مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دوره ۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۳، صفحات ۱۰ تا ۱۹

مقاله پژوهشی

بررسی آلودگی هوای ناشی از فرآیند برش پلاسما و طراحی سامانه تهویه صنعتی در تعمیرگاه مرکزی شرکت فولاد مبارکه

فریده عتابی[۱]، علی نوری[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۲۰ تاریخ پذیرش:۱۳۹۳/۵/۱

چکیده

زمینه وهدف: برشکاری دارای عوامل زیان‌آور مختلف مانند دمه ها، ذرات، گاز و بخار است. برش ورق‌های آلیاژی با دستگاه پلاسما با توجه به دارا بودن عناصر آلیاژی مختلف آلودگی زیادی تولید می‌نماید. هدف از مطالعه حاضر ارزیابی آلودگی هوای ناشی از فرآیند برش پلاسما و طراحی سامانه تهویه صنعتی بود.

روش بررسی: در این مطالعه که بر روی دستگاه برش پلاسمای مجتمع فولاد مبارکه انجام شد، ابتدا عناصر مختلف تشکیل‌دهنده ورق‌های آلیاژی، به روش طیف‌سنجی نوری تعیین گردید. آلودگی ناشی از برش ورق‌ها طبق روش استاندارد NIOSH 7300 نمونه‌برداری و تعیین مقدار گردید و تهویه دمشی- مکشی و پالایش گر طراحی گردید.

یافته‌ها: غلظت دمه های آهن، سرب و کادمیوم آلودگی حاصل از برش ورق‌های آلیاژی در همه نمونه‌ها بیشتر از حدود استاندارد بود. پس از انجام محاسبات و طراحی سامانه تهویه، حجم هوا گذر برای سامانه دمش برابر ۱۹۵/۱۶۳ cfm، حجم هوا گذر برای سامانه مکش برابر ۱۲۴۹۸cfm تعیین گردید. توان هواکش مورد نیاز برابر ۲۰/۶۵ Bhp است. پالایش گر این سامانه بگ فیلتر با نسبت هوا به پارچه ۷ و ابعاد ۶/۸۸ ft× ۶/۵۶ ft× ۹/۸۴ ft با سامانه تمیزکننده‌ی پالس جت انتخاب شد.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه نشان داد که سامانه تهویه دمشی- مکشی در مقایسه با سایر سامانه‌های تهویه برش پلاسما دارای راندمان بالاتر بوده و سبب کنترل مناسب آلودگی می‌گردد.

کلیدواژه‌ها: آلودگی هوا، برش پلاسما، پالایش گر، تهویه صنعتی

۱. استادیار گروه مهندسی محیط‌زیست،گروه آلودگی هوا، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات ، تهران، ایران.

۲*. (نویسنده مسئول) کارشناس ارشد مهندسی محیط‌زیست،گرایش آلودگی هوا، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. پست الکترونیک: Alinouri90@yahoo.com

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11]

مقدمه

از جمله مشاغل عمده و مهم در صنایع مختلف به ویژه صنایع ساخت و تولید قطعات صنعتی، برش‌کاری است. یکی از روش‌های برش‌کاری استفاده از دستگاه قوس پلاسما است که جهت برش ورق‌های آلیاژی در محل‌های تحت سایش و محل‌هایی مانند مخازن که در تماس با رطوبت هستند مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در فولادهای ساده کربنی به جز کربن و عناصر معمول (سیلیسیم، منگنز، گوگرد و فسفر)عنصر دیگری وجود ندارد. با افزودن برخی عناصر به آهن، آلیاژهای خاص تولید می‌شود. به عنوان مثال با افزودن کروم به آهن، استیل ضد زنگ، به دست می‌آید که در برابر خوردگی مختلف مقاومت بالایی دارد. از دیگر ورق‌های مهم آلیاژی می‌توان به ورق‌های هاردوکس، ولدوکس، هاردلایت و کروم ۴+۶ (۶ میلی متر ورق کربنی ساده به اضافه ۴ میلی متر کاربید کروم) اشاره کرد. با توجه به اینکه تنوع و درصد وزنی عناصر در ساختمان ورق‌های آلیاژی نسبت به ورق‌های کربنی ساده بیشتر است. غلطت دمه های فلزی، منواکسید کربن، دی اکسید کربن و اکسیدهای نیتروژن در آلودگی ناشی از برش ورق‌های آلیاژی بالا و در بسیاری از موارد از حدود مجاز بالاتر است [۱]. در منابع مختلف به این عوارض و اثرات بهداشتی بر روی کارکنان و محیط‌زیست اشاره‌شده و در تحقیقات مختلف به اثبات رسیده است[۵-۲]. در تحقیقی در سال ۲۰۱۴ توسط پاپویچ و همکاران، انتشار گاز و دمه در جوشکاری قوس الکتریکی اندازه‌گیری و مشخص گردید غلظت گازهای مونوکسید کربن، فسفر و دمه های منگنز، بالا بوده و باید مورد توجه قرار گیرد [۶]. در تحقیق دیگری توسط آنتونی و همکاران در سال ۲۰۰۳ با عنوان واکنش‌های ریوی به دمه های جوشکاری مشخص شد تماس تنفسی با دمه های جوشکاری به واسطه تنوع فلزات استفاده‌شده متفاوت بوده و خواص شیمیایی دمه ها به دلیل اینکه فلزات جوشکاری از عناصر آلیاژی مختلف مانند آهن،کروم، منگنز و نیکل تشکیل‌شده‌اند، پیچیده است و ترکیبات عناصر مختلف نقش مهمی در واکنش‌های تنفسی مرتبط با دمه ها دارند [۷].

