



## تعیین میزان انتشار ذرات معلق از صنایع فرآورده های نسوز و ارزیابی فیلترهای کیسه ای در کنترل آن

دکتر نبی اله منصور<sup>۱</sup>، مهران فیروزبخش<sup>۲</sup>، زهره حسامی<sup>۳</sup>، دکتر ایرج علیمحمدی<sup>۴</sup>

تاریخ پذیرش: ۸۹/۰۷/۰۳

تاریخ ویرایش: ۸۹/۰۶/۲۷

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۱/۱۴

### چکیده

**زمینه و هدف:** امروزه آلوده سازی هوا با ذرات معلق یکی از مقوله های بحث انگیز و مشکل آفرین کشور ماست و در این میان کارخانجات صنعتی حتی علی رغم داشتن سیستم های تصفیه صنعتی، سهم قابل توجهی در انتشار آلودگی هوا دارند. هدف کلی از انجام این تحقیق تعیین غلظت ذرات معلق خروجی از مجموعه کارخانجات صنایع فرآورده های نسوز و تعیین کارائی فیلترهای کیسه ای در کنترل آن بوده است.

**روش بررسی:** مجموعه صنعتی مورد مطالعه در جنوب شرقی شهر تهران واقع شده است. در این تحقیق غلظت ذرات معلق خروجی از ۶ دودکش مربوط به واحدهای آماده سازی، کلسیناتور، جرم ویژه، کوره اکستروود و کوره شاتلی طی سال های ۸۷-۱۳۸۵ اندازه گیری و مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با اندازه گیری ذرات معلق در ورودی و خروجی فیلترهای کیسه ای، راندمان آن ها در واحدهای کائولن، کلسیناتور، شاموت و جرم ویژه در سال ۱۳۸۷ تعیین گردید. در این تحقیق از دستگاه های M9096 Sample Train for stack Sampling و DURAG مدل (D-RC80) جهت اندازه گیری استفاده گردید.

**یافته ها:** غلظت گرد و غبار در سال های ۸۷-۱۳۸۵ به ترتیب در واحدهای آماده سازی کائولن، ۲۸۴، ۱۱۲ و ۱۲/۵، در آماده سازی شاموت ۱۲۰، ۱۴۰ و ۷۳، کلسیناتور ۱۷۸، ۱۷۹ و ۱۷۳، جرم ویژه، ۲۹۱، ۲۸۳ و ۶۰، کوره شاتلی ۱۴/۷، ۱۴/۳ و ۱۴/۸، کوره اکستروود ۱۲/۶، ۱۳/۷ و ۱۲/۷ میلی گرم بر متر مکعب اندازه گیری شد. راندمان بگ فیلترها نیز در خط کائولن ۹۹/۸۹۶٪، در خط شاموت ۹۶/۴۹۹٪، در کلسیناتور ۹۲/۳۴۸٪، و در جرم ویژه ۹۹/۷۸۲٪ بدست آمد.

**نتیجه گیری:** مقایسه میانگین های بدست آمده با استانداردهای انتشار کشوری نشان داد در سال های ۸۵ و ۸۶ میزان انتشار گرد و غبار از واحدهای آماده سازی کائولن، کلسیناتور و جرم ویژه بالاتر از حد مجاز بوده است اما در سال ۸۷ میزان انتشار در واحدهای آماده سازی و جرم ویژه بطور قابل ملاحظه ای کاهش داشته است. علت اصلی این موفقیت تعویض به موقع کیسه های آسیب دیده فیلتر، تعمیر شیرهای برقی و رفع نشتی در سیستم بوده است. در مجموع راندمان بگ فیلترهای خط کائولن و جرم ویژه مطلوب ولی راندمان بگ فیلترهای خط شاموت و کلسیناتور ضعیف ارزیابی گردید.

**کلیدواژه:** ذرات معلق، آجر نسوز، فیلتر کیسه ای، راندمان فیلتر، کنترل غبار

### مقدمه

به آلاینده های منتشره می شود. عدم توجه کافی به طراحی، نصب، تعمیر و نگهداری سیستم های تصفیه صنعتی در این صنایع موجب افزایش مشکلات و معضلات محیط زیستی فراوان شده است [۱]. بررسی ذرات معلق در دو منطقه صنعتی Sihwa و Banwol و یک منطقه مرجع در کشور کره جنوبی نشان داد، صنایع واقع در مناطق مورد مطالعه غلظت ذرات معلق را نسبت به منطقه مرجع، به شدت افزایش داده اند.

امروزه آلودگی هوا ناشی از ذرات معلق از مقوله های بحث انگیز و مشکل آفرین کشور ماست و در این میان کارخانجات صنعتی حتی علی رغم داشتن سیستم های تصفیه صنعتی، سهم قابل توجهی در انتشار آلاینده های هوا دارند. نزدیکی صنایع آلاینده به شهرهای کشور و از جمله تهران موجب آلودگی هر چه بیشتر فضای شهری

۱- استادیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی.

