فصلنامه بهداشت و ایمنی کار جلد ۱۰/ شماره ۲/ تابستان ۱۳۹۹ صفحات ۱۲۹-۱۳۷

ارزیابی ریسک مواجهه جوشکاران با گازها و فیوم های فلزی در صنعت کشتی سازی: یک مطالعه موردی

یونس مهری فر[۱]، زهره محبیان[۲*]، حمیده بیدل[۳]

[۱] گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان،اصفهان، ایران.
[۲] گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده علوم پزشکی ایرانشهر،ایرانشهر، ایران.
[۳] گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۱۷، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۳۰

چکیده

مقدمه: استفاده از جوشکاری در سالهای اخیر روند افزایشی داشته و در همه کارگاه های کوچک و بزرگ برای تعمیر بخش های مختلف از آن استفاده می شود. فیوم ها و گازهای منتشر شده در حین جوشکاری اثرات بالقوه خطرناکی بر سلامت جوشکاران دارد. شناسایی و ارزیابی ریسک، یک روش مناسب برای متخصصین سلامت شغلی می باشد. هدف مطالعه حاضر تعیین میزان مواجهه شغلی با گازها و فیوم های فلزی و انجام آنالیز ریسک در سه نوع جوشکاری رایج در یک صنعت کشتی سازی می باشد.

روش کار: این مطالعه تحلیلی- مقطعی در یک صنعت کشتی سازی انجام گرفت. سه نوع جوشکاری شامل جوشکاری های MIG ، SMAW و MAG مورد بررسی قرار گرفتند. نمونه برداری از فیوم منگنز و کروم با روش NIOSH ۷۳۰۰ و از روش NIOSH ۶۰۱۴ برای نمونه برداری NO_2و برای گازهای CO و O_3 با استفاده از وسایل قرائت مستقیم انجام گردید. جهت تعیین سطح ریسک مواجهه از روش ارزیابی ریسک نیمه کمی (SQCRA)استفاده شد. داده های گردآوری شده از سنجش مقدار آلاینده ها توسط نرم افزار SPSS 21 و با استفاده از شاخص‌های آمار توصیفی، آزمون آنالیز واریانس یک طرفه(ANOVA) نیز مورد تحلیل قرار گرفتند.

یافته ها: نتایج مطالعه نشان داد بیشترین و کمترین غلظت مواجهه با گازها به ترتیب در فرآیندهای MIG و SMAWمشاهده گردید.همچنین بیشترین و کمترین غلظت مواجهه با فلزات به ترتیب در فرآیندهای SMAW و MIGمشاهده گردید. میانگین مواجهه کل با فلزات Mnو Cr به ترتیب برابر با ۲/۴۰و ۳/۶۶ mg/m^3 و گازهایco، NO_2، O_3 به ترتیب برابر۴۵/۰۹ ، ۴/۲۴ و۰/۳۱ ppm می باشد. یافته های آنالیز ریسک نشان داد که در بین آلاینده های گازی O_3و NO_2 درکل فرآیندهای جوشکاری دارای سطح ریسک خیلی زیاد و و در بین آلاینده های فلزی، فلز Mn در جوشکاری MIG وSMAWدارای سطح ریسک زیاد و خیلی زیاد بودند.

نتیجه گیری: جوشکاران فرآیند MIG بر اساس نتایج نمونه برداری و همچنین آنالیز ریسک در وضعیت خطرناکتری نسبت انواع دیگر جوشکاری قرار دارند . روش آنالیز ریسک نیمه کمی(SCQRA) می تواند بعنوان یک ابزار تکمیلی در غربالگری مواجهات محیط کار بکار گرفته شود. بنابراین لازم است که پایش های دوره ای آلاینده های هوای محیط کار جوشکاران و ارزیابی ریسک این جوشکاران بطور منظم انجام گردد. همچنین توصیه میگردد که مطالعات بعدی با تعداد نمونه فیوم و گاز بیشتر و جوشکاری های متنوع تر انجام گیرد تا دقت و صحت نتایج مطالعات افزایش یابد.

کلمات کلیدی: *ارزیابی ریسک ، فیوم، گاز ، مواجهه شغلی، جوشکاری*

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: *zohreh.mohebian@gmail.com*

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

مقدمه

استفاده از جوشکاری در سالهای اخیر روند افزایشی داشته و در همه کارگاه های کوچک و بزرگ برای تعمیر بخش های مختلف از آن استفاده می شود(۱). جوشکاری عبارت است از "فرایند اتصال دو قطعه فلزی به یکدیگر به وسیله ذوب فلزی به نام الکترود". در فرایند جوشکاری قوس فلزی با الکترود پوشش دار یا SMAW (Shielded metal arc welding)، حفاظت حوضچه مذاب به عهده پوشش الکترود است(۲). اهمیت فرایند SMAWدر صنعت به این دلیل است که بسیار ارزان بوده و می تواند اکثر فلزات و آلیاژ های معمولی را جوش دهد و در محیط های خشن به راحتی قابل اجرا است(۱).

