ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با فیوم کل در فرآیندهای مختلف جوشکاری یک صنعت خودروسازی

فریده گلبابایی [۱*]- اصغر قهری [۲]- محمود مهدی‌زاده [۳]- منصور غیاث الدین [۴]- کوروش مهاجر [۵]- داوود اسکندری [۶]

[۱] استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

[۲] دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

[۳] کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

[۴] استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

[۵] کارشناس، واحد ارگونومی، شرکت ایران خودرو

[۶] دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

چکیده

مقدمه: ارزیابی ریسک مواد سمی و شیمیایی، مهندسین بهداشت حرفه‌ای را قادر می سازد که تصمیم گیری های مناسبی را در ارتباط با برنامه ریزی اقدامات کنترلی در محیط کار اتخاذ نمایند. این پروژه در سالن های مونتاژ (۴بخش) یکی از صنایع خودروسازی کشور ایران با دو نوع فرآیند جوشکاری GMAW و نقطه‌ای مقاومتی به منظور تعیین ریسک مواجهه افراد با فیوم جوشکاری صورت پذیرفته است.

روش کار: مواجهه جوشکاران از طریق جمع آوری ۱۴۳ نمونه هوا از ناحیه تنفسی بر اساس روش NIOSH ۰۵۰۰ اندازه‌گیری شد. هم‌چنین ارزیابی ریسک بهداشتی با استفاده از روش توصیه شده، توسط انجمن ایمنی و بهداشت سنگاپور انجام گردید.

یافته ها: یافته ها نشان دادند که میانگین مواجهه جوشکاران در فرآیندهایGMAW و نقطه‌ای به ترتیب برابر ۵/۷۸±۵/۶۱ و ۲/۱۵±۲/۳۸ میلی‌گرم بر مترمکعب است و از نظر آماری دارای تفاوت معناداری می باشند ($p<0/05$). هم‌چنین شواهد حاکی از آن بود که نوع الکترود، فلز پایه و استفاده از ماده شیمیایی، تاثیر زیادی در میزان تولید فیوم ومواجهه کارگران جوشکار دارد($p<0/05$). نتایج ارزیابی ریسک نشان داد که رتبه ریسک جوشکاران GMAW بالا بوده، در حالی‌که جوشکاران نقطه‌ای مقاومتی دارای رتبه ریسک پایین بودند.

نتیجه گیری: توجه بهداشتی بیش‌تر به جوشکاران GMAW و اتخاذ راه‌های کنترلی برای این گروه از جوشکاران مورد نیاز می‌باشد. راه‌های کنترلی مورد نیاز و موثر شامل کنترل فنی، پایش هوای تنفسی و بیولوژیکی جوشکاران، آموزش، اجرای برنامه های حفاظت تنفسی، توسعه و اجرای روشهای کاری صحیح و ایمن و در نهایت ارزیابی مجدد ریسک بعد از اجرای روشهای کنترلی می باشد.

کلمات کلیدی: *ارزیابی ریسک، صنعت خودروسازی، فیوم کل، جوشکاری GMAW، نقطه ای مقاومتی*

مقدمه

یکی از مهم ترین مهارت های شناخته شده که بدون آن پیشرفت کل صنایع قابل تصور نیست، فرآیند جوشکاری می‌باشد (Mansouri, *et al.,* 2008). در طول فرایند جوشکاری عوامل خطرناکی از قبیل فیوم ها، گازها، بخارات، حرارت، صدا و پرتو تولید می شوند و بزرگ‌ترین نگرانی از دیدگاه بهداشت صنعتی، فیوم‌ها می‌باشند (Yoon, *et al.,* 2003). فیوم های جوشکاری شامل اکسیدهای فلزی هستند که از واکنش فلزات بخار شده با اکسیژن هوا ایجاد می شوند(Antonini, *et al.,* 2003). میزان فیوم های تولید شده تابعی از نوع فرآیند جوشکاری، نوع آلیاژ، میزان آمپراژ، میزان ولتاژ، گاز محافظ، حرارت تبخیر و واکنش هر جزء و ترکیبات استفاده شده در الکترودها می باشند (Antonini, *et al.,* 2003; Yoon, *et al.,* 2009).

*نویسنده مسوول: پست الکترونیکی: fgolbabaei@sina.tums.ac.ir

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-04]

با توجه به نوع فرآیند جوشکاری و مواد استفاده شده، فیوم های جوشکاری ممکن است شامل عناصر کادمیوم، مس، سرب، فلوراید، سیلیکا، باریوم، منگنز، کلسیم، قلع و روی باشند (Yoon, 2004; Meo, *et al.,* 2003).

