ارزیابی انتشار کروم شش ظرفیتی در عملیات جوشکاری استیل

فریده گلبابایی[۱]، محمد جواد زارع سخویدی[۲]، آرام تیرگر[۳]، سید جمال الدین شاه طاهری[۴]، عباس رحیمی فروشانی[۵]

چکیده

زمینه و اهداف: در طی فرایند جوشکاری عوامل زیان آور متعددی از قبیل گازها، فیوم ها تولید میشوند. مخاطره آمیزترین این عوامل از نظر بهداشت حرفه ای فیوم ها و به ویژه کروم شش ظرفیتی موجود در آن میباشد. امروزه کروم شش ظرفیتی به عنوان یک عامل سرطان زای انسانی شناخته شده است. جوشکاری بر روی فولاد های زنگ نزن که در ساختار خود حاوی درصدهای متفاوتی از کروم میباشند، باعث تولید مقادیر مختلفی از فیوم و درنتیجه انتشار مقادیر متفاوتی از کروم شش ظرفیتی بسته به نوع پارامتر های اعمالی میشود . در این مطالعه تاثیر برخی پارامترهای مختلف عملیاتی بر میزان انتشار کروم شش ظرفیتی در فیوم های جوشکاری قوسی با الکترود روکش دار و جوشکاری قوسی با الکترود تنگستن مورد بررسی قرار گرفته است.

روش بررسی: برای بررسی تاثیر فاکتورهای عملیاتی بر روی انتشار کروم شش ظرفیتی از دو نوع جوشکاری SMAW و GTAW و فاکتورهای عملیاتی قطر الکترود مصرفی، دبی گاز محافظ، نوع فلز پایه و نوع الکترود مصرفی هر کدام در دو سطح استفاده گردید. برای حذف اثرات ناخواسته جریان هوا بر روی عملکرد نمونه بردار ها محفظه ای ساخته و مورد استفاده قرار گرفت. جهت سنجش کنترل شده فیوم، جوشکاری در محفظه ساخته شده انجام پذیرفت .نمونه برداری ها با استفاده از هولدر روبسته و مطابق با روش ۷۶۰۰ سازمان NIOSH صورت گرفت.

یافته ها: نمونه های بدست آمده جهت تعیین مقدار کروم شش ظرفیتی به روش قلیایی استخراج و تجزیه شدند. نتایج بدست آمده با آزمون های آماری t و انالیز واریانس چند طرفه در نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. میانگین تراکم کروم شش ظرفیتی در جوشکاری قوسی با الکترود روکش دار برابر با (۳۷۱۲/۶۳)۱۱۳۱۱۹/۸۴ و برای جوشکاری قوس تنگستن برابر با (۸/۹۴)۱۰/۱۳ میکروگرم بر متر مکعب بود.

نتیجه گیری: نتایج بدست آمده نشان داد که درصد کروم الکترود مصرفی به طور معنی داری بر میزان انتشار کروم شش ظرفیتی در هر دو نوع جوشکاری موثر است ($p<۰/۰۵$) . فاکتورهای قطر الکترود مصرفی، نوع فلز پایه و دبی گاز محافظ تاثیری بر میزان انتشار کروم شش ظرفیتی نداشتند ($p>۰/۰۵$) . باتوجه به نتایج، تحت شرایط ثابت الکترود مصرفی اصلی ترین عامل تاثیرگذار بر روی میزان انتشار کروم شش ظرفیتی میباشد که در صورت استفاده از الکترود با کروم بالاتر موجب افزایش معنی دار انتشار کروم شش ظرفیتی خواهد شد. استفاده از گاز محافظ با دبی بالاتر در جوشکاری نوع GTAW تاثیری در کاهش انتشار کروم شش ظرفیتی نداشت ($p>۰/۰۵$) .

