بررسی مقایسه ای تکنیک های کاهش دهنده گردوغبار(حاوی سیلیس) ناشی از عملیات تمیز کاری بوسیله دستگاه سنگ سمباده

دکتر حسین کاکوئی
دانشیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

چکیده

استفاده سنگ های سمباده در صنایع ریخته گری و فرآیند تمیز کاری که با سرعت خیلی زیاد خود موجبات پراکندگی ذرات فلزی و بلورهای سیلیس در هوای محیط کار را فراهم می آورد. طراحی اقدامات کنترلی مختلف بر روی این دستگاهها را ضروری می سازد. این مطالعه به منظور بررسی مقایسه ای روشهای کاهش دهنده گردوغبار خروجی ناشی از عملیات تمیز کاری توسط دستگاه سنگ سمباده اجرا شد.

در این تحقیق تجربی برای دست کاری چند متغیر مستقل، یک عملیات سنگ زنی grinding آزمایشی در تهران سال ۱۳۸۱ ترتیب داده شد و با نصب سیستم های کنترل آلودگی (فن و بافل) بر روی ماشین و کنترل سرعت چرخ در هر مرحله میزان آلاینده های خروجی مورد ارزیابی قرار گرفت و با مقایسه نتایج هر یک از مراحل، موثرترین راه حل ها به منظور مداخله ارائه گردید.

نتایج حاصل ازآزمایش تاثیر سرعت های مختلف بر روی میزان آلودگی خروجی نشان داد که هر قدر سرعت چرخش سنگ افزایش یابد میزان آلودگی هم زیادتر می شود. ضمناً این تحقیق تجربی نشان داد که هر قدر سرعت سنگ بیشتر باشد مواد آلاینده خارج شده از بافت درشت تری برخوردارند. نصب فن همراه با هودی در پایین دستگاه و به طور همزمان وتوام با نصب بافل در مسیر عبور ذرات تولید شده نشان داد که میزان آلودگی نسب به حالتی که حجم تهویه صفر بوده و بافل هم مورد استفاده قرار می گرفت به مقدار قابل قبولی کاهش می یابد.

این نتایج نشان دهنده کنترل خوب و موثر آلاینده های خروجی از دستگاه سنگ سمباده با استفاده از نصب فن، کنترل سرعت سنگ و نصب بافل است.

کلمات کلیدی : *سنگ سمباده. عملیات تمیز کاری، صنایع ریخته گری چدن، کنترل گردوغبار.*

مقدمه

یکی از منابع آلوده کننده هوادر صنعت ریخته گری استفاده از سنگهای سمباده بدون تجهیزات کنترلی است که با سرعت خیلی زیاد خودموجب پراکندگی ذرات فلزی و بلورهای سیلیس درهوای محیط کار را فراهم می آورند و باعث ایجاد تماس های بیشتر از حد مجاز (TLV) تعیین شده با آلاینده ها می شوند[1]. غالباً کارگران شاغل دراین گونه محیط های کاری تحت پوشش اقدامات حفاظتی نظیر استفاده از تکنیک های تهویه موضعی, تهویه عمومی و غیره واقع نمی شوند. گردوغباری که تحت تاثیر حرکت چرخشی چرخ دوار وارد محیط کار می شود طریقه اصلی ورود مواد آلاینده در هوای محیط کار به هنگام استفاده از این گونه ماشین ها در صنعت است.

دراین تحقیق ، یک عملیات سنگ زنی (grinding) آزمایشی ترتیب داده شده است و جهت سنجش میزان مواد آلاینده وارد شده به محیط از جانب این ماشین (Total dust) از یک وسیله Portable dust monitor استفاده شده است که یک وسیله سنجش تعداد ذرات کل بر حسب قطر آئرودینامیکی است.

طرح اقدامات کنترلی مختلف و تاثیر هر یک از این اقدامات بر غلظت مواد آلاینده بخش اصلی این کار پژوهش بوده است. اقدامات کنترلی عبارتنداز: تهویه داخلی ماشین سنگ سمباده و تاثیر آن بر میزان آلودگی ، تاثیر کنترلی سرعت دورانی بر غلظت آلاینده های خروجی و نصب بافل (Baffle) و بررسی غلظت و قطر آلاینده های خروجی.