مطالعات متعددی در مورد اثرات مواجهه با فیوم های جوشکاری بر سلامتی انجام شده است. فیوهای جوشکاری موجب برونشیت، تحریک راه‌های تنفسی، تب فلزی و غیره می شوند. علاوه بر مخاطرات موجود، فیوم ها بر اندام های کلیه، قلب عروقی، پوست و اندام تناسلی اثرات نامطلوبی می‌گذارند. (Antonini, *et al.,* 2003; Yoon, *et al.,* 2009; Meo, *et al.,* 2003; Hesham, *et al.,* 2005). طبق تحقیق انجام شده، جوشکاری قوس الکترکی دستی و MIG اثرات سیتوتوکسیک بر ماکروفاژهای آلوئولی دارند (Jorma, *et al.,* 1988). بیش‌تر فیوم های تولید شده در فرایندهای مختلف جوشکاری دارای درصد کمی منگنز می باشند که اثرات عصبی مختلف بر روی سیستم بدنی به جای می‌گذارند (Antonini, *et al.,* 2006). فیوم های جوشکاری استیل زنگ نزن حاوی کروم شش ظرفیتی هستند که از طریق ریه جذب بدن شده و در تمام بدن پخش می‌شوند و اثرات موتاژنیک بر روی سلول‌های سوماتیک و سلول‌های germ مردان دارند (Hjollund, *et al.,* 2005). قابل ذکر است که کروم شش ظرفیتی و نیکل جزء درماتیت های تماسی آلرژن می‌باشند (Milja and Linnainmaa, 2004). مطالعات نشان داده اند که فیوم های جوشکاری استیل زنگ نزن موجب ایجاد سرطان ریه در تعدادی از جوشکاران می شوند(sowards, *et al.,* 2008). با توجه به اثرات نامطلوب فیوم های جوشکاری بر سلامتی جوشکاران، انجمن متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH)برای فیوم‌های جوشکاری، حـــد تماس TLV-TWA mg/m ۳ ۵را توصیـــه نموده اسـت(ACGIH, 2010).

اداره آمار کار امریکا در سال ۱۹۹۹، مشخص نمود که بیش از ۸۰۰۰۰۰ جوشکار تمام وقت در سطح دنیا و تقریباً ۴۱۰۰۴۰ جوشکار تمام وقت در آمریکا کار می‌کنند (Micheal, *et al.,* 2003) و هم‌چنین در آمریکا بیش از ۸۰ نوع فرآیند جوشکاری وجود دارد (Antonini, *et al.,* 2003). بیش‌ترین نوع فرآیندهای جوشکاری که در صنایع خودروسازی در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرند، شامل جوشکاری با قوس فلزی گازی GMAW، جوشکاری قوسی با الکترود پوشش دار SMAW، جوشکاری با سیم تو پودری FCAW و جوشکاری نقطه یا مقاومتی می باشند.

در بین فرآیندهای جوشکاری، جوشکاری SMAW بیش‌ترین‌ونوع‌مقاومتی‌کم‌ترین‌مقدارفیوم‌راتولیدمی‌نمایند (Antonini, *et al.,* 2003; Yoon, *et al.,* 2009; Lyttle, 2004).

با توجه به متنوع بودن فرآیندهای جوشکاری و کثرت افراد در معرض مواجهه با آلاینده های ایجاد شده توسط این فرآیندها، نیاز به تدوین یک برنامه جامع به منظور تعیین مقدار مواجهه با فیوم ها و نیز مشخص نمودن فرآیندها و وظایف کاری خطرناک می باشد. یکی از راهکارهای اصلی برای رسیدن به این هدف، ارزیابی ریسک مواد شیمیایی بوده و می تواند در اولویت بندی آلاینده های مخاطره آمیز و هم‌چنین تصمیم گیری در مورد راه های کنترلی مناسب کمک شایانی نماید (Allahyari, 2006; Azari, 2007). ارزیابی ریسک، یک فرآیند سیستماتیک برای رسیدن به تخمینی از تمام ریسک فاکتورهای مرتبط با تمام سناریوهای تماس وضعیت های پرمخاطره می باشد (Abelmann, 2005). اهداف انجام ارزیابی ریسک مواد شیمیایی خطرناک شامل شناسایی مواد خطرناک، ارزشیابی میزان تماس و تعیین احتمال اثرات نامطلوب تماس با مواد شیمیایی می باشد(Ministry of Manpower, 2005).

با توجه به مطالب فوق، این مطالعه به منظور ارزیابی مواجهه جوشکاران با فیوم های حاصل از ۲ نوع فرآیند جوشکاری شامل جوشکاری قوسی تحت پوشش گازی محافظ(GMAW) و جوشکاری نقطه ای یا مقاومتی (resistance or Arc Spot Welding) در ۴ سالن یک

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-04]

صنعت خودروسازی انجام شد. هدف از این بررسی، تعیین مقدار فیوم کل و در ادامه تعیین سطح ریسک هر فرایند در سالن‌های مورد مطالعه بوده است.

روش کار

الف-اطلاعات شغلی مورد مطالعه و پارامترهای مورد نظر

این مطالعه در ۴ سالن مونتاژ یک صنعت خودروسازی در تهران انجام شد. پس از بازدید و بررسی های به عمل آمده و با توجه به پارامترهای تاثیرگذار بر تولید فیوم شامل نوع جوشکاری (۲نوع)، نوع ورق پایه (۲ نوع)، آمپراژ خروجی دستگاه(۳۲-۰/۱۶ آمپر)، الکترود (۲نوع سیم جوش و یک نوع الکترود) و مواد شیمیایی مورد مصرف(استفاده از سیلر و روغن و یا عدم استفاده از این مواد) حجم نمونه ای برابر ۱۴۳ نمونه تعیین گردید. در ۴ سالن مورد نظر ۲ نوع فرایند جوشکاری GMAW (۲۸نمونه) و جوشکاری مقاومتی نقطه ای (۱۱۵نمونه) انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند. قابل ذکر است که در این صنعت، عملیات جوشکاری بر روی دو نوع فلز پایه شامل آهن سیاه و آهن گالوانیزه، انجام می شود. آهن گالوانیزه علاوه بر آهن دارای مقادیر خاصی از کربن، فسفر، گوگرد، منگنز و تیتانیوم می باشد. همچنین از روغن های کششی برای جلوگیری از پارگی ورق به هنگام پرس و از سیلر به عنوان ضدلرزش برای پرکردن درزها و شکاف ها در اثر حرارت استفاده می‌شود.