کلیدواژه ها: جوشکاری استیل، کروم شش ظرفیتی، فولاد زنگ نزن، میزان انتشار

مقدمه

فیوم ها یکی از محصولات ناخواسته در فرایندهای مختلف جوشکاری بوده که بر حسب ترکیب خود دارای عوارض متعددی بر روی انسان میباشند. فولادهای آلیاژی مختلف بر حسب نوع کاربرد دارای مقادیر متفاوتی از کروم (بین ۶ تا ۳۰ درصد) میباشند. فیوم های ناشی از جوشکاری فولاد های زنگ نزن نیز بسته به نوع

۱-(نویسنده مسئول)، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران(email:gol128@yahoo.com)
۲-گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران
۳-گروه پزشکی اجتماعی، دانشگاه علوم پزشکی بابل
۴-گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران
۵-گروه آمار و اپیدمیولوژی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-23]

فرایند جوشکاری، پارامترهای عملیاتی اعمال شده، و قطعات تحت جوشکاری دارای مقادیر متفاوتی از کروم در ترکیب خود هستند. کروم، به ویژه در فرم شش ظرفیتی خود یکی از اجزاء اصلی تشکیل دهنده فیوم های فرایندهای جوشکاری استیل است. این عنصر به ویژه در شکل شش ظرفیتی خود دارای مخاطرات متعددی برای انسان بوده و امروزه آن را مسئول ایجاد سرطان، به ویژه سرطان ریه در انسان میدانند (۱). ترکیبات مختلف کروم در محیط کار مسئول عوارض دیگری از قبیل اثر بر روی DNA، ایجاد حساسیت و سایر عوارض پوستی، عوارض قلبی و عروقی، تحریک دستگاه ریوی و غیره نیز میباشند (۲). علاوه بر عوارض و اثرات فوق، مطالعات دیگری نیز به دیگر اثرات زیان آور فیوم های جوشکاری حاوی کروم شش ظرفیتی مانند اثر بر روی سقط خود به خودی در زوج هایی که از روش باروری IVF استفاده می نمودند، اشاره نموده اند (۳).

درکشورهای صنعتی ۰/۲ تا ۲ درصد کل نیروی کار به نحوی درگیر جوشکاری میباشند، که قسمت عمده ای از این جمعیت در صنایع کشتی سازی، ساختمان سازی، ساخت وسایل حمل ونقل، صنایع پتروشیمی، معدن کاری و صنایع فلزی مشغول به کارهستند (۴) .

با توجه به این اثرات مضر و شواهد موجود در زمینه افزایش احتمال بروز سرطان ریه در افراد مواجهه یافته با کروم شش ظرفیتی، سازمان بهداشت و ایمنی شغلی ایالات متحده حد مجاز تماس وزنی این ماده را از ۱ میلی گرم به ۵ میکروگرم کاهش داده است(۵).

در فرایندهای جوشکاری استیل، مهمترین فاکتور در ایجاد تماس فرد با فیوم های کروم، الکترود جوشکاری میباشد. مطالعات نشان داده که بخار شدن فلز پایه تنها مسئول تولید ۱۰٪ از کل فیوم های جوشکاری است(۶) . در فرایند جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود پوشش دار بیشترین درصد فیوم تولیدی به علت الکترود بوده است. در مطالعه ای که توسط Karlsen و همکارانش صورت گرفت مشخص شد که در صد عمده ای از کروم موجود در فیوم های متصاعد شده از فرایند قوس فلز پوشش دار (۹۰-۶۰) از نوع شش ظرفیتی قابل انحلال می باشند(۷). آنالیز فیوم های جوشکاری مشخص کرده است که غلظت کروم شش ظرفیتی تابعی از دبی گاز محافظ میباشد (۸). در این مطالعه هدف بر آن است تا میزان انتشارکروم شش ظرفیتی به عنوان یکی از مخاطره آمیزترین عوامل شیمیایی ناشی از جوشکاری در فرایند های مختلف جوشکاری استیل تحت اثر پارامتر های مختلف عملیاتی اندازه گیری شده و اثر هر یک از عوامل مورد مطالعه بر میزان انتشار کروم شش ظرفیتی مورد سنجش واقع گردد.

