۳۰۰۰/۰۰۰	۳/۴۸۸	۹۹/۸۸
۷		۳	SS3	۵۶/۵۴	۱۳۷۰۰/۰۰۰	۲۸/۳۳۴	۹۹/۷۹
۸	قراضه شاسی اکسل	۱	CS1	۵۹/۶۱	۵۳۲۰/۹۸۸	۲۵/۱۸۴	۹۹/۵۳
۹		۲	CS2	۶۴/۲۲	۳۳۰۰/۰۰۰	۲۴/۴۳۱	۹۹/۲۶
۱۰		۳	CS3	۶۰/۶۱	۱۰۲۲/۲۲۲	۹/۱۳۲	۹۹/۱۱
	میانگین				۳۹۵۲/۱۱۶	۸/۸۲۸	۹۹/۵۰

جدول۲. غلظت ورودی و خروجی و راندمان فیلترهای کیسه‌ای در حذف فلزات سنگین

نمونه	غلظت فلز Cd ($\mu g/m^3$)			غلظت فلز Ni ($\mu g/m^3$)		
	قبل از فیلتر	بعد از فیلتر	راندمان فیلتر%	قبل از فیلتر	بعد از فیلتر	راندمان فیلتر%
۱	۴/۳۴	۰/۵۴	۸۷/۵۵	۸۳۹/۹۳	۶۳/۸۰	۹۲/۴۰
۲	۱۱/۵۰	۲/۰۴	۸۲/۲۴	۱۷۳۴/۶۰	۵۶/۹۲	۹۶/۷۲
۳	۱۴/۱۳	۲/۱۳	۸۴/۹۰	۵۴۰/۳۰	۱۶/۴۰	۹۶/۹۶
۴	۶/۲۲	۳/۰۲	۵۱/۴۹	۱۷۰۱/۰۰	۱۱۳/۹۶	۹۳/۳۰
۵	۳۳/۸۸	۲/۵۰	۹۲/۶۲	۷۵۹/۷۰	۱۲/۰۰	۹۸/۴۲
۶	۴۱/۶۶	۲/۲۸	۹۴/۵۲	۱۰۲۸/۷۰	۱۵/۴۶	۹۸/۵۰
۷	۴۴/۴۲	۲/۳۴	۹۴/۷	۸۲۱/۱۰	۲۲/۴۰	۹۳/۰۲
۸	۵۰/۶۲	۳/۰۶	۹۳/۹۵	۱۵۰۱/۱۰	۷۸/۷۰	۹۴/۷۵
۹	۲۶/۴۲	۱/۹۰	۹۲/۸۰	۱۱۰۵/۵۰	۸۵/۵۰	۹۲/۲۷
۱۰	۱۷/۰۰	۴/۸۴	۷۱/۵۲	۸۱۰/۰۰	۱۸/۱۰	۹۷/۷۷
میانگین	۲۵۰/۲	۲۴/۷	۸۴/۶	۱۰۸۴/۲	۴۸/۳	۹۵/۴

www.SID.ir

ادامه جدول۲. غلظت ورودی و خروجی و راندمان فیلترهای کیسه‌ای در حذف فلزات سنگین

نمونه	غلظت فلز Pb ($\mu g/m^3$)			غلظت فلز Cr ($\mu g/m^3$)		
	قبل از فیلتر	بعد از فیلتر	راندمان فیلتر%	قبل از فیلتر	بعد از فیلتر	راندمان فیلتر%
۱	۱۸۲/۶۳	۲/۶۶	۹۸/۵۴	۲۵۲/۰۰	۲۲/۰۰	۹۱/۲۷
۲	۳۳۸۱/۷۰	۹۹/۲۰	۹۷/۰۷	۱۸۱۹/۰۰	۲۲/۰۰	۹۸/۷۹
۳	۳۷۲/۶۸	۱۹/۲۹	۹۴/۸۲	۱۷۳۲/۰۰	۱۸/۰۰	۹۸/۹۶
۴	۱۰۶/۸۹	۱/۹۴	۹۸/۱۹	۳۴۲۳/۰۰	۷۸/۰۰	۹۷/۷۲
۵	۱۷۲/۲۷	۱۲/۷۰	۹۸/۴۳	۲۳۸۰/۰۰	۱۲۴/۲۰	۹۴/۷۸
۶	۲۴۵۹/۸۰	۱۴/۷۷	۹۹/۴۰	۳۰۶۶/۰۰	۳۱/۰۰	۹۸/۹۹
۷	۳۹۵/۵۷	۲/۰۰	۹۹/۴۹	۱۱۶۹/۰۰	۲۵/۲۰	۹۷/۸۴
۸	۵۲۵/۹۱	۴۳/۲۱	۹۱/۷۸	۱۱۱۵/۰۰	۷۵/۰۰	۹۳/۲۷
۹	۱۵۱/۱۳	۱۴/۸۱	۹۰/۲۰	۵۶۰/۰۰	۲۳/۰۰	۹۵/۸۹
۱۰	۱۲۹/۹۹	۶/۷۷	۹۴/۷۹	۳۲۲/۰۰	۲۸/۴۰	۹۱/۱۸
میانگین	۷۸۷/۹	۲۱/۷	۹۶/۳	۱۵۸/۴	۴۴/۷	۹۵/۹

میزان همبستگی تراکم غبار و غلظت فلزات سنگین به‌دست‌آمده با دمای گازهای خروجی بررسی شد. خلاصهٔ نتایج در جدول۳ آورده شده است.

