

ارزیابی گردوغبار هوای محیط کار و تاثیر آن بر عملکرد ریوی کارگران در یک کارخانه سیمان مدرن

محمد رضا خرم زاده^۱ و رضا غلام نیا^۱ منصور رضازاده آذری^۲، صادق حضرتی^۳،
مهدی زارع^۴

چکیده:

ارگونومی یک دانش چند رشته ای است که به موضوعات مختلف در محیط کار از زوایای گوناگون می نگرد. یکی از مباحثی اساسی که در مقوله ارگونومی مورد توجه است سلامت نیروی کار و نقش آن در بهره وری سازمان و کمک به تسریع روند توسعه پایدار است. قطعاً سلامت نیروی کار تحت تاثیر عوامل ا و شرایط خاص حاکم بر محیط کار و همچنین تاثیر عوامل ارگونومیکی است. بطور کل، یکی از فاکتور هایی در محیط کار عوامل شیمیایی و به تبع آن، میزان مواجهه با این عامل و همچنین انتشار آلودگی ناشی از فرایندهای کاری به محیط کار و محیط زیست است که به نوعی این نشر آلودگی و در حقیقت هدر دادن انرژی به عدم طراحی های مناسب ارگونومیکی فرایندها و عدم هماهنگی های کنترلی لازم بین این عوامل کاری برمی گردد، که این شرایط منجر به آن می شود که بعضی از انرژی ها به شکل آلاینده در محیط کار انتشار یابند و در مواجهه با نیروی کار سلامت او را به مخاطره بیندازند.

بنابراین دیدگاه، بنا شد که میزان مواجهه کارگران کارخانه با آلاینده های گردوغبار انتشاری از فرایندهای تولید سیمان مورد مطالعه قرار گیرند که هدف از این مطالعه ارزیابی مقایسه ای گردوغبار کلی و قابل استنشاق و تعیین میزان سیلیس آزاد و کروم کلی آن در کارخانه سیمان و بررسی اثرات آن بر سیستم تنفسی کارگران می باشد. با استفاده از روشهای نمونه برداری فردی و محیطی میزان تماس با گردوغبار کل و قابل استنشاق اندازه گیری شد. غلظت گردوغبار به روش وزن سنجی تعیین مقدار گردید. همچنین نمونه های گردوغبار گرفته شده به منظور تعیین مقدار سیلیس آزاد و کروم کلی آن توسط تکنیکهای IR-Spectrophotometry و طیف سنج انتشار اتمی (ICP-Atomic Emission Spectroscopy) مورد آنالیز و قرائت قرار گرفتند. نتایج

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه ای دانشگاه تربیت مدرس

استادیار دانشکده بهداشت دانشگاه شهید بهشتی

^۱ استادیار دانشکده بهداشت دانشگاه شهید بهشتی

^۲ استادیار دانشکده بهداشت دانشگاه شهید بهشتی

^۳ کارشناس ارشد بهداشت حرفه ای دانشگاه اردبیل

^۴ دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه ای دانشگاه تهران

نشان داد که میانگین غلظت گردوغبار قابل استنشاق و کل (بجز غلظت گردوغبار قابل استنشاق محیطی واحد آسیاب مواد خام)؛ غلظت سیلیس آزاد در گردوغبار قابل استنشاق و کروم کلی در گردوغبار قابل استنشاق ونمونه Bulk بیشتر از حد مجاز می باشد. در آزمون تی؛ بین میانگین ظرفیتهای ریوی کارگران گروه مورد با افراد گروه کنترل اختلاف معنی دار وجود نداشت. ($P > 0.05$) میانگین ظرفیتهای ریوی افراد سیگاری نسبت به افراد غیر سیگاری در بین کارگران گروه مورد کاهش نشان داد. آنالیزهای آماری توزیع مجذور کای و تست فیشر نشان داد که از نظر فراوانی علائم ناراحتی های تنفسی (سرفه؛ خروج خلط از سینه؛ تنگی نفس) در بین کارگران گروه مورد با افراد گروه کنترل اختلاف معنی دار وجود دارد ($P < 0.05$).