گردو غبار و ذرات تولید شده در صنعت ریخته گری چدنی عبارتست از ذرات از جنس خود قطعه ریخته شده (دراین تحقیق قطعات ریخته شده چدنی مورد استفاده قرار گرفت) و ذرات سیلیس که در قالب های ماسه ای برسطح این قطعات ریخته شده بر جای می ماند و به هنگام سایش و صیقل کاری با ماشین سنگ سمباده بصورت ذرات بسیار ریزی در می آیند و وارد هوای محیط می شوند[۲]. غالباً این ذرات از دسته قابل استنشاق (RD) هستند و ازاین جهت بسیار خطرناک می باشند. گردو غبار راه یافته به محیط کار را می توان به دو دسته تقسیم نمود[۵] :

۱- گردو غبار اولیه که عبارتست از آندسته از ذراتی که به محض تولید در محل سایش بصورت مستقیم وارد هوای محیط می شوند.

۲- گرد وغبار ثانویه که عبارتند از ذراتی که وارد هود ماشین سنگ سمباده شده و سپس تحت تاثیر حرکت چرخ دوباره به محیط باز می گردند و پس از بازگشت مجدد فرصت لازم و کافی برای باقی ماندن در محیط را پیدا می کنند و دیگر بداخل سیستم تهویه ماشین سنگ سمباده راه نمی یابند و هوای محیط را آلوده می سازند.

مواد و روش ها

الف) وسایل مورد استفاده

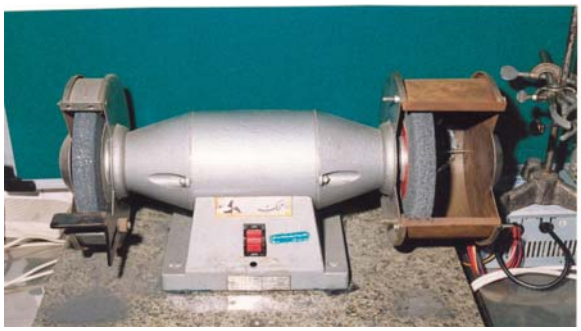
۱- یک ماشین سنگ سمباده با قطر سنگ معادل ۱۸ سانتی متر و پهنای ۲ سانتی متر (شکل۱)، جنس لایه سطحی سنگ سمباد از یک ماده زبر و سخت و خشن که خود ترکیب و تلفیقی از چند ماده اولیه است. این مجموعه شامل ترکیبی از زیرکونیا اکسید آلومینیم، مقداری چسب و پشم شیشه فشرده شده می باشد. سرعت اولیه چرخ بدون کنترل معادل ۳۰۰۰ دور در دقیقه است.

۲- میله هایی از جنس چدن بقطر ۲ سانتی متر و طول ۳۰ سانتی متر که توسط یک نفر به عنوان کارور با سطح چرخ تماس یافته و عملیات تولید ذره انجام می گرفت.

۳- یک دایمر الکتریکی با اعمال ولتاژ متفاوت که متصل به دستگاه سنگ زنی بوده است و عمل کنترل سرعت دورانی را انجام می داده است. البته همزمان با اعمال ولتاژهای متفاوت (۱۵۰،۱۸۰،۲۰۰،۲۲۰ و غیره) سرعت واقعی چرخ بوسیله دستگاه Digital Photo Tachometer مدل RM-1500/1501/1502 مشخص می گردید.