در فرایند جوشکاری قوس فلزی تحت گاز محافظ یا GMAW(gas metal arc welding) از گاز به عنوان محافظ و پوشش اطراف قوس برای جلوگیری از آلوده شدن جوش با هوا استفاده می شود. GMAWیک فرایند اتصال فلز است که در آن قوس بین سیم الکترود مداوم و قابل مصرف و فلز جوش داده شده است. قوس از طریق گازهایی مانند دی اکسید کربن، آرگون، هلیوم و غیره از آلودگیهای اتمسفری محافظت می شود. متغیرهای اصلی در فرآیند GMAW شامل جریان جوش، ولتاژ قوس و سرعت جوشکاری می باشد(۳).

جوشکاری یک فرایند رایج صنعتی است ولی از طرفی برای سلامتی فرد جوشکار بسیار مضر است. یکی از فاکتورهای اصلی که فرد جوشکار در معرض آن است فیوم و گاز حاصل از عملیات جوشکاری می باشد. منشأ حدود ۹۰٪ از ترکیبات آلاینده در جوشکاری از ماده مصرفی جوش و حدود ۱۰٪ آن فلز پایه است(۴). بر اساس راهنمای چشم انداز شغلی ۲۰۱۵-۲۰۱۴ منتشر شده توسط وزارت کار و دفتر آمار کار ایالت متحده آمریکا، حدود ۵۰۰۰۰۰ کارگر جوشکار بصورت تمام وقت در ایالات متحده مشغول به کار می باشند(۵). این رقم در سطح جهانی بیش از ۲۰۰۰۰۰۰ کارگر است. در اروپا نیز تقریبا ۷۳۰۰۰۰ کارگر جوشکار بصورت تمام وقت کار می کنند و همچنین ۵/۵ میلیون شغل مرتبط با جوشکاری وجود دارد(۶).

گازهای تولید شده در حین جوشکاری برای مدتی در هوای محیط معلق مانده و از راه استنشاق وارد داخلی ترین قسمت های ریه می شوند که می توانند تهدیدی جدی برای سلامت فرد جوشکار باشند. منشاء این گازها به عنوان آلاینده تنفسی در جوشکاری، گازهای سوختی، گازهای محافظ و گازهای مجصول فرآیند جوشکاری هستند(۷). گازهای سمی از قبیل مونوکسید کربن(CO)، ازن (O_3) و اکسیدهای نیتروژن(NO_X)، در طی عملیات جوشکاری تولید و آزاد می شوند(۸). دی اکسید کربن گازی گلخانه ای است که نقش بسزایی در گرم شدن زمین ، تغییرات آب و هوایی و فعالیت های انسانی دارد(۹). مونوکسید کربن گاز سمی بی رنگ، بی بو و بی مزه است. مونوکسید کربن خطرناک تر است چون که می تواند با کاهش ظرفیت حمل اکسیژن خون نقش یک عامل کشنده را برای سلامت فرد ایجاد کند اما در غلظت های پایین باعث سردرد، سرگیجه، تهوع و ضعف جسمی شود. گاز ازن باعث تحریک راه های هوایی فوقانی همراه با سرفه و فشردگی قفسه سینه می شود(۹). ازن یک اکسید کننده قوی است و در مدت زمان برقراری قوس الکتریکی به دلیل اثر تابش اشعه UV بر محیط اطراف قوس جوشکاری ایجاد می شود(۱۰). اکسیدهای نیتروژن (NO_X) هنگام تشکیل قوس الکتریکی در بسیاری از فرآیندهای جوشکاری، از واکنش گاز نیتروژن و اکسیژن موجود در هوا شکل می گیرند(۱۱). دی اکسید نیتروژن (NO_2) گازی بسیار سمی و تحریک کننده شدید چشم، بینی، پوست و غشاء مخاطی هستند(۱۲).

جوشکاران همواره در معرض انواع مختلفی از فیوم های فلزی هستند. فیومها ذرات جامد بسیار ریز و قابل استنشاقی هستند که در اثر تراکم گازها پس از تصعید از مواد مذاب تولید میشوند (۱۳). مطالعات نشان داده اند که تغییرات در پاسخ های ارادی قلب ممکن است یکی از مکانیسم های بالقوه اثرات قلبی عروقی فیوم های فلزی باشد(۱۴, ۱۵). فیوم های جوشکاری توسط آژانس بین المللی تحقیقات

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

سرطان (IARC) بعنوان "احتمالاً سرطانزا برای انسان" (گروه 2B) معرفی شده است فلزات مختلف موجود در فیوم جوشکاری (منگنز ، کادمیوم ، سرب و مقداری نیکل و اکسید های کبالت) ، توسط IARC و اتحادیه اروپا بعنوان "عوامل سرطانزای انسانی"طبقه بندی شده اند(۱۶).

