مقاله پژوهشی

بررسی انتشار سیلیس آزاد در هوای کارگاه های سنگ کوبی منطقه ازندریان همدان به روش پراکنش اشعه ایکس

محسن علی آبادی * ، دکتر عبدالرحمن بهرامی** ، دکتر حسین محجوب *** ، مهندس فرشید قربانی****
مهندس محمدعلی برقی***** ، دکتر فریده گلبابائی******

دریافت : ۸۵/۱۰/۳۰ ، پذیرش : ۸۶/۳/۲۱

چکیده:

مقدمه و هدف: جهت تعیین حدود مجاز تماس شغلی گردوغبار قابل استنشاق ،تعیین درصد سیلیس آزاد گردوغباراستنشاقی شاغلین ضرورت دارد تا براساس حدود مجاز تعیین شده، مواجهه شاغلین مورد ارزیابی قرار گیرد . هدف ازاین مطالعه تعیین انتشار سیلیس آزاد درهوای کارگاه های سنگ کوبی منطقه ازندریان همدان بود.

روش کار: در این پژوهش توصیفی – تحلیلی ٤٠ نمونه گردو غبار از کارگاه های مختلف سنگ کوبی تهیه شد که نمونه برداری از گردوغبارقابل استنشاق بر اساس روش شماره ۷۵۰۰ سازمان NIOSH وبااستفاده از پمپ نمونه بردار همراه با سیکلون در ارتفاع ناحیه تنفسی و در ایستگاه های مختلف کاری فرایند سنگ کوبی صورت گرفت.تعیین مقدار گردوغبار به روش گراویمتری وتعیین مقدار سیلیس آزاد به روش پراکنش اشعه ایکس صورت گرفت.

نتایج: نتایج نشان داد در کارگاه های درجه۲ میزان تراکم گردوغبار قابل استنشاق برابر با 1.17-1.24 mg/m^3 و میزان تراکم کوارتز برابر با 0.94-1.03 mg/m^3 می باشد. درکارگاه های درجه ۱ نیزمیزان تراکم گردوغبار قابل استنشاق برابر با 0.81- 1.07mg/m^3 و میزان تراکم کوارتز برابر با 0.79 -1.05 mg/m^3 می باشد. بر این اساس میزان سیلیس آزادگردوغبار قابل استنشاق در کارگاه های تولید پودر سیلیس نوع درجه یک برابر با ۹۷/۵ ٪ ودرکارگاه های تولید پودر سیلیس نوع درجه دو برابر با ۸۱/۳ ٪ است که این اختلاف درصد از لحاظ آماری معنی دار می باشد(P_{Value}=0.0001).

نتیجه نهائی: با مقایسه میانگین وزنی زمانی گردوغبار قابل استنشاق کارگاه های سنگ کوبی مورد مطالعه با حدود تماس شغلی اختلاف معنی داری مشاهده نگردید. بر این اساس میزان تراکم گردوغبار در کارگاه ها پایین تر از حدود مجازتماس شغلی می باشد.

کلید واژه ها : پراکنش اشعه ایکس / سیلیس آزاد / کارگاه های سنگ کوبی

مقدمه :

سیلیس بعنوان یکی از مهم ترین مواد معدنی در مصارف مختلف صنعتی دنیا محسوب می شود. از مصارف عمده سیلیس میتوان به استفاده از آن در فرآیند ریخته گری کارخانجات ، تهیه پودرهای لباس شویی و پاک کننده ها ،فرایند ماسه زنی قطعات، تهیه انواع ترکیبات

* کارشناسی ارشد بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان (mohsen_ohse@yahoo.com)
** دانشیار گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان
*** دانشیار گروه آمار حیاتی و اپیدمیولوژی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان
**** عضو هیأت علمی گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان
***** عضو هیأت علمی گروه زمین شناسی دانشکده علوم دانشگاه تهران
****** استاد گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