در تحقیقی دیگر در سال ۲۰۰۰ توسط سوبازک با عنوان اثرات تنفسی حاد دمه های جوشکاری فولاد ضد زنگ و فولاد آرام (کربنی ساده) بر روی ۱۴۰جوشکار بعد از ۲۰ سال مشخص گردید جوشکاران فولاد ضد زنگ کاهش معناداری در ظرفیت حیاتی اجباری ریه در مقایسه با جوشکاران فولاد آرام داشتند و واکنش‌های عملکرد ریوی وابسته در جوشکاران فولاد ضد زنگ مشاهده شد [۸]. تحقیقی در سال ۲۰۱۱ توسط انجمن ملی توبرکولوزیس ایران با عنوان پایش تماس شغلی جوشکاران فولاد آرام با ازن و اکسیدهای نیتروژن انجام و غلظت ازن و اکسیدهای نیتروژن در هوای تنفسی کارگاه اندازه‌گیری و مشاهده گردید که ۸۸/۴ درصد با ازن و ۷۴/۴ درصد با دی اکسید نیتروژن بیشتر از حد مجاز در تماس بوده‌اند [۹].

در تحقیقی که در سال ۲۰۱۲ توسط اوزان و همکاران با عنوان هموپیتزی تجمعی به واسطه‌ی دمه های فلزی بر روی ۴۰ جوشکار انجام شد، مشخص گردید که بسیاری از بیماری‌های تنفسی مانند سرطان ریه، آسم و پونوموکونیوز شغلی با دمه های جوشکاری در ارتباط هستند و یک مورد هموپیتزی به واسطه دمه های جوشکاری گزارش گردید [۱۰].

طی بررسی انجام‌شده در کشور و بازدید از فرآیندهای مشابه دیگر مشخص گردید که الگو و طرح استاندارد واحدی جهت طراحی سیستم تهویه دستگاه‌های برش قوس پلاسما وجود ندارد. در همین رابطه یک مطالعه در کشور نشان می‌دهد ۹۹ درصد از سیستم های تهویه موضعی موجود دارای نقص ساختاری می‌باشند[۱۱]. طراحی‌های تهویه انجام‌شده بر روی دستگاه‌های برش پلاسما نیز متفاوت بوده و از یک الگوی استاندارد پیروی نمی‌کنند.

برای فرآیندهای روباز مانند تانک‌ها به دلیل اینکه هود سایه بانی دسترسی به ماشین را محدود خواهد کرد و هود مکنده جانبی یک طرفه نیز برای منابع آلوده‌کننده با عرض بزرگ‌تر از ۰/۹ متر مناسب نیست، بهترین گزینه استفاده از تهویه دمشی – مکشی از کنار یا مرکز است [۱۲]. در دستگاه پلاسما نیز با توجه به محدود بودن گزینه‌های تهویه و عرض زیاد منبع آلودگی بهترین روش استفاده از سامانه تهویه دمشی- مکشی است.

سامانه تهویه دمشی – مکشی از یک نازل دمنده و هود مکنده تشکیل شده است. هوای دمش شده از نازل ایجاد یک جت مسطح افقی نموده که عرض سطح مورد نظر را طی کرده و کل سطح را جاروب خواهد کرد. کنترل اولیه آلودگی توسط جت دمنده انجام می‌شود. وظیفه اصلی هود مکنده دریافت و جمع‌آوری آلودگی منتقل‌شده توسط جت دمنده است [۱۳].

سامانه‌های دمشی- مکشی در بسیاری از موارد به دلیل ضعف طراحی و تعادل ضعیف بین میزان هوای مورد نیاز و میزان هوای مکنده موثر نیستند. اگر حجم جریان دمش در مقایسه هوای

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11]

مکنده زیادتر باشد هوا به محیط کار بر می‌گردد و اگر میزان هوای دمیده شده کم باشد شکاف هود مکنده فقط به صورت یک سیستم مکنده عمل کرده و هوای دمش شده تأثیری نخواهد داشت [۱۴].