مطالعات نشان داده اند که حداقل ۱۳ فلز خطرناک و سمی در فرآیند جوشکاری تولید می شوند(۱۷). منگنز یک جز ضروری در فرآیند جوشکاری می باشد که باعث مقاومت فلز پایه جوش و جلوگیری از ترک برداشتن و عیوب بعدی جوش می شود. فیوم های حاوی منگنز باعث ناهمگونی های میدان مغناطیس حوزه ای و افزایش چرخش پروتون های مغزی شده که در نتیجه منجربه کوتاه شدن سیکل آرامش مغز می شوند(۱۸). مهری فر و همکاران طی مطالعه ای گزارش کردند که میزان مواجهه جوشکاران با فیوم منگنز فراتر از حد مجاز می باشد و فراوانی علایم سردرد میگرن در بین جوشکاران در مقایسه با گروه شاهد نیز بیشتر می باشد(۱۹). منگنز عنصری ضروری در بدن است ولی در صورت استنشاق و مواجه بیش از حد می تواند ایجاد سمیت عصبی نماید.(۲۰). منگانیسم یک اختلال تحلیل دهنده عصبی در جوشکاران که با مشخصه غیر عادی بودن سیستم عصب مرکزی و اختلالات روان پریشی عصبی ظاهر می شود(۲۱).

کروم یکی از فلزات سنگین سمی است که به طور گسترده در بسیاری از صنایع استفاده می شود. کروم ممکن است از طریق تنفس و یا تماس مستقیم با پوست وارد بدن شود (بطور عمده در فرم (Cr (VI). این مواجهه ممکن است منجر به مشکلات خونی، نقایص بیوشیمیایی و سرطانهای حاد و مزمن ریه شود(۲۲). یافته ها نشان می دهد که شیوع مرگ و میر بر اثر سرطان مغز در میان کارگران مواجهه یافته با کروم در ژاپن و جوشکارانی که از فولاد کروم-نیکل استفاده میکنند، بالاست(۲۳). امروزه از جاذب های جدیدی بر اساس نانو ذرات برای حذف فیوم ها در هوا استفاده شده است(۲۴ و۲۵).

با توجه به گسترش چشمگیر فعالیت جوشکاری و از طرفی افزایش تعداد افراد جوشکار مشغول به فعالیت در صنایع در معرض فیوم های فلزی و گازهای آلاینده خطرناک ، روش ارزیابی ریسک نیمه کمی مواد شیمیایی (SQCRA) می تواند در شناسایی آلاینده ها و تعیین سطح ریسک مواجهه کمک بسزایی کند. اصول ارزیابی ریسک شامل شناسایی خطر، ارزیابی مواجهه و خصوصیات خطر است(۲۶). با توجه به مطالب فوق الذکر هدف از این مطالعه تعیین سطح ریسک مواجهه جوشکاران با فیوم های فلزی و آلاینده های گازی در صنعت کشتی سازی می باشد.

روش کار

طراحی مطالعه

این مطالعه مقطعی – تحلیلی در یک صنعت کشتی سازی در ایران انجام گرفت. ۵۵ جوشکار مرد از طریق سرشماری انتخاب شدند. جوشکاری های موردنظر شامل رایج ترین انواع جوشکاری های موجود در صنعت کشتی سازی بود. این جوشکاری ها شامل جوشکاری قوس فلزی با الکترود پوشش دار(SMAW)، جوشکاری قوس فلزی با حفاظت گاز خنثی (GMAW-MIG) و جوشکاری قوس فلزی با حفاظت گاز فعال (GMAW-MAG) بود.

نمونه برداری و آنالیز

پس از شناسایی ایستگاه های انتشار آلودگی، عملیات نمونه برداری از گازها و فیوم های جوشکاری انجام گرفت. نمونه برداری از گاز O_3 از طریق فیلتر فایبرگلاس(GFF) با قطر mm۳۷ با دبی ۰/۲ لیتر بر دقیقه توسط پمپ نمونه برداری شرکت SKC آمریکا و بر اساس روش شماره ۲۱۴ موسسه ایمنی و بهداشت شغلی امریکا (OSHA) انجام شد. سپس از اسپکتروفتومتر UV-VIS برای آنالیز نمونه های ازن استفاده گردید. از روش شماره NIOSH-6014 برای نمونه برداری NO_2 و از اسپکتروفتومتر UV-VIS برای آنالیز نمونه ها استفاده شد. همچنین از وسایل قرائت مستقیم برای نمونه برداری گازهای CO و CO_2 بهره گرفته شد. این وسایل شامل