Archive of SID
www.SID.ir

مواد شیمیایی لعاب ورنگ وبالاخره بعنوان ماده اولیه ساخت انواع بلور وشیشه اشاره نمود(۱). سیلیس به دوشکل عمده بلوری (Crystalline) که بسته به میزان حرارت زمان تشکیل به سه شکل کوارتز، تری دیمیت و کریستوبالیت دیده می شود وفرم بی شکل(Amorph) که مولکول های مختلف نسبت به یکدیگر دارای ارتباط فضایی نامشابه هستند ، وجود دارد. اشکال بلوری سیلیس تحت درجه حرارت و فشار معین به یکدیگر تبدیل می شوند. بدین جهت در فرآیند های مختلف با توجه به دما و فشار اشکال مختلف بلوری کوارتز ، کریستوبالیت و تری دیمیت مشاهده می شود(۲). سیلیکوزیس بعنوان مهم ترین بیماری ریوی ناشی از کار در نتیجه استنشاق مستمر گردوغبار حاوی سیلیس آزاد بلوری ایجاد می شود. در سیراین بیماری عوارضی مانند عفونت های ریوی، سل ریوی، پنوموتراکس، نارسایی قلبی وهموپتیزی بتدریج ظاهر می گردد. موضوع مهم در این بیماری قابلیت پیشرفت زیاد ضایعات سیلیکوزی است که حتی در صورتی که کارگر پس از شروع بیماری از محیط آلوده به گردوغبار دور شود، ضایعات همچنان سیر بیماری زایی خود را ادامه خواهد داد(۳). لازم به ذکر است که سیلیس بعنوان ماده سرطان زای ریه توسط سازمان بین المللی تحقیقات سرطان شناخته شده و بر این اساس ضرورت ارزیابی آلاینده های ذره ای سیلیس در محیط های کاری بیش از پیش نمایان گردیده است(۴).

کارگران صنایع مختلفی به اقتضای شغلی در معرض خطر ابتلا ء به بیماری سیلیکوزیس قرار دارند ازجمله مهم ترین این صنایع ، کارگاه های سنگ کوبی هستند که سنگ های معدن حاوی سیلیس را آسیاب ، پودر ودانه بندی نموده و بصورت سیلیس درجه ۱ ودرجه ۲ در اختیار صنایع مصرف کننده قرار می دهند. سیلیس درجه ۱ نوع مرغوب تر سیلیس وحاوی درصدبالایی از سیلیس آزاد یا بلوری است در صورتی که درمحصول نوع درجه دو ، درصد پائین تری ازسیلیس بلوری وجود دارد. بدلیل ماهیت فرایند سنگ کوبی که عمدتا عملیات آسیاب و خردکردن وغربال است ، کارگران شاغل در این کارگاه ها در مواجهه با گردوغبار فراوان قرار دارند و ابتلاء تعدادی از کارگران طی سال های گذشته به بیماری ها وعوارض ریوی درکارگاه های سنگ کوبی ازندریان همدان که به تولید ودانه بندی سیلیس و سایر فرآورده های معدنی می پردازند، تائید کننده این موضوع است. در این منطقه صنعتی ۳۲کارگاه سنگ کوبی وجود دارد که حدود۵۰۰ نفر در این کارگاه هابصورت مستقیم وغیر مستقیم شاغل هستند(۵). از جمله عوامل موثر در ابتلا کارگران به بیماری سیلیکوزیس در محیط های کاری ، تراکم گردوغبار سیلیس در محیط کار، درصد سیلیس آزاد در گردوغبار موجود و مدت زمان مواجهه کارگران با گردوغباراست(۵).

بطور معمول پایش شغلی برای مواجهه با ذرات سیلیس از طریق نمونه برداری و آنالیز سه شکل بلوری پلی مورف سیلیس انجام می گیرد که البته شکل تریدیمیت در مکان های صنعتی بندرت یافت می شود و کریستوبالیت نیز در بعضی موارد خاص وجود دارد. تقریبا" حدود ۴ درصد از توده مواد صنایع حاوی کریستوبالیت هستند. در آمریکا حدود۲/۸ میلیون کارگر در مواجهه با ذارت سیلیس بلوری به شکل کوارتز می باشند. بر این اساس سیلیس بلوری در گردوغبار های صنعتی عمدتا" بصورت کوارتز نمایان می گردد(۶). در ارتباط با تعیین مقدار سیلیس آزاد در محیط های کار مطالعات مختلفی صورت گرفته است. بانکس و همکاران غلظت سیلیس آزاد را در دو آسیاب تولید پودر سیلیس که موارد بیشتر سیلیکوزیس درآن گزارش شده بود ،مورد بررسی قرار دادند. غلظت سیلیس آزاد در ۸۵٪ نمونه های گردوغبار قابل استنشاق بیشتر از mg/m3 ۰/۰۵ و مقدار سیلیس آن بین ۹۵ تا ۹۸ درصد متغیر بود. ضمناً این محققین بررسی دیگری در ۲۱ آسیاب تولیدپودر سیلیس انجام دادند که از ۱۰۴۴ نمونه گردو غبار ، تعداد ۵۶۳ نمونه از کل نمونه ها، غلظتی بیشتر از mg/m3 ۰/۱ کوارتز قابل استنشاق داشتند(۷). مطالعه فالکر در کارگاه های سنگ کوبی ایالت راجستان هندوستان نشان دادکه میانگین تراکم ذرات کل در هوای این کارگاه ها mg/m3 ۲۲/۵ و میانگین تراکم ذرات قابل استنشاق mg/m3 ۲/۹۳ بوده و با توجه به درصد سیلیس آزاد گردوغبار (۷۵٪) میزان مواجهه شاغلین بالاتر از حد مجاز تماس شغلی (PEL= 0.36 mg/m3)گزارش گردید(۸). در ارتباط با اهمیت استفاده از روش پراکنش اشعه ایکس در تجزیه کیفی و کمی سیلیس یانکو و همکاران مقایسه سه روش رایج تعیین سیلیس آزاد شامل روش شیمیایی کالریمتری واسپکتوفتومتری مادون قرمز و