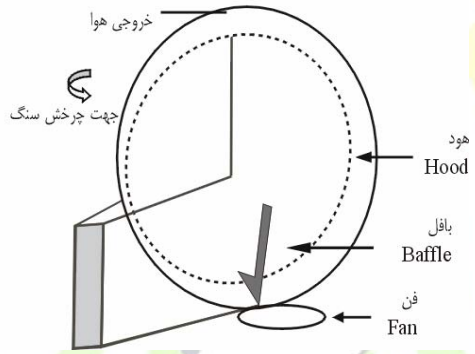
۴- یک فن پرسرعت به قطر۵ سانتی متر جهت نصب بر روی دستگاه سنگ زنی که هوا را به طرف پائین هدایت نماید تاهوای آلوده به مواد آلاینده پس از عبور از فن از یک فیلتر عبور کرده و با بجا گذاشتن آلاینده ها، هوای عاری از ذرات تولید شده دوباره به محیط بازگردد.

۵- یک دستگاه Portabl Dust Monitor(PDM) که می تواند تعداد ذرات کل را بر حسب میکروگرم بر متر مکعب همراه با اندازه قطرها در واحد حجم اندازه گیری نماید.



شکل ۱ : تصویر سنگ سمباده

ب) شرح آزمایش های انجام شده



شکل ۲ : نمای کلی یک ماشین سنگ سمباده

شکل شماره (۲) نشان دهنده نمای کل یک ماشین سنگ سمباده است که در ضن نمایشگر چگونگی اقدامات کنترلی و نصب ابزار آلاتی است که جهت اعمال این روش های کنترلی جهت کاهش میزان آلودگی راه یافته به محیط، استفاده می شود.

آزمایش اول :

آزمایش اول شامل ۴ حالت از سرعت سنگ و حجم تهویه معادل صفر متر مکعب برثانیه (بدون فن) با هدف بررسی تاثیر سرعت های مختلف سنگ سمباده بر روی میزان آلودگی هوای خروجی بدون نصب فن است.

ردیف	سرعت سنگ بر حسب دور در دقیقه	ولتاژ	سرعت واقعی بر حسب متر بر ثانیه
۱	۲۸۰۰	۱۵۰	۴۶
۲	۲۸۵۰	۱۸۰	۴۷
۳	۲۸۸۰	۲۰۰	۴۹
۴	۲۹۰۰	۲	۵۲

آزمایش دوم: شامل ۴حالت از سرعت سنگ سمباده مشابه سرعتهای آزمایش اول در حالت نصب فن بر روی دستگاه با هدف ارزیابی تاثیر سرعت های مختلف سنگ سمباده بر روی میزان آلودگی هوای خروجی با توجه به نصب فن است.

آزمایش سوم : در آزمایش سوم تاثیر حجم تهویه و میزان حجم هوای جابجا شده توسط فن بر روی آلودگی هوای خروجی از بالای هود و نصب بافل بین بدنه و چرخ سمباده مورد بررسی قرار گرفت. سرعت سنگ در این آزمایش ثابت و معادل ۳۰۰۰ دور در دقیقه بوده و قطر سنگ هم ۱۸ سانتی متر بوده است.

نتایج

نتایج آزمایش اول در ۴ مرحله و با سرعت های ۴۹،۴۷،۴۶و ۵۲ متر بر ثانیه نشان داد که هر قدر ، سرعت سنگ بیشتر باشد مواد آلاینده خارج شده از بافت درشت تری برخوردار هستند (جدول۱). به این معنی که ذرات درشت تولید شده در محل سایش قطعه چدن اینرسی بیشتری دارند، سرعت های پائین چرخ سمباده کمتر قادر هستند آن ها را به طرف بالا بکشند ولی هر قدر سرعت سنگ افزایش یابد این توانائی بیشتر شده وذرات درشت تر هم به داخل هوای خروجی راه یافته و سهم آنها در آلودگی بیشتر خواهد شد(جدول۲).