ب- جوشکاری های مورد مطالعه

۱) جوشکاری GMAW با CO_2

جوشکاری با قوس فلزی گازی شامل دو نوع جوشکاری، جوشکاری قوسی تحت پوشش گازی محافظ با گاز فعال MAG: Metal Active Gas و جوشکاری قوسی تحت پوشش گاز محافظ خنثی (بی اثر) MIG Gas Metal Inert می باشد که در این مطالعه نوع MAG مورد نظر بوده است. در جوشکاری MAG، یک قطب جریان به قطعه کار وصل گردیده و قطب دیگر یک سیم ذوب شونده(Solid Wire) است که آلیاژی نزدیک به آلیاژ فلز پایه دارد. Solid Wire سیم جوش فلزی توپر است که به شکل ممتد و بدون پوشش پودری تولید می شود. گاز محافظ در این نوع جوشکاری (MAG) گاز CO_2 است. گاز CO_2 در قوس الکتریکی به گازهای CO و O_2 تجزیه شده که گاز CO گاز خنثی و بی اثر بوده و نقش حفاظت از حوضچه جوش را به عهده می گیرد و O_2 با عناصر اکسید شونده قوی مانند Mn و Si که در سیم جوش پایه قرار دارند، ترکیب شده و به‌صورت سرباره ای بسیار نازک روی سطح جوش قرار می گیرد (Noderrman, 2008).

در این صنعت، دو نوع سیم جوش با عناوین SG_1 و SG_2 مورد استفاده قرار می‌گیرد که نوع SG_1 از کربن، منگنز، فسفر، گوگرد، کروم و وانادیوم و نوع SG_2 از سیلیس، نیکل، مولیبدن، مس و آلومینیوم تشکیل یافته اند.

۲) جوشکاری مقاومتی نقطه ای

جوشکاری مقاومتی نقطه ای فرآیندی است که در آن سطوحی که بر روی هم قرار گرفته‌اند، از طریق حرارت تولید شده در یک یا چند نقطه به هم متصل می شوند. گرمای تولید شده در این، حاصل از فلوی جریان الکتریکی است که بین الکترودها برقرار می شود و از میان قطعات نیز عبور می کند، ضمن این‌که الکترودها در این وضعیت با اعمال فشاری خاص، سطوح را به یک‌دیگر نزدیک می کنند (Lee, *et al.,* 1990; Girish and Neil, 2007). قابل ذکر است که در این نوع جوشکاری جنس روکش الکترود از مس، کروم و زیرکونیوم(Cu/Cr/Zr) می باشد.

پ- نمونه برداری و آنالیز نمونه ها

برای تعیین میزان مواجهه با فیوم کل، از روش NIOSH ۰۵۰۰ استفاده شد. نمونه برداری در ساعات مختلف شیفت کاری به جز ساعات استراحت با استفاده از فیلتر MCE با قطر ۳۷ میلی متر و پورسایز ۰/۸ میکرون با هولدر CLOSED FACE انجام گردید. پمپ های نمونه برداری در دبی ۲ لیتر بر دقیقه با استفاده از دستگاه دیجیتال DRYCAL کالیبره شد (NIOSH , 1994). برای تعیین وزن اولیه فیلترها قبل از نمونه برداری از ترازوی کالیبره مدل

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-04]

SATORIUS CP225D ساخت کشور آلمان استفاده گردید. در حین نمونه برداری، کاست‌های فیلترها به یقه کارگر نصب گردید (Karlsen, *et al.*, 1994).

در پایان نمونه برداری، هر ست نمونه برداری به دقت از اپراتور باز شده و به آزمایشگاه منتقل شد. فیلترها پیش از سنجش وزن ثانویه باید به مدت ۲۴ ساعت در داخل دسیکاتور قرار داده می شدند تا رطوبت آن‌ها جذب شود. سپس وزن فیوم جمع آوری شده به روش گرامیتری سنجش و در واحد حجم استاندارد هوای نمونه برداری شده محاسبه و بر حسب mg/m^3 ثبت گردید.

ت- پردازش داده ها

داده های جمع آوری شده، شامل داده های مربوط به سنجش آلاینده ها و اطلاعات شغلی جهت آنالیزهای آماری در برگه کاری وارد و توسط نرم افزار SPSS (version 17) و اکسل مورد پردازش آماری قرار گرفت. در این مطالعه از آزمون های آماری آنالیز واریانس یک طرفه(ANOVA) و t مستقل استفاده شد.

ث- تعیین میزان ریسک مواجهه با فیوم کل

در این بخش از مطالعه، برای تعیین میزان ریسک مواجهه با فیوم های جوشکاری از روش توسعه یافته توسط بخش ایمنی و بهداشت شغلی وزارت کار سنگاپور با نام «روش نیمه کمی ارزیابی تماس شغلی با مواد شیمیایی» استفاده گردید(Ministry of Manpower, 2005). به طور کلی این روش شامل مراحل شناسایی مواد مخاطره آمیز، تعیین ضریب مخاطره (HR) و تماس (ER) و در نهایت تعیین سطح ریسک مواجهه می‌باشد.

در مرحله اول این بخش، با توجه به مطالعات قبلی(۱-۴)، فیوم ها به عنوان خطرناک‌ترین عامل زیان آور در فرایند جوشکاری مورد بررسی قرار گرفتند. پس از شناسایی ماده خطرناک، ضرایب مخاطره و تماس این ماده با استفاده از جداول مربوطه و نتایج اندازه گیری های انجام شده، مشخص گردید. با استفاده از مقادیر این دو ضریب در معادله زیر مقدار عددی ریسک به‌دست می‌آمد:

$$Risk=\sqrt{HR\times ER}$$

در مرحله آخر، با توجه به جدول مربوطه و مقدار عددی ریسک، سطح ریسک که شامل۵ سطح، قابل چشم پوشی (N: Negligible)، کم (L: Low)، متوسط(M: Medium)، زیاد(H: High) و خیلی زیاد(VH: Very High) می باشند، تعیین گردید.