مقدمه و اهداف :

از جمله عوامل زیان آور بارز صنعت سیمان، که بر روی کارایی سلامت کارگران تاثیر به سزایی دارد، گردوغبار و آلاینده های هوای محیط کار می باشد. "گردوغبار (Dust) زیر مجموعه ای از مواد ذره ای (Particulate Matter) محسوب می شوند که قطر آئرو دینامیکی آنها در محدوده ۱۰۰ میکرومتر می باشند و از لحاظ احتمال ایجاد خطر یا بیماریزایی به دو گروه گردوغبار بی اثر (Inert or Nuisance Dust) و گردوغبار فیروژنیک (Proliferative or Fibrogenic Dust) تقسیم بندی می شوند. در صورتیکه گردوغبار بی اثر در محیط کار بیش از حد مواجهه باشد باعث تحریک و ناراحتی تنفسی می گردد و نیز تجمع گردوغبار فیروژنیک در ریه باعث آسیب های برگشت ناپذیر می شوند که اصطلاحاً به این عارضه طبق تعریف سازمان جهانی کار (ILO 1977) Pneumoconiosis (اطلاق می گردد". طی تحقیقات انجام یافته در کشورهای غربی گردوغبار سیمان از لحاظ ایجاد فیروز بافت ریوی جزء گردوغبار های بی اثر تقسیم بندی می شود. بر اساس آنچه که توسط استانداردهای موجود ارائه شده حد مواجهه با گردوغبار سیمان بصورت TLV-TWA بعنوان گردوغبار بی اثر در دو حالت گردوغبار کلی (Total Dust) و قابل تنفس (Respirable Dust) به ترتیب 10 mg/m^3 و $5 mg/m^3$ هوا می باشد. معیار و ملاک برای تشخیص اینکه آیا گردوغبار ناشی از یک ماده یا فرایند به کدام گروه از مواد فوق تعلق دارند میزان درصد سیلیس آزاد در نمونه ها گردوغبار می باشد. طبق نظر ACGIH سیلیس بلوری به پنج شکل Quartz, Cristobalite, Tridymite, Tripoli, Loesit یافت می شود. اثرات شدید اینها به روی بافت ریوی به ترتیب عبارتند از: فیروزه نمودن، تاثیر سوء بر عملکرد تنفس ریوی، عارضه سلیکوزیس و در مورد کوارتز ایجاد سرطان ریه می باشد. بر اساس تحقیقات انجام شده کوارتز از لحاظ سرطان زایی در کلاس Suspected Human Carcinogen A₂ قرار دارد. چنانچه در صورت نمونه برداری و آنالیز بر اساس روش هایی که اعتبار علمی و پایه ای آنها تائید گشته است، مشخص می گردد که میزان سیلیس آزاد بخصوص

کوارتز، کریستوبالیت و تریدمیت در نمونه کمتر از یک درصد وزنی است، آن نمونه جزء گردوغبارهای بی اثر می باشد. در میان اشکال گوناگون سیلیس آزاد قابلیت فیروزه نمودن بافت ربوی توسط تریدمیت از همه بیشتر است و به ترتیب زیر از قابلیت آنها کاسته می گردد:

Tridmite > Cristobalite > Quartz ~ Tripoli ~ Coesit (1,3)

سیلیکای بلوری در نمونه های جمع آوری شده از طریق هوا ممکن است به روش های تکنیکی

Infrared Absorbption یا Colorometric, X-Ray Diffraction

Spectrophometry مورد تشخیص قرار داده شوند. سیلیس بی شکل و نامنظم یا

Diatomaceous Earth که از لحاظ بهداشت حرفه ای بی اثر می باشند طی فرایند کلسیناسیون

یا بر اثر حرارت ناشی از فرایند احتمالاً به سیلیکای بلوری یا Fused - Silica تبدیل می شوند

که فیروتیک بوده و عملکرد ربوی را مختل می سازند. حد مجاز آستانه TLV-TWA بعنوان

گردوغبار قابل تنفس برای آن طبق مطالعات ACGIH, 0.1 mg/m^3 در هوا می باشد و نمونه

های آن نیز صرفاً طبق تکنیک X-Ray Diffraction آنالیز می گردند.

در ایران متاسفانه بدون در نظر گرفتن نوع فرایندها و شرایط متفاوت واحدهای مختلف

تولید و علی رغم وجود تفاوت از لحاظ شیمیایی، کمی و کیفی در نوع مواد اولیه مصرفی و مواد

بینابینی تولید شده در فرایند، بدون انجام هیچ گونه مطالعات اپیدمیولوژیک زیستی در این زمینه و

عدم انجام نمونه برداری و آنالیز بر اساس روش های مدون نه فقط به گردوغبار سیمان بلکه به

گردوغبار بصورت عام در این صنعت، گردوغبار بی اثر اطلاق می گردد. تحقیقات انجام شده

بصورت ملی در این زمینه بسیار اندک و محدود می باشد. آخرین تحقیق انجام شده در سال ۱۳۷۷

کاری از آقای مهندس رمضان میرزایی و همکاران ایشان در یکی از صنایع سیمان می باشد. این

گروه در نمونه برداری از گردوغبار هوا برای تعیین میزان مواجهه افراد و اسپرومتری آنها فعالیت

نموده است. نتایج حاصله بیانگر این موضوع است که حتی با فرض بی اثر دانستن گردوغبار هوای

محیط کار باز هم میزان مواجهه افراد درگیر چندین برابر حد مجاز توصیه شده می باشد.