۲- (نویسنده مسئول) کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات تهران، mehran\_f1383@yahoo.com

۳- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات

۴- عضو هیئت علمی گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات بهداشت کار، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران

کاهش آلودگی هوا به ذرات معلق، بکارگیری سیستم های پیشرفته تصفیه صنعتی مانند فیلترهای کیسه ای در خروجی صنایع می باشد. غبارگیری، گذشته از کنترل آلودگی هوا، اهمیت زیادی از نظر بازیابی مواد اولیه و محصول دارد، بطوری که هزینه تولید و سرمایه گذاری در بازیافت غبار، از این محل جبران می گردد. در بسیاری از کارخانجات بزرگ، هزینه کلی تجهیزات و تاسیسات غبارگیری تنها کسری از ارزش غبار جمع‌آوری شده در طول یکسال می باشد [۱۲].

انتشار ذرات معلق توسط کارخانجات تولید فرآورده‌های نسوز، یکی از مقوله‌های بحث انگیز و مشکل آفرین برای ساکنین منطقه نیز هست. بطور کلی مردم، به خصوص کسانی که در اطراف کارخانجات فرآورده‌های نسوز سکونت دارند، این صنایع را با گرد و خاک عجین می دانند. تحقیقات نشان داده است که آلودگی‌های ناشی از کارخانجات فرآورده‌های نسوز را می توان با برنامه ریزی دقیق و ایجاد هماهنگی‌های لازم و کنترل هرچه بیشتر بر عملکرد و پروسه تولید و سیستم های تصفیه، کاهش داد [۱۳]. استاندارد ملی ایران میزان انتشار ذرات معلق از عموم صنایع را که صنعت آجر نسوز نیز در آن گروه قرار می گیرد،  $250 \text{ mg/m}^3$  برای صناعی که قبل از سال ۷۴ تاسیس شده اند و  $100 \text{ mg/m}^3$  برای صناعی که بعد از سال مذکور احداث شده اند، تعیین نموده است [۱۴].

بررسی بر روی کنترل و انتشار آلاینده‌های ذره‌ای در سایر صنایع آلاینده همچون صنعت سیمان نیز نشان داده است که استفاده از فیلترهای کیسه ای با طراحی مناسب و تعمیر و نگهداری به موقع، می تواند نتایج بسیار خوبی در کاهش و کنترل انتشار این آلاینده مهم داشته باشد [۱۵]. سایر بررسی ها نیز استفاده از فیلترهای کیسه‌ای برای کنترل انتشار ذرات معلق، کاراترین و مناسب ترین گزینه تصفیه صنعتی معرفی کرده اند و کلید موفقیت کار را نیز پایش مداوم سیستم برای عملکرد صحیح آن معرفی کرده‌اند [۱۶-۱۸].

همچنین نتایج نشان داد که بیشترین مقادیر آلودگی در فصول پاییز و بهار اتفاق افتاده و کمترین آلودگی مربوط به فصل تابستان بوده است و غلظت های روزانه ذرات معلق، با مقادیر فلزات سنگین موجود در آن ها، همبستگی زیادی در هر سه محیط مورد مطالعه را نشان داده است [۲].

اثرات زیان آور استنشاق ذرات معلق در انسان، در ایجاد بیماری های مختلف و افزایش میزان مرگ و میر، در مطالعات مختلف به اثبات رسیده است [۳، ۴ و ۵]. آمارهای ارائه شده در مطالعه اثرات ذرات معلق در آلودگی هوا نشان می دهند حدود ۴۰٪-۳۰٪ موارد آسم و ۳۰٪-۲۰٪ کل بیماری های تنفسی می تواند در ارتباط با آن باشد [۶]. مطالعه پیگیر ۱۰ ساله (۲۰۰۲-۱۹۹۲) اثرات مزمن ذرات معلق بر روی ۶۶۲۵۰ زن در آمریکای شمالی نشان داد طی دوره مذکور ۳۷۸۵ مورد مرگ و ۱۳۴۸ مورد بیماری کشنده قلبی مشاهده گردیده است که مدل سازی موارد مذکور با ۹۵٪ اطمینان نشان داد که افزایش  $10 \mu\text{g/m}^3$  غلظت ذرات معلق در  $\text{PM}_{10}$  در هوای تنفسی موجب افزایش ۱۶٪ در مرگ و میر و افزایش ۴۳٪ در بیماری های قلبی کشنده می شود [۷].

بررسی ها بر روی اثرات ذرات معلق در فنلاند نیز نشان داد که ارتباط معنی داری با بیماری های تنفسی و قلبی- عروقی دارد [۸] و بررسی های سازمان جهانی بهداشت در این خصوص نشان داده است که عوارض بیماری زایی ذرات معلق با غلظت آن ها در هوا رابطه مستقیم و با قطر آن ها رابطه معکوس دارد [۹]. آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا EPA صنایع تولید آجر را در ردیف صنایع منتشر کننده ذرات کریستالین سیلیس معرفی نموده است که پتانسیل ایجاد بیماری خطرناک ریوی سیلیکوزیس را دارد [۱۰]. گرچه مطالعات مختلف عامل اصلی آلودگی هوای شهرهای کشور و از جمله تهران را وسایط نقلیه موتوری می دانند و هزینه‌های زیست محیطی آن را بیش از ۱۴ میلیارد دلار در سال تخمین زده اند [۱۱] ولی نقش خروجی صنایع نیز نادیده گرفته نشده است و لذا از جمله راه های موثر در



