مجله سلامت و بهداشت

دوره پنجم، شماره اول، بهار ۱۳۹۳، صفحات ۲۹ تا ۳۵

ارزیابی فیوم‌های ناشی از برش فلزات قراضه با روش AAS و ICP-AES در یک صنعت فولاد

امید گیاهی[۱و۲]، جمشید خوبی[۱و۲]، عبداله برخورداری[۳]، ابراهیم درویشی [۱و۲]، مهرزاد ابراهیم زاده[۲]*

۱. مرکز تحقیقات بهداشت محیط کردستان، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران ۲.گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران ۳. گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

* نویسنده مسئول. تلفن:۰۸۷۱۶۱۳۱٤۷۳ فکس: ۰۸۷۱۶۶۲۵۱۳۱ ایمیل: jamshidkhoubi@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: فیوم ناشی از فلزات سنگین از مهمترین عوامل خطر در محیط‌های کاری محسوب می‌شوند. این مطالعه به‌منظور بررسی فیوم‌های ناشناخته با غلظت بالا در سایت برش فلزات قراضه در یکی از صنایع بزرگ فولاد کشور و کاهش استرس ناشی از مواجهه با آن در کارگران مواجهه یافته انجام شد.

روش کار: در این مطالعه به منظور تعیین نوع ترکیب فیوم‌های غلیظ متصاعد شده ناشی از برش قراضه که تاکنون ناشناخته بود، نمونه برداری فردی از منطقه تنفسی تمامی کارگران مواجهه یافته انجام شد. سپس آماده سازی و تجزیه نمونه‌ها به دو روش جذب اتمی شعله ای (روش ۷۳۰۰) و ICP- AES (۷۰٤۸) سازمان NIOSH انجام گرفت.

یافته ها: از ده عنصر شناسایی شده تنها میانگین غلظت اکسیدهای آهن بیش از حد مجاز بود و غلظت در نه ترکیب دیگر از حد مجاز پایین‌تر بود.

نتیجه گیری: فیوم‌های متصاعد شده با غلظت بالا در سایت برش قراضه عمدتاً ناشی از اکسیدهای آهن بوده و نگرانی مضاعفی که در کارگران و مدیران نسبت به وجود ترکیباتی مانند کادمیوم، نیکل و... و عوارض آنها بود، بیشتر از واقعیت بوده و نتایج معاینات دوره‌ای نیز موید این مطلب بود.

واژه‌های کلیدی: فیوم فلزات، برش فلزات قراضه، صنعت فولاد، ICP-AES

دریافت: ۹۲/۱/۱۷ **پذیرش: ۹۲/۶/۱۳**

مقدمه

فلزات خصوصاً فلزات سنگین از قبیل سرب، جیوه، کادمیوم و آرسنیک تهدید بالقوه مهمی برای سلامتی انسان چه از نظر شغلی و چه از نظر محیطی به‌شمار می‌روند (۱). متاسفانه این عناصر غیرضروری در دوزهای بسیار پایین، خیلی سمی و غیر قابل تجزیه، با نیمه عمر بیولوژیکی بسیار طولانی می‌باشند، بنابراین مواجهه با این فلزات سنگین، بالقوه مضر می‌باشد (۲). به‌طوری که برخی فلزات به‌عنوان ترکیبات سرطانزا برای انسان تشخیص داده شده‌اند، مانند آرسنیک، کروم و نیکل. فرایندهای جوشکاری و برشکاری باعث تولید گازها و ذراتی می‌شوند که کمپلکس ترکیبی از اکسیدهای فلزات می‌باشند (۳). فیوم‌ها، فلزات تبخیر شده‌ای هستند که با هوا واکنش داده و تبدیل به ذرات با ابعاد قابل استنشاق می‌شوند (٤) که در صورت مواجهه طولانی‌مدت ممکن است باعث سرطان ریه گردد (۵). به‌طوری‌که آژانس بین المللی تحقیقات سرطان (IARC)، فیوم‌های جوشکاری و