از اهداف مهم دیگری که در این طرح مدنظر است سنجش و آنالیز کروم بصورت

کلی بود. "کروم بصورت شش ظرفیتی برای انسان حالت سمی و مضر دارد و در کل، می تواند

باعث سرطان برونش، حساسیت پوستی و نیز احتمالاً آسم و آسیب های کلیوی گردد. سیمان

پرتلند حاوی یک الی ۴۰ میلی گرم کروم شش ظرفیتی قابل انحلال در آب در یک کیلوگرم

سیمان خشک می باشد و بطور بالقوه احتمال خطر برای افرادی که با سیمان کار می کنند بوسیله

سرویس های بهداشت حرفه ای در چند کشور تشخیص داده شده است. در دانمارک طبق قانون

شرایط محیط کاری حداکثر میزان ۲ میلی گرم کرومات قابل استخراج برای هر کیلوگرم سیمان

خشک مورد قبول واقع شده است و این مقدار همچنین در سایر کشورها نظیر سوئد، نروژ و آلمان

نیز پذیرفته شده و اجرا شده است. کرومات هنگامیکه سیمان با آب مخلوط می شود حل گشته و

تماس دست با سیمان تر ممکن است منجر به بیماری های پوستی نظیر اگزمای سیمان یا

اولسرکرومات گردد که بسیار حاد بوده و اغلب می تواند ناتوان کننده باشد و باعث برهم کنش های آلرژیک پوستی شود.

مواد و روش ها :

انتخاب گروههای مورد مطالعه :

برای بررسی اثرات احتمالی گردوغبار، تمام افراد بصورت سرشماری در دو گروه مورد و شاهد که از لحاظ تمام عوامل مداخله گر همسان شده بودند، مورد مطالعه قرار گرفتند. گروه مورد شامل ۱۶۴ نفر از کارگران که طی یک شیفت در تماس با گردوغبار بودند و گروه شاهد شامل ۱۶۷ نفر که در مواجهه با گردوغبار نبودند و نیز بنا به اظهارات خودشان در مشاغل قبلی هیچ سابقه تماس با گردوغبار را نیز نداشتند.

نحوه بررسی و مطالعه عملکرد دستگاه تنفس :

در مطالعه حاضر پس از مهیا کردن مقدمات کار، که شامل تهیه و تکمیل پرسشنامه جهت علائم بیماری های تنفسی و اندازه گیری حجم ها و ظرفیت های ریوی می باشد. در طول انجام مطالعه برای اسپرومتری از یک دستگاه Vitalograph 2120 استفاده گردید و کالیبراسیون آن همواره مد نظر قرار گرفت.

روش نمونه برداری و تجزیه نمونه های محیطی :

به منظور بررسی میزان مواجهه با گردوغبار قابل استنشاق و تعیین غلظت و درصد سیلیس آزاد و کروم در نمونه ها از روش های NIOSH 7602 و NIOSH 7300 استفاده گردید.

وسایل مورد استفاده در نمونه برداری:

پمپ نمونه برداری فردی مدل Gillian SKC

سیکلون نایلونی ۱۰ میلی متری

فیلتر غشایی PVC با قطر ۳۷ میلی متر و پورساز ۵ میکرون

ترازوی آنالیتیکی با دقت 10^{-5} گرم

کالیبراتور حباب صابون

دسیکاتور

چگونگی نمونه برداری :

با توجه به اهداف طرح و به منظور مقایسه میزان غلظت آلاینده در بخش های مختلف، نمونه برداری از واحد های سنگ شکن، نمونه گیری، آسیاب مواد، کوره و گریت کولر، آسیاب

سیمان و بارگیر خانه صورت پذیرفت. عملیات رطوبت گیری فیلتر ها طی بیست و چهار ساعت قبل و بعد نمونه برداری در دسیکاتور و نیز رسم منحنی کالیبراسیون طی دوره های نمونه برداری انجام گردید. نمونه برداری ها به استثناء زمان صرف غذا و اقامه نماز، طبق توصیه های روش های مربوطه با گذر حجمی 1.7 Lit/min انجام پذیرفت. در حین نمونه برداری وضعیت عملکرد پمپ، گذر حجمی آن همراه با مویقت فیزیکی و عملیاتی کارگر مورد بررسی قرار گرفتند. برای حذف میزان خطا و آلودگی های احتمالی در هنگام نمونه برداری با انتقال، تعدادی فیلتر بعنوان شاهد برگزیده شد (با توجه به دستورالعمل های OSHA و NOISH، تعداد نمونه های شاهد باید ۱۰ درصد کل نمونه های واقعی باشد). همچنین جهت نمونه برداری بصورت BULK از ظروف ته نشینی استفاده گردید.