Archive of SID

www.SID.ir

پراکنش اشعه X را انجام دادند. از مقایسه نتـایج مـشخص گردید که پراکنش اشعه X تنها روشی است که مـی تـوان توسط آن با دقت و صحت کافی سیلیس آزاد را درنمونه ها تعیین مقدار نمود و از فواید دیگر ایـن روش سـرعت زیـاد در تجزیه نمونه های گردوغبار سیلیس است(۹). همچنین در مطالعاتی نیز مشخص گردید که روش پراکنش اشعه X قابـل قبـول تـرین روش بـرای تعیـین مقـدار کـوارتز و کریستوبالیت می باشد(۱۰،۱۱).

در ارتباط با مطالعات صورت گرفته در ایـران فریـده گلبابائی وهمکاران در معدن سنگ های ساختمانی سنجدک کاشمر مقدار سیلیس آزاد را به روش پراکنش اشعه ایکس مورد بررسی قرار دادندکه بیشترین نسبت میانگین تـراکم کوارتز بـه گردوغبـار قابـل استنـشاق در ایـستگاه چکـش ۰/۵۱٪ وکمترین نسبت میانگین تراکم کوارتز به گردوغبار قابل استنشاق در ایستگاه گریدر ۰/۱۹ ٪ گـزارش گردیـد (۱۲). همچنین حبیـب الله دهقـان انتـشارسیلیس آزاد در یک صنعت شیشه سازی را به روش پراکنش اشعه X مورد بررسـی قـرار داد ونتـایج مطالعـه نـشان دهنـده بـالابودن میانگین تراکم گردوغبار از حدمجازتماس شغلی بود(۱۳).

با بررسی های بعمل آمده در حد توانایی پژوهـشگران تاکنون در ارتباط با انتشار سیلیس آزاد با استفاده از روش پـراکنش اشـعه X در کارگـاه هـای سـنگ کـوبی کـشور مطالعه ای صورت نگرفته است از این رو ، در این مطالعـه انتشار سیلیس آزاد در هـوای کارگـاه هـای سـنگ کـوبی منطقه ازنـدریان همـدان بعنـوان بـزرگ تـرین واحـدهای تولید سیلیس کشور انـدازه گیـری گردیـد تـا بـا تعیـین مقادیر حد تماس شغلی بـر اسـاس میـزان سـیلیس آزاد ، مواجهه شاغلین مورد ارزیابی قرارگرفت.

روش کار:

در این مطالعـه توصـیفی تحلیلـی بـر اسـاس پـیش آزمون صورت گرفته در کارگاه های سنگ کوبی ، میانگین وانحراف معیار تراکم گردوغبارسیلیس در بـین کارگـاه هـا (1790 mg/m3 ± 200.14 mg/ m3) تعیـین گردیدکـه بـا لحاظ نمودن خطای نمونـه گیـری معـادل ۱۵٪ میـانگین صفت وفاصله اطمینان ۹۵٪ ، حداقل نمونه مورد نیاز برابر با ۴ کارگاه تعیین شد. با توجه به۵ ایستگاه مهم کاری در فرایند سنگ کوبی، درهر کارگـاه ۱۰ نمونـه وتعـداد کـل نمونه های گردوغبـار برابـر بـا ۴۰ نمونـه تعیـین گردیـد. نمونه برداری گردوغبار قابل استنشـاق براسـاس روش شماره ۷۵۰۰ سازمان NIOSH انجام گرفت(۱۴). در ایـن مطالعه جهت نمونه برداری ازوسایل نمونه بـرداری شـامل پمپ نمونه برداری فردی مدل 224-PCXR3 ساخت SKC آلمان ،سیکلون نمونه برداری نایلونیmm ۱۰ و فیلترهـای PVC با قطر mm ۲۵ استفاده گردید . فیلتر ها قبل وبعـد از نمونه برداری بـه مـدت ۲۴ سـاعت در دسـیکاتور قـرار گرفت. کالیبراسیون پمپ نمونه برداری نیـز بـا اسـتفاده از روتامتر در دبیlit/min ۱/۸ صورت گرفت وعملیات نمونـه برداری از گردوغبار با استفاده ازسیکلون نایلونی در ارتفـاع ناحیه تنفسی کارگران (1/8m-1/5) صورت گرفت .جهـت انجام تجزیه نمونه ها به روش پراکنش اشعه ایکـس ابتـدا محلول اسـتاندارد مـادر وسـپس محلـول هـای اسـتاندارد کاربردی در محدوده ۲۰µg تاµg ۱۰۰۰ تهیـه و منحنـی کالیبراسیون بین مقادیر کوارتز خالص ومیزان شدت پراش آنها ترسیم گردید. سپس با استفاده ازدستگاه فیلتراسـیون شامل قیف بوخنر همراه با فیلتر وگیـره مخـصوص وپمـپ مکنده، محلول هـای اسـتاندارد کـوارتز از روی فیلترهـای غشایی نقره ای با قطر mm۳۷ و خلل و فرجµm ۰/۸ عبور داده شد.جهت آماده سازی نمونه هـای اصـلی نیـز ابتـدا فیلتـــر هـــای PVC حـــاوی نمونـــه هـــا در محلـــول تتراهیدروفوران هضم و سـپس عمـل انتقـال نمونـه هـای گردوغبار بر روی فیلتر غشائی نقره ای صورت گرفت. پس از انجام عملیـات آمـاده سازی،شـدت پـراش نمونـه هـای استاندارد و اصلی با استفاده از دستگاه پراش اشعه ایکـس قرائت گردید. برای تجزیه نمونه ها از دستگاه پـراش سـنج پودری پرتو ایکس مـدل D5000 شـرکت زیمـنس آلمـان مستقر در آزمایشگاهXRD دانشکده زمین شناسی دانشگاه تهران استفاده گردید.

ژنراتور اشـعه X در ولتـاژ KV ۴۰ و آمپـراژ ۳۵mA تنظیم گردید. با استفاده از پـنس نمونـه هـا را بـه بخـش نگهدارنده نمونه در دستگاه منتقل نمـوده و بـا اسـتفاده از سیستم رایانه دستگاه و نرم افزار DIFFRACT AT (1996) شرکت زیمنس جهت تحلیل اطلاعات، شدت پراش نمونه ها اندازه گیری گردید . زاویه 2θ مربوط بـه پیـک اول ،دوم و سـوم کـوارتز جهـت قرائـت شـدت پـراش آن بـه ترتیـب ۵۰/۱۸، ۲۰/۲۶،۸۸/۶۶ بوده وبر این اساس فضای D نیـز بـه ترتیـب برابـر بـا ۳/۳۴۱، ۴/۲۵۱ و۱/۸۱۷ مـی باشـد. تشخیص کیفی گردوغبار حاوی سیلیس با استفاده از دستگاه پراکنش اشعه ایکس و برمبنـــــای روش هاناوالت صورت

Archive of SID

www.SID.ir

گرفت. تشخیص کیفی از طریق منحنی پراش و برمبنای سه پیک اول بزرگتر و با تعیین فواصل D و زوایای 2θ این پیکها و با مراجعه به کارت های (JCPDS) International Center of Powder Diffraction Databse، صورت گرفت.

با استفاده از نرم افزار Curve Expert 1.3 بر اساس رگرسیون خطی وتعیین معادله درجه یک ، منحنی های کالیبراسیون ترسیم گردید. منحنی اول استاندارد مربوط به مقادیردر محدوده۲۰ تا۳۰۰ میکروگرم کوارتز و منحنی دوم استاندارد مربوط به مقادیردر محدوده ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ میکروگرم کوارتز ترسیم گردید. منحنی های کالیبراسیون شده در ارتباط با رفتار ذرات سیلیس بلوری براساس شدت پراش اشعه ایکس با منحنی کالیبراسیون ترسیم شده در روش MDHS 101 سازمان HSE مطابقت داشت(۱۵).