سال ۱۹۹۵ نقطه شروع طراحی دمشی- مکشی توسط اسکیتاد بود. وی یک سطح سرعت کمینه برای جت دمشی در طول مسیر پیشنهاد و توصیه کرد که سرعت بیشینه در جت دمنده کمتر از ۰/۷ متر بر ثانیه نباشد. به منظور اطمینان از اینکه جریان مکشی بیشتر از جریان دمشی باشد، جریان مکش ۳۰ تا ۴۰ درصد بیشتر از حجم جت دمش در نظر گرفته می‌شود. اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که تعادل بین حجم جریان دمش و مکش برای یک سیستم دمشی- مکشی با راندمان بالا ضروری است [۱۵]. در سامانه دمشی- مکشی ذخیره انرژی در مقایسه با هود ساده جانبی بیشتر است و میزان هوای مورد نیاز برای تهویه تا حدود ۵۰ درصد کمتر است [۱۶]. هدف مطالعه‌ی پیش رو تعیین نوع و درصد عناصر ورق‌های آلیاژی، نمونه‌برداری و تعیین مقدار آلودگی ناشی از برش این ورق‌ها با دستگاه قوس پلاسما و طراحی سامانه تهویه موضعی و پالایش گر مناسب جهت دفع و تصفیه‌ی آلودگی و بررسی اثربخشی آن است.

روش بررسی

این مطالعه روی دستگاه‌های برش پلاسمای CNC (خودکار) تعمیرگاه مرکزی مجتمع فولاد مبارکه اصفهان انجام شده است. به منظور شناسایی عناصر ورق‌های آلیاژی، ۶ نمونه ورق شامل استیل ۳۰۴ ،استیل ۳۱۰، کاربید کروم، هاردوکس، ولدوکس و هاردلایت و یک نمونه ورق کربنی ساده توسط آزمایشگاه متالوژی فولاد مبارکه با روش طیف‌سنجی نوری تجزیه و عناصر آلیاژی ورق‌ها مشخص گردید [۱۷]. سپس از آلودگی ایجادشده طی فرآیند برش‌کاری ورق‌ها با همکاری واحد بهداشت صنعتی فولاد مبارکه مطابق روش ۷۳۰۰ شماره انستیتوی ملی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای آمریکا (NIOSH) با استفاده از پمپ نمونه‌برداری فردی شرکت SKC و فیلتر استر سلولزی به صورت فردی نمونه‌برداری(هر ورق ۳ نمونه و در مجموع ۲۱ نمونه) گردید. با توجه به کوتاه بودن زمان برش‌کاری ورق‌ها، حداکثر مدت نمونه‌برداری برای ورق‌ها با یکدیگر متفاوت است. پس از انجام مراحل آماده سازی و تعیین مقدار توسط دستگاه ICP، نتایج با مقادیر مجاز مواجهه شغلی ایران (OEL) مقایسه شد [۱۸].

با توجه به امکانات موجود، آلاینده‌های شیمیایی ناشی از برش ورق‌ها به روش قرایت مستقیم توسط لوله‌های آشکارساز و پمپ GASTEC پس از آماده سازی (تعیین دقت و صحت پمپ) نمونه‌برداری و تعیین مقدار گردید. با توجه به کوتاه بودن زمان برش، مقادیر آلاینده‌ها با حدود مجاز مواجهه کوتاه مدت و سقفی (STEL/C) و در مواردی که STEL/C تعریف نشده است با فرض یکسان بودن شرایط کاری ۸ ساعته با TWA مقایسه گردید.

در مرحله بعد پس از بررسی فرآیند برش‌کاری و مشخص نمودن محدودیت‌های اجرای سیستم تهویه برش پلاسما و با توجه به اینکه در فرآیند برش پلاسما استفاده از هود سایه بانی دسترسی را محدود نموده و از طرف دیگر استفاده از هود مکنده موضعی برای فضاهای با عرض بزرگ‌تر از ۰/۹ متر به دلیل کاهش سریع راندمان ربایش آلاینده با افزایش فاصله از دهانه هود، مناسب نیست، سامانه تهویه دمشی- مکشی طبق استانداردهای VS-11-70-,VS-70-12,VS-72-20وVS-916 ارائه شده توسط کنفرانس دولتی بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH) انتخاب و به روش فشار سرعت طراحی و نصب گردید. مطابق با استاندارد میزان حجم هوا گذر cfm ۱۵۰ به ازای هر فوت مربع از بزرگ‌ترین سطح میز برش و حداقل سرعت طراحی کانال fpm ۳۰۰۰ در نظر گرفته شد. طول کانال دمنده ۶ متر (چهار قسمت ۱/۵ متری به ترتیب با قطرهای ۴، ۳،۲ و۱ اینچ) و قطر هر سوراخ ۰/۰۱۲۷۹ft در نظر گرفته شد. با توجه به مشخصات آلودگی و پارامترهای مورد نیاز، پالایش گر بگ فیلتر جهت کنترل آلودگی طراحی گردید [۱۹]. نهایتاً پس از نصب سامانه تهویه، با توجه به اینکه آلودگی ناشی از برش ورق کاربید کروم در نمونه‌برداری قبل از نصب سامانه تهویه بیشتر از سایر ورق‌ها بود و دستگاه پلاسما بیشتر جهت برش این ورق استفاده می‌گردد. آلودگی ناشی از برش این ورق در منطقه تنفسی شاغلین نمونه‌برداری (۳ نمونه) و تعیین مقدار شد و بازده سامانه نصب‌شده مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها

مطابق نتایج آزمایشگاه متالوژی فولاد مبارکه عناصر موجود در ترکیب ورق‌های ساده کربنی شامل آهن(حدود ۹۷ درصد وزنی)، کربن، سیلیسیم، منگنز، گوگرد، فسفر، مس، نیوبیوم، آلومینیوم، نیکل، مولیبدن، کروم، کادمیوم و وانادیوم به مقدار ناچیز(مجموعاً

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11]

حدود ۳ درصد) است. در ورق‌های ضد زنگ(استیل)، آهن (حدود ۶۲ درصد وزنی)، کربن، سیلیسیم، منگنز، گوگرد، فسفر، مس، نیوبیوم، آلومینیوم، مولیبدن،کروم،کادمیوم و وانادیوم به مقدار ناچیز (مجموعاً حدود ۲درصد) و کروم حدود ۲۳ درصد و نیکل حدود ۱۲ درصد است. در ورق‌های آلیاژی هاردلایت و کاربید کروم، آهن (حدود ۶۵ درصد وزنی)، کربن، سیلیسیم، منگنز، گوگرد، فسفر، مس، نیوبیوم،آلومینیوم، مولیبدن، کادمیوم و وانادیوم به مقدار ناچیز (مجموعاً حدود ۴درصد) و کروم حدود ۱۹ درصد، نیکل حدود ۱۰ درصد است. در ورق‌های آلیاژی هاردوکس و ولدوکس، آهن(حدود ۹۵ درصد وزنی)، کربن، سیلیسیم، گوگرد، فسفر، مس، نیوبیوم، آلومینیوم، مولیبدن، کروم،کادمیوم و وانادیوم به مقدار ناچیز (مجموعاً حدود ۲ درصد) و منگنز (حدود ۲ درصد) می باشد.

مطابق نتایج ارائه‌شده توسط آزمایشگاه فولاد مبارکه آنالیز نمونه‌های هوای ناشی از برش ورق‌های آلیاژی و کربنی ساده مطابق جدول ۱ است. غلظت دمه های فلزی مانند منگنز، کروم و نیکل در نمونه‌ی آلودگی ورق‌های آلیاژی نسبت به ورق‌های کربنی ساده بالاتر است. میزان دمه های فلزی و گاز و بخار هر کدام از ورق‌ها با توجه به توزیع و درصد عناصر آلیاژی ورق متفاوت بوده و غلظت دمه های آهن، سرب و کادمیوم در نمونه آلودگی برش کلیه ورق‌های آلیاژی بالاتر از حد مجاز بوده است.

پس از نمونه‌برداری و تعیین مقدار آلودگی ناشی از برش ورق کاربید کروم(۴+۶)، مشخص گردید که با نصب سامانه تهویه، غلظت آلاینده‌ها میزان قابل‌توجه کاهش‌یافته و به زیر حد مجاز رسیده است (جدول ۲). گازهای دی اکسید نیتروژن، مونوکسید نیتروژن، ازن و مونوکسید کربن ناشی از برش ورق کاربید کروم قبل و پس از طراحی و نصب سامانه تهویه پیشنهادی به روش قرائت مستقیم توسط لوله‌های آشکارساز اندازه‌گیری و مشخص گردید که پس از نصب سامانه تهویه میزان این گازها به صفر رسیده است (جدول ۳).

پارامتر های مربوط به طراحی سامانه تهویه دمشی مکشی بر اساس استانداردهای VS-70-11,VS-70-12,VS-72-20وVS-916 ارائه‌شده توسط ACGIH ، حجم هوا گذر ۱۲۴۹۸ cfm، حداقل سرعت کانال ۳۰۰۰ fpm، فشار سرعت کانال ۰/۷۱۷in.w.g، برای سیستم مکش و حجم هوا گذر ۱۹۵/۱۶۳ cfm، سرعت خروج هوا از منافذ ۵۹۳۷/۴ fpm ، برای سیستم دمشی به دست آمد. پارامتر های پالایش گر بگ فیلتر با نسبت هوا به پارچه ۷ و ابعاد ۹/۸۴ ft× ۶/۵۶ ft× ۶/۸۸ ft با سیستم تمیزکننده پالس جت مطابق جدول (۴) به دست آمد. در شکل ۱ طرح شماتیک سامانه تهویه موضعی و پالایش گر نشان داد شده است.