تعیین غلظت گردوغبار در هوای محیط کار :

غلظت گردوغبار بر حسب میلی گرم در متر مکعب هوا پس از انجام تصمیمات مربوطه دما و فشار از طریق فرمول زیر محاسبه گردید:

$$C = (W_2 - W_1) * 10^3 / \Delta t * Q$$

$C =$ غلظت گردوغبار بر حسب mg/m^3
 $W_2 =$ وزن فیلتر بعد از نمونه برداری بر حسب mg/m^3
 $W_1 =$ وزن فیلتر قبل از نمونه برداری بر حسب mg/m^3
 $\Delta t =$ مدت زمان نمونه برداری بر حسب دقیقه

تعیین میزان سیلیس آزاد در نمونه های گردوغبار قابل استنشاق :

برای این کار از روش NIOSH 7602 و تکنیک Infrared Absorbption Spectrophotometry برای آنالیز سیلیس آزاد شامل Tridymite, Cristobalite, Quartz استفاده گردید. برای آماده سازی نمونه فیلتر و سیلیکات های بی شکل توسط Muffle Furnace حذف گردیدند. در ضمن رفع سایر مداخله گر ها نیز در ضمن عملیات آماده سازی نمونه از اسید کلریدریک و ۲- پروپانل استفاده گردید. نهایتاً با بکارگیری مراحل شرح داده شده در روش عملیات های کالیبراسیون، سنجش و محاسبات نیز انجام گردید.

تعیین مقدار کروم در نمونه برداری قابل استنشاق و نیز Bulk :

در روش NIOSH 7300 و نیز DS1020 تکنیک پیشنهادی برای آنالیز کروم کلی (۳ و ۶)، Induced Coupled Argon Plasma, Atomic Emission Spectroscopy می باشد.

نتایج:

در این قسمت نتایج اندازه گیری و ارزیابی نمونه های گرد و غبار، اندازه گیری ظرفیت های ریوی در گروه های مورد و شاهد و مقایسه آنها در حالت های مختلف و اطلاعات بدست آمده از پرسشنامه های تکمیل شده برای کارگران در معرض و شاهد به شرح زیر ارائه شده است:

جدول ۱-۱- حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار غلظت گگرد و غبار کل و قابل تنفس در منطقه تنفسی کارگران و محیط کارمیلی گرم بر متر مکعب