روش بررسی

الف) جوشکاری‌های مورد مطالعه

جوشکاری SMAW: امروزه جوشکاری قوسی باالکترود روکش دار (Shielded Metal Arc Welding) بیشترین مصرف را در میان سایر فرایند های جوشکاری قوسی دارا میباشد. دراین فرایند از گرمای قوسی برای ذوب کردن فلز پایه و نوک الکترود مصرف شدنی روکش دار استفاده میشود. از منبع تغذیه جوشکاری یک کابل به قطعه کار و دیگری به انبر الکترود وصل میشود. با برقراری قوس الکتریکی بین نوک الکترود و قطعه کار، جوشکاری آغاز میگردد. حرارت شدید قوس، نوک الکترود و آن قسمت از قطعه کار را که در مجاورت قوس قرار دارد ذوب میکند. سریعاً پس از تشکیل قوس الکتریکی قطعات کروی شکل کوچکی از فلز گداخته شده روی نوک الکترود پدید میاید. و سپس از طریق مسیر قوس به حوضچه گداخته جوشکاری منتقل میشود همزمان با ذوب شدن الکترود، سیم جوش نیز در محل جوش رسوب میکند.

جوشکاری GTAW: در جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود تنگستن (Gas Tungsten Arc Welding) برای ایجاد قوس، از الکترود مصرف نشدنی تنگستن استفاده می شود . تورچ جوشکاری در واقع جریان برق را به الکترود تنگستن و گاز محافظ را به محدوده قوس و حوضچه مذاب هدایت میکند . در فرایند GTAW برای حفاظت از حوضچه جوش به جای استفاده از فلز پرکننده روکش دار از گاز محافظ استفاده میشود.

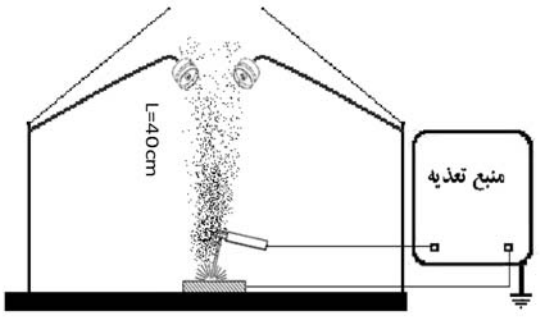
حین جوشکاری گاز خنثی هوا را از ناحیه جوشکاری بیرون رانده و از اکسید شدن الکترود جلوگیری می کند. در جوشکاری تیگ، الکترود فقط برای ایجاد قوس بکار برده می شود و خود الکترود در جوش مصرف نمی شود.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-23]

ب) روش انجام کار

مطالعه حاضر در کارگاه مرکزی یکی از شرکتهای پالایش نفت انجام پذیرفت. تمام جوشکاری های این مطالعه با ماشین جوشکاری ساخت شرکت Miller انجام پذیرفت. الکترود های مصرفی تماما" از محصولات شرکت ESAB در دو قطر ۲/۵ میلیمتر و ۳/۲۵ میلی متر و در دو نوع SS_{316} (به طور متوسط ۱۸/۵ درصد کروم)و SS_{410} (۱۳ درصد کروم) بودند. گاز محافظ مصرفی در فرایند جوشکاری قوس تنگستن، آرگون با خلوص ۹۹/۹۹۹۹ درصد و از محصولات شرکت رهام بود. جهت حذف اثر مزاحم جریان های ناخواسته هوا جوشکاری و نمونه برداری در زیر محفظه ای که به این منظور ساخته شده بود(شکل ۱) انجام شدند.

محققین دیگری نیز در مطالعات مشابه از محفظه هایی جهت انجام جوشکاری و نمونه برداری استفاده نموده‌اند.(۷) نمونه ها در ارتفاع عمودی ۴۰ سانتیمتری از منطقه قوس جوشکاری گرفته شد تعیین ارتفاع با توجه به مطالعات پیشین(۱۰) و رعایت این نکته که فیلتر در فاصله ای قرار گیرد که صدمه ای به آن وارد نشود انجام پذیرفت. نمونه برداری ها با استفاده از روش نمونه برداری ۷۶۰۰ سازمان NIOSH صورت پذیرفت. روش تعیین نمونه بر اساس طرح عاملی کامل انجام پذیرفت. ازآنجاکه در جوشکاری GTAW ۳ متغیر و در جوشکاری SMAW ۴ متغیر دو حالته برای بررسی انتخاب گردیدند، در کل ۲۴ حالت نمونه برداری ایجادشدند. بر اساس انحراف استاندارد گزارش شده در مطالعات پیشین برای جوشکاری GTAW ۳ تکرار و جوشکاری SMAW ۵ تکرار در هر حالت صورت پذیرفت. بر این اساس در کل تعداد ۱۰۴ نمونه از دو فرایند مورد مطالعه گرفته شد.