یافته ها

الف- فیوم کل

نتایج پردازش داده های مربوط به میزان مواجهه جوشکاران با فیوم کل، بر حسب نوع فرآیند جوشکاری در جدول ۱ آورده شده است. میزان مواجهه با فیوم کل در جوشکاری GMAW، بیش‌تر از جوشکاری نقطه ای مقاومتی به ترتیب با مقادیر ۵٫۶۱ ± ۵٫۷۸ و ۱٫۳۸ ± ۱٫۵۴ (mg/m^3) می‌باشد. هم‌چنین آزمون T مستقل نشان داد که تفاوت بین دو میانگین با $P<0/05$ معنادار می باشد.

نتایج حاصل از پردازش داده ها جهت تعیین میانگین مواجهه با فیوم کل در ۴ سالن نشان داد که از نظر آماری تفاوت معناداری بین میزان مواجهه در ۴ سالن وجود ندارد ($P>0,05$). با توجه به جدول ۲، بیش‌ترین میانگین مواجهه با فیوم کل در سالن روآ و کم‌ترین میانگین مواجهه با فیوم کل در سالن پژو۲۰۶ به ترتیب ۳٫۴۶ ± ۴٫۷ و ۲٫۵۵ ± ۳٫۱۱ (mg/m^3) بوده است.

از آزمون t برای تعیین تفاوت میانگین مواجهه با فیوم کل بین دو فرآیند جوشکاری GMAW و نقطه ای مقاومتی برای هر سالن به طور جداگانه استفاده گردید. نتایج نشان دادند که از نظر آماری تفاوت معناداری بین میانگین مواجهه در ۲ نوع فرآیند جوشکاری به طور جداگانه در هر ۴ سالن وجود دارد ($P<0,05$) و جوشکاری GMAW نسبت به جوشکاری نقطه ای مقاومتی میزان فیوم بیش‌تری تولید می نماید.

پارامترهای فراوانی بر میانگین مواجهه با فیوم کل حاصل از فرآیند جوشکاری تاثیرگذار می باشند. در این

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-04]

تحقیق ۴ پارامتر تاثیر گذار بر میانگین مواجهه شامل نوع فرآیند جوشکاری، نوع الکترود مصرفی، استفاده یا عدم استفاده از ماده شیمیایی و جنس فلز پایه مورد مطالعه قرار گرفتند (اشکال ۱ تا ۳). مهم‌ترین پارامترهای ذکر شده، نوع فرآیند و نوع الکترود مصرفی می‌باشد. تاثیر نوع فرایند جوشکاری بر میزان تولید فیوم در جداول ۱ تا ۳ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که درسالن های مورد مطالعه از ۳ نوع الکترود SG_1، SG_2 و CU/CR/ZR استفاده می گردید. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان دهنده تفاوت معناداری بین میانگین تولید فیوم کل در ۳ نوع الکترود می باشد($P<۰/۰۵$) و نتایج نشان می دهد نوع SG_1 بیش‌ترین تولید میانگین فیوم کل را به خود اختصاص داده است (۶,۰۴ ± ۶,۲۱ mg/m^3).

بررسی نوع فلز پایه نشان می دهد هرچند که میانگین فیوم کل تولیدی در جوشکاری بر روی آهن گالوانیزه بیش‌تر از جوشکاری بر روی آهن سیاه می باشد، اما این اختلاف از نظر آماری معنادار نبوده و نشان می دهد که فلز پایه در تولید میزان فیوم کل تاثیری ندارد ($P>۰/۰۵$).

برای تعیین اثر نوع ماده شیمیایی استفاده شده بر میزان فیوم تولیدی، از آزمون آماری T مستقل استفاده گردید و نتایج حاکی از تاثیر نوع ماده بر میزان تولید فیوم کل بود($P<۰/۰۵$). به عبارت دیگر، زمانی که از ماده شیمیایی (روغن یا اسپری) استفاده می‌شود، نسبت به زمانی که از ماده شیمیایی استفاده نمی‌شود، تولید مقدار فیوم بیش‌تر است.

ب- ارزیابی ریسک

در این پروژه، از روش ارزیابی نیمه کمی ریسک سنگاپور استفاده گردید. نتاج حاصل از ارزیابی ریسک و تعیین رتبه ریسک مواجهه با فیوم کل بر حسب نوع فرآیند جوشکاری در جدول ۴ آورده شده است. با توجه

جدول ۱: میانگین غلظت فیوم کل در ناحیه تنفسی جوشکاران برحسب نوع فرآیند جوشکاری

نوع جوشکاری	تعداد نمونه	آمپراژ (A)		نوع الکترود	ماده مصرفی	فلز پایه	میانگین غلظت فیوم کل (mg/m^3)	P- value
		میانگین	دامنه					
GMAW	۲۸	۰/۱۶	-	SG_2وSG_1	روغن و اسپری	آهن سیاه و گالوانیزه	۵/۶۱±۵/۷۸	<۰/۰۵
مقاومتی نقطه ای	۱۱۵	۱۷/۵	۸-۳۲	Cu/Cr/Zr	-	آهن سیاه	۲/۳۸±۲/۱۵	
کل	۱۴۳	۹/۴۸	۰/۱۶-۳۲	SG_2 ،SG_1 و Cu/Cr/Zr	روغن و اسپری	آهن سیاه و گالوانیزه	۳/۲۱±۳/۱۲	