www.SID.ir

برشکاری را در گروه 2B یعنی امکان سرطانزایی برای انسان طبقه‌بندی کرده است (۶). تخمین زده شده است که نزدیک به ٤۰۰۰۰۰ کارگر در ایالات متحده به‌صورت تمام‌وقت در مشاغل جوشکاری، برشکاری و لحیم‌کاری در سال ۲۰۰۲ مشغول به کار بوده‌اند با این حال اعتقاد بر این است که جوشکاری و مشاغل مشابه بخشی از وظایف بیش از دو میلیون کارگر در دنیا می‌باشد (٤). یکی از نگرانی‌های جدی بهداشتی در رابطه با استنشاق فیوم‌های جوشکاری و برشکاری این است که ممکن است باعث ایجاد سرطان ریه گردند. تعدادی از مطالعات اپیدمیولوژیکی افزایش معنادار سرطان ریه را در بین جوشکاران گزارش نموده (۷) و تعدادی گزارش نکرده‌اند (۸). بسیاری از اثرات سمی فلزات از جمله سرطانزایی آنها، می‌تواند تحت تاثیر مواجهه با دیگر فلزات تغییر کند (۹) که در واحد مورد مطالعه با توجه به برش انواع مختلف فلزات و آلیاژهای گوناگون اثرات مواجهه با ترکیب این عناصر می‌تواند بیش از اثر هر عنصر به‌تنهایی باشد.

با نوجه به اینکه مطالعه مشابهی تاکنون در کشور انجام نشده و از طرفی اهمیت موضوع و نیز توسعه صنایع فولاد این مطالعه به منظور بررسی و شناسایی فیوم های ناشناخته با غلظت ظاهری بالا در سایت برش فلزات قراضه در یکی از صنایع بزرگ فولاد کشور و کاهش استرس ناشی از مواجهه با آن در کارگران مواجهه یافته در سال ۱۳۸۸ انجام شد.

روش کار

در این مطالعه که از نوع مقطعی[1] می‌باشد، از تمامی ٤۲ کارگری که کار برش فلزات قراضه را با استفاده از دستگاه برش هوا و استیلن انجام می‌دادند و در معرض غلظت بالای گرد و غبار و فیوم‌های ناشی از برش فلزات بودند (شکل ۱)، نمونه‌برداری فردی از منطقه تنفسی کارگران مطابق روش ۷۳۰۰ و ۷۰٤۸ سازمان NIOSH انجام گرفت. دلیل انتخاب تمامی کارگران برای نمونه‌برداری، تنوع فلزات برش داده‌شده و فیوم‌های حاصله بوده است.

شکل ۱. تراکم بالای فیوم های ناشی از برش فلزات قراضه در واحد مورد مطالعه و نحوه مواجهه افراد

در این مطالعه به‌منظور نمونه‌برداری فردی، از پمپ نمونه‌برداری مدل SKC انگلستان و فیلتر استر سلولزی با پورسایز ۰/۸ میکرون و قطر ۳۷ میلی‌متر مطابق با روش استاندارد، استفاده گردید. پس از کالیبراسیون پمپ توسط روتامتر کالیبره شده، و توزین فیلترها، نمونه‌برداری با دبی ۲/۵ لیتر در دقیقه به‌مدت ۱۲۰ دقیقه از منطقه تنفسی تمامی کارگران انجام گرفت، به‌طوری‌که گرد و غبار کلی جمع‌آوری‌شده بر روی فیلتر از ۲ میلی‌گرم تجاوز نکند. ضمناً به ازاءِ هر ۱۰ نمونه یک نمونه شاهد نیز تهیه گردید.