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

جدول۱: میانگین و انحراف معیار غلظت مواجهه جوشکاران با آلاینده های گازی و فلزی به تفکیک انواع جوشکاری

نوع جوشکاری / نوع آلاینده	SMAW	MAG	MIG	کل فیوم یا گاز
کربن مونوکسید	۴۱/۵۰±۱۰/۱۸	۴۱/۳۳±۹/۷۴	۵۴/۳۰±۱۳/۱۶	۴۵/۰۹±۹/۹۸
نیتروژن دی اکسید	۳/۷۵±۱/۰۴	۴/۵۰±۰/۸۳	۷/۴۴±۱/۳۳	۴/۲۴ ±۱/۱۴
ازن	۰/۳۲±۰/۰۸	۰/۴ ±۰/۱۱	۰/۵۵±۰/۲۱	۰/۳۱ ±۰/۱
کروم	۶/۱۱ ±۲/۳۳	۳/۷۵ ±۱/۵۵	۲/۴۴ ±۰/۶۷	۳/۶۶±۱/۴۵
منگنز	۳/۳۹ ±۰/۷۲	۲/۳۳ ±۰/۷۴	۲/۱۲ ±۰/۳۶	۲/۴۰ ±۰/۶۷

1372 CO meter و 1370 NDIR CO_2 ساخت کمپانی TES بودند.

نمونه برداری از فیوم های جوشکاری در ایستگاهای کاری توسط فیلترهای استر سلولزی(MCE) با قطر ۳۷ میلی متر و پورسایز ۰/۸ میکرومتر و با دبی ۲ لیتر بر دقیقه از منطقه تنفسی افراد نمونه برداری شد. روش شماره ۷۳۰۰ انستیتوی ملی ایمنی و بهداشت حرفه ای آمریکا(NIOSH) به منظور تعیین میزان فیوم های فلزی استفاده گردید. پس از انجام مراحل آماده سازی، آنالیز فیوم های جوشکاری شامل دو فلز منگنز و کروم توسط دستگاه پلاسمای جفت شده القایی (ICP) (مدل RL-Liberty) ساخت شرکت Varian ایتالیا صورت گرفت.

آنالیز ریسک

برای تعیین سطح ریسک مواجهه با فیوم فلزات و آلاینده های گازی از روش توسعه یافته بنام روش "ارزیابی نیمه کمی ریسک مواد شیمیایی" (SQCRA)، توسط دپارتمان ایمنی و بهداشت شغلی مالزی، استفاده گردید(۲۷). با توجه به تنوع و گستردگی مواجهه جوشکاران با گازها و فیوم های فلزی منتشر شده در عملیات جوشکاری، انجام ارزیابی ریسک بهداشتی یک امر ضروری بود. پس از شناسایی ایستگاه های جوشکاری ، به تعیین درجه خطر و درجه مواجهه و سطح ریسک هر کدام از جوشکاری ها و آلاینده هایشان اقدام گردید.

آنالیز داده ها

داده های گردآوری شده از سنجش مقدار آلاینده ها توسط SPSS software, 21 قرار گرفتند. همچنین داده‌ها با استفاده از شاخص‌های آمار توصیفی، آزمون آنالیز واریانس یک طرفه(ANOVA) نیز مورد تحلیل قرار گرفتند. P ۰</۰۵ معنادار در نظر گرفته شد

یافته ها

نتایج مربوط به میزان مواجهه جوشکاران با گازها بر حسب نوع فرآیند جوشکاری در جدول ۱ آورده شده است. گستره میانگین غلظت مواجهه جوشکاران با گازهای مونوکسید کربن(CO)، دی اکسید نیتروژن(NO_2) و ازن(O_3) به ترتیب برابر ۳۰ /۵۴-۴۱/۵۰، ۷/۴۴-۳/۷۵ و ۰/۵۵-۰/۳۱قسمت در میلیون(ppm) و برای فیوم های منگنز و کروم برابر۳/۳۹ -۲/۱۲و ۶/۱۱ -۲/۴۴میلی گرم بر متر مکعب(mg/m^3) می باشد.

نتایج نشان داد میانگین مقادیر غلظت مواجهه با گازهای CO، NO_2 و O_3 بطور معناداری بالاتر از حد مجاز شغلی(TLV-TWA) توسط انجمن متخصصین بهداشت صنعتی امریکا(ACGIH) بود(P value<0/05). حداکثر غلظت مواجهه با تمام گازهای مورد مطالعه در فرآیند جوشکاری قوسی فلزی تحت گاز محافظ بی اثر(MIG) مشاهده گردید.