گرددغبار قابل تنفس در محیط کار										گرددغبار قابل تنفس در منطقه تنفسی										گرددغبار کلی در منطقه تنفسی			محل کار
SD	mean	Max	min	SD	mean	max	min	SD	Mean.	max	min	SD	max	min	SD	mean	max	Min					
۴۷/۲	۳۲/۶	۶۹/۹	۳/۲۴	—	—	—	—	۲/۲۸	۹/۷۸	۲۸/۷۱	۲/۷۶	۵۵/۲۵	۲۰۹/۰۹	۱۹/۹۰	—	۶۲/۴۱	۲۰۹/۰۹	۱۹/۹۰	بارون				
۱۴/۲	۸۴/۷	۹۴/۸	۷۴/۶	۳۳/۵	۴۲/۶	۶۸/۲	۵۲/۹	۷/۹۸	۱۹/۹	۳۱/۹۲	۱/۲۶	—	۲۵/۷۱	۲۵/۷۱	—	۲۵/۷۱	۲۵/۷۱	۲۵/۷۱	بارون ثابت				
۲۱/۹	۶۴/۳۷	۱۰۸/۲	۲/۶	۱۱۹/۲	۱۱۳/۲	۱۹۹/۵	۲۸/۹	۹/۰۱	۱۲/۰۱	۲۸/۴۹	۳/۵۷	۴۲/۷	۱۲۲/۵	۴/۶۸	—	۵۳/۳۸	۱۲۲/۵	۴/۶۸	بارون چرخان				
۲/۲۴	۹/۹	۱۸/۴۱	۳/۹۷	۳/۴۷	۲۴/۴	۲۶/۸	۲۱/۹۶	۹/۵۳	۲۴/۶۵	۳۱/۳۹	۱۷/۹۱	—	۲۴/۷۱	۲۴/۷۱	—	۲۴/۷۱	۲۴/۷۱	۲۴/۷۱	آسیاب				
—	۲۳/۰۹	۲۳/۱۰	۲۳/۱۰	۱۴/۹	۲۰/۳۶	۳۰/۴/۷	۱۰/۲/۶	۱۲/۷	۲۳/۱۷	۳۲/۴۰	۸/۹۷	—	۱۴/۰/۲	۱۴/۰/۲	—	۱۴/۰/۲	۱۴/۰/۲	۱۴/۰/۲	گروت کورل				
—	۱/۴۱۹۶	۱/۴۲	۱/۴۲	۵/۷۸	۴۶/۷۵	۸۲/۷	۱/۷/۸	۵/۵	۸/۳۹	۱۴/۷	۴/۹۲	—	—	—	—	—	—	—	آسیاب مواد				
۳/۰۲	۶/۷۸	۸/۹۲	۳/۱/۸	—	۴۶/۱۴	۴۶/۸	۴۶/۸	۴/۸۹	۱۳/۳	۱۲/۹	۷/۷۶	—	—	—	—	—	—	—	نمونه گیری				
۲۵/۸۵	۲۱/۵۲	۶۲/۵۷	۷/۶۱	۳۱/۹۹	۴۴/۹۲	۸۰/۰۵	۱۸/۹	۱۰/۷	۱۴/۷	۲۷/۰۴	۷/۷۲	—	—	—	—	—	—	—	سنگ شکن				
۳۳/۵۰	۲۷/۰۴	۱۰۸/۱۹	۱/۴۲	۲۰/۷/۶	۱۴۹/۶	۶۹۹/۲	۱۰/۷/۹	۸/۸۷	۱۳/۶۵	۳۲/۴۰	۲/۷۶	۴۸/۶۶	۲۰۹/۰۹	۴/۶۸	—	۵۸/۳۶	۲۰۹/۰۹	۴/۶۸	مجموع				

گروه مورد مطالعه ظرفتهای روی	گروه مورد		گروه شاهد		بررسی مقیاس میانگین ها P
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	
VC	7058/4	8967/0	6161/4	9185/0	369/0
FVC	7075/4	8964/0	6588/4	0520/1	651/0
FEV0.5	7363/2	6292/0	7666/2	8512/0	713/0
FEV _{0.5} /FVC	6768/57	7241/8	0719/59	1402/11	206/0
FEV _{0.75}	3717/3	7186/0	3566/3	9183/0	868/0
FEV _{0.75} /FVC	3110/71	4163/7	7545/71	7734/10	662/0
FEV ₁	7709/3	7710/0	7076/3	8435/0	477/0
FEV ₁ /VC	1829/80	9187/10	0419/80	4220/11	909/0
FEV ₁ /FVC	5000/79	4213/6	5509/79	9195/7	949/0
FEV ₃	0426/3	1709/2	8782/2	2609/2	500/0
FEV ₃ /FVC	8963/63	1808/43	6467/60	5179/44	501/0
MVV _{ind}	6768/136	0453/29	6946/133	7364/31	373/0

بحث و پیشنهادات:

با توجه به نمونه برداری های انجام شده در منطقه تنفسی کارگران و محیط های کار قسمت های مختلف خط تولید، نتایج بدست آمده دلالت بر این است که غلظت گردغبار در تمام قسمت ها بیش از حد مواجهه مجاز می باشد.

فرایند تولید سیمان در اکثر دیارتمان ها بغیر از قسمت هایی نظیر سنگ شکن، سالن اختلاط و بارگیرخانه شامل سیستمی محصور از مسیر های هوابرد و نوار نقاله ها می باشد که هیچ گونه نیازی به تماس اپراتور محلی و یا کارگر با مواد خام و محصول ندارد ولی علازغم این مطلب میزان مواجهه کارگران در تمام واحد ها بیش از حد استاندارد ایمنی و بهداشت می باشد. یکی از دلایل عمده این پدیده ریخت و پاش (Loss) مواد در حین فرایند تولید و نقل و انتقال مواد می باشد به گونه ای بغیر از افراد اپراتور محلی نیاز به تعدادی پرسنل مازاد غیر فنی برای نظافت و جمع آوری این مواد می باشد که عملکرد این افراد نیز به نوعی آنها را در معرض آلاینده های محیط قرار می دهد. با وجود اجرای سیستم هایی نظیر (Preventive Maintenance Program) جهت بررسی دوره ای اختلالات احتمالی موجود در تجهیزات بکار گرفته شده در فرایند، این موضوع نیز باید مد نظر قرار گیرد که مسئله ریخت و پاش مواد نیز ممکن است بخاطر وجود نقص یا خطا در قسمتی از سیستم باشد. این مسئله حتی از اواسط دهه نود بطور علمی در