جدول ۱- تراکم آلاینده‌های شیمیایی حاصل از برش پلاسما قبل از نصب سامانه تهویه

ردیف	نوع ورق	شرایط نمونه‌برداری		حجم نمونه(lit)		پارامتر مورد آزمون	مقادیر آلاینده (mg/m^3)	حدود مجاز مواجهه (mg/m^3)
		مدت زمان (min)	دبی (lit/min)	تئوری	تصحیح شده			
۱	استیل ۳۰۴	۲۵	٤	۱۰۰	۸۱/۱٦	Al	۰/۲۳	۳
						Cu	۰/۰۵۸	۰/۲
						Fe	۲/٤۷	۵
						Pb	۰/۰۹	۰/۰۵
						Mg	۰/۰۳	۱۰
						Cd	۰/۲۳	۰/۰۱
۲	استیل ۳۱۰	۲۵	٤	۱۰۰	۸۰/۹۲	Al	۰/۲۳	۳
						Cu	۰/۰۸	۰/۲
						Fe	٤۷/۱	۵
						Pb	۰/۰۸	۰/۰۵
						Mg	۰/۰۳	۱۰
						Cd	۰/۲۳	۰/۰۱

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11]

۳	کاربید کرم(٤+٦)	٥	٤	۲۰	۱٦/۱	Al	۱/۱۷	۳
						Cu	۰/۱۷	۰/۲
						Fe	۲۱۲/۰۱	٥
						Pb	۰/۲۹	۰/۰٥
						Mg	۰/۳٥	۱۰
						Cd	۱/۱۷	۰/۰۱
۴	ورق کربنی ساده (ST_{37})	٦	٤	۲٤	۱۹/۲۹	Al	۰/۹۸	۳
						Cu	۰/۱٥	۰/۲
						Fe	٤٥/٦٥	٥
						Pb	۰/۲٤	۰/۰٥
						Mg	۰/۳۹	۱۰
						Cd	۰/۹۸	۰/۰۱
٥	ولدکس ۷۰۰	٦	٤	۲٤	۱۹/٥٥	Al	۰/۹۸	۳
						Cu	۰/۱٤	۰/۲
						Fe	۹۰/۸۱	٥
						Pb	۰/٤۹	۰/۰٥
						Mg	۲۳/٥٦	۱۰
						Cd	۰/۹۸	۰/۰۱
۶	هاردوکس ٥۰۰	۸	٤	۳۲	۲٥/۷۲	Al	۰/۷۳	۳
						Cu	۰/۰۷	۰/۲
						Fe	٦۲/٥٦	٥
						Pb	۰/۱٤	۰/۰٥
						Mg	۰/۱۸	۱۰
						Cd	۰/۷۳	۰/۰۱
۷	هارد لایت (۲+۲)	٦	٤	۲٤	۱۹/۲۲	Al	۰/۹۸	۳
						Cu	۰/۱٤	۰/۲
						Fe	۱۳۲/٥	٥
						Pb	۰/٤۹	۰/۰٥
						Mg	٦/۳۸	۱۰
						Cd	۰/۹۸	۰/۰۱

جدول ۲- آلاینده‌های شیمیایی حاصل از برش پلاسما پس از نصب سامانه تهویه

نوع آلاینده	میزان اندازه‌گیری (mg/m3)	حدود مجاز مواجهه (mg/m3)
AL	۰/۰۰۳	۳
Fe	۰/۰۱	٥
Pb	۰/۰۰٦	۰/۰٥
Cd	۰/۰۱	۰/۰۱

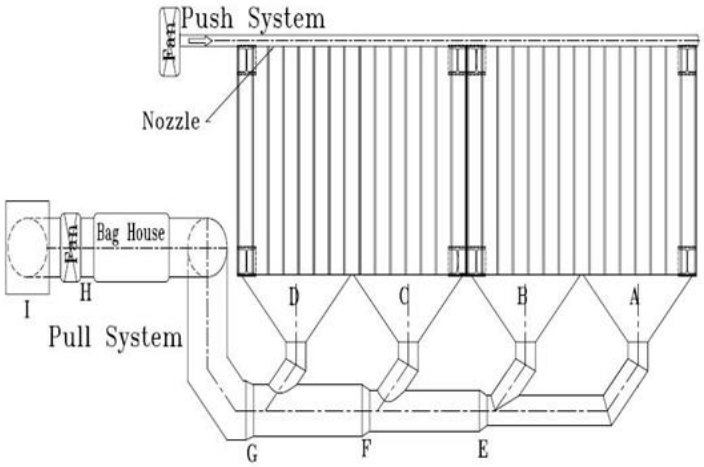
[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11]

جدول ۳-اندازه‌گیری عوامل شیمیایی برش دستگاه پلاسما به روش قرائت مستقیم- قبل و بعد از نصب سامانه تهویه

ردیف	نوع ورق	عامل شیمیایی	نتایج اندازه‌گیری قبل از نصب سامانه تهویه (ppm)	نتایج اندازه‌گیری بعد از نصب سامانه تهویه	حدود مجاز مواجهه (ppm)	
					TWA	STEL/C
۱	کاربید- کرم(٦+٤)	NO_2	۲/۵	۰	۳	۵
۲	کاربید- کرم(٦+٤)	NO	۳۰	۰	۵۰	-
۳	کاربید- کرم(٦+٤)	O_3	۰/۲	۰	۰/۱	–
٤	کاربید- کرم(٦+٤)	CO	۱۰	۰	۲۵	-