همان‌طور که از جدول ۳ نتیجه‌گیری می‌شود همبستگی معناداری در سطح ۵ و ۱ درصد بین پارامترهای مورد نظر مشاهده نمی‌شود.

جدول۳. همبستگی و روابط بین پارامترهای مربوط به نمونه‌های دودکش

تراکم غبار	Cr	Ni	Pb	Cd	
۰/۵۹۸	-۰/۳۰۶	۰/۰۳۰	-۰/۱۳۸	۰/۲۲۹	دما

۴. بحث و نتیجه‌گیری

همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد درحالی‌که غلظت ذرات معلق قبل از سیستم فیلتراسیون بسیار بالا و به‌طور متوسط برای همهٔ انواع شارژ مواد اولیه ۳۹۵۲/۱۱۴ mg/m^3 اندازه‌گیری شد، ولی غلظت غبارهای خروجی دودکش با متوسط ۸/۸۳۸ mg/m^3 از استاندارد تعریف‌شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران (استاندارد درجهٔ ۲: ۱۵۰ mg/m^3) بسیار کمتر است. همچنین براساس نتایج حاصله راندمان سیستم فیلترهای کیسه‌ای شرکت فولاد در حذف غبارهای خروجی از کوره‌های قوس الکتریکی، به‌طور میانگین ۹۹/۵۰درصد تعیین شد که کارایی بسیار مطلوب و ایده‌آلی است. این نتیجه نسبت به نتایج به‌دست‌آمده از برخی پژوهش‌هایی که توسط سایر پژوهشگران در این خصوص صورت گرفته است، به‌طور قابل ملاحظه‌ای مطلوب‌تر است. به‌طور مثال منصوری و همکاران (۲۰۱۰) طی سال‌های ۱۳۸۵ـ ۱۳۸۷ راندمان فیلترهای کیسه‌ای را در حذف ذرات در کارخانجات صنایع فرآورده‌های نسوز معادل ۹۷/۱۵درصد به دست آوردند. مراجع علمی بین‌المللی نیز در برخی منابع (پیوست ۳ پروتکل فلزات سنگین با عنوان «بهترین تکنیک‌های موجود برای کنترل انتشارات فلزات سنگین و ترکیبات آن‌ها ناشی از طبقه‌بندی منابع فهرست‌شده در ضمیمهٔ ۲ پروتکل»)، راندمان فیلترهای کیسه‌ای در حذف ذرات معلق را بیش از ۹۹درصد تخمین زده‌اند (UNECE, 2013). همان‌طور که استنباط می‌شود سیستم فیلترهای کیسه‌ای مطالعه‌شده در سطح قابل قبول و مطابق انتظار در بهترین شرایط قرار داشته است و

Archive of SID

www.SID.ir

عملکرد سیستم در حذف ذرات غبار حاصله از واحد ذوب راندمان بسیار مطلوبی دارد.

نتایج آنالیز فلزات سنگین و بررسی راندمان فیلترهای کیسه‌ای در حذف فلزات در فرم غبار آن‌ها، بیانگر وجود راندمان‌های متفاوت فیلترهای کیسه‌ای در حذف انواع فلزات سنگین است. غلظت‌های ورودی به سیستم فیلتراسیون برای فلزات مطالعه‌شده بسیار بالا و به‌طور متوسط در حد ۱۵۸/۴، ۲۵۲/۲، ۷۸۷/۹ و ۱۰۸۳/۲ میکروگرم بر مترمکعب به‌ترتیب برای فلزات Pb, Cd, Cr و Ni مشاهده شد درحالی‌که این مقادیر پس از تصفیهٔ جریان هوا در فیلترهای کیسه‌ای به حدود ۴۴/۷، ۲۴/۷، ۷/۲۱ و ۴۸/۳ میکروگرم بر مترمکعب در جریان خروجی رسید. به این ترتیب کارایی سیستم فیلتراسیون برای حذف ذرات غبار فلزی در جریان خروجی، به‌ترتیب افزایشی مقادیر ۸۴/۶، ۹۵/۴، ۹۵/۹ و ۹۶/۳ درصد به‌ترتیب برای فلزات Cr, Ni, Cd و Pb محاسبه شد. هر چند کارایی سیستم به‌دلایلی برای حذف فلز کادمیوم خیلی رضایت‌بخش نبود، درمجموع عملکرد قابل قبولی در مقایسه با استانداردها و مقادیر توصیه‌شدهٔ مراجع علمی نشان داد. برخی منابع علمی (Most & Veldt, 1993) راندمانی معادل ۹۵درصد را برای حذف این فلزات توسط فیلترهای کیسه‌ای تخمین زده‌اند. علت این امر می‌تواند دلایل مختلفی ازجمله خیلی ریزبودن خاکسترهای فلزی و نفوذ احتمالی آن‌ها در حضور شرایطی مانند دمای گاز خروجی دودکش و یا آسیب‌های احتمالی در فیلترها و باز شدن منافذ ریز در قسمت‌های مختلف حد واسط اتاق‌های کثیف و تمیز در ساختمان فیلترهای کیسه‌ای باشد.