رابطه با کاهش ریسک آلودگی محیطی و افزایش ایمنی صنعتی مورد توجه قرار گرفت. Torsteir K. Fannelop (1994) در کتاب خود تحت عنوان "کاربرد مکانیک سیالات در ایمنی صنعتی و حفاظت محیط زیست" به اجرای برنامه ای با عنوان "Loss Prevention" اشاره می کند و هدف اصلی آن شناسایی و حذف منابع انتشار آلودگی چه از ابعاد ایمنی و بهداشت صنعتی و چه از بعد زیست محیطی بود.

در قسمتهایی نظیر بارگیرخانه (Packer) که بر اساس سیستم سیال هوا و سیال پاکت ها توسط اپراتور پر می گردند میزان بسیار زیادی Loss بنایه دلایل مختلف مشاهده می شود، اکثراً به دلیل قابل برگشت بودن قسمتی از این مواد به چرخه تولید این نوع Loss مد نظر قرار نمی گیرد در صورتیکه با اعمال Prevention Loss قسمت عمده ای از آلودگی هوای محیط کار حل می گردد و استفاده از ماسک ضد گردغبار که از لحاظ استاندارد برای مقابله با آلودگی بسیار ناچیز تر از حد فصلی در نظر گرفته شده است اولویت نخواهد داشت. در قسمت بارگیرخانه که اپراتور محلی محسوس تر از سایر بخش ها در تماس با گردغبار هوای محیط کار قرار دارد استفاده از سیستم های تهویه موضعی (Local Exhaust Ventilation) مناسب تر ضروری است. سیستم های تهویه موضعی موجود باید بر اساس استانداردهای ایمنی و بهداشت حرفه ای با توجه به ماهیت آلاینده مورد ارزشیابی قرار بگیرند، به خصوص این سیستم از لحاظ هود های جمع آوری کننده آلاینده و به تبع آن محاسبه مجدد فشار استاتیک فن باری ایجاد افت فشار مناسب با توجه به ترکم زیاد آلاینده نیاز به اصلاح دارد.

در قسمت سنگ شکن نیز به علت نزدیکی به محل دپوی مواد و نیز تردد ماشین آلات سنگین در مسیر خاکی و تخلیه مواد آلودگی هوا وجود دارد. محصور کردن محل های دپوی مواد، آسفالت یا بتون ریزی نمودن مسیر تردد کامیون ها یا مدخل تخلیه مواد به داخل سنگ شکن، استفاده از فضای سبز در اطراف دپو و استفاده معقول از آب غیر آشامیدنی اسپری شده در ورودی سنگ شکن می تواند در کاهش آلودگی نقش عمده ای را ایفا کند.

آنالیزهای انجام شده نشان می دهد که گردغبار هوای محیط کار در قبل و بعد از عملیات حرارتی حاوی سیلیس آزاد بیش از حد استاندارد می باشد. تنها منبع ایجاد سیلیس می تواند سنگ های مصرف شده بخصوص سنگ سیلیس مصرفی بعنوان یکی از مواد خام اولیه باشد. هر چند به نظر می رسد که در اینجا بیشتر با سیلیکات هیراته و بی شکل روبرو باشیم ولی آنالیزهای انجام شده بیانگر وجود ریسک بالای تماس با سیلیس آزاد می باشد. بر اساس تحقیقات انجام شده توسط OSHA و ACGIH و نیز آنچنانکه (Pragot Potnaik 1999) در کتاب خود با عنوان "راهنمای جامع خواص مواد شیمیایی خطرناک" بیان می دارد طی فرایند کلسیناسیون مقداری از Amorphous Silica به سیلیس آزاد تبدیل می شود. در این رابطه مطالعات بیشتر بخصوص در زمینه استفاده از تکنیک X-Ray Diffraction برای آنالیز دقیق

تر نمونه های بیشتر و نیز مطالعات گسترده در مورد نحوه تغییرات Amorphous Silica در طی فرایند کلسیناسیون بهتر است.