گیری های سال ۸۷ نیز از دستگاه DURAG مدل D-80 RC استفاده گردید که مطابق با استاندارد DIN EN 13284-1 و استاندارد VCDI 2066 عمل می‌کند [۲۲]. به منظور استانداردسازی اندازه گیری‌ها، میزان درجه حرارت جریان هوای دودکش‌ها و فشار هوا نیز اندازه گیری شد و میزان ذرات معلق در نمونه های اخذ شده به روش زیر محاسبه و استانداردسازی گردید:

$$C = [(W2 - W1) / V] \times [298 / (T^{\circ}C + 273)] \times (P_{mbr} / 10130)$$

$C =$  غلظت استاندارد شده ذرات معلق ( $mb/m^3$ )

$W_2 =$  وزن فیلتر پس از نمونه برداری ( $mg$ )

$W_1 =$  وزن فیلتر قبل از نمونه برداری ( $mg$ )

$V =$  حجم هوای مکش شده ( $m^3$ )

$T^{\circ}C =$  دمای گاز مکش شده بر حسب سانتی گراد

$P_{mbr} =$  فشار هوا بر حسب میلی بار

راندمان فیلترهای کیسه ای نیز در سال ۱۳۸۷ مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور قبل و بعد از یک فیلتر توسط دستگاه DURAG که مشخصات آن در بالا آمده است نمونه برداری صورت گرفته و به کمک فرمول زیر محاسبه گردید.

$$\eta = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100$$

$\eta =$  راندمان به در صد

$C_1 =$  غلظت غبار ورودی به بگ فیلتر

$C_2 =$  غلظت غبار خروجی از بگ فیلتر

### یافته‌ها

جدول ۱ مشخصات فیلترهای کیسه ای مورد استفاده در صنایع فرآورده های نسوز را نشان می دهد. جنس کیسه‌های بکار رفته در واحد کلسیناتور به علت داغ بودن هوای خروجی از نوع مقاوم به حرارت انتخاب شده بود. این نوع کیسه ها معمولاً دارای مقاومت مکانیکی بالاتری نیز می باشند و در عملیات غیر گرم نیز دوام بالایی دارند. از نظر اندازه نیز بجز فیلتر

### روش بررسی

مجموعه صنعتی مورد مطالعه با ۷۱ هزار متر مربع وسعت در جنوب شرقی شهر تهران و در نزدیکی کارخانه سیمان ری واقع شده است. این کارخانه انواع فرآورده های نسوز شکل دار (آجر نسوز) و بدون شکل (مالات شاموت) را تولید می کند. محصولات این کارخانه در صنایع آهن و فولاد، مصرف گسترده‌ای دارد. آلاینده های تولیدی از این مجموعه شامل محصولات احتراق و ذرات معلق فرآیندی است که توسط ۲ دودکش از کوره های احتراق آجر فرمی (کوره اکسترود) و کوره شاتلی و ۴ دودکش خروجی عملیات فرآیندی مجهز به سیستم های تصفیه صنعتی از نوع بگ فیلتر، به جو تخلیه می شد. البته عمده ذرات معلق آلاینده مربوط به واحدهای آماده سازی کائولن، کلسیناتور، شاموت و جرم ویژه بود که توسط سیستم های جداگانه تصفیه می گردید.

دراین تحقیق برای اندازه گیری میزان ذرات معلق خروجی از کلیه ۶ دودکش اصلی کارخانه طی سال‌های ۸۷-۱۳۸۵ از دستورالعمل شماره ۵ آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا EPA استفاده گردید [۱۹] و برای تست کارائی فیلترهای کیسه ای نیز دستورالعمل شماره 5D این سازمان مورد استفاده قرار گرفت [۲۰]. برای نمونه برداری از دودکش‌ها، روزنه ای در ۳:۱ طول دودکش از بالا جهت قرار گرفتن نازل های دستگاه اندازه گیری ایجاد گردید. اندازه گیری از خروجی دودکش های واحدهای مذکور در سال ۸۵، در خرداد ماه، در سال ۸۶، در تیر ماه و در سال ۸۷ در دی ماه انجام گردید. همچنین اندازه گیری ذرات معلق در ورودی و خروجی فیلترهای کیسه ای واحدهای آماده سازی کائولن، کلسیناتور، شاموت و جرم ویژه در سال ۸۷ نیز به منظور تعیین عملکرد آن ها انجام گردید. در این تحقیق برای اندازه گیری ها در سال های ۸۶-۸۵ از دستگاه M9096 Particulate Sampling Train ساخت شرکت Westech از کشور انگلستان استفاده شد که مطابق با استاندارد ISO 9096 و استاندارد DIN EN 13284-1 عمل می کند [۲۱] و همچنین در اندازه