شکل ۱- شکل و ابعاد محفظه ساخته شده جهت حذف اثر مزاحم جریان هوا

نمونه برداری با استفاده از فیلتر هولدر های ۳۷ میلیمتری رو بسته پلی استایرن که در درون آنها فیلتر PVC با قطر ۳۷ میلی متر و قطر منافذ ۵ میکرومتر قرار داشت و با استفاده از پمپ نمونه برداری فردی مدل $PSXR_3$-224 ساخت شرکت SKC انجام پذیرفت. هنگامی‌که عوامل احیاء کننده از قبیل آهن(۲+) درمحیط باشد استفاده از روش قلیایی برای استخراج کروم شش ظرفیتی از نمونه ها پیشنهاد شده است. به این دلیل برای استخراج کروم شش ظرفیتی از نمونه ها از محلول قلیایی Na_2CO_3 ٪۳-NaOH٪۲ استفاده گردید. و نمونه های حاصل با استفاده از اسپکتروفوتومتر مدل DU640 ساخت شرکت Beckman، مطابق روش ۷۶۰۰ سازمان NIOSH قرائت گردید(۱۱، ۱۰،۹،۴).

نتایج بدست آمده از نمونه برداری ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۳ و آزمون آماری t و آنالیز واریانس چند طرفه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مطالعه اثر متغیر ها بر روی دونوع جوشکاری GTAW و SMAW صورت پذیرفت. استفاده از این دو فرایند برای جوشکاری فولاد های زنگ نزن غالب‌تر است. در این مطالعه اثرمتغیر های نوع فلز پایه، نوع الکترود مصرفی و قطر الکترد مصرفی در دوسطح بر روی میزان انتشارکروم‌شش ظرفیتی در هر دو نوع جوشکاری مورد مطالعه قرارگرفتند. در جوشکاری SMAW ازگازمحافظ استفاده نمیشود، بنابراین اثر دبی گاز محافظ در دوسطح فقط در جوشکاری GTAW مورد مطالعه قرار گرفت. جدول ۱ متغیر های مورد مطالعه و سطوح مورد مطالعه درهرکدام از فرایند های جوشکاری مورد مطالعه را نشان داده شده است.

یافته ها

میزان انتشار کروم شش ظرفیتی در فرایند جوش SMAW در محدوده ۵۹۶۸/۴۴ تا ۲۰۸۴۷/۶۳ میکروگرم بر متر مکعب با میانگین (۳۷۱۲/۶۳)۱۱۳۱۹/۸۴ میکرو گرم بر متر مکعب قرارداشت. میزان انتشار کروم شش ظرفیتی برای فرایند GTAW نیز در محدوده ۱/۹۰ تا ۳۲/۹۳ میکروگرم بر متر مکعب با میانگین (۸/۴۹)۱۰/۱۳ قرار داشت(جدول ۲).

نتایج آزمون آماری t، مقایسه میزان انتشار کروم شش

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-23]

نوع جوشکاری	متغیر مورد مطالعه	سطوح متغیر مورد مطالعه
SMAW	نوع فلز پایه	SS۴۱۰(٪۱۳ Cr) SS۳۱۶(٪۱۷ Cr)
	نوع الکترود مصرفی	E۴۱۰(٪۱۳ Cr) E۳۱۶(٪۱۷ Cr)
	قطر الکترود مصرفی	۲/۵۰ mm ۳/۲۵ mm
GTAW	نوع فلز پایه	SS۴۱۰(٪۱۳ Cr) SS۳۱۶(٪۱۷ Cr)
	نوع الکترود مصرفی	E۴۱۰(٪۱۳ Cr) E۳۱۶(٪۱۷ Cr)
	قطر الکترود مصرفی	۲/۵۰ mm ۳/۲۵ mm
	دبی گاز محافظ(آرگون)	۱۵ LPM ۲۵ LPM