همچنین دیگر یافته های مطالعه نشان داد که میانگین مقادیر غلظت مواجهه با فلزات Mn و Cr بطور معناداری

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

جدول ۲: درجه خطر، درجه مواجهه و رتبه ریسک مواجهه با آلاینده های گازی موجود در جوشکاری های مورد بررسی

نوع جوشکاری	نام آلاینده	درجه خطر(HR)	درجه مواجهه (ER)	رتبه ریسک	ارزیابی
SMAW	CO	۴	۴	۴	H
	NO2	۴	۵	۴/۴۵	VH
	O3	۵	۵	۵	VH
GMAW - MIG	CO	۴	۴	۴	H
	NO2	۴	۵	۴/۴۵	VH
	O3	۴	۵	۵	VH
GMAW-MAG	CO	۴	۵	۴	H
	NO2	۴	۵	۴/۴۷	VH
	O3	۵	۵	۵	VH
	N: ناچیز	H: زیاد	VH: خیلی زیاد		

جدول ۳: درجه خطر، درجه مواجهه و رتبه ریسک مواجهه با فیوم های فلزی موجود در جوشکاری های مورد بررسی

نوع جوشکاری	نام آلاینده	درجه خطر(HR)	درجه مواجهه (ER)	رتبه ریسک	ارزیابی
SMAW	Mn	۵	۴	۴/۴۷	VH
	Cr	۲	۵	۳/۱۶	H
GMAW - MIG	Mn	۵	۵	۵	VH
	Cr	۲	۵	۳/۱۶	H
	Mn	۵	۳	۳/۸۷	H
GMAW-MAG	Cr	۲	۳	۲/۴۴	M
M: متوسط		H: زیاد	VH: خیلی زیاد		

بالاتر از TLV-TWA می باشد(P value<0/05). حداکثر غلظت مواجهه با تمام فلزات مورد مطالعه در فرآیندهای جوشکاری قوسی فلزی با الکترود پوشش دار(SMAW) مشاهده گردید

در جدول ۲ و ۳ درجه خطر(HR)، درجه مواجهه(ER)، نمره ریسک کمی و سطح ریسک مواجهه با فیوم های فلزی و آلاینده های گازی در انواع فرآیندهای جوشکاری مورد مطالعه، ارائه گردیده است.

همانگونه که از جدول ۲ مشخص است در بین گازها، بیشترین میزان رتبه ریسک را ازن و دی اکسید نیتروژن در هر ۳ نوع جوشکاری با رتبه ریسک خیلی زیاد(VH) به خود اختصاص داده اند. مونوکسید کربن در تمام جوشکاری ها دارای رتبه ریسک بالا(H) بودند.

نتایج جدول ۳ نشان می دهد که در بین فلزات، بیشترین میزان رتبه ریسک را منگنز در دو نوع جوشکاری با رتبه ریسک زیاد و خیلی زیاد(VH) به خود اختصاص داده اند. جوشکاری SMAW و در ادامه جوشکاری MIG دارای بیشترین رتبه ریسک در بین فرایندهای جوشکاری مورد مطالعه بودند.

بحث

با ظهور انواع جدید فرآیندهای جوشکاری و کاربردهایشان، تعداد جوشکاران در معرض با فیومها و گازهای تولید شده در حین جوشکاری نیز در حال افزایش است و به پیرو آن ریسک بهداشتی مواجهه با این آلاینده ها نیز افزایش می یابد(۲۸).گازها و فیوم های فلزی حاصل از عملیات جوشکاری می توانند وارد سیستم تنفسی شوند و اثرات جبران ناپذیری بر سلامت جوشکاران داشته باشند.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

بررسی کمی در رابطه با تعیین سطح ریسک جوشکاران صنعت کشتی سازی در ایران صورت گرفته است. از طرفی بررسی مواجهه با فیوم ها و گازهای خطرناک در فرایندهای MIG، MAGو SMAW در صنعت کشتی سازی تاکنون انجام نگرفته بود. همانطور که مشاهده شد جوشکاران صنعت مورد مطالعه در حین جوشکاری بطور عمده با سه آلاینده گازی NO_2، CO و O_3 مواجهه دارند. میزان مواجهه جوشکاران با میانگین گاز کل نشان داد که جوشکاران MIG نسبت به اپراتورهای سایر جوشکاری ها در معرض مواجهه با سطح بالاتری ازگازهای آلاینده میباشند(جدول۲)که ممکن است علت آن زمان پروسه فعالیت افراد در ایستگاه جوشکاری، استفاده از گاز محافظ، عدم وجود سیستم تهویه موضعی مناسب در ایستگاه جوشکاری و موقعیت محل جوشکاری مربوطه دانست. این یافته همسو با یافته مطالعه Popovice است که بیان نمود مقادیر غلظت گازهای مونوکسید کربن و دی اکسید کربن در جوشکاریMIG نسبت به جوشکاریMMAW و SMAW بالاتر است(۲۹).