جدول ۱: مشخصات فیلترهای کیسه ای صنایع فرآورده های نسوز

مشخصه فنی بگ فیلتر	کلسیناتور	آماده سازی شاموت	آماده سازی کانونلن	جرم ویژه
سازنده	Standard Filter BAU	Standard Filter BAU	Standard Filter BAU	Standard Filter BAU
نوع کیسه فیلتر	مقاوم به حرارت NOMEX	PES-F210/53K120	PES-F210/53K120	PES-F210/53K120
تعداد کیسه	۱۴۴	۱۵۰	۱۰۸	۵۴
تعداد محفظه	۲	۲	۳	۲
تعداد کیسه در هر محفظه	۷۲	۷۵	۳۶	۲۷
اندازه کیسه ها (cm)	۳۱۰ x ۱۶	۳۱۰ x ۱۶	۳۱۰ x ۱۶	۳۱۰ x ۱۶
سیستم تکاندنه	Reverse Pulse Jet	Reverse Pulse Jet	Reverse Pulse Jet	Reverse Pulse Jet
سیستم تخلیه مخزن	شیر چرخشی (روتاری ولو)	حلزونی	حلزونی	شیر چرخشی (روتاری ولو)

جدول ۲: نتایج حاصل از سنجش ذرات معلق خروجی از دودکش های صنایع فرآورده های نسوز در سال ۸۵

ردیف	محل نمونه برداری	قطر دودکش (cm)	دمای هوای دودکش (°C)	غلظت (mg/m <sup>3</sup> )	استاندارد درجه ۱* (mg/m <sup>3</sup> )	استاندارد درجه ۲* (mg/m <sup>3</sup> )
۱	واحد کانونلن	۶۰	۲۴	۲۸۴	۱۰۰	۲۵۰
۲	واحد شاموت	۶۰	۲۲	۱۲۰	۱۰۰	۲۵۰
۳	کلسیناتور	۷۰	۸۲	۱۷۸	۱۰۰	۲۵۰
۴	جرم ویژه	۵۶	۲۳	۲۹۱	۱۰۰	۲۵۰
۵	کوره شاتلی	۱۲۰	۱۶۴	۱۴/۷	۱۰۰	۲۵۰
۶	کوره اکستروود	۷۰	۱۴۲	۱۲/۶	۱۰۰	۲۵۰

\*استاندارد مصوب سازمان حفاظت محیط زیست ایران [۱۴]

کیسه ای واحد جرم ویژه که در ردیف فیلترهای سایز کوچک طبقه بندی می شود، سایر فیلترها در ردیف فیلترهای سایز متوسط به بالا قرار می گیرند. سیستم تکاندنه آن ها نیز از نوع هوای فشرده معکوس بود که از بهترین سیستم های تکاندنه یا تمیز کننده کیسه ها محسوب می شود. تخلیه غبار جمع آوری شده در بگ فیلترها نیز با سیستم های پیوسته روتاری ولو و حلزونی انجام می شد که همزمان با کار بگ فیلتر، غبار جمع آوری شده را تخلیه می نمود. در مجموع می توان گفت از نظر طراحی و ساختمانی جزء بگ فیلترهای پیشرفته محسوب می گردند.

جداول ۲ تا ۴ نتایج حاصل از سنجش ذرات معلق خروجی از دودکش های کارخانه در سال های ۸۵ تا ۸۷ را نشان می دهند. بیشترین غلظت خروجی مشاهده شده  $291 \text{ mg/m}^3$  بود که مربوط به بگ فیلتر واحد

جرم ویژه در سال ۸۵ بوده است. کمترین میزان مشاهده شده نیز  $12/7 \text{ mg/m}^3$  مربوط به خروجی کوره اکستروود در سال ۸۷ بوده است. نمودار ۱ نیز غلظت مقایسه ای خروجی همه دودکش ها را به همراه مقادیر استاندارد کشوری نشان می دهد. نتایج اندازه گیری غلظت ذرات معلق در کانال های ورودی و خروجی سیستم های بگ فیلتر نیز به همراه درصد کارایی آن ها در جدول ۵ نشان داده شده است. غلظت ورودی بگ فیلتر واحد جرم ویژه با  $27452/6 \text{ mg/m}^3$  بالاترین میزان آلودگی ورودی و در خط شاموت با  $12/5 \text{ mg/m}^3$  کمترین غلظت ورودی را به خود اختصاص داده بودند. در خروجی بگ فیلترها نیز بیشترین غلظت با  $172/8 \text{ mg/m}^3$  مربوط به بگ فیلتر واحد کلسیناتور بود و کمترین خروجی نیز با غلظت  $12/5 \text{ mg/m}^3$  از آن خروجی بگ فیلترها و کارگاه های جدید و همچنین



جدول ۳: نتایج حاصل از سنجش ذرات معلق خروجی از دودکش های صنایع فرآورده های نسوز در سال ۸۶

ردیف	محل نمونه برداری	قطر دودکش (cm)	دمای هوای دودکش (°C)	غلظت (mg/m <sup>3</sup> )	استاندارد درجه ۱* (mg/m <sup>3</sup> )	استاندارد درجه ۲* (mg/m <sup>3</sup> )
۱	واحد کاتولن	۶۰	۲۷	۱۱۲	۱۰۰	۲۵۰
۲	واحد شاموت	۶۰	۲۸	۱۴۰	۱۰۰	۲۵۰
۳	کلسیناتور	۷۰	۸۴	۱۷۹	۱۰۰	۲۵۰
۴	جرم ویژه	۵۶	۳۰	۲۸۳	۱۰۰	۲۵۰
۵	کوره شاتلی	۱۲۰	۱۶۶	۱۴/۳	۱۰۰	۲۵۰
۶	کوره اکستروود	۷۰	۱۴۸	۱۳/۷	۱۰۰	۲۵۰