جدول ۱- غلظت آلاینده خروجی بر حسب قطر قبل از نصب فن در سرعت های مختلف

سرعت(واحد) / قطر (واحد)	۵۲	۴۹	۴۷	۴۶
	mg/m^3	mg/m^3	mg/m^3	mg/m^3
۰/۳۵	۴۴۱/۵	۳۴۲/۳	۲۹۰/۹	۲۴۲
۰/۵	۴۱۹/۳	۳۲۳/۶	۲۷۶/۵	۳۲۳/۲
۰/۷۵	۴۰۹/۳	۲۶۵/۱	۲۷۰/۵	۲۲۸/۹
۱	۳۹۸/۸	۲۰۶/۳	۲۶۴/۱	۲۲۳/۹
۲	۳۶۱/۰	۲۷۵/۲	۲۴۰/۲	۲۰۳/۵
۳/۵	۲۶۴/۹	۲۰۸/۲	۱۸۲	۱۵۱/۲

البته در اینجا هم ذرات با قطر بزرگتر از ۵ میکرومتر نیز بسیار کم قادر به خروج از دستگاه هستند. لازم به ذکر است که بیشتر شدن سهم ذرات درشت تر در بافت آلودگی هوا در سرعت های بالاتر نسبت به سرعت های پائین تر بکندی صورت می گیرد. در این آزمایش حجم تهویه ثابت و معادل صفر متر مکعب بر ثانیه بوده و قطر سنگ نیز ۱۸ سانتی متر بود.

جدول ۲- تاثیر سرعت های مختلف سنگ سمباده بر روی میزان آلودگی هوای ناحیه تنفسی در حالت بدون نصب فن

سرعت سنگ دور در دقیقه	ولتاژ	سرعت سنگ m/s	حجم تهویه ووجود فن	میزن آلودگی درناحیه تنفسی mg/m^3
۲۹۰۰	۲۲۰	۵۲	۰	۶۰۱/۲
۲۸۸۰	۲۰۰	۴۹	۰	۴۸۸/۵
۲۸۵۰	۱۸۰	۴۷	۰	۳۳۳/۲
۲۸۰۰	۱۵۰	۴۶	۰	۲۱۵/۵

آزمایش دوم نیز در ۴ حالت از سرعت سنگ سمباده مشابه سرعتهای آزمایش اول در حالت نصب فن بر روی دستگاه نشان داد که رابطه سرعت چرخش سنگ و میزان آلودگی رابطه ای است خطی(جدول۳)، اما مقادیر میزان آلودگی در ناحیه تنفسی (غلظت ذرات کل) در سرعت های مختلف باتوجه به نصب فن از مقادیر کمتری برخوردار

هستند که نشان دهنده کنترل مناسب میزان غلظت ذرات کل توسط دستگاه فن است.(جدول۴) این میزان نسبت به حالت قبل از نصب فن ۴ برابر کاهش را نشان می دهد.

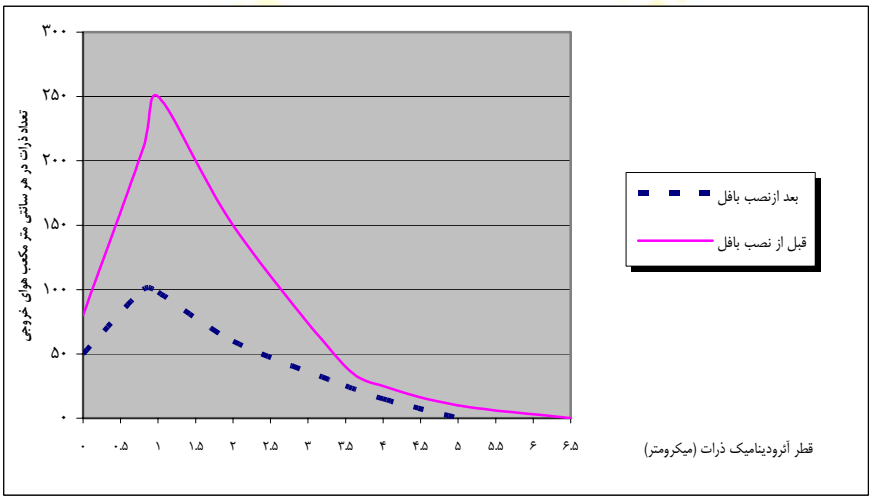
جدول ۳- تاثیر سرعت های مختلف سنگ سمباده بر روی میزان آلودگی هوای ناحیه تنفسی در حالت نصب فن.