یافته های مطالعه حاضر نشان داد که تراکم گازهای CO، NO_2و O_3 بالاتر از حد مجاز مواجهه شغلی(TLV-TWA) می باشد. ممکن است دلایل آن مدت انجام جوشکاری بصورت پیوسته ، ولتاژ الکتریکی بالای عملیات جوشکاری، فضای سرپوشیده محل جوشکاری و عدم سیستم تهویه موضعی در محل جوشکاری باشد. مهری فر و همکاران در مطالعه ای در سال ۲۰۱۷ گزارش کردند که مقادیر غلظت گازهای O3، Co و NO2 در جوشکاران مواجهه یافته صنعت فولاد بالاتر از حد مجاز توصیه شده(TLV-TWA) می باشد(۳۰).

مقایسه میزان مواجهه با فیومهای فلزی در جوشکاریهای مورد مطالعه بیانگر این مطلب است که کارگران جوشکار در جوشکاری SMAW نسبت به سایر جوشکاریها، مواجهه بالاتری با فیوم های فلزی دارند(P value<0/05). بالاتر بودن میزان فیوم در این نوع جوشکاری را شاید بتوان به تکرر و مدت جوشکاری در طول روز و هفته نسبت داد.

این یافته با مطالعه حسنی و همکاران که دریافتند مواجهه با فیومهای فلزی در جوشکاران SMAW نسبت به جوشکاران MMAW بیشتر است نیز مطابقت دارد(۳۱). از سوی دیگر با مطالعه Michael و همکاران که پی بردند از سوختن یک گرم پوشش الکترود در بین فرآیندهای GMAW، SMAW و FCAW جوشکاری SMAWبیشترین میزان فیوم فلزی($13\ mg\ fume\ g^{-1}$ electrode)را تولید میکند هم خوانی دارد(۳۲).

در مطالعه ما تمام فلزات در جوشکاری SMAW در بالاترین سطح غلظت خود قرار داشتند. در بررسی که توسط Pacheo و همکارانش بر روی انواع فرآیندهای جوشکاری انجام دادند، دریافتند که مقدار فیوم فلزات آهن، منگنز، کادمیوم و کروم در جوشکاری SMAW بیشتر از انواع جوشکاریهای دیگر است(۳۳) که با یافته های ما هم خوانی دارد. شاید علت زیاد بودن مقادیر فلزات در این نوع جوشکاری را بتوان به تشکیل فیوم و گازهای جوشکاری بوسیله عواملی مانند جریان و ولتاژ مورد استفاده، دوره و ماهیت نسبت داد.

در ارزیابی ریسک نیمه کمی(SQCRA) نتایج بدست آمده نشان داد که بالاترین ریسک مواجهه با فیومها در انواع جوشکاریها متعلق به اپراتور جوشکاری SMAWبود .می توان نتیجه گرفت که خروجی مفاهیم ارزیابی ریسک با حروجی یافته های عددی بدست آمده از نمونه برداری و سنجش واقعی آلاینده ها در محیط کار در اغلب موارد تکمیل کننده بود. از طرفی درباره ماهیت فلزی آلاینده ها، بالاترین و پایین ترین ریسک به ترتیب مربوط به فلزات کروم و نیکل بود. نتایج ارزیابی ریسک آلاینده های گازی نشان داد که بالاترین ریسک مربوط به جوشکاری SMAW و گازهای NO_2 و O_3 با سطح ریسک خیلی زیاد می باشد. این یافته همسو با نتایج مطالعه کریمی و همکاران در جوشکاران یک صنعت فولاد در ایران می باشد. آنها گزارش کردند که گازهای ازن و نیتروژن اکسید که در عملیات جوشکاری انتشار می یابند دارای رتبه ریسک خیلی زیاد می باشند(۵). از طرفی نتایج مطالعه گلبابایی و همکاران نشان داد که

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

رتبه ریسک جوشکاران GMAW بالا بوده، در حالی‌که جوشکاران نقطه‌ای مقاومتی دارای رتبه ریسک پایین بودند(۳۴). استفاده از سیستم های تهویه موضعی می تواند بطور معناداری باعث کاهش میزان مواجهه با فیوم ها و گازهای جوشکاری شود(۳۵).