[1] Cross Sectional

Archive of SID
www.SID.ir

آماده‌سازی نمونه‌ها با استفاده از اسید نیتریک غلیظ (HNO_3) و اسیدپرکلریک ($HClO_4$) با نسبت حجمی ٤ به ۱ به‌منظور انحلال فیلتر به‌صورت کامل صورت گرفت. بدین منظور پس از باز کردن فیلتر هولدر نمونه‌بردای، فیلتر را در یک بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری قرار داده و ۵ میلی‌لیتر حلال اسیدنیتریک غلیظ و اسید پرکلریک به آن اضافه شده و درب آن با شیشه ساعت مسدود و به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق قرار داده شد. سپس نمونه روی اجاق با دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شد تا ۰/۵ میلی‌لیتر از آن باقی ماند. این مرحله مجدداً با ۲ میلی لیتر حلال تکرار شده تا محلول نمونه شفاف بدست آمد. شیشه ساعت با آب مقطر به داخل بشر شسته شده و نمونه به بالن ژوژه ۱۰ میلی‌لیتری منتقل و با اسید حلال به حجم رسانده شد. لازم به ذکر است کلیه مراحل آماده سازی نمونه‌ها در زیر هود انجام گرفت.

سپس به‌منظور تجزیه نمونه‌ها محلول‌های استاندارد کاربردی با غلظت‌های مشخص برای ده عنصر فلزی مورد نظر تهیه و آماده تزریق به دستگاه تجزیه گردید. ده عنصر مورد نظر عبارت بودند از: اکسیدهای آهن، نیکل، کادمیوم، سرب، جیوه، کروم، قلع، منگنز، مس و کبالت.

روش‌های مختلفی مانند: روش جذب اتمی کوره (GF-AAS)، جذب اتمی شعله (F-AAS)، نشر اتمی با پلاسمای کوپل شده القایی (ICP-AES)، نشر اتمی با پلاسمای کوپل شده با آشکارساز طیف بین جرمی (ICP-MS)، یون کروماتوگرافی (IC) و... برای آنالیز فیوم‌های فلزی وجود دارد، اما در این مطالعه به‌منظور افزایش اطمینان از صحت داده‌های به‌دست‌آمده برای غلظت عناصر مورد بررسی، کاربرد وسیع AAS، حساسیت ودقت بالای ICP-AES و نیز سهولت دسترسی از دو روش تجزیه طیف‌سنجی جذب اتمی شعله‌ای (AAS) و طیف‌سنجی نشر اتمی با پلاسمای کوپل شده القائی (ICP-AES) استفاده گردید. ابتدا دستگاه جذب اتمی مطابق دستورالعمل کارخانه سازنده تنظیم و لامپ‌های کاتدی اختصاصی برای هر عنصر فلزی روی دستگاه نصب و با تزریق نمونه‌های استاندارد کاربردی، منحنی استاندارد برای هر کدام رسم گردید. سپس با تزریق نمونه‌های اصلی، غلظت هر یک از عناصر فوق تعیین گردید، سپس به‌منظور حصول اطمینان بیشتر از صحت نتایج به‌دست‌آمده، نمونه‌ها مجدد به دستگاه ICP-AES تزریق و عناصر تعیین مقدار گردید. کلیه مراحل تجزیه نمونه‌های اصلی در مورد نمونه‌های شاهد نیز انجام شد. پس از تعیین غلظت ماده آلاینده در نمونه‌های اصلی و شاهد، غلظت ماده آلاینده در هوا با استفاده از رابطه ۱ به‌دست آمد:

$$C_{mg/m^3} = \frac{C_S V_S - C_b V_b}{V}$$

رابطه ۱.

که در آن C غلظت ماده آلاینده در هوا، Cs غلظت ماده آلاینده در نمونه اصلی (µg/mL)، Vsحجم محلول نمونه اصلی (mL)، Cb غلظت ماده آلاینده در نمونه شاهد (µg/mL)، Vb حجم محلول شاهد (mL) و V حجم هوای نمونه‌برداری‌شده (L) می‌باشد. تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS-16 انجام شد.