جدول ۴: نتایج حاصل از سنجش ذرات معلق خروجی از دودکش های صنایع فرآورده های نسوز در سال ۸۷

ردیف	محل نمونه برداری	قطر دودکش (cm)	دمای هوای دودکش (°C)	غلظت (mg/m <sup>3</sup> )	استاندارد درجه ۱* (mg/m <sup>3</sup> )	استاندارد درجه ۲* (mg/m <sup>3</sup> )
۱	واحد کاتولن	۶۰	۱۶	۱۲/۵	۱۰۰	۲۵۰
۲	واحد شاموت	۶۰	۱۶	۷۳	۱۰۰	۲۵۰
۳	کلسیناتور	۷۰	۷۹	۱۷۳	۱۰۰	۲۵۰
۴	جرم ویژه	۵۶	۱۶/۵	۶۰	۱۰۰	۲۵۰
۵	کوره شاتلی	۱۲۰	۱۶۱/۲	۱۴/۸	۱۰۰	۲۵۰
۶	کوره اکستروود	۷۰	۱۳۵	۱۲/۷	۱۰۰	۲۵۰

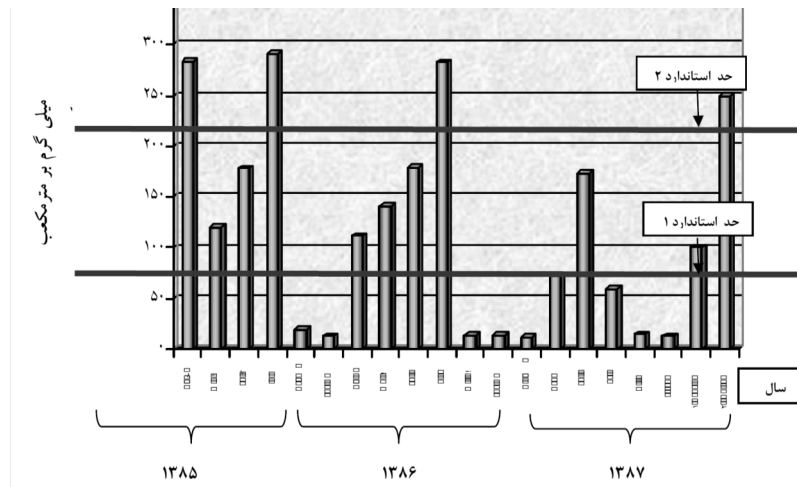
تهران ندارند، در حاشیه و حتی در مواردی در داخل محدوده شهری قرار گرفته اند. صنعت مورد مطالعه نیز گرچه دارای سابقه فعالیت چند ده ساله است، لیکن به همین معضل دچار است و به علت نزدیکی به مناطق مسکونی، باید خروجی خود را به کمتر از مقدار استاندارد درجه یک، یعنی ۱۰۰ mg/m<sup>3</sup> برساند. بررسی جدول ۲ و مشاهده دودکش های نسبتاً بزرگ کارخانه حاکی از میزان زیاد هوای خروجی آن ها به محیطی است که حالا ساکنین اطراف آن نیز از انتشار آلودگی از صنایع منطقه معترض هستند. خوشبختانه تجهیز خروجی بسیار آلوده واحد های فرآیندی به بگ فیلترهای پیشرفته باعث شده است تا در مجموع بیش از ۹۵ درصد آلاینده های ذره ای این صنعت، تصفیه گردد.

کارخانه ها و کارگاه های موجود که محل آنها با ضوابط استقرار موضوع ماده ۱۲ قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا مصوب ۱۳۷۴/۲/۳ مغایرت داشته باشد، اعمال می شود.

استاندارد درجه ۲ برای کارخانه ها و کارگاه های موجود که محل آنها با ضوابط استقرار فوق الذکر مغایرتی ندارد، ملاک عمل خواهد بود.

### بحث و نتیجه گیری

متأسفانه عدم دورنگری در مکان یابی و محل استقرار صنایع، خصوصاً صنایع آلاینده هوا باعث شده است تا اغلب شهرهای بزرگ کشورمان در محاصره آن ها قرار گیرند. هم اکنون صد ها صنعت بزرگ و کوچک که برای فعالیت، نیازی به نزدیک بودن به شهر



نمودار ۱: غلظت مقایسه ای ذرات معلق خروجی از دودکش های صنایع فرآورده های نسوز سال های ۸۷-۸۵

جدول ۵: نتایج سنجش ذرات معلق ورودی به بگ فیلتر و خروجی از بگ فیلتر (۱۳۸۷)