اطلاعات حاصل از اندازه گیری ها با استفاده از نرم افزار Spss10 و آزمون های آماریt-test رگرسیون خطی مورد تجزیه وتحلیل آماری قرار گرفت.برای مقایسه تراکم گردوغبار قابل استنشاق با حد تماس شغلی (OSHA(PEL، مقادیر حد تماس شغلی از رابطه زیر تعیین گردید(۶).

$$OSHA = \frac{10}{\%SIO_2 + 2}(mg/m^3)$$

نتایج :

نتایج آزمون آماری نشان دادکه بین میانگین تراکم گردوغبار قابل استنشاق در کارگاه های سنگ کوبی تولید سیلیس درجه یک ودرجه دو بعد از راه اندازی سیستم تهویه موضعی اختلاف معنی داری وجود ندارد (P.Value= 0.104) .بیشترین میانگین تراکم گردوغبار قابل استنشاق برابر با ۱/۲۴ mg/m^3 مربوط به کارگاه دوم درجه۲ وکمترین میزان تراکم گردوغبار قابل استنشاق برابر با mg/m^3 ۰/۸۱ مربوط به کارگاه اول درجه۱ می باشد(جدول۱).

جدول۱: توزیع تراکم گردوغبار قابل استنشاق در کارگاه های سنگ کوبی بعد از راه اندازی سیستم تهویه

	تعداد نمونه	میانگین تراکم mg/m^3	انحراف معیار mg/m^3	حداقل وحداکثر تراکم mg/m^3
کارگاه اول درجه۲	۱۰	۱/۱۷	۰/۶۲	۰/۶۲-۲/۲۹
کارگاه دوم درجه۲	۱۰	۱/۲۴	۰/۷	۰/۶-۲/۷۵
کارگاه اول درجه۱	۱۰	۰/۸۱	۰/۴۴	۰/۳۵-۱/۳۳
کارگاه دوم درجه۱	۱۰	۱/۰۷	۰/۹۱	۰/۲۲-۲/۶

بر اساس تشخیص کیفی ترکیبات گرد و غبار هوای کارگاه ها شامل خاک رس (Illite, Moscuvite) ، کوارتز (SiO_2) و کلسیت ($CaCO_3$) می باشد. با توجه به داده های حاصل از اندازه گیری شدت پراش غلظت های مختلف کوارتز خالص جهت ترسیم منحنی استاندارد ، ضریب همبستگی بین این دو متغیر برابر با ۰/۹۵۶ و معادله خط آن برابر با Y=1.097X-119.7 می باشد. نتایج آزمون آماری نشان داد که بین تراکم کوارتز قابل استنشاق و شدت پراش اشعه ایکس همبستگی وجود دارد (P-Value=0.0002). نتایج اندازه گیری تراکم کوارتز قابل استنشاق بر اساس نوع کارگاه بعد از راه اندازی سیستم تهویه در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول۲ : توزیع تراکم کوارتز قابل استنشاق بر اساس نوع کارگاه بعد از راه اندازی سیستم تهویه

	تعداد نمونه	میانگین تراکم mg/m^3	انحراف معیار mg/m^3	حداقل وحداکثر تراکم mg/m^3
کارگاه اول درجه۲	۱۰	۰/۹۴	۰/۴۹	۰/۵-۱/۸۴
کارگاه دوم درجه۲	۱۰	۱/۰۳	۰/۵۸	۰/۴۹-۲/۲۷
کارگاه اول درجه۱	۱۰	۰/۷۹	۰/۴۲	۰/۳۴-۱/۲۹
کارگاه دوم درجه۱	۱۰	۱/۰۵	۰/۸۹	۰/۲۱-۲/۵

همچنین نتایج تعیین درصد سیلیس آزاد بر اساس مقایسه میزان تراکم کوارتز نسبت به تراکم گرد و غبار قابل استنشاق بر اساس نوع کارگاه بعد از راه اندازی سیستم تهویه و نتایج مقایسه میانگین تراکم گردوغبار قابل استنشاق با حدود مجاز تماس شغلی در کارگاه های سنگ کوبی در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج آزمون آماری نشان داد که بین درصد سیلیس آزاد در کارگاه های سنگ کوبی تولید سیلیس درجه یک ودرجه دو بعد از راه اندازی سیستم تهویه اختلاف معنی داری وجود دارد(P.Value=0.0001). میزان سیلیس آزاد گردوغبار کارگاه های درجه دو برابر با ۸۱/۳٪ و در کارگاه های درجه یک برابر با ۹۷/۵٪ می باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۳: مقایسه تراکم گردوغبار قابل استنشاق در پیک مواجهه داخل کارگاه با حدود تماس شغلی