یافته ها

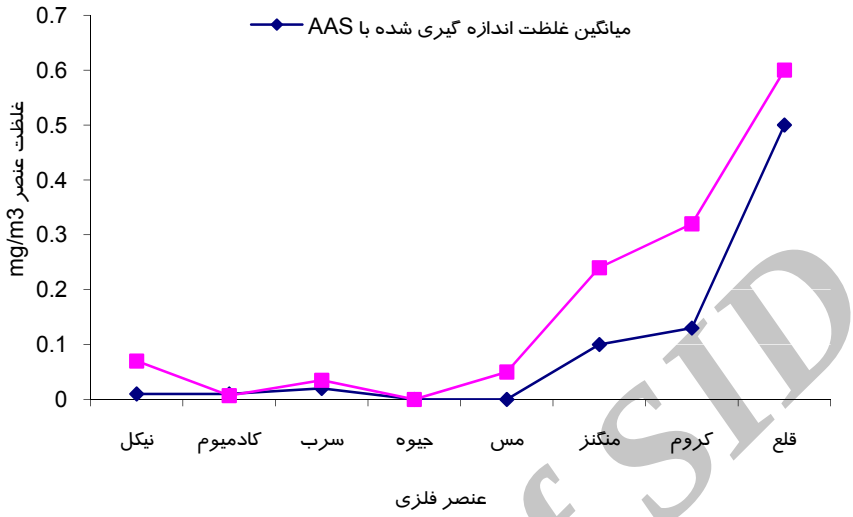
پس از تجزیه نمونه‌ها توسط دستگاه AAS و ICP-AES، ده عنصر اول که دارای اثرات بهداشتی نامطلوب و مهم بودند، تعیین مقدار شدند (نمودار ۱).

همان‌طور که در نمودار ۱ ملاحظه می‌شود، از ده عنصر شناسایی شده، تنها میانگین غلظت اکسیدهای آهن در نمونه‌های گرفته شده، بیش از حد مجاز بوده ($Con\ Fe>5mg/m^3$) و غلظت در نه ترکیب دیگر شامل Ni ,Cd ,Pb ,Hg ,Cr ,Sn ,Mn ,Cu Co از حد مجاز پایین‌تر بوده است. لازم به ذکر است غلظت کبالت و جیوه پایین‌تر از حد تشخیص دستگاه

Archive of SID

www.SID.ir

بوده، بنابراین برای این دو عنصر غلظت صفر در نظر گرفته شد که در شکل نیامده است و نیز با توجه به غلظت بالای اکسیدهای آهن، این ترکیبات نیز به‌دلیل تحت تاثیر قراردادن منحنی سایر ترکیبات در شکل مذکور نیامده است. مقادیر مختلف غلظت عناصر مورد بررسی در جدول ۱ آمده است.



نمودار ۱. مقایسه میانگین غلظت فیوم های ناشی از برش فلزات قراضه با استفاده از دو روش طیف سنجی جذب اتمی (AAS) و طیف سنجی نشر اتمی با پلاسمای کوپل شده القائی (ICP-AES)

جدول ۱. میانگین غلظت اندازه گیری شده فیوم های ناشی از برش فلزات قراضه با استفاده از دو روش طیف سنجی جذب اتمی (AAS) و طیف سنجی نشر اتمی با پلاسمای کوپل شده القائی (ICP-AES)

عناصر فلزی	میانگین غلظت اندازه گیری شده با ICP-AES (mg/m^3)	میانگین غلظت اندازه گیری شده با AAS (mg/m^3)	حد مجاز مواجهه (mg/m^3)
اکسیدهای آهن	۲۰/۵۷	۱۵	۵
نیکل	۰/۰۷	۰/۰۱	۱
کادمیوم	۰/۰۰۷	۰/۰۱	۰/۰۱
سرب	۰/۰۳۵	۰/۰۲	۰/۰۵
جیوه	۰	۰	۰/۰۲۵
مس	۰/۰۵	۰	۰/۲
منگنز	۰/۲٤	۰/۱	۳
کروم	۰/۳۲	۰/۱۳	۰/۵
قلع	۰/۶	۰/۵	۲
کبالت	۰	۰	۰/۰۲