یکی دیگر از اجزاء مورد آنالیز در نمونه های گردوغبار هوا و نمونه های Bulk ته نشین شده در محیط کار کروم می باشد. آنالیز نمونه گردوغبار هوا بیانگر وجود کروم بیش از حد استاندارد در هوای منطقه تنفسی کارگر Rotary Packer می باشد همچنین آنالیز نمونه های Bulk جمع آوری شده از قسمت زیر گریٹ کولر و بارگیر خانه بیانگر وجود میزان بالایی از کروم در این نمونه ها می باشد. با بررسی نوع مواد اولیه مصرفی انتظار افزایش چشمگیر در میزان کروم وجود ندارد اما در پروسه تولید سیمان دو منبع احتمالی برای ایجاد آلودگی وجود دارد: آجر های نسوز مصرفی در جداره کوره دوار می تواند یکی از این منابع ایجاد آلودگی باشد.

بر اساس آزمایشات انجام شده در مرکز تحقیقات سیمان طبق تکنیک پراش سنجی (XRD) این فرآورده دارای پریکالایز (فاز اصلی)، مونتسی سلایت (فاز جزئی) مگنزیو (MgO)، فرو (Fe2O3) و کرومیت (Cr2O3) می باشد که البته میزان کرومیت در آجرهای مگنو ۸۰ بیش از مگنو ۶۰ برآورد شده است. علاوه بر اینکه وجود کرومیت در این ماده می تواند باعث ایجاد آلودگی گردد احتمال این نیز وجود دارد که کروم سه ظرفیتی طی حرارت وارده در فرایند پخت اکسید گشته و به کروم شش ظرفیتی تبدیل شده و ضمن تخریب آجرها بصورت تورم آجرها، مسئله خطرناک ورود کروم شش ظرفیتی را به داخل کلینکر مطرح می سازد.

با توجه به اینکه میزان کروم موجود در نمونه Bulk سیمان بیشتر از میزان کروم در نمونه Bulk کلینکر می باشد می توان گفت که منبع دیگر افزایش کروم در مرحله آسیاب سیمان قرار دارد. در این فرایند علاوه بر خردایش کلینکر مقداری گچ به آن اضافه می شود. فرایند خردایش در آسیاب های دوار به کمک گلوله های سنگین آلیاژ چدن که حاوی کروم جهت استحکام در برابر سایش می باشند انجام می پذیرد. این کروم بیشتر به حالت کروم صفر یا فلزی بوده و میزان بسیار اندکی از آن شامل سایر انواع می تواند باشد. در مورد سنگ گچ مصرفی باید گفت هر چند در گچ خالص مقدار کرومیت بسیار ناچیز می باشد ولی در گچ ناخالص این وضعیت نامشخص است.

اتحادیه اروپایی انجمن های ملی توزیع آب و کمیته فنی وضع استاندارد صنایع سیمان و آهک (TC-51) در مورد خواص و کمیت عناصر سنگین از جمله کروم موجود در سیمان که در ساخت تجهیزات ذخیره، انتقال و آبرسانی بکار می روند مطالعاتی را آغاز کرده اند. میزان کروم شش ظرفیتی قابل حل موجود در آب ناشی از تست های شستشوی انجام شده در سیمان تیپ یک بیشتر از سیمان تیپ دو می باشد. دلیل اصلی بخاطر این است که سیمان تیپ دو دارای مواد پوزولانی می باشد که حاوی کروم شش ظرفیتی کمتر می باشد در حالیکه سیمان تیپ یک دارای ۹۵ درصد کلینکر است. استانداردهای موجود بیانگر وجود مقدار بیشتری از کروم قابل

انحلال در آب برای آن می باشد زیرا فرایند تولید کلینکر باعث اکسید شدن کروم سه ظرفیتی به کروم شش ظرفیتی می شود. طی انجام همین تحقیقات ثابت شد که رابطه مستقیمی بین میزان کروم کلی و کروم شش ظرفیتی در انواع مختلف سیمان های آزمایش شده وجود ندارد. بنابراین مسئله کنترل کروم در سیمان امروزه امری ضروری است زیرا بدلیل وجود ضریب همبستگی پایین بین کروم کلی و قابل انحلال در آب سمیت کروم قابل انحلال در آب صرفاً با محدود کردن میزان کروم کلی کاهش نمی یابد.

در کشور های اسکاندیناوی از سال ۱۹۸۱ سعی گردید تا بوسیله خرید کردن ۰.۶ - ۰.۵ درصد سولفات هیدراته آهن در حین خرد کردن کلینکر و گچ نسبت به محدودتر کردن کروم شش ظرفیتی اقدام شود. یون های فریکه می توانند باعث احیاء کروم شش ظرفیتی به کروم سه ظرفیتی شود (University of Copenhagen, Niels- Andersens- 1996).