	تراکم گردوغبار(C) mg/m³	تراکم کوارتز mg/m³	درصد سیلیس آزاد	حد تماس شغلی (PEL) mg/m³	$\frac{C}{PEL}$ (٪)	حدتماس شغلی (OEL) mg/m³	$\frac{C}{OEL}$ (٪)
کارگاه اول درجه۲	۱/۱۷	۰/۹۴	۸۰/۵	۰/۱۲	۹/۷۵	۰/۱	۱۱/۷
کارگاه دوم درجه۲	۱/۲۴	۱/۰۳	۸۲/۸	۰/۱۱۸	۱۰/۵	۰/۱	۱۲/۴
کارگاه اول درجه۱	۰/۸۱	۰/۷۹	۹۷/۲۵	۰/۱	۸/۱	۰/۱	۸/۱
کارگاه دوم درجه۱	۱/۰۷	۱/۰۵	۹۷/۷۳	۰/۱	۱۰/۷	۰/۱	۱۰/۷

C : میانگین تراکم گردوغبار قابل استنشاق برحسب mg/m^3

OEL (Occupational Exposure limit): حدود مجاز استاندارد تماس شغلی ایران بر حسب mg/m^3

PEL (Permissible Exposure Limit) : حدود مجاز استاندارد تماس شغلی OSHA بر حسب mg/m^3

طی بررسی صورت گرفته ،حداکثر مدت زمان کار شاغلین در کارگاه ها در طول نوبت کاری ۸ ساعته روزانه برابر با یک ساعت می باشد وبر این اساس میانگین وزنی زمانی گرد وغبار قابل استنشاق در کارگاه های سنگ کوبی بر مبنای یک ساعت کار تعیین گردید. با توجه به اینکه حدود تماس شغلی مجاز بر مبنای ۸ ساعت کاری می باشد ، می بایست میانگین تراکم وزنی زمانی گردوغبار با حدود تماس شغلی مقایسه گردد. نتایج مقایسه میانگین تراکم وزنی زمانی گردوغبارTWA (Time Weighted Avarage) با حدود مجاز تماس شغلی بر اساس نوع کارگاه در جدول۴ ارائه شده است.

جدول۴: مقایسه میانگین تراکم وزنی زمانی گردوغبار قابل استنشاق با حدود مجاز تماس شغلی بر اساس ۸ ساعت کار روزانه

	تراکم گردوغبار mg/m^3 (C) (TWA)	حدتماس شغلی(PEL) mg/m^3	$\frac{C}{PEL}$ (٪)	حد تماس شغلی(OEL) mg/m^3	$\frac{C}{OEL}$ (٪)
کارگاه اول درجه۲	۰/۱۴۶	۰/۱۲	۱/۲	۰/۱	۱/۴۶
کارگاه دوم درجه۲	۰/۱۵۵	۰/۱۱۸	۱/۳	۰/۱	۱/۵۵
کارگاه اول درجه۱	۰/۱	۰/۱	۱	۰/۱	۱
کارگاه دوم درجه۱	۰/۱۳	۰/۱	۱/۳	۰/۱	۱/۳

نتایج آزمون آماری نشان داد بین میانگین تراکم وزنی زمانی گردوغبار در کارگاه های تولید سیلیس درجه یک با حدمجاز تماس شغلی ایران وحد مجاز تماس شغلیOSHA اختلاف معنی داری وجود ندارد(P-Value= 0.457). نتایج آزمون آماری نشان دادبین میانگین تراکم وزنی زمانی گرد و غبار قابل استنشاق در کارگاه های تولید سیلیس درجه دو با حد مجاز تماس شغلی ایران اختلاف معنی داری وجود دارد(P-Value= 0.006) ولی در مقایسه باحدمجاز تماس شغلیOSHA این اختلاف معنی داری نمی باشد (P-Value= 0.113).

بحث:

بر اساس نتایج بدست آمده بالابودن میزان تراکم وزنی زمانی گردوغبار قابل استنشاق در کارگاه های درجه یک در مقایسه با حدود مجاز استاندارد تماس شغلی معنی دار نبود و میزان آلاینده در محدوده مجاز قرار داشت. در کارگاه های درجه دو نیز میانگین تراکم گردوغباردر مقایسه با حد مجاز تماس شغلی OEL دارای اختلاف معنی داری بوده ولی در مقایسه حدود مجاز تماس شغلی OSHA اختلاف چندانی وجود نداشت. بانکس و همکاران غلظت سیلیس آزاد را در آسیاب های تولید پودر سیلیس در ۸۵٪ نمونه های قابل استنشاق بیشتر از $0/05\ mg/m^3$ و مقدار سیلیس آن بین ۹۵ تا ۹۸ درصد گزارش نمودند(۷) که در مطالعه حاضر نیز میزان سیلیس آزاد در کارگاه های درجه۱ بین ۱۰۰٪- ۹۵ قرار دارد و با نتایج مطالعه ذکر شده مطابقت دارد. علت تشابه نیز بعلت یکسان بودن ماهیت فرایند سنگ کوبی ونوع مواد اولیه مصرفی می باشد.