جدول ۲: میانگین غلظت فیوم کل در ناحیه تنفسی جوشکاران برحسب سالن ها

سالن	تعداد نمونه	آمپراژ (A)		نوع الکترود	ماده مصرفی	فلز پایه	میانگین غلظت فیوم کل (mg/m^3)	P- value
		میانگین	دامنه					
پژو۴۰۵	۳۷	۸/۳۳	۰/۱۶-۱۲	Cu/Cr/Zr وSG_1	روغن و اسپری	آهن سیاه و گالوانیزه	۳/۰۶±۳/۵	>۰/۰۵
روآ	۳۵	۸/۴۵	۰/۱۶-۱۹	Cu/Cr/Zr وSG_1	روغن و اسپری	آهن سیاه و گالوانیزه	۳/۴۶±۴/۷	
سمند	۳۵	۹/۱۷	۰/۱۶-۱۲	Cu/Cr/Zr وSG_1	روغن و اسپری	آهن سیاه و گالوانیزه	۲/۹۹±۳/۵۱	
پژو۲۰۶	۳۶	۱۲/۰۰	۰/۱۶-۳۲	Cu/Cr/Zr وSG_2	روغن و اسپری	آهن سیاه و گالوانیزه	۲/۵۵±۳/۱۱	
کل	۱۴۳	۹/۴۸	۰/۱۶-۳۲	Cu/Cr/Zr و SG_2 ، SG_1	روغن و اسپری	آهن سیاه و گالوانیزه	۳/۰۱±۳/۷۲	

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-04]

جدول ۳: میانگین غلظت فیوم کل در ناحیه تنفسی جوشکاران برحسب نوع فرآیند جوشکاری در سالن های مورد مطالعه

سالن	نوع جوشکاری	تعداد نمونه	آمپراژ (A)		نوع الکترود	فلز پایه	میانگین غلظت فیوم کل (mg/m^3)	P- value
			میانگین	دامنه				
پژو۴۰۵	GMAW	۷	۰/۱۶	-	SG_1	آهن سیاه و گالوانیزه	۵/۶±۶/۵	<۰/۰۵
	مقاومتی نقطه ای	۳۰	۱۱/۲۵	۸-۱۲	Cu/Cr/Zr	آهن سیاه	۲/۴۷±۲/۲۴	
روآ	GMAW	۹	۰/۱۶	-	SG_1	آهن سیاه	۷/۹±۶/۸	<۰/۰۵
	مقاومتی نقطه ای	۲۶	۱۲/۶۵	۸/۵-۱۹	Cu/Cr/Zr	آهن سیاه	۱/۹۲±۱/۵۹	
سمند	GMAW	۳	۰/۱۶	-	SG_1	آهن سیاه و گالوانیزه	۳/۱۴±۳/۶۳	<۰/۰۵
	مقاومتی نقطه ای	۳۲	۱۰/۰۵	۶-۱۲	Cu/Cr/Zr	آهن سیاه و گالوانیزه	۱/۴۱±۱/۲۶	
پژو۲۰۶	GMAW	۹	۰/۱۶	-	SG_2	آهن سیاه و گالوانیزه	۴/۷±۴/۹۶	<۰/۰۵
	مقاومتی نقطه ای	۲۷	۲۲/۳۵	۱۱-۳۲	Cu/Cr/Zr	آهن سیاه و گالوانیزه	۱/۷±۱/۹۸	

جدول ۴: رتبه ریسک تماس با فیوم کل برحسب نوع فرآیند جوشکاری

نوع جوشکاری	میزان تماس مقدار حدمجاز	ضریب مخاطره	ضریب مواجهه	ضریب ریسک کمی	سطح ریسک	ضریب ریسک کیفی
GMAW	۱/۱۲۲	۳	۴	۳/۴۶	۴	زیاد
مقاومتی نقطه	۰/۴۷۶	۳	۲	۲/۴۵	۲	کم
کل	۰/۶۴۲	۳	۳	۳	۳	متوسط

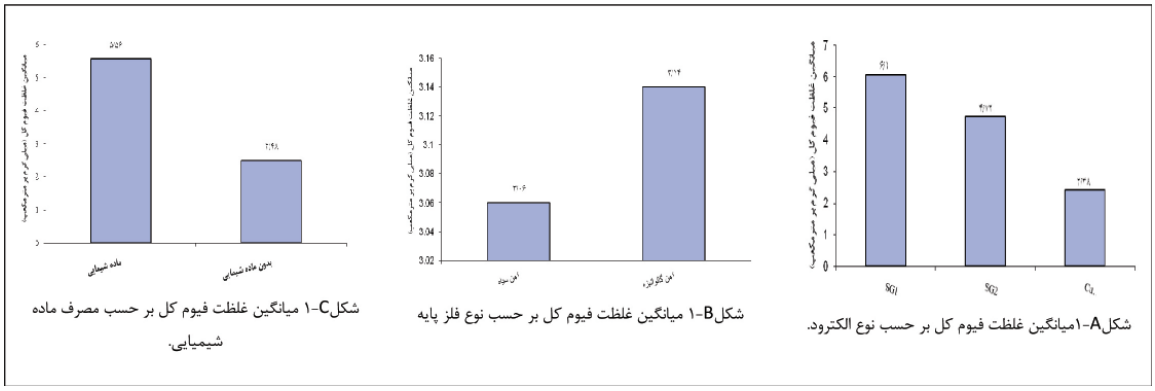
جدول ۵: سطح ریسک تماس با فیوم کل برحسب نوع فرآیند جوشکاری در سالن های تولیدی مورد مطالعه