جدول ٤- مشخصات پالایش گر طراحی‌شده جهت سامانه تهویه صنعتی

نوع مشخصه	مقدار مشخصه
افت فشار پالایش گر	٦ inwg
دبی جریان (Q)	۱۲٤۹۸ Cfm
نسبت هوا به پارچه (A/C)	۷ ft / min
سطح جانبی کل فیلترها	۱٦۲۲ ft^2
جنس فیلتر	پلی استر
قطر فیلتر	۰/۵ ft
سطح جانبی هر فیلتر	ft۱۵/۲۰۹۰۳۵۵۳
تعداد فیلتر	۱۰۷
ابعاد فیلتر خانه	(ft)٦/۸۸×٦/۵٦×۹/۸۷
نوع سیستم تمیز کننده	پالس جت



شکل ۱- طرح شماتیک سامانه تهویه موضعی و پالایش گر

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11]

بحث

پس از بررسی ورق‌ها مشخص گردید تعداد و درصد وزنی عناصر موجود در ساختار ورق‌های آلیاژی نسبت به ورق‌های کربنی ساده بیشتر است. عناصر ورق‌های ساده‌ی کربنی شامل حدود ۹۷ درصد آهن و حدود ۳ درصد عناصری مانند کربن، فسفر،گوگرد، منگنز و سیلیسیم است، اما در ورق‌های آلیاژی آهن حدود ۶۲ تا ۶۵ درصد، عناصر معمولی ۲ تا ۴ درصد وزن ورق را تشکیل داده و کروم و نیکل درصد وزنی بالایی بین ۳۰ تا ۳۵ درصد وزنی دارند. نتایج نمونه‌برداری و تجزیه آلاینده‌های ناشی از برش ورق‌ها نیز نشان داد که آلودگی ناشی از فرآیند برش ورق‌های آلیاژی بالاتر از ورق‌های کربنی ساده است. در نتیجه اثرات زیان‌آور ناشی از برش این ورق‌ها نیز در مقایسه با ورق‌های کربنی ساده بیشتر است. در همین رابطه در تحقیقی توسط آنتونی و همکاران در سال ۲۰۰۳ با عنوان واکنش ریوی به دمه های جوشکاری مشخص شد تماس تنفسی با دمه های فلزی به واسطه تنوع فلزات استفاده‌شده متفاوت بوده و خواص شیمیایی دمه ها به دلیل اینکه غالب فلزات جوشکاری از عناصر مختلف تشکیل شده‌اند بسیار پیچیده است و ترکیبات عناصر مختلف نقش مهمی در واکنش‌های تنفسی مرتبط با دمه ها دارند [۷]. در تحقیقی دیگر در سال ۲۰۰۰ توسط سوبازک با عنوان اثرات تنفسی تماس با دمه های جوشکاری فولاد زنگ نزن و فولاد آرام (کربنی ساده) بر روی ۱۴۰جوشکار، بعد از ۲۰ سال مشخص گردید با توجه به اینکه فولاد زنگ نزن از گروه فولادهای آلیاژی است. جوشکاران این دسته از فولادها کاهش معناداری در ظرفیت حیاتی اجباری ریه در مقایسه با جوشکاران فولاد آرام داشته و واکنش‌های عملکرد ریوی وابسته به جوشکاری تنها در جوشکاران فولاد زنگ نزن مشاهده شد [۸].

مطابق نتایج نمونه‌برداری از آلودگی برش ورق‌های آلیاژی قبل از نصب سامانه تهویه غلظت دمه های آهن، سرب و کادمیوم در همه نمونه‌ها بیشتر از حدود استاندارد بود که در مطالعات مختلف اثرات زیان‌آور دمه ها بر روی کارگرانی که با این دمه ها در تماس هستند به اثبات رسیده است. در این رابطه در تحقیقی در سال ۲۰۱۴ توسط پاپویچ و همکاران انتشار گاز و دمه در جوشکاری قوس الکتریکی اندازه‌گیری و مشخص گردید غلظت گازهای مونوکسید کربن، فسفر و دمه های منگنز، بالا بوده و باید مورد توجه قرار گیرد [۶]. در تحقیقی دیگر که در سال ۲۰۱۲ توسط اوزان و همکاران با عنوان هموپیتزی تجمعی به واسطه‌ی دمه های فلزی روی ۴۰ جوشکار انجام شد مشخص گردید بسیاری از بیماری‌های تنفسی مانند سرطان ریه،آسم و پونوموکونیوز شغلی با دمه های جوشکاری در ارتباط هستند. یک مورد هموپیتزی به واسطه‌ی دمه های جوشکاری گزارش گردید [۱۰].