بحث

مواجهه با فلزات سنگین هرکدام به‌تنهایی می‌تواند عوارض و بیماری‌های مختلفی را ایجاد کند، علاوه بر آن ممکن است مواجهه با فلزات دیگر تواماً اثر هر کدام از آنها را شدیدتر کند،که فیوم‌های جوشکاری و برشکاری ناشی از برش فلزات قراضه در واحد مورد مطالعه نیز از این قاعده مستثنی نیست (۹)، به‌طوری که اثر ژنوتوکسیسیتی برخی فلزات به‌تنهایی کمتر از اثر آنها به‌طور توام با سایر فلزات است (۱۰). با توجه به اینکه فلزات برش داده شده در این واحد از آلیاژهای مختلفی بودند، لذا امکان اینکه مواجهه با

Archive of SID
www.SID.ir

ترکیبی از این فلزات اثرات حادتری ایجاد کند، دور از انتظار نبود.

پس از طراحی و انجام این مطالعه، مشخص شد که فیوم‌های متصاعدشده با غلظت ظاهری بالا، عمدتاً ناشی از اکسیدهای آهن بوده و سایر فلزات برخلاف حضورشان در ترکیب فیوم متصاعد شده، کمتر از حد مجاز بوده است.

لازم به ذکر است اثرات هم افزایی این ترکیبات با توجه به اینکه نیروی کار در واحد مورد مطالعه دارای سابقه کوتاه یک ساله بودند، قابل بررسی نبود. بررسی پرونده‌های پزشکی افراد طی دو دوره معاینه نیز تغییرات قابل توجهی را در پارامترهای اندازه‌گیری شده نشان نداد.

آنالیز نمونه‌های گرفته‌شده از محیط کار در این مطالعه به‌دلیل افزایش ضریب اطمینان داده‌های مطالعه به دو روش تجزیه طیف‌سنجی جذب اتمی شعله‌ای (AAS) و طیف‌سنجی نشر اتمی با پلاسمای کوپل‌شده القائی (ICP-AES) انجام شد، که نتایج حاکی از حساسیت بالای روش دوم بوده است. ICP-AES، روشی است که برخلاف جذب اتمی دارای حساسیت بالا، قابلیت تشخیص دامنه وسیع‌تری از فلزات و نیز سرعت آنالیز بالا می‌باشد. از محدودیت‌های مطالعه می‌توان به حجم کم نمونه اشاره کرد که در این مطالعه کل افراد سایت در مطالعه شرکت کردند. همچنین با توجه به اینکه هیچ مطالعه مشابهی در داخل یا خارج از کشور انجام نشده، متاسفانه نتایج قابل مقایسه با مطالعه دیگران نیست.

نتیجه گیری

نتایج مطالعه نشان داد فیوم‌های متصاعدشده با غلظت بالا در سایت برش قراضه عمدتاً ناشی از اکسیدهای آهن بوده و نگرانی کارگران و مدیران واحد در مورد وجود ترکیباتی مانند کادمیوم، نیکل و سایر فلزات سمی سنگین و اثرات آنها مرتفع گردید. برای کاهش بیماری و عوارض احتمالی ناشی از مواجهه با فیوم‌های برشکاری بایستی میزان مواجهه را تا حد امکان کاهش داد، بنابراین بایستی از ورود فیوم‌ها به دستگاه تنفسی جلوگیری شود که این کار با طراحی و استفاده از یک سیستم تهویه قابل حمل مناسب، استفاده از سیستم گردش کار و استفاده از وسایل حفاظتی مناسب امکان پذیر می‌باشد.