نتایج ارزیابی ریسک نیمه کمی نشان داد که به نحو مطلوبی می توان ریسک های موجود در محیط کار را اولویت بندی و بر اساس آن اقدامات کنترلی لازم را ارائه کرد. در این راستا باید از فعالیت هایی که در آن احتمال وجود آلاینده با غلظت بالا مطرح است علاوه نمونه برداری هوا از پایش بیولوژیکی نیز استفاده گردد. همچنین کاهش سطح مواجهه از طریق نصب سیستم های تهویه موضعی مناسب ، اصلاح روش کار و استفاده از تجهیزات حفاظت تنفسی باید مدنظر قرار گیرد

نتیجه گیری

نتایج پایش هوای محیط کار نشان داد که جوشکاران شاغل در فرایند SMAW نسبت به دیگر فرآیندهای جوشکاری در سطوح بالایی از مواجهه با فیوم های فلزی و گازهای تولید شده در حین جوشکاری می باشند. از طرفی نتایج ارزیابی ریسک نیمه کمی نیز نشان داد که برخی گازها بخصوص CO، NO_2، O_3 و فیوم فلزات کروم و منگنز در تمام انواع جوشکاری ها دارای رتبه ریسک زیاد(H) و خیلی زیاد(VH) بودند. بنابراین لازم است که پایش های دوره ای آلاینده های هوای محیط کار جوشکاران و ارزیابی ریسک این جوشکاران بطور منظم انجام گردد. همچنین توصیه میگردد که مطالعات بعدی با تعداد نمونه فیوم و گاز بیشتر و جوشکاری های متنوع تر انجام گیرد تا دقت و صحت نتایج مطالعات افزایش یابد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مطالعه از همکاری مدیریت، کارشناسان بهداشت حرفه ای واحد طب کار و جوشکاران صنعت کشتی سازی در انجام این تحقیق، مراتب قدردانی خود را اعلام می دارند.

REFERENCES

1. Alkahla I, Pervaiz S, editors. Sustainability assessment of shielded metal arc welding (SMAW) process. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering; 2017: IOP Publishing.
2. Lenin N, Sivakumar M, Vigneshkumar D. Process parameter optimization in ARC welding of dissimilar metals. Science & Technology Asia. 2010;15(3):1-7.
3. Teker T, Kursun T. Effect of the manual (GMAW) and pulsed (P-GMAW) welding processes on impact strength and fracture behavior of AISI 304-AISI 1040 dissimilar steel joints fabricated by ASP316L austenitic stainless steel filler metal. KOVOVE MATERIALY-METALLIC MATERIALS. 2017;55(2):141-8.
4. Gonser M, Lippold J, Dickinson D, Sowards J, Ramirez A. Characterization of welding fume generated by high-Mn consumables. Weld J. 2010;89(2):25s-33s.
5. Karimi Zeverdegani S, Mehrifar Y, Faraji M, Rismanchian M. Occupational exposure to welding gases during three welding processes and risk assessment by SQRCA method. Journal of Occupational Health and Epidemiology. 2017;6(3):144-9.
6. Popović O, Prokić-Cvetković R, Burzić M, Lukić U, Beljić B. Fume and gas emission during arc welding: Hazards and recommendation. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014;37:509-16.
7. Pires I, Quintino L, Miranda R, Gomes J. Fume emissions during gas metal arc welding. Toxicological and Environ Chemistry. 2006;88(3):385-94.
8. Mehrifar Y, Zamanian Z, Pirami H. Respiratory Exposure to Toxic Gases and Metal Fumes Produced by Welding Processes and Pulmonary Function Tests. International Journal Occupational Environment Medicine. 2019;1:40-49.
9. Kiesgen de_Richter R, Ming T, Caillol S. Fighting global warming by photocatalytic reduction of CO 2 using giant photocatalytic reactors. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2013;19:82-106.
10. McKeown D. Welding fume-Do you know your workplace exposure limit (WEL)? WELDING AND

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

CUTTING. 2007;4:230.