سرعت سنگ دور در دقیقه	ولتاژ	سرعت سنگ m/s	حجم تهویه ووجود فن	میزن آلودگی درناحیه تنفسی mg/m^3
۲۹۰۰	۲۲۰	۵۲	+	۲۰۳/۸
۲۸۸۰	۲۰۰	۴۹	+	۱۴۰/۸
۲۸۵۰	۱۸۰	۴۷	+	۱۲۷/۵
۲۸۰۰	۱۵۰	۴۶/۵	+	۱۰۰/۲

جدول ۴- غلظت آلاینده خروجی بر حسب میکرومتر بعداز نصب فن در سرعت های مختلف

سرعت / قطر	۵۲ $\mu m/m^3$	۴۹ $\mu m/m^3$	۴۷ $\mu m/m^3$	۴۶ $\mu m/m^3$
۰/۳۵	۳۲۹/۹	۲۵۴	۱۷۹/۵	۱۵۳/۲
۰/۵	۳۱۱/۵	۲۴۶/۷	۱۷۳/۸	۱۴۸/۶
۰/۷۵	۳۰۵/۴	۲۴۹	۱۷۰/۸	۱۴۵/۸
۱	۲۹۷/۷	۲۳۷/۹	۱۶۷	۱۴۲/۷
۲	۲۶۸/۳	۲۱۵/۸	۱۵۰/۸	۱۲۸/۳
۳/۵	۱۹۱/۸	۱۵۴/۳	۱۰۸/۶	۹۵

آزمایش سوم با بررسی حجم تهویه و میزان حجم جابجا شده توسط فن برروی آلودگی هوای خروجی مشخص نمود که هر قدر حجم تهویه افزایش یابد، میزان آلودگی خروجی نیز ریزتر خواهد شد که البته این تغییر بافت بکندی صورت می پذیرد.علاوه بر تاثیر حجم تهویه با نصب بافل بر روی دستگاه، غلظت آلاینده های خروجی در حین عبور از منطقه تولید شده به بافل برخورد کرده و به طرف پائین کشیده می شوند.(شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه حجم مواد آلاینده در هوای خروجی سنگ سمباده قبل و پس از نصب بافل

بحث

یافته ها نشان داد که کنترل سرعت چرخ سنگ سمباده، نصب فن با حجم تهویه مناسب میزان آلودگی خروجی از دستگاه را به خوبی کنترل می نماید، به طوری که با استفاده از نصب فن و اعمال حجم تهویه مناسب در منطقه ای که از سرعت سنگ بطرف بالا گرایش می یابد، باعث می شود که ذرات تولید شده تحت تاثیر نیروی فن به قسمت تحتانی هود دستگاه راه پیدا کرده و نتوانند بالافاصله پس از تولید ، تحت تاثیر نیروی یک جانبه حرکت چرخشی سنگ قرار گرفته و از قسمت خروجی سنگ سمباده به محیط زیست راه یابند[۳]. مطالعات بعمل آمده بر روی دستگاه سنگ سمباده آزمایشی و بررسی تاثیر نصب فن در سرعت های مختلف بر روی بافت ذرات آلاینده خروجی نشان داد که هر قدر سرعت سنگ بیشتر باشد مواد آلاینده خارج شده از بافت درشت تری برخوردار هستند این یافته در مطالعات دیویس و اوگاوا هم آمده است(۲و۵).

علاوه بر تاثیر نصب فن بر روی غلظت آلاینده های خروجی، با نصب بافل میله ای فلزی بین بدنه و چرخ سنگ سمباده (۴و۵)، ذرات تولید شده درحین عبور از آن منطقه به بافل برخورد کرده و به طرف پائین برمیگردند. این سرعت برگشت به سرعت تهویه فن از پایین افزوده شده و موجب می شود که ذرات بویژه (درشت تر) بطرف پایین کشیده شوند و هوای خروجی ازآلودگی کمتر و با بافت ریزتری برخوردار باشند[۵]. در مطالعه اخیر مشخص شد که هرگاه سرعت سنگ ثابت باشد (۵۲ متربرثانیه) و قطر سنگ هم ۱۸ سانتی متر باقی بماند مواد آلاینده (ذرات کل) در هوای خروجی پس از نصب بافل نسبت به قبل از نصب آن به نصف تقلیل خواهد یافت.