References

1. Hu H. Exposure to metals. Prim Care 2000; 27(4):983-96.
2. Barbier O, Jacquillet G, Tauc M, Cougnon M, Poujeol PH. Effect of Heavy Metals on, and Handling by, the Kidney. Nephron Physiol 2005;99:105–110.
3. Zimmer AT, Biswas P. Characterization of the aerosols resulting from arc welding processes. J Aerosol Sci 2001; 32: 993–1008.
4. Bureau of Labor Statistics: Welders, cutters, solderers and brazers. In: U.S. Department of Labor. Occupational Employment Statistics: Occupational Employment and Wages, 2002. Available at: http://www.bls.gov/oes/2002/oes514121.htm. Accessed 01/28/2004.
5. Hedenstedt A, Jenssen D, Lidesten B, Ramel C, Rannug U, Stern RM. Mutagenicity of fume particles from stainless steel welding. Scand J Work Environ Health. 1977; 3: 203–211.
6. IARC: Chromium, nickel, and welding. In: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. World Health Organization, Geneva. 1990: 447–525.
7. Danielsen TE, Langard S, Andersen A. Incidence of cancer among welders and other shipyard workers with information on previous work history. J Occup Environ Med2000; 42: 101–109.
8. Hansen KS, Lauritsen JM, Skytthe A. Cancer incidence among mild steel and stainless steel welders and other metal workers. Am J Ind Med1996; 30: 373–382.

Archive of SID

www.SID.ir

9. Yu IJ, Song KS, Maeng SH. Inflammatory and genotoxic responses during 30-day welding-fume exposure period.ToxicolLett. 2004;154:105–115.
10.Hengstler JG, Bolm-Audorff U, Faldum A, Janssen K, Reifenrath M, Gotte W, et al. Occupational exposure to heavy metals: DNA damage induction and DNA repair inhibition prove co-exposures to cadmium, cobalt and lead as more dangerous than hitherto expected. Carcinogenesis.2003;24:63–73.

Archive of SID

www.SID.ir

Assessment of Fumes Generated from Cutting of Scrap Metals by AAS and ICP-AES in a Steel Industry

Giahi O[1,2], Khoubi J[1,2]*, Barkhordari A[3], Darvishi E[1,2], Ebrahimzadih M[2]

1. Kurdistan Environmental Health Research Center, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran.
2. Department of Occupational Health, Faculty of Health, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran.
3. Department of Occupational Health, Faculty of Health, ShahidBeheashti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
**** Corresponding author.*** Tel: +988716131472 Fax: +988716625131 E-mail: jamshidkhoubi@yahoo.com

Received: 5 Apr 2013 Accepted: 3 Sep 2013

ABSTRACT

Background & Objectives: Heavy metal fume is one of the most important risk factors in the workplaces. This study was performed to investigate unknown fumes with high concentrations and to reduce exposure stress among exposed workers in the site of scrap metal cutting in one of the country's major steel industries.
Methods: In this study, to determine the composition of unknown fumes produced from scrap cutting process, personal samples were collected from breathing zone of all exposed workers. Samples preparation and analysis were carried out based on NIOSH methods; Flame Atomic Absorption Spectrometry-AAS (Method 7300) and Induced Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry- ICP-AES (Method 7048).
Results: From ten metals identified, only mean concentration of iron oxide exceeded Threshold Limit Value (TLV) and concentrations of the remaining nine metals were below the exposure limits.
Conclusion: High concentrations of fumes generated from cutting process of scraps were mainly due to iron oxide. Therefore, concerns among workers and managers over presence of chemicals; such as cadmium and nickel, and their health effects were not the case. This was also confirmed by periodic examination results.
Keywords: Metals Fume; Cutting Scrap Metals; Steel Industry; ICP-AES.

Archive of SID

www.SID.ir