سالن	نوع جوشکاری	میزان تماس مقدار	ضریب مخاطره	ضریب مواجهه	ضریب ریسک کمی	سطح ریسک	ضریب ریسک کیفی
پژو ۴۰۵	GMAW	۱/۱۲	۳	۴	۳/۴۶	۴	زیاد
	مقاومتی نقطه	۰/۴۹۴	۳	۲	۲/۴۵	۲	کم
روآ	GMAW	۱/۵۸	۳	۴	۳/۴۶	۴	زیاد
	مقاومتی نقطه	۰/۳۸۴	۳	۲	۲/۴۵	۲	کم
سمند	GMAW	۰/۶۲۸	۳	۳	۳	۳	متوسط
	مقاومتی نقطه	۰/۲۸۲	۳	۲	۲/۴۵	۲	کم
پژو۲۰۶	GMAW	۰/۹۴	۳	۴	۳/۴۵	۴	زیاد
	مقاومتی نقطه	۰/۳۴	۳	۲	۲/۴۵	۲	کم

به این جدول ۴ رتبه ریسک جوشکاری GMAW زیاد بوده و جوشکاری مقاومتی نقطه ای در رتبه پایین قرار دارد.

همچنین نتایج نشان دادند (جدول۵) که به استثنای سالن سمند، تفاوتی بین رتبه ریسک مواجهه با فیوم کل در ۴ سالن برحسب دو نوع جوشکاری وجود ندارد و در هر ۴ سالن فرآیند GMAW دارای رتبه ریسک زیاد است و جوشکاری مقاومتی نقطه ای در رتبه پایین قرار دارد. در سالن سمند برخلاف سالن

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-04]



شکلA-۱میانگین غلظت فیوم کل بر حسب نوع الکترود.

شکلB-۱ میانگین غلظت فیوم کل بر حسب نوع فلز پایه

شکلC-۱ میانگین غلظت فیوم کل بر حسب مصرف ماده شیمیایی.

شکل ۱: میانگین تراکم فیوم بر حسب عوامل موثر

های دیگر، رتبه ریسک جوشکاری GMAW در حد متوسط می‌باشد.

بحث

ارزیابی مواجهه با عوامل مخاطره آمیز در طول فرآیندهای مختلف جوشکاری توسط محققان زیادی صورت گرفته است (Mansouri, *et al.,* 2008; Yoon, *et al.,* 2009; Milja and Linnainmaa, 2004; Lyttle, 2004). با وجود این، تحقیقات در ارتباط با تعیین رتبه ریسک تماس جوشکاران با فیوم حاصل از فرآیندهای جوشکاری مستندسازی نشده است. در این مطالعه عوامل موثر از قبیل نوع جوشکاری، نوع الکترود، استفاده و عدم استفاده از ماده شیمیایی و نوع فلز پایه مورد بررسی قرار گرفته و در ادامه رتبه ریسک هر فرآیند مشخص گردیده است. با استفاده از شناخت و آگاهی به‌دست آمده از پارامترهای مورد بررسی، توصیه های ویژه‌ای می توان برای کاهش تماس جوشکاران و هم‌چنین مدیریت ریسک بهداشتی آن‌ها بیان نمود(Abelmann, 2005).

مطالعات زیادی درارتباط با فرآیند جوشکاری GMAW نسبت به دیگر فرآیندها، به‌ویژه جوش نقطه ای صورت گرفته است. نتایج این مطالعات نشان داده است که فرآیند جوشکاری GMAW به علت استفاده از گاز محافظ، کم‌تر از انواع دیگر به‌ویژه SMAW و MMA فیوم تولید می‌کند. ولی با وجود این نسبت به نوع نقطه‌ای فیوم بیش‌تری تولید می نماید. نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های جمع‌آوری شده توسط کاست‌های ۳۷ میلی‌متری نشان دادند که میانگین مقادیر فیوم کل برای فرآیند جوشکاری GMAW و نقطه‌ای مقاومتی به ترتیب برابر با ۵/۷۸±۵/۶۱ و ۲/۱۵±۲/۳۸ میلی‌گرم بر متر مکعب می‌باشند که این یافته‌ها مطابق یافته‌های حاصل از مطالعات گذشته می باشند (Yoon, et al., 2009 Lyttle, 2004; NI-OSH, 1996; Ulfvarson, 1981). در بررسی که توسط Ulf Ulfvarson و D Tech بر روی انواع فرآیندهای جوشکاری صورت گرفت، مقدار فیوم تولیدی در فرآیند جوشکاریMAG, GMAWبا مقدار عددی ۵ میلی گرم بر مترمکعب نشان داده شد(Ulfvarson, 1981). علت زیاد بودن فیوم تولیدی در نوع GMAW نسبت به نقطه ای مقاومتی را می توان به نوع فرآیند و الکترود مصرفی نسبت داد.