نتیجه گیری

الف) همانطور که مشاهده می شود و در جدول ۵ آورده شده است، چنانچه در این نوع دستگاهها که فاقد هر گونه سیستم کنترلی هستند(شکل۱)، یک فن همراه با هودی در پائین دستگاه نصب شود و به طور همزمان و توام بافلی هم در مسیر عبور ذرات تولید شده نصب گردد، میزان آلودگی نسبت به حالتی که حجم تهویه صفر بوده و بافل هم مورد استفاده قرار نمی گیرد به مقدار قابل قبولی کاهش می یابد.

جدول ۵- مقایسه غلظت مواد آلاینده در هوای خروجی سنگ سمباده قبل و پس از نصب فن

سرعت سنگ دور در دقیقه	ولتاژ	سرعت سنگ m/s	میزان آلودگی در حالت قبل ازنصب فن mg/m^3	میزن آلودگی درحالت بعد از نصب فن mg/m^3
۲۹۰۰	۲۲۰	۵۲	۶۰۱/۲	۲۰۳/۸
۲۸۸۰	۲۰۰	۴۹	۴۸۸/۵	۱۴۰/۸
۲۸۵۰	۱۸۰	۴۷	۳۳۳/۲	۱۲۷/۵
۲۸۰۰	۱۵۰	۴۶	۲۱۵/۵	۱۰۰/۲

ب) نتایجی که در کل این تحقیق حاصل شد به همان شکل تعمیم برای همه ماشین های سنگ سمباده و تمیز کاری هر قطعه فلزی نیست[۳].دراین مطالعه تنها قطعات چدنی مورداستفاده قرار گرفت واندازه و شکل قطعات ، نحوه کارکردن کارگر(فشاری که برروی قطعه اعمال می کند)، وجود یا عدم وجود تهویه در هوای محیط کار و جنس قطعه کار در بدست آوردن نتایج مطلوب موثر خواهد بود[۴]. در کارگاههایی که از سنگ سمباده برای عملیات تمیز کاری استفاده می شود باید علاوه بر نصب وسایل کنترل بر روی سنگ سمباده نسبت به استفاده از سیستم تهویه عمومی و موضعی وسایل حفاظت فردی از جمله عینک و دستکش اقدام لازم بعمل آید. به علاوه آموزش مصرف کنندگان، مدیران، سازندگان و مهندسین نیز یکی از راهبردی ترین اقداماتی است که باید بدان توجه شود[۱].

سپاسگزاری

نویسنده مقاله از همکاری صمیمانه‌ی آقایان سیّد صومعه و میرزایی و خانم دیـوانی، کارشناسـان آزمایـشگاه مرکزی گروه بهداشت حرفه‌ای که در زمینه اندازه‌گیری آلاینده‌ها و نصب تجهیزات مجری را یاری نمودند و خانمها ولی‌اللهی و شمشیری سپاسگزاری می‌نماید.

بودجه این تحقیق از محل اعتبارات پژوهشی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران تأمین گردیده است.

منابع

1. American conference for Industrial government hygienists. Industrial ventilation A Manual of Recommended practice.19th ed. Cincinnatiohio : ACGIM,1998.
2. Davies TP, Jackson RG,Air flow around grinding wheels, Precision Engan, 1981,Vol 3, pp:225-228.
3. Shibata J,Goto T, Yamamoto M, Characteristics of air flow around agrinding weeland their availability for assessing the whell wear, An, cirp 31, 1982, vol 1, pp:233-239.
4. Heinsohn RJ, Industrial ventilation : engineering principles, New York : wiley-interscience, 1996, pp : 544-551.
5. Ogawa A, Separation of particles from air and gases, florida : CRC press, 1940, pp : 71-109.