نام بگ فیلتر	محل نمونه برداری	قطر کانال (cm)	شماره نازل (mm)	دمای جریان (°C)	غلظت (mg/m <sup>3</sup> )	راندمان η (%)
کاتولن	ورودی	۴۰	۲	۳۴	۱۲۰۱۹/۴	۹۹/۸۹۶
	خروجی	۶۰	۱۴	۱۶	۱۲/۵	
شاموت	ورودی	۳۰	۲	۳۶	۲۰۴۸/۱	۹۶/۴۹۹
	خروجی	۶۰	۱۴	۱۶	۷۱/۷	
کلسیناتور	ورودی	۷۰	۲	۱۱۰	۲۲۵۸/۴	۹۲/۳۴۸
	خروجی	۷۰	۱۴	۷۹	۱۷۲/۸	
جرم ویژه	ورودی	۶۰	۲	۳۲	۲۷۴۵۲/۶	۹۹/۷۸۲
	خروجی	۵۶	۶	۱۶/۵	۵۹/۸	

عدم تعویض دیافراگم و خرابی شیرهای برقی سولونوئید هوای فشرده شایع ترین علل کاهش کارایی و خروج حجم عظیمی از آلودگی به محیط بوده است.

پایش مداوم و بررسی جزء به جزء قسمت‌های مختلف در بگ فیلترها و نقش صحت کارکرد هر یک در عملکرد بگ فیلترها مانند تعویض به موقع فیلترها و اجزای سیستم تکاننده پالس جت، تعویض بلبرینگ های فن و رفع نشتی های موجود در ساختمان بگ فیلتر موجب شد تا نتایج اندازه گیری ها در سال ۸۷ نسبت به سال های قبل از آن، کاملاً تفاوت معنی دار داشته باشد. با توجه به نتایج جدول ۴ مشاهده می گردد که غلظت گرد و غبار در واحدهای آماده سازی و جرم ویژه که در سال های قبل از حدود استاندارد تجاوز کرده بود، در

از مقایسه نتایج اندازه گیری ذرات معلق در دودکش‌ها (جداول ۳ و ۲) با استاندارد مصوب سازمان حفاظت محیط زیست مشاهده می گردد در واحدهای آماده سازی، کلسیناتور و جرم ویژه مربوط به سال های ۸۵ و ۸۶ میزان غلظت گرد و غبار حتی با وجود کارکرد بگ فیلترها، بالاتر از استاندارد بوده است. با توجه به اینکه سیستم های بکار گرفته شده از نظر ساختاری و طراحی، قابلیت تصفیه ذرات معلق با کارایی بالای ۹۹/۷٪ را نیز دارند، لذا مقادیر مشاهده شده تنها به دلیل نقص در عملکرد صحیح سیستم ها و عدم تعمیر و نگهداری صحیح آن ها، بوجود آمده است. پیگیری علل کارایی های ضعیف مشاهده شده در سال های فوق نشان داد، به موقع تعویض نشدن کیسه های فیلتر و

مطلوبی عمل کنند، باز هم بگ فیلتر واحدهای کلسیناتور و شاموت به ترتیب با راندمان ۹۲/۳۴۸٪ و ۹۶/۴۹۹٪ از عملکرد قابل قبولی برخوردار نبودند. این امر حاکی از آن است که تعمیر و نگهداری بگ فیلترها، کاری کاملاً تخصصی است و نیازمند مسئول آموزش دیده ویژه‌ای است و سپردن این مسئولیت به واحد تاسیسات عمومی کارخانه (مانند آنچه در صنعت مورد مطالعه رخ داده است) به دلیل در اولویت بودن امور تولید در صنایع، نمی‌تواند اطمینان کافی از رسیدگی مناسب به این امر را ایجاد نماید.

با توجه به تجربیات عملی بر روی بگ فیلترهای مورد مطالعه، جهت افزایش راندمان و جلوگیری از خروج ذرات معلق و پیشگیری از آلودگی‌های زیست محیطی و حتی شغلی، موارد ذیل را برای بهره‌برداری بهتر توصیه می‌نماید:

- ۱- نصب مانیاتور فشار داخلی محفظه بگ فیلتر که به سهولت پارگی فیلترها را نشان خواهد داد
- ۲- استفاده از پارچه‌های مرغوب (نمد سنتتیک بدون بافت با وزن بالای  $400 \text{ g/m}^2$ ) با سه ردیف دوخت با نخ قوی و با کیفیت بالا برای تهیه کیسه فیلتر
- ۳- کنترل سلامت دوخت و عدم سوراخ یا درز در کیسه‌های فیلتر قبل از نصب و تعویض
- ۴- تعویض دوره ای کیسه‌های فیلتر مطابق توصیه سازنده و در غیر این صورت ۲ سال یکبار
- ۵- سرویس دوره ای شیرهای برقی مطابق توصیه سازنده و در غیر این صورت ۶ ماه یکبار
- ۶- تست خروجی گرد و غبار بلافاصله بعد از راه‌اندازی یا پس از هر بار تعویض کیسه‌ها برای کنترل خطاهای احتمالی در هنگام نصب و تعویض
- ۷- چک کردن دوره ای عملکرد کلیه شیرهای برقی با مانیورینگ مستقیم چشمی
- ۸- تست دوره ای خروجی گرد و غبار هر ۶-۱۲ ماه یکبار و نظارت همیشگی چشمی آن (چون در پارگی‌های بزرگ در کیسه‌ها شدت خروج گرد و غبار با چشم هم قابل رویت خواهد بود)
- ۹- سرویس دوره ای یاتاقان‌های فن (ماهانه) و

سال ۸۷ به شدت کاهش یافته و به پایین‌تر از حد استاندارد برسد.