تقدیر و تشکر

پژوهش حاضر با حمایت‌های مالی و معنوی شرکت فولاد آلیاژی ایران انجام شد که نویسندگان بر خود لازم می‌دانند، از همکاری‌های مدیریت و پرسنل محترم آن شرکت صمیمانه تشکر کنند.

REFERENCES

1. EPA, 2003. Air and air emissions testing, part b: Hivol sampling to assess chronic hazard of trace matals in air particulates. Field Sampling Manual, P:40-108.
2. EPA, 2012. Emission Testing Methodology for Air Pollution. Version 2, August 2012.
3. Dinis, M. D. L. and Fiuza, A. , 2011. Exposure assessment to heavy metals in the environment: measures to eleminate or reduce the exposure to critical receptors. Business Media B.V., 2011: 27-50.
4. Farahmand kia, Z., Mehrasbi, M.R., Sekhawatju, M.S., Hasanalizadeh, A.Sh., Ramezanzadeh, Z. , 2009. Study of Heavy Metals in the Atmospheric Deposition in Zanjan, Iran. Iran. J. Health & Environ., 2010, Vol. 2, N0. 4,240-249. (In Persian).
5. Lopez, F. A. and Lopez-Delgado, A., 2001. Enhancement of Electric Arc Furnace Dust by Recycling to Electric Arc Furnace. Journal of Environmental Engineering, Vol 128, No. 12, December 1, 2002.
6. Mansouri, N. , Firouzbakhsh, M., Hesami, Z., Alimohammadi, I., 2010. Determination of Aerosol Emission and Bag Filter Efficiency in Fire-Proof Products Industries. Iran Occupational Health, Vol. 8, No. 2, Summer 2011:5-13. (In Persian).
7. Most, V.D., Veldt, P.F.J., 1993. Emission factors Manual PARCOM-ATMOS, Emission factors for air pollutants 1992, TNO report no. 92-235 (updated in 1993), TNO-MEP, Apeldoorn, Netherlands.
8. Odabasi M. and Bayram, A., 2009. Investigation of Soil Concentrations of Persistent Organic Pollutants, Trace Elements, and Anions Due to Iron–Steel Plant Emissions in an Industrial Region in Turkey. Water Air Soil Pollut, 2010,No. 213, 375–388.
9. Passant N. R. , Peirce, M., Rudd, H. J., Scott, D. W., Marlowe, I. and Watterson, J. D., 2002. UK Particulate and Heavy Metal Emissions from Industrial Processes.A report produced for the Department for Environment, Food & Rural Affairs, the National Assembly for Wales, the Scottish Executive and the Department of the Environment in Northern Ireland, AEAT-6270, February 2002.

Archive of SID

www.SID.ir

10. Pöykiö R. , Mäenpää, A. , Perämäki, P. , Niemelä, M. and Välimäki, I. , 2004. Heavy Metals (Cr, Zn, Ni, V, Pb, Cd) in Lingonberries (Vaccinium vitis-idaea L.) and Assessment of Human Exposure in Two Industrial Areas in the Kemi-Tornio Region, Northern Finland. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 48, 338–343 (2005).

11. Soltan, M.E. , Rageh, H.M. , Rageh, N.M. and Ahmed, M.E., 2005. Experimental approaches and analytical technique for determining heavy metals in fallen dust at ferrosilicon production factory in Edfu, Aswan, Egypt. Journal of Zhejiang University SCIENCE, 2005 6B(8):708-718.

12. Tohka, A. and Karvosenoja, N. , 2006. Fine particle emissions and emission reduction potential in Finnish industrial processes. Finnish Envirnment Institute, Report21.

13. United Nations, Economic Concil for Europe (UNECE), 2013. Best available techniques for controlling emissions of heavy metals and their compounds the source categories listed in annexII. Draft proposal for a guidance document (former Annex III of the HM protocol). Working Group of Strategies and Review, 49th Session, 12-16 September 2011, Geneva. http://www.unece.org/ environmental-policy/treaties/air-pollution/ guidance - documents-and-other-methodological - materials/protocol-on-heavy-metals.html.

14. Wang, J. , Liu, R. , Ling, m. , Yu, P. and Tang, A. 2010. Heavy Metals Contamination and its Sources in the Luoyuan Bay. Procedia Environmental Sciences 2, 2010, 1188–1192.

15. Wang, Q. ; Bi, X.H. , Wu, J.H., Zhang, Y.F. and Feng, Y.C., 2012. Heavy metals in urban ambient PM10 and soil background in eight cities around China. Environ Monit Assess, DOI 10.1007/s10661-012-2646-5.

Archive of SID

www.SID.ir