جدول ۱- متغیر های مورد بررسی در فرایند های جوشکاری مورد مطالعه

ظرفیتی برای فاکتورهای قطر الکترود مصرفی و همچنین نوع فلز پایه در جوشکاری نوع SMAW و GTAW نشان میدهد که بین میانگین تراکم کروم شش ظرفیتی در این دو ، در سطح اطمینان ۹۵ درصد از لحاظ آماری تفاوت معنی داری وجود ندارد ($P>0/05$) . نتایج آزمون آماری t، از میانگین انتشار کروم شش ظرفیتی در دو سطح فاکتور درصد کروم الکترود در جوشکاری نوع SMAW و GTAW نشان داد که بین میانگین انتشار کروم شش ظرفیتی در این دو سطح آزمون از لحاظ آماری تفاوت معنی داری وجود دارد ($p<0/05$) . این بدان معنی است که با استفاده از الکترود با درصد کروم بیشتر شاهد افزایش معنی داری در میزان کروم شش ظرفیتی موجود در فیوم های تولید شده خواهیم بود .

اثر فاکتور دبی گاز محافظ در فرایند GTAW تاثیر معنی داری را بر میانگین انتشار کروم شش ظرفیتی در بر نداشت($P>۰/۰۵$) . اثر متقابل فاکتورهای مختلف مورد مطالعه با استفاده از آنالیز واریانس چند طرفه مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج آنالیز های واریانس چند طرفه در جدول ۳ آورده شده است.

بحث

همان گونه که نتایج نشان داد میانگین مقادیر انتشار کروم شش ظرفیتی ناشی از فرایند SMAW در مطالعه حاضر به طور قابل ملاحظه ای بالاتر از مقادیر انتشار یافته در فرایند GTAW است($P<۰/۰۵$).

جوشکاری SMAW بر خلاف جوشکاری نوع GTAW به علت عدم استفاده از گاز محافظ فیوم بسیار بالایی را تولید مینماید. هر چند در این نوع جوشکاری استفاده از الکترودهای روکش دار قادر است با تبخیر شدن سر باره در هنگام قوس باعث ایجاد اتمسفر خنثی گردد اما اثر این فاکتور قابل قیاس با اثر گازهای محافظ نبوده و به همین دلیل فرایند مذکور فیوم بیشتری تولید مینماید. Yoon و همکارانش (۱۰) میزان انتشار کروم شش ظرفیتی در فیوم های جوشکاری SMAW را در محدوده ۱۱/۲۱-۰/۴۶ میلی گرم بر دقیقه بدست آوردند.

نوع جوشکاری	تعداد نمونه	حداکثر تراکم ($\mu g/m^3$)	حداقل تراکم ($\mu g/m^3$)	دامنه تغییرات ($\mu g/m^3$)	میانگین ($\mu g/m^3$)	معیار انحراف ($\mu g/m^3$)
SMAW	۲٤	۲۰۸۴۷/۶۳	۵۹۶۸/۴۴	۱۴۸۷۹/۱۹	۱۱۳۱۹/۸۴	۳۷۱۲/۶۳
GTAW	۸۰	۳۴/۸۳	۱/۹۰	۳۲/۹۳	۱۰/۱۳	۸/۴۹
هر دو نوع	۱۰٤	۲۰۸۴۷/۶۳	۱/۹۰	۲۰۸۴۵/۷۳	۲۶۲۰/۰۷	۵۰۹۹/۴۳

جدول۲- میزان انتشار کروم شش ظرفیتی در نمونه های حاصل از فرایندهای SNAW و GTAW

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-23]