با توجه به اثرات زیان‌آور اشاره‌شده لازم است از سامانه تهویه مناسب جهت دفع آلودگی ناشی از برش ورق‌ها به ویژه ورق‌های آلیاژی با دستگاه پلاسما استفاده گردد. پس از بررسی فرآیند برش‌کاری قوس پلاسما مشخص گردید سامانه‌های تهویه از زیر به دلیل اینکه ضایعات و پلیسه های ناشی از برش باعث مسدود شدن کانال تهویه می‌گردد و برای بخشی از آلودگی که به سمت بالا حرکت می‌کند اثربخشی ندارد تهویه از بالای دستگاه (هود سایه بانی) نیز به دلیل اینکه باعث محدودیت در دسترسی به فضای بالای میز (جت بارگذاری و باربرداری) می‌شود مناسب نیست. تهویه جانبی بدون سیستم دمنده نیز اثربخشی ندارد زیرا مطالعات آزمایشگاهی و عملی نشان می‌دهد کارایی تهویه دمشی – مکشی در مقایسه با هود مکنده موضعی ساده بسیار بیشتر است. در این رابطه در تحقیقی در سال ۲۰۰۱ با عنوان طراحی سامانه تهویه دمشی - مکشی برای دمه های آبکاری مشخص گردید که راندمان ربایش آلاینده با استفاده از جریان دمشی معمولاً ۹۰ درصد بیشتر از هود مکنده است، اما در استفاده از هود مکنده بدون استفاده از سامانه دمشی بازده ربایش آلاینده با افزایش فاصله از هود مکنده ۳۸ تا ۵۸ درصد کاهش می‌یابد [۱۵].

با توجه به شباهت آلودگی دستگاه‌های قوس پلاسما به تانک‌های روباز (حرکت صعودی آلودگی) بهترین گزینه استفاده از سامانه تهویه دمشی- مکشی مورد استفاده در تانک‌ها است. در تانک‌ها اخیراً دو جت هوا در جهت‌های متضاد از یک نازل مرکزی به سوی هود مکنده در طرف‌های مقابل وزیده می‌شود [۱۳]. در فرآیند برش قوس پلاسما استفاده از جت‌های متضاد در مرکز، به دلیل نوع فرآیند برش که باید سراسر عرض و طول میز برش انجام شود امکان‌پذیر نبوده و باید از تهویه دمشی – مکشی کناری (جت دمنده در یک طرف میز و سیستم هود مکنده در سمت مخالف) استفاده شود. در تانک‌های حاوی سیال مایع، ممکن است تهویه دمشی مکشی باعث تبخیر مایع داخل تانک شده که این موضوع از لحاظ اقتصادی دارای اهمیت ویژه بوده و از محدودیت‌های سیستم تهویه دمشی مکشی در این فرآیندها است [۱۴] اما در برش پلاسما این محدودیت وجود نداشته و از مزایای سیستم

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11]

دمشی مکشی برای برش پلاسما محسوب می‌شود. ساختار میز برش پلاسما عاملی مهم در طراحی سیستم تهویه پیشنهادی است. جهت اجرای تهویه دمشی مکشی طراحی میز دستگاه پلاسما باید متناسب با سیستم تهویه طراحی گردد که حداقل افت فشار را برای سیستم تهویه ایجاد نماید. بر این اساس میز جدید دستگاه به چهار قسمت تقسیم و برای هر قسمت یک هود مکنده در نظر گرفته شد. جهت کاهش حجم هوا گذر و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، حجم هوا گذر برای دو هود محاسبه شد به طوری که زمان برش از چهار هود مکنده تهویه، تنها توسط دو هود پوشش‌دهنده قسمت برش، انجام شود و دو هود دیگر توسط دریچه پروانه‌ای تعبیه‌شده در مسیر کانال پشت هود مسدود گردد.

نتیجه‌گیری

نتایج تجزیه عنصری ورق‌های آلیاژی و ورق‌های کربنی ساده و نمونه‌برداری از آلودگی ناشی از برش این ورق‌ها حاکی از تنوع بیشتر عناصر به‌کاررفته در ساختار ورق‌های آلیاژی نسبت به ورق‌های کربنی ساده بوده و غلظت بسیاری از دمه های فلزی و گاز و بخار ایجادشده در فرآیند برش ورق‌های آلیاژی از ورق‌های کربنی ساده و همچنین حدود مجاز مورد مقایسه بیشتر بود. با توجه به محدودیت‌های سامانه برش پلاسما و عدم امکان استفاده از هود سایه بانی، تهویه از زیر و سامانه تهویه جانبی بدون سیستم دمنده به دلیل عرض زیاد منبع آلودگی، بهترین گزینه تهویه در دستگاه پلاسما استفاده از سامانه تهویه دمشی- مکشی است. همچنین با توجه به خصوصیات آلودگی که عمدتاً شامل ذرات و دمه های فلزی است استفاده از پالایش گر بگ فیلتر با سامانه تمیزکننده پالس جت جهت تصفیه آلودگی پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1. Mohammadali G. Heat treatment and surface engineering. Tehran: Arkanedanesh; 1998. [Persian]

2. Ghiasoddin M. Air pollution، sources، emission and effects. Tehran: Tehran University Press; 2006.[Persian]

3. Choobineh A. generalities of occupational health. Shiraz university press; 2001. [Persian]

4. Sanaei GH. Industrial toxicology. Tehran:Tehran university press;،1998.[Persian]

5. Delpisheh S. Helmseresht P. Working health. Tehran: Chehr press ; 1999. [Persian]

6. Radica O P, Meri B, Biljana UL. Fume and gas emission during arc welding: Hazards and Recommendation. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014; 37:509–516.