سیواکومار در بخشی ازکارگاه های سنگ کوبی هندوستان ، میانگین تراکم گردوغبار را بین $22.5\text{-}80.47 mg/m^3$ در مجاورت منابع تولید آلودگی گزارش نمود(۱۶). همچنین در مطالعه فالکر در کارگاه های سنگ کوبی ایالت راجستان هندوستان میانگین تراکم ذرات کل در هوای این کارگاه ها $22/5\ mg/m^3$ و میانگین تراکم ذرات قابل استنشاق $2/93\ mg/m^3$ تعیین گردید و با توجه به درصد سیلیس آزاد گردوغبار (۷۵٪) میزان مواجهه شاغلین بالاتر از حد مجاز تماس شغلی ($PEL= 0.36\ mg/m^3$) گزارش شد(۸). در مطالعه حاضر میانگین تراکم گردوغبار قابل استنشاق بین $0/8\text{-}1/24 mg/m^3$ قرار داردکه بسیارپائین تر از مقادیر مطالعات ذکر شده

Archive of SID

www.SID.ir

است . از علل آن نیز می توان به نوع تجهیزات و دستگاه های مورد استفاده و مهارت وقابلیت های حفظ ونگهداری سیستم های کنترلی تهویه در شرایط بهینه از لحاظ کنترل آلودگی اشاره نمود.

چن و همکاران طی مطالعه ای بر روی گرد و غبار قابل استنشاق در معادن فلزی و غیر فلزی ،میانگین تراکم کوارتزقابل استنشاق در بیشتر از ۱۵ صنعت و ۱۴ عملیات راکمتر از $0.05\ mg/m^3$ گزارش نمودند ومشخص گردید که ۵٪ از کل نمونه ها حاوی بیش از $0.1\ mg/m^3$ سیلیس آزاد بوده است(۱۷). در مطالعه حاضر میزان سیلیس آزاد (کوارتز) درکلیه نمونه های گردوغبار بیش از $0.1\ mg/m^3$ بوده که بدلیل نوع سنگ معدن مصرفی در کارگاه های سنگ کوبی است. درمطالعه حبیب الله دهقان به منظور ارزیابی سیلیس آزاد در شاغلین صنعت شیشه سازی به روش XRD ،میانگین تراکم سیلیس آزاد گردوغبار کل در منطقه تنفسی کارگران بطور متوسط ۲۲ برابر استاندارد OSHA بودو میانگین تراکم سیلیس آزاد گردوغبارقابل استنشاق نیز بطور متوسط ۹/۵ برابر استاندارد ACGIH بود(۱۳). در مطالعه حاضر میانگین تراکم وزنی زمانی گردوغبار قابل استنشاق حداکثر ۱/۳ برابر حد مجاز تماس PEL سازمانOSHA و۱/۵برابر حد مجاز تماس شغلی OEL کمیته فنی بهداشت حرفه ای ایران است. مقایسه نتایج دو مطالعه نشان دهنده بالا بودن بیش از حد گردوغبار قابل استنشاق در صنعت شیشه سازی بدلیل عدم وجود سیستم های کنترلی مناسب جهت کاهش میزان آلودگی است. لازم به ذکر است حدود تماس شغلی توصیه شده سازمان های NIOSH, ACGIH برای گرد و غبار قابل استنشاق حاوی کوارتز در محیط کار برابر با $0.05mg/m^3$ می باشد(۱۸). با مقایسه میزان تراکم گرد و غبار قابل استنشاق در کارگاه های سنگ کوبی با این حد تماس شغلی اختلاف معنی داری مشاهده می گردد و تراکم گردوغبار بالاتر از حدتماس شغلی توصیه شده این سازمان ها است. بر این اساس با توجه به بالا بودن میزان سیلیس آزاد گردوغبار قابل استنشاق کارگاه های سنگ کوبی، حفظ ونگهداری سیستم های کنترلی تهویه در شرایط بهینه ،اجرای اقدامات مدیریتی مکمل، بهسازی محیط های کاری و آموزش مدام شاغلین کارگاه ها جهت جلوگیری از افزایش مواجهه شاغلین نسبت به حدود مجاز تماس ضروری می باشد.