همان طور که در بخش های قبلی ذکر شد عوامل زیادی در تولید فیوم از فرآیند GMAW موثر بوده و بیش‌ترین تاثیر علاوه بر نوع جوشکاری، متعلق به نوع و اندازه الکترود و به میزان کمی فلز پایه بوده است (Antonini, *et al.,* 2003; Yoon, *et al.,* 2009; Lyttle, 2004; NIOSH, 2002). یافته‌های این مطالعه نشان داد که نوع الکترود، فلز پایه و استفاده از ماده شیمیایی به عنوان ضد لرزش و جلوگیری از پاره شدن ورق به هنگام فشار تاثیر زیادی در تولید فیوم حاصل از GMAW دارد. همان طور که از جداول و اشکال مشخص می باشد، بیش‌ترین تاثیر را نوع الکترود مصرفی دارد. این یافته ها

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-04]

با یافته های مطالعات Mansouri و همکارانش، P. A. Abelmann، Chunsik همخوانی دارد (Mansouri, et al., 2008; yoon., 2004; Abelmann, 2005 Stern, 1986;). یافته های مطالعه Gerstle و همکارانش نشان داد که نسبت فیوم تولیدی از GMAW به نوع الکترود و اندازه آن بستگی زیادی دارد. به طور کلی الکترودهای کوچک‌تر مقادیر فیوم کم‌تری نسبت به الکترودهای بزرگتر تولید می‌نمایند، که علت آن را می توان به سطح تماس کم‌تر الکترودهای کوچک‌تر نسبت داد (Gerstle, *et al.,* 1993). در مطالعه دیگری که توسط Handerson و همکارانش صورت گرفت (Henderson, *et al.,* 1986)، پارامتر آمپراژ بیش‌ترین تاثیر را بر روی تولید فیوم داشته و با افزایش آمپراژ دستگاه میزان تولید آن افزایش یافته است که یافته های مطالعه ما با آن همخوانی ندارد علت این امر استفاده از آمپراژ زیاد در فرآیند جوشکاری نقطه ای مقاومتی می‌باشد.

نتایج حاصل از ارزیابی ریسک نشان داد که جوشکاران فرآیند جوشکاری GMAW، با ریسک زیاد تماس با فیوم‌ها روبه‌رو بوده، ولی جوشکاران نقطه‌ای دارای ریسک پایینی می‌باشند. مطالعات کمی در ارتباط با ارزیابی ریسک تماس با فیوم‌های جوشکاری صورت گرفته است، با وجود این، هیچ مطالعه ای تا زمان انجام این مطالعه در ارتباط با تعیین رتبه ریسک تماس جوشکاران با فیوم های ناشی از فرآیندهای جوشکاری GMAW انجام نشده است. در مطالعه ای که توسط P. A. Abelmann با عنوان ارزیابی ریسک تماس شغلی با فلزات فیوم های جوشکاری SMAW انجام شد(Abelmann, 2005)، یافته های تحقیق سطوح ریسک غیرقابل قبول را برای تمام سناریوهای تعریف شده نشان داد. در مطالعه ای دیگر که در سال ۲۰۰۵ توسط Hjollund و همکارش در ارتباط با تاثیر تماس جوشکاران مرد با فیوم های جوشکاری در سقط جنین انجام شد، میزان ریسک نسبی ۰/۶ و ۰/۸۶ به ترتیب برای جوشکاری استیل زنگ نزن و استیل نرم گزارش شده است(Hjollund, *et al.,* 2005). هم‌چنین در مطالعات گذشته افزایش ریسک سرطان ریه در جوشکاران به علت مواجهه با فیوم ها تایید شده است (Mansouri, *et al.,* 2008; Yoon, *et al.,* 2003; Yoon, *et al.,* 2009; Lee, *et al.,* 1990). ریسک بالا نشان دهنده اثرات نامطلوب سلامتی ناشی از تماس با فیوم‌ها می‌باشند، لذا احتمال می رود که جوشکاران مورد مطالعه در فرآیند GMAW دچار عوارض نامطلوب بهداشتی شوند. بنابراین راه‌های کنترلی برای جوشکاران فرآیند GMAW ، باید در نظر گرفته شود. روش‌های کنترلی مورد نیاز و موثر شامل کنترل فنی، پایش هوای تنفسی جوشکاران، آموزش، برنامه های حفاظت ریوی، توسعه و اجرای روش‌های کاری صحیح و امن، فراهم کردن کمک های اولیه و در نهایت ارزیابی مجدد ریسک بعد از اجرای روشهای کنترلی می‌باشد (Ministry of Manpower, 2005). از طرفی مهم ترین پارامتر تاثیرگذار در تولید فیوم، نوع الکترود بوده که حذف آن از فرآیند میسر نمی باشد. بنابراین اقدامات کنترلی مدیریتی مانند آموزش و کاهش ساعات مواجهه با فیوم های جوشکاری از طریق افزایش تعداد کارگران را می توان به‌عنوان یک راهکار کنترلی مدیریتی موثر پیشنهاد داد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج تحقیق نشان می دهد که نوع الکترود، فلز پایه و استفاده از ماده شیمیایی به عنوان ضدلرزش و جلوگیری از پارگی ورق، تاثیر زیادی در تولید فیوم جوشکاری GMAW دارد و جوشکاران این نوع فرآیند نسبت به جوشکاری نقطه‌ای دارای رتبه ریسک بالا بوده و احتمال ایجاد عوارض نامطلوب سلامتی به‌ویژه سرطان ریه زیاد می‌باشد. لذا به‌کارگیری راه‌های کنترلی باید برای آن‌ها در نظر گرفته شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان نهایت تشکر و قدردانی خود را از همکاری مدیریت و کارشناسان مرکز پیشگیری، درمان و رفاه و نیز کارکنان شرکت ایران خودرو در انجام این تحقیق ابراز می‌دارند.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-04]