علاوه بر موارد فوق طی مطالعات انجام شده در سنگاپور استفاده از سربراره کوره های ذوب فلزات بجای بخشی از کلینکر می تواند باعث کاهش کروم شش ظرفیتی در سیمان گردد، بطوریکه سیمان دارای ۵ درصد سربراره غلظت کروم شش ظرفیتی آن ۱۷.۵ میکروگرم بر گرم می باشد در حالیکه اگر در همان نوع سیمان سهم سربراره به ۶۰ درصد افزایش یابد غلظت کروم شش ظرفیتی آن به ۷.۱ میکروگرم بر گرم کاهش می یابد. (Goh- Cl.Gan-SI-1996).

بنابراین ماهیت مواد خام مصرفی، شرایط تولید کلینکر و خنک کردن آن نوع و درصد مواد افزودنی، عوامل احیا کننده و ترکیبات کروم شش ظرفیتی در فرایند هیدراسیون نقش مهمی در ایجاد کروم شش ظرفیت ایفا می کنند.

در نهاداشت صنعتی پس از اجرای تمام اقدامات کنترلی بر روی مواد و پروسه نهایتاً استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب به عنوان یک ابزار مکمل نسبی ایمنی و بهداشت توصیه می گردد. با توجه به بار آلودگی موجود در محیط کار و نیز اینکه آنالیز های آماری بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بین ظرفیت های ریوی افرادی که از ماسک استفاده می کنند در مقایسه با افرادی که از ماسک استفاده نمی کنند در کارگران گروه مورد می باشد، بنابراین توصیه می شود نسبت به استفاده از ماسک هایی با کارایی بالاتر پس از انجام سایر موارد کنترلی اقدام شود.

همچنین با توجه به اینکه طبق آنالیز آماری مقایسه ظرفیت های ریوی در بین کارگران گروه مورد مشخص گردید که سیگار اثر تشدید کننده در کاهش ظرفیت های ریوی دارد لذا به افراد در معرض تماس با گردوغبار آموزش های لازم در این رابطه داده شود. در معاینات قبل از استخدام حتماً افراد از نظر سابقه بیماری های ریوی بررسی شوند. در انجام معاینات دوره ای علاوه بر معاینات بالینی از آزمایشات اسپرومتری و رادیو گرافی قفسه سینه نیز استفاده شود، همچنین بهتر است افراد در معرض تماس با گردوغبار از نظر وجود بیماری سل مورد بررسی قرار گیرند.

منابع :

- 1- Pradyot Patnaik; " A Comprehensive Guide To The Hazardouse Properties Of Chemical Substances"; 1999.
- 2- Gregory D. Wight; "Fundemental of Air Sampling"; 1994.
- 3- Jesper Kristiansen and Jytte Christensen ; "A DANREF Certified Reference Material for Chromate in Cement"; 1997.
- 4- Aitio, A and Tomatis, L; "Trace Elements in Healthand Disease"; Royal Society of Chemistry, Camberidge; 1991.
- 5- Petersen, R and Mikkelsen, S ; " Occup. Environ. Med"; 1994.
- 6- Fregret, S and Gruberger; " Berufsdermatosen "; 1972, 20, 238.
- 7- Danish Working Environment Service Order; "Water- Solubale Chromate in Cement"; Copenhagen; 1983.
- 8- Fregret, S. Gruvberger, B., Sandahl, E.; " Contact Dermatitis"; 979, 3, 39.
- 9- Goh, C.L., Gan, S.I., and Ngui, S.J.; "Contact Dermatitis" 1986, 15, 235.
- 10- Avnstrop, C.; " Contact Dermatitis"; 1991, 25, 81.
- 11- Irvine, C.; Pugh, C.E , Hansen, E.J., and Rycroft, R.J.G.; Occup. Med 1994, 44, 17.
- 12- OSHA Technical Center; " Portland Cement (Total Dust) in Workplace Atmospherees"; 1991.
- 13- Ali, ba., and Balla, Sg., "Post Shift Changes in Plomonary Function in Cement"; 1995.
- 14- Mengesha, Ya. "Relative Chronic Effects of Different Occupational Dusts on Respiratory Indices and Health of Workers in Three Ethiopian Factories"; Amj. Ind. Med. 1998 Oct. 34(4), 373-80.

۱۵- میرزایی، رمضان "کارخانجات سیمان و سلامت کارگران"، ۱۳۷۹.