نتیجه نهائی :

با مقایسه میانگین تراکم وزنی زمانی گردوغبار قابل استنشاق در داخل کارگاه های مورد مطالعه با حدود تماس شغلی میزان گردوغبار قابل استنشاق ۱/۳-۱ برابر حد مجاز تماس PEL سازمان OSHA و۱/۵-۱برابر حد مجاز تماس شغلی OEL توصیه شده کمیته فنی بهداشت حرفه ای ایران است(۱۹).

منابع :

1. Sahin G, Altindag Z, Baydar T , Isimer A . Neopterin as a new biomarker for the evaluation of occupational exposure to silica. Int Arch Occup Environ Health 2003; 76: 318-332.
2. National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). Hazard review: health effects of occupational exposure to respirable crystalline silica. Cincinnati. DHHS (NIOSH) Publication No. 129. 2002.
3. Wagner GR. The inexcusable persistance of silicosis. Am J Public Health 1995; 85 (10): 1346-7.
4. International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans: silica and some silicates. World Health Organization. Lyon .France . 1997 ; 68:1- 475.
5. Shabani R , Tavana S, Mahjoob H, Habibi N, Mirarab S , Shirmohamadi T. Study of respiratory condition of workers employed in the silica factory of hamadan. Occup Environ Med 2004;64:34-38.
6. Occupational Safety and Health Administration. Quartz and cristobalite in workplace atmospheres: Method ID-142. Salt Lake City, UT: U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. 1996.
7. Banks DE, Morring KL, Boehlecke BA, Althouse RB, Merchant JA. Silica and silicosis in silica flour workers. Am Rev Respir Dis J . 1981; Vol 124(4):445-50.
8. Fulekar MH. Occupational exposure to dust in quartz manufacturing industry. Ann Occup Hyg J 1999 ;l43:269-273 .
9. Janko M , McCrae R E, Donnell J F , Austria RJ. Occupational exposure and analysis of microcrystalline cristobalite in mullite .Am Hyg Assoc J 1989 ;50:460-465.
10. Mils WJ. The measurement of crystalline silica. Review paper on analytical methods. AIHA J 1999; 60:396-402.
11. Shulman SA, Groff JH, Abell M. Performance of laboratories measuring silica in the proficiency analytical tasting program. AIHA J 1992; 53: 49-56.
12. Golbabaei F, Barghi M, Sakhae M. Evalua-

Archive of SID
www.SID.ir

tion of workers exposure to total, respirable and silica dust and the related health symptoms in Senjedak stone quarry. Iran Indust Health J 2004; 42: 29-33.
13. Dehghan Shahreza H, Razavizadeh N. Determination and evaluation of free silica in the respirable zone of glassworker with X-Ray Diffraction Method .Iranian J Public Health 1996; 28:121-132
14. National Institute for Occupational Safety and Health. Silica, crystalline, by XRD (respirable): Method 7500. In: NIOSH Manual of Analytical Methods, 4t h ed., 3rd Suppl. Cincinnati, OH: DHHS (NIOSH), Publication No. 127.2003
15. HSE. Quartz in respirable airborne dusts: Laboratory method using X-ray diffraction (direct method): MDHS 101. In : Methods for the determination of hazardous substances. London: Health and Safety Executive, 2005.
16. Sivacoumar R, Jayabalou R, Swaralatha S, Balakrishnan K. Particulate matter from stone crushing industry: size distribution and health effects. Environ Engin J 2006; 405-414.
17. Chen W, Zhuang Z, Hearl FJ , Odencrantz J, McCawley MA, Soderholm SC. Estimating respirable crystalline silica exposures for Chinese pottery workers and Iron / Copper, Tin ,and Tungsten Miners. Annals of Occupational Hygiene.2001;45:631-642.
18. ACGIH. Silica ,Crystalline – Quartz. The documentation of the threshold limit values and biological exposure indices . 9th ed. Cincinnati .OH. American Conference of Govermental Industrial Hygienists.2007.
۱۹- وزارت بهداشت ، کمیته فنی بهداشت حرفه ای مرکز مدیریت سلامت محیط وکار. حدود تماس شغلی عوامل بیماری زا ، تهران : انتشارات آرویج ، ۱۳۸۱.

Archive of SID

www.SID.ir