منابع

1. Abelmann PA., (2005). Breathing-Zone and Aspirated Welding Fume Exposure Assessment: Fractional Factorial Design.[tesis].
2. Allahyari, T., (2006). Risk analysis and risk assessment in chemical processes. Fanavaran., [in Persian].
3. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH; 2010). "Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices".
4. Antonini, James M. Micheal D.Taylor, anthony T.Zimmer, ROBERTS JR., (2003). Polmunary Responces to Welding Fumes: Role of Metal Constituens. Journal of Toxicology and Environmental Health., 67,233-49.
5. Antonini JM, Santamaria AB, Jenkins NT, Albini E, Lucchini R., (2006). Fate of manganese associated with the inhalation of welding fumes: potential neurological effects. Neurotoxicology., 27(3), 304-10.
6. Azari R., (2007). Textbook of public health: chemicals health risk assessment in individual exposure , Third Printing, Arjomand., [in Persian].
7. Gerstle, R. W., Hance, S. B., & Csordas, G. N., (1993). Emission factors for arc welding. Proceedings,
8. Annual Meeting - Air & Waste Management Association., 86(6), 93TP 57-04, 13PP.
9. Girish Kelkar, and Neil Ball., (2007). Bond Formation in Laser and Resistance Welding. Congreso International en TECNOLOGIA DE LA SOLDADURA INDUSTRIAL. Saltllo, Coahuila.
10. Hesham A. Hassaballa, Omar B. lateef, Julian B, Eillen Kim, Larry Casey., (2005). Metal fume fever presenting as aseptic meningitis with pericarditis, pleuritis and pneumonitis. Occupational Medicine., 55, 638-41.
11. Henderson, I. D., Senff, U. E., & Wilson, A. J., (1986). Fume generation and chemical analysis of fume for a selected range of flu-cored structural steel wires - AWRA document., P9-44-85. Australian Welding Research., 4-11.
12. Hjollund N. H., Bonde J. P., Ernst E., Lindenberg S., Anderen A. N., Olsen J., (2005). Spontaneus absortion in IVF cou;les-arole of male welding exposure. Hum Repord., 1-5.
13. Jorma T. Pasanen, Tom E. Gustafssonb, Pirkko-Liisa Kalliomakia, Antti Tossavainena, Jorma O. Jrvisaloc., (1988). Cytotoxic effects of four types of welding fumes on macrophages in vitro: A comparative study Journal of Toxicology and Environmental Health.,18(1), 143 - 52
14. Karlsen J.T., Torgrimsen T., Langard S., (1994). Exposure to Solid Aerosols During Regular MMA Weldung andGrinding Operations on Stainless Steel. Am Ind Hyg Assoc J., 55(12), 1149-53.
15. Lee HS, Chia SE, Yap JC, Wang YT, Lee CS., (1990). Occupational asthma due to spot-welding. Singapore Med J., 31(5), 506-8.
16. Lyttle K., (2004). Optimazing Consumable Section Increases Productivity, Distribution. 2004:45-7.
17. Mansouri N., Atbi F., Moharamnezhad N., ahbaran RD.A., M. Alahiari., (2008). Gravimetric and Analytical Evaluation of Welding Fume in an Automobile Part Manufacturing Factory. J Res Health Sci., 8(2),1-8.
18. Meo SA, Azeem MA, Subhan MM., (2003). Lung function in Pakistani welding workers. J Occup Environ Med., 45(10), 1068-73.
19. Micheal D.Taylor, Jeeny R. Roberts, Stephen S. Leonard, Xianglin Shi, M. Antonini., (2003). Effects of Welding Fumes of Differing Composition and Solubility on Free Radical Production and Acute Lung Injury and Inflammation in Rats. Toxicological Sciences., 75, 181-91.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-04]

20. Milja Makinen, Linnainmaa M., (2004). dermal exposure to chromium in the grinding of stainless and acid-proof steel. Ann Occup Hyg. 2004;48(3):197-202.
21. Ministry of Manpower, O.S.a.H.D., (2005). Singapore, a semi-quantitative method to assess occupational exposure to harmful chemicals.
22. National Institute for Occupational Safety and Health, (1994). Manual of analytical methods, method 0500, (NIOSH; Fourth ed.
23. National Institute for Occupational Safety and Health., (2002). Nomination of Welding Fumes-for Toxicity Studies.
24. National Shipbuilding Recearch Program Report IoRAacIAElosw, (1996). Impact of Recent and Anticipated Changes in Airborn Emission Limits on Shipyard Workers, NSRP 046.
25. Noderman, (2008). Welding Fume Hazards and Prevention with special focus on exposure to Manganese and Hexavalent Chromium.
26. Sowards j. w., lippold j. c., dickinson w., ramirez aj., (2008). Characterization of welding fume from SMAW electrodes- part 1 welding research., 87, 106-12.
27. Stern, R., (1986). Commision of the European Communities: Health hazards and biological effects of -welding fumes and gases .proceedings of the International Conference on Health Hazards and Biological Effects of Welding Fumes and Gases, Copenhagen., New York: Excerpta Medica, Elsevier Science Pub. Co.
28. Ulf. Ulfvarson, D. Tech., (1981). Survey of air contaminants from welding. Scand J Work Environ Health., 7, 1-28.
29. Yoon CS, Paik NW, Kim JH., (2003). Fume Generation and Content of Total Chromium and Hexavalent Chromium in Flux-Cored Arc Welding. Ann Occup Hyg. Nov, 47(8),671-80.
30. Yoon CS, Paik NW, Kim JH, chae HB.,(2009). Total and Soluble Metal Contents in Flux-Cored Arc. Aerosol Science and Technology, 43, 511-21.
31. Yoon cs., (2004). welding fume and others from weling processes. Kor J Env Hlth., 30(4), 320-8.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-04]