بررسی‌های صورت گرفته در علت یابی غلظت بالای ذرات معلق در خروجی بگ فیلترها طی سال‌های ۸۵ و ۸۶ نشان داد که: عدم عملکرد دو ردیف از دوازه ردیف شیرهای برقی به علت ایراد در برد الکترونیکی کنترل شیرها، فرسوده شدن دیافراگم لاستیکی داخل برخی شیرهای برقی، نشستی باد در فلانچ اتصال شیر برقی به بدنه دستگاه در تعدادی از شیرها و آسیب دیدن تعدادی از کیسه‌ها به علت افزایش ناگهانی دما ناشی از عدم وجود سیستم کنترل دمای هوای ورودی به بگ فیلتر جهت محافظت کیسه‌های فیلتر در مقابل دمای زیاد، به ترتیب بیشترین تاثیر را داشته‌اند.

میزان غلظت ذرات معلق در دودکش‌های کوره شاتلی و کوره اکستروود در تمامی سال‌های ۸۵ تا ۸۷ بسیار پایین‌تر از حد مجاز بوده است. البته آلودگی این دودکش‌ها مربوط به عملیات فرآیندی نبوده و حاصل احتراق است که مسلماً میزان ذرات معلق آن به حدود استاندارد کشوری که برای عملیات فرآیندی وضع شده است، نمی‌رسد.

بررسی راندمان بگ فیلترها در جدول ۵ نیز حاوی نکات قابل توجهی است. همانطور که قبلاً ذکر شد، بگ فیلترهای نصب شده، از نظر طراحی، ساختمان و مکانیسم عمل جزء سیستم‌های پیشرفته به حساب می‌آیند. این مطلب در جدول یاد شده برای بگ فیلتر خط کائولن در سال ۸۷ که دارای کارایی ۹۹/۸۹۶٪ بوده است بخوبی نمایان است. زیرا کارایی کلی قابل قبول برای بگ فیلترها ۹۹/۷٪ و کارایی بسیار عالی را ۹۹/۹٪ ذکر می‌کنند که کارایی این خط در سال ۸۷ تقریباً در حد بسیار عالی بوده است. این وضعیت تا حدود زیادی برای واحد جرم ویژه با راندمان ۹۹/۷۸۲٪ نیز تکرار شده است و این درحالی است که این دو واحد در سال‌های قبل عملکرد قابل قبولی نداشته‌اند که بیشتر ناشی از قصور در تعمیر و نگهداری سیستم‌ها بوده است. متأسفانه علی‌رغم تمهیدات صورت گرفته در سال ۸۷ که انتظار می‌رفت همه بگ فیلترها در شرایط

10- USEPA, "Ambient Levels and Noncancer Health Effects of Inhaled Crystalline and Amorphous Silica: Health Issue Assessment", National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, 1996, NC 27711

11- World Bank, "Islamic Republic OF Iran Cost Assessment OF Environmental Degradation", 2005, Report No.32043-IR.

12- Chehregani, H. Kahesh Aloodegi Zist-Mohiti Ghoobar dar sanaat Siman. Avalin Samposium Beinolmellali Mohandesi Mohit Zist, 1380, University of Tehran. [Persian]

13- Parvin, A. Tarahi, Sakht, Nasb va Rahandazi Filterhaye Kiseei ba sustem tekandahandeye Pulse Jet. Siman Monthly, 1379: 50 [Persian]

14- Keyvani, N. Zavabet va standardhaye zist mohiti, Deputy of Human affairs in Environment Health Organization. Environment Health Organization Publication; Tehran: 1382. [Persian]

15- Mohsen-zadeh F. barrasi Amalkard Filterhaye Kiseei dar Katkhaneye Siman Tehran. MSc Dissertation, Faculty of Health and Research Institute of Tehran University of Medical Sciences, 1381. [Persian].

16- Mohsenzade F, Nadafi K, Nouri J, Babaeie AA, "Optimization of bag filter in a cement factory in order to increase of dust collection efficiency" Biotechnology, 2006, 5 (2) 130-133.

17- Debell H, "Pollution control of cement plant emissionm, International Cement Cement Review Environmental Year Book, British Cement Association, UK, 2000.

18- Sohbesberger M, "Dedusting developments", World cement, 2003, No. 10.

19- Environmental Protection Agency, "Determination of particulate matter emission from stationary sources" Method 5, EPA, 2010, Available at: <http://www.epa.gov>.

20- Environmental Protection Agency, "Determination of particulate matter emission from positive pressure fabric filter" Method 5D, EPA, 2010, Available at: <http://www.epa.gov>.

21- Westech, M. 9096 Particulate sampling train, In-Stack manual method for ISO 9096, 2010. Available at: <http://www.westechinstruments.com/proddetail.asp?productID=64>

22- DURAG, Automatic sampling device for gravimetric dust measurement, D- RC 80, 2010, available at: <http://www.durag.de>.