نتیجه گیری

میانگین کروم شش ظرفیتی در فرایندهای جوشکاری مورد بررسی در مطالعه حاضر بالاتر از سایر مطالعات ذکر شده میباشد. علت این امر را میتوان اینچنین بیان داشت که در سایر مطالعات ذکر شده نمونه برداری ها از ناحیه تنفسی کارگران صورت گرفته و در واقع تماس های فردی با هم مقایسه شده اند در این وضعیت به علت اختلاط فیوم های حاصله با هوای محیط تا رسیدن به ناحیه تنفسی تراکم کروم بسیار رقیق تر خواهد شد، حال آنکه در مطالعه حاضر نمونه برداری ها همواره از نزدیک ترین نقطه به ناحیه تولید آلودگی (منبع) انجام پذیرفته و شرایط وجود جریان های مزاحم که میتوانست باعث رقیق کردن فیوم های تولیدی قبل از رسیدن به نمونه بردار شود حذف گردیده است. مطالعات موجود مبنی بر بررسی انتشار فیوم نشان داده است که الکترود مصرفی از عمده ترین عوامل موثر بر میزان انتشار فیوم ها طی فرایند جوشکاری میباشد، و فلز پایه نقش کمی در تولید فیوم دارد. در هر یک از دو فرایند مورد مطالعه فاکتور نوع فلز پایه و یا قطر الکترود مصرفی اثر معنی داری بر میزان انتشار کروم شش ظرفیتی نداشتند. سایر مطالعات نیز به نقش کم فلز پایه در تولید فیوم و کروم شش ظرفیتی اشاره کرده اند. الکترودهای با قطر بیشتر دارای مواد سرباره بیشتری از الکترود های نازک تر میباشند، در نتیجه هنگام به کارگیری در جوشکاری ایجاد اتمسفر محافظ متراکم تری خواهند نمود که این موضوع به نوبه خود باعث کاهش میزان انتشار کروم شش ظرفیتی شده و نتیجتاً باعث کاهش تماس کارگر با این عامل زیان آور خواهد شد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان بدینوسیله نهایت تشکر و قدر دانی خود را از مدیریت محترم و پرسنل واحد ایمنی شرکت پالایش نفت تهران به ویژه آقایان محسن منفرد و صمد خلیلی ابراز میدارند.

منابع

1. IARC; International Agency for Research on Cancer: IARC Summary & Evaluation. 49 p. 49, 1990.

2. Costa, M, B. C. Klein, Toxicity and Carcinogenicity of Chromium Compounds in Humans. Crit. Rev. Toxicol ., 36(2): 155-163, 2006.

3. Hjollund, N. H, J. P. Bonde, E. Ernst, S. Lindenberg, A.N. Andersen, and J. Olsen: Spontaneous Abortion in IVF Couples-a Role of Male Welding Exposure. Hum. Reprod. 20(7): 1793-7, 2005.

4.National Occupational Health and Safety Commission: Welding: Fumes And Gases. Australian Government Publishing Service Canberra, 1990 .

5.OSHA; Occupational Safety and Health Admini - stration, Department of Labor: Occupational Exposure to Hexavalent Chromium, Final rule. Fed Regist. 71(39): 10099-385, 2006.

6. Dennis, J. H, M. J. French, P. J. Hewitt, S. B. Mortazavi, and C. A. Redding:Control of Exposure to Hexavalent Chromium and Ozone in Gas Metal Arc Welding of Stainless Steels by Use of a Secondary Shield Gas. Ann. Occup. Hyg. J.46(1): 43-8, 2002.

7. Karlsen, J. T, G. Farrants,T. Torgrimsen, A. Reith: Chemical Composition and Morphology of Welding Fume Particles and Grinding Dusts. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 53(5): 290-7, 1992.

8. Sreekanthan, P.T, W. Eagar, , N. T. Jenkins, G. G. Krishna, J. M. Antonini, and J. D. Brain:Study of Chromium in Gas Metal Arc Welding Fume, in Proceedings of Trends in Welding Conference, ASM, Materials Park, OH, 1998.

9. Cornelis, R, h. Crews, J. Caruso and K. G. Heumann: Handbook of Elemental Speciation :Species in the Environment, Food, Medicine & Occupational health. John Wiley &Sons .Ltd, 2005.

10.Yoon, C. S, N. W. Paik, and J. H. Kim: Fume Generation and Content of Total Chromium and Hexavalent Chromium in Flux-cored Arc Welding. Ann. Occup. Hyg. 47(8): 671-80, 2003.

11.Ashley, K, A. M. Howe, M. Demange, and O. Nygren: Sampling and Analysis Considerations for the Determination of Hexavalent Chromium in Workplace Air. J. Environ. Monit. 5(5): 707-16, 2003.

12. Hewitt, P. J, and A. A. Hirst:Development and Validation of a Model to Predict the Metallic Composition of Flux-cored Arc Welding Fumes. Ann of Occup Hyg.35(2): 223-232, 1991.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-23]