7. Antonini JM, Taylora M D, Zimmer A T, Roberts JR. Pulmonary Responses to Welding Fumes: Role of Metal Constituents. Toxicology and Environmental Health Journal, 2004; 67(3): 233-249.

8. Sobaszek A, Boulenguez C, Frimat P, Robin H, Haguenoer JM, Edme JL. Acute respiratory effects of exposure to stainless steel and mild steel welding fumes. J Occup Environ Med. 2000;42(9):923-31.

9. Azari MR., Esmaeilzadeh M, Mehrabi Y, Sale pour S. Monitoring of occupational exposure of mild steel welders to ozone and nitrogen oxides. Journal of Respiratory Disease, Thoracic Surgery, Intensive Care and Tuberculosis 2011; 10(4):54-59.

10. Oguz U, Ozgur I, Veli B, Tibel T. Massive hemoptysis due to welding fumes. Respiratory Medicine Case Reports Journal 2012; 5:1-3.

11. Aghababaei M. statically Study of the local ventilation system quality in Tehran industrials. The national conference of industrial and hygiene researches; 2004.

12. Robinson M, Ingham BD. Design and operating parameters for push–pull ventilation of open surface tanks. International Journal of Energy Research 2004; 27:557-770.

13. Robinson M, Ingham D B. Recommendations' for the design of push-pull ventilation systems for open surface tank. The Annals of Occupational Hygiene 1996; 40(6): 693-704.

14. Heilserbeg P, Top C. Removal of airborne contaminants from a surface tank by a push- pull system. Indoor environmental technology Journal 1997; 770-780.

15. Watson SI, Cain JR, Cowie H, Cherrie JW.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11]

Development of a Push-pull Ventilation System to Control Solder Fume. The Annals of Occupational Hygiene. 2001;45(8): 669-676.

16. ACGIH. Industrial Ventilation, a Manual of Recommended Practice for design. American Conference of Industrial Hygienists , Edition 23; 1998.

17. ASTM. E1086: CRM-35000-quantometery. American Society For testing and material; 2008.

18. NIOSH. Manual of Analytical Methods. Method Number 7300. 2000; 40(5):1-4.

19. Wang L K, Pereira NC, Hung YT. Air Pollution Control Engineering. Totowa, New Jersy, Human Press; 2004.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11]

Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2014; 1(2):10-19

Research Article

Study of Air Pollution Due to Plasma Cutting Process and Designing Local Ventilation System with Collector in Central Workshop of Mobarakeh Steel Company

Farideh Atabi[1], Ali Nouri[2*]

Received: 10 June 2014 Accepted: 23 July 2014

Abstract

Background & Objectives: Cutting leads to production of different hazardous agents such as fumes, particles, gases and vapors. In various studies, the effects of fumes, gases, and vapors on workers and environment have been proved. Meanwhile, cutting alloying plates with plasma cutting machine due to containing various alloy materials produces a lot of air pollution. Therefore, using the ventilation system to remove the mentioned pollution has always been noteworthy.

Method: This study was performed on plasma cutting machine at Mobarakeh Steel Company. At first, according to ASTM the elements from alloy plates with optical emission spectrometry crm-35000-quantometery were detected, the air pollution from cutting the mentioned plates was sampled and measured using NIOSH 7300 method and according to the ACGIH:VS-72-20, VS-70-12, VS-70-11 VS-916 push-pull ventilation with bag filter collector was designed.

Results: Results of sampling from pollution of cutting the alloy material, concentration of iron, lead and cadmium fumes were more than the standard limits. After calculation for push system, air flow volume of 195.163 cfm, outgoing air velocity of 5937.4 fpm and for pull system air flow volume of 12498 cfm, minimum duct velocity of 3000 fpm and velocity pressure of duct of 0.717 inwg, for fan, total pressure of 6.301 inwg, static pressure of 0.587 inwg and power of 20.65 Bhp and for collector with pulse jet cleaning system air to cloth ratio of 7 and dimensions of 6.88ft × 6.56ft × 9.84ft were obtained.

Conclusion: The result of study indicated that push pull ventilation compared to other ventilation systems for plasma cutting has more efficiency and makes suitable control for pollution.

Keywords: Air Pollution, Collector, Local Ventilation, Plasma Cutting

Please cite this article as: Atabi F [1], Nouri A[2*]. Study of air pollution due to plasma cutting process and designing local ventilation system with collector in central workshop of mobarakeh steel company. *Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2014; 1(2):10-19.*

1. Assistant Professor, Graduate School of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2*.(Corresponding author) Msc Student of Environmental Health Engineering , Graduate School of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: Alinouri90@yahoo.com

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11]