تعویض آن ها در صورت افزایش صدای فن  
۱۰- نگهداری وسایل یدکی کافی (۱۰٪ تعداد بکار رفته) مانند کیسه، شیر برقی و لوازم داخلی آن ها.

## منابع

1- Sameer MS, Vasudevan N, Johri R, and Anil K, "Pollution reduction and waste minimization in brick making", Tata Energy Research Institute, Habitat Place, Lodhi Road, New Delhi, 2008, Report No. 110 003.

2- Jong-Myoung L, Jin-Hong L, "Airborne PM<sub>10</sub> and metals from multifarious sources in an industrial complex area", Atmospheric Research journal, 2010, 96: 1, 53-69.

3- Francine LT, Joel S, Frank ES, Douglas WD, "Reduction in Fine Particulate Air Pollution and Mortality, American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 2006, 173, pp. 667-672.

4- Ballester F, Medina S, Boldo E, Goodman P, Neuberger M, Iniguez C, Kunzli N, "Reducing ambient levels of fine particulates could substantially improve health: a mortality impact assessment for 26 European cities" Journal of Epidemiological Community Health, 2008, 62: 2, pp. 98-105.

5- Elliott P, Shaddick G, Wakefield JC, Hoogh CD, and Briggs DJ, "Long-term associations of outdoor air pollution with mortality in Great Britain" Thorax, 2007, 62(12): PP. 1088-1094.

6- Dominici F, Peng FD, Zeger SL, White RH, and Samet JM, "Particulate Air Pollution and Mortality in the United States: Did the Risks Change from 1987 to 2000?" American Journal of Epidemiology, 2007, 166(8): pp. 880-888.

7- Puett RC, Schwartz J, Hart JE, Yanosky JD, Speizer FE, Suh H, Paciorek CJ, Neas LM, and Laden F, "Chronic Particulate Exposure, Mortality, and Coronary Heart Disease in the Nurses' Health Study", American Journal of Epidemiology, 2008, 168(10): pp. 1161-1168.

8- Timonen K, Tiittanen P, Penttinen P, Lanki P, Vallius M, Ruuskanen J, Mirmi M, "Effects of Fine and Ultrafine Particles on Respiratory and Cardiovascular Health, Finish Research Programme on Environmental Health", 1997, SYTTY. (available at <http://www.ktl.fi/sytty/abstracts/pekkal.htm>)

9- World Health Organization, "Air Quality and Health", 2005, (available at <http://www.worldhealthorganization.com>)

## Determination of Aerosol Emission and Bag Filter Efficiency in Fire-Proof Products Industries

N. Mansouri<sup>1</sup>, M. Firouzbakhsh<sup>2</sup>, Z. Hesami<sup>3</sup>, I Alimohammadi<sup>4</sup>

Received: 2010/04/03

Revised: 2010/09/18

Accepted: 2010/09/25

### Abstract

**Background and aim:** Today, the environmental pollution caused by fire-proof break producing factories is one of the critical and challenging issues in our country. Aerosols emission concentration of the factory stacks and determining of bag filters efficiency were aims of this study

**Methods:** in this research, the concentration of emitting dust from 6 stacks related to Kaolin preparation, Calcinary, Shamout, Specific mass, Extrude Furnace and Shuttle Furnace units were measured during 2006-2008. Also, the efficiency of bag filters of Kaolin preparation, Calcinary, Shamout, Specific mass units were determined in 2008. Devices M9096 Particulate Sampling Train and DURAG model (D-RC 80) were used in this research.

**Results:** the rates of dust concentrations in years 2006-9 in Kaolin unit were; 284, 112 and 12.5 mg/m<sup>3</sup>, in Shamout unit were; 120, 140 and 73 mg/m<sup>3</sup>, in Calcinary were; 178, 179 and 173 mg/m<sup>3</sup>, in Specific Mass were; 291, 283 and 60 mg/m<sup>3</sup>, in Shuttle Furnace were; 14.7, 14.3 and 14.8 and in Extrude Furnace were; 12.6, 13.7 and 12.7 mg/m<sup>3</sup>. Efficiency of bag filters was 99.896% for Kaolin unit, 96.499% for Shamout unit, 92.348% for Calcinary and 99.782% for Specific Mass unit.

**Conclusion:** During 2006 and 2007 the rate of dust emission in Kaolin preparation, Calcinary and Specific mass have exceeded than the national emission standard but in 2008, the rate of dust emission from Kaolin Preparation and Specific Mass units were extensively reduced to the lower than national emission standard limit due to proper maintenance and replacing of damaged parts in time. Efficiency of bag filters has been ideal in Kaolin unit and Specific Mass unit but it was low in Shamout and Calcinary units.

**Keywords:** Suspended particles, Fire-proof product, Bag filters, Efficiency, Emission

1. Assistance Professor, Graduate School of Environment and Energy, Science and Research Campus, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2. **Corresponding author**, MSc of Environmental engineering, Graduate School of Environment and Energy, Science and Research Campus, Islamic Azad University, Tehran, Iran. mehran\_fl383@yahoo.com

3. MSc of Environmental engineering, Graduate School of Environment and Energy, Science and Research Campus, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

4. Faculty of Health, Department of Occupational Health, Research Center of Occupational Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.