11. Babu S, David S, Quintana M. Modeling microstructure development in self-shielded flux cored arc welds. WELDING JOURNAL-NEW YORK-. 2001;80(4):91S-7S.
12. Ayyagari VN, Januszkiewicz A, Nath J. Pro-inflammatory responses of human bronchial epithelial cells to acute nitrogen dioxide exposure. Toxicology. 2004;197(2):148-63.
13. Zhang J, Cavallari JM, Fang SC, Weisskopf MG, Lin X, Mittleman MA, et al. Application of linear mixed-effects model with LASSO to identify metal components associated with cardiac autonomic responses among welders: a repeated measures study. Occup Environ Med. 2017:oemed-2016-104067.
14. Feng W, He X, Chen M, Deng S, Qiu G, Li X, et al. Urinary metals and heart rate variability: a cross-sectional study of urban adults in Wuhan, China. Environmental health perspectives. 2015;123(3):217.
15. Magari SR, Schwartz J, Williams PL, Hauser R, Smith TJ, Christiani DC. The association of particulate air metal concentrations with heart rate variability. Environmental Health Perspectives. 2002;110(9):875.
16. Persoons R, Arnoux D, Monssu T, Culié O, Roche G, Duffaud B, et al. Determinants of occupational exposure to metals by gas metal arc welding and risk management measures: A biomonitoring study. Toxicology letters. 2014;231(2):135-41.
17. Cezar-Vaz MR, Bonow CA, Vaz JC. Risk Communication Concerning Welding Fumes for the Primary Preventive Care of Welding Apprentices in Southern Brazil. International journal of environmental research and public health. 2015;12(1):986-1002.
18. Haacke EM, Cheng NY, House MJ, Liu Q, Neelavalli J, Ogg RJ, et al. Imaging iron stores in the brain using magnetic resonance imaging. Magnetic resonance imaging. 2005;23(1):1-25.
19. Mehrifar Y, Pirami H, Farhang Dehghan S. The Relationship between exposure to manganese in welding fumes and incidence of migraine headache symptoms. Tehran University Medical Journal TUMS Publications. 2018;76(2):135-41.
20. Hassani H, Golbabaei F, Shirkhanloo H, Rahimi Foroushani A. A survey of neurobehavioral symptoms of welders exposed to manganese. Journal of Health and Safety at Work. 2013; 3 (1) :39-46
21. Meyer-Baron M, Schäper M, Knapp G, Lucchini R, Albini E, Bast-Pettersen R, et al. Statistical means to enhance the comparability of data within a pooled analysis of individual data in neurobehavioral toxicology. Toxicology letters. 2011;206(2):144-51.
22. Ateeq M, Rehman HU, Kiani BH, Zareen S, Maqbool T, Ilyas BS, et al. Toxic Effect of Hexavalent chromium on the Workers Employed in Chrome plating. 2017.
23. Parent M-E, Turner MC, Lavoué J, Richard H, Figuerola J, Kincl L, et al. Lifetime occupational exposure to metals and welding fumes, and risk of glioma: a 7-country population-based case–control study. Environmental Health. 2017;16(1):90.
24. Paydar P, Faghihi A. Air Pollution Method: A new method based on ionic liquid passed on mesoporous silica nanoparticles for removal of manganese dust in the workplace air, Analytical Methods in Environmental Chemistry Journal. 2019; 2 (1): 5-14.
25. Ebrahimi A. Air pollution Analysis: Nickel paste on Multi-walled carbon nanotubes as novel adsorbent for the mercury removal from air. Analytical Methods in Environmental Chemistry Journal. 2019; 2 (3): 79-88.
26. Golbabaei F, Hassani H, Ghahri A, MIRGHANI S, AREFIAN S, KHADEM M, et al. Risk Assessment of Exposure to Gases Released by Welding Processes in Iranian Natural Gas Transmission Pipelines Industry. International Journal of Occupational Hygiene. 2015;4(1):6-9.
27. Ministry of Manpower OSaHD. semi-quantitative method to assess occupational exposure to harmful chemicals. Singapore2005.
28. Karimi A, Slukloei J, Reza H, Eslamizad S. Designing SQCRA as a Software to Semi-quantitative Chemical Risk Assessment in Workplace. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2014;1(2):47-56.
29. Popović O, Prokić-Cvetković R, Burzić M, Lukić U, Beljić B. Fume and gas emission during arc welding: Hazards and recommendation. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014;37:509-16.
30. Mehrifar Y, Zeverdegani SK, Faraji M, Rismanchian M. Risk Assessment of Welders Exposure to the Released Contaminated Gases in Different Types of Welding Processes in a Steel Industry. Health Scope. 2018(In Press).

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

31. Hassani H, Golbabaei F, Ghahri A, Hosseini M, Shirkhanloo H, Dinari B, et al. Occupational exposure to manganese-containing welding fumes and pulmonary function indices among natural gas transmission pipeline welders. Journal of occupational health. 2012;54(4):316-22.
32. Keane MJ, Siert A, Chen BT, Stone SG. Profiling mild steel welding processes to reduce fume emissions and costs in the workplace. Annals of occupational hygiene. 2014;58(4):403-12
33. Pacheco R, Gomes J, Miranda R, Quintino M. Evaluation of the amount of nanoparticles emitted in welding fume from stainless steel using different shielding gases. Inhalation toxicology. 2017;29(6):282-9.
34. Golbabaei F, Ghahri A, mehdizadeh M, Ghiasodin M, Mohajer K, Skandari D. Risk assessment of welders` exposure to total fume in an automobile industry. Journal of Health and Safety at Work. 2012; 1 (1) :9-18.
35. Jafari MJ, Shafiei B, Rezazadeh Azari M, Movahhedi M. Occupational Exposure to Welding Fumes Using Different Ventilation Scenarios. International Journal of Occupational Hygiene. 2010; 2(1): 1-5.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]