

## طراحی و اجرای سیستم تهویه موضعی جهت کنترل مواجهه با فیوم های لحیم کاری در یک صنعت ساخت قطعات الکترونیک کرمان (۱۳۹۷)

مخلص باطنی<sup>۱</sup>، حسین الهی شیروان<sup>۱\*</sup>، آمنه قمری<sup>۲</sup>، زاهد احمدی<sup>۱</sup>، جمال بیگانه<sup>۳</sup>

- ۱- کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران.  
 ۲- گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.  
 ۳- گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، سمنان، ایران.

### چکیده

### مقاله پژوهشی اصیل

#### مقدمه

لحیم کاری فعالیتی از فرایندهای صنایع الکترونیک است که اختلالاتی در ناحیه دهان، بینی و مجاری تنفسی ایجاد می‌کند. در سراسر دنیا، افراد زیادی به این حرفه مشغول هستند. معمولترین راه کاهش مواجهه افراد با آلاینده‌های شیمیایی محیط کار، سیستم تهویه مکنده موضعی می‌باشد. در این مطالعه نیز سعی شد سیستم تهویه موضعی جهت کنترل مواجهه با فیوم‌های لحیم کاری صنعتی الکترونیک، در کرمان طراحی و نصب شود.

#### مواد و روش‌ها

مطالعه تجربی حاضر، از نوع توصیفی- تحلیلی می‌باشد که در تابستان ۱۳۹۷ در یکی از سالن‌های مونتاژ صنایع ساخت قطعات الکترونیک شهر کرمان در سه مرحله نمونه برداری از آلاینده‌های ناشی از عملیات لحیم کاری، طراحی، ساخت و اجرای سیستم تهویه موضعی و در نهایت نمونه برداری از آلاینده‌های ناشی از عملیات لحیم کاری بعد از طراحی سیستم تهویه انجام شد. برای نمونه برداری سرب از استاندارد NIOSH 7105 و نمونه برداری قلع، مطابق استاندارد NIOSH 5504 عمل گردید.

#### یافته‌ها

نتایج نمونه برداری از آلاینده‌ها قبل از طراحی و نصب سیستم تهویه موضعی نشان داد مواجهه بیشتر تکنسین‌های لحیم کار با فیوم‌های سرب و قلع بالاتر از حد مجاز است. نتایج طراحی سیستم تهویه نشان داد که هواکشی با دبی ۲۰/۵ متر مکعب بر دقیقه مطابق با طراحی سیستم تهویه ارائه شده، مقادیر فیوم‌های سرب و قلع را در تمام ایستگاه‌های کاری به پایین تر از حدود مجاز توصیه شده می‌رساند.

#### نتیجه‌گیری

طبق بررسی و مقایسه حدود مجاز مواجهه مرتبط با فیوم‌های لحیم کاری با نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری غلظت آن‌ها در ایستگاه‌های نمونه برداری قبل و بعد از طراحی سیستم تهویه موضعی، حاکی از کارایی بالای اقدامات کنترلی در سالن مونتاژ قطعات الکترونیک است.

#### کلیدواژه‌ها

فیوم، سیستم تهویه موضعی، مواجهه شغلی، قطعات الکترونیک

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۱۱

\*نویسنده مسئول: حسین الهی

شیروان، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران.

تلفن: ۰۹۱۵۴۵۵۰۲۳۱

پست الکترونیک:

hosseynelahi12@gmail.com

## مقدمه

در مطالعه‌ای که حقیقی و همکاران به منظور بررسی پارامترهای اسپرومتری و فراوانی علائم تنفسی در پرسنل لحیم‌کار یک کارخانه تولید لوازم الکترونیک انجام دادند، بیان نمودند که به نظر می‌رسد لحیم‌کاری عامل کاهش پارامترهای اسپرومتری با الگوی انسدادی به ویژه در مجاری هوای کوچک است و اقدامات پیشگیرانه از جمله سیستم تهویه موضعی و استفاده از مواد جایگزین را توصیه نموده‌اند (۲).

مدت زمان و تعداد دفعات قرار گرفتن، در معرض آلاینده‌ها، با توجه به ماهیت کار بسیار متغیر است و عواملی که میزان مواجهه کارکنان را تحت تاثیر قرار می‌دهد شامل: نوع کار انجام شده، مدت زمان فعالیت کاری و تعداد دفعات تکرار آن، نوع مواد مورد استفاده، محل کار، نیازهای کاری، سیستم پاداش/ تنبیه و سطح اقدامات کنترلی صورت گرفته است (۹). قانون ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا در سال ۱۹۸۴ بیان نموده است که تا جایی که قابل اجرا است، کارفرمایان باید یک محیط کار ایمن و به دور از هرگونه خطری را برای کارکنان مهیا و حفظ نمایند و این شامل ارائه یک سیستم کاری ایمن، اطلاعات، آموزش، نظارت و در صورت لزوم تجهیزات حفاظت فردی می‌باشد (۱۰).

به منظور کاهش تماس کارکنان با آلاینده‌های شیمیایی محیط کار و کنترل انتشار آن‌ها، راهکارها و تکنولوژی‌های مختلفی ارائه شده است (۱۱). در میان انواع تکنولوژی‌های کنترل آلاینده‌ها، سیستم تهویه مکنده موضعی معمول‌ترین و ارجح‌ترین راه کنترل مهندسی می‌باشد (۱۲، ۱۳). هدف اصلی از طراحی و اجرای سیستم تهویه موضعی کاهش میزان تماس کارکنان با آلاینده‌های منتشر شده است و لذا برای عملکرد بالای سیستم تهویه موضعی لازم است که سرعت جریان هوای آن به اندازه‌ای بالا باشد که توانایی ربایش آلاینده‌ها به سمت هود را در حضور نیروهای

طی سالیان گذشته، سرعت گسترش صنایع الکترونیک به خوبی نمایان بوده و در پی آن، تعداد افراد شاغل در این صنایع نیز رو به افزایش است. در این صنایع، لحیم‌کاری یکی از اصلی‌ترین فرآیندهای مورد استفاده است. اتصال مربوطه از طریق حرارت دادن سیم لحیم (آلیاژی از سرب و قلع) و روغن مخصوص لحیم‌کاری (تا دمای ۴۲۶ درجه سانتی‌گراد) صورت می‌گیرد (۱، ۲). کارکنان این صنایع از طیف وسیعی از آلیاژها، حلال‌ها، اسیدها، قلیاها و مواد معدنی در پروسه‌های مختلف استفاده می‌کنند (۱، ۴). طبق گزارش آمار دفتر کار ایالات متحده بیشتر از ۴۶۲۰۰۰ نفر زن و مرد، مشغول فعالیت لحیم‌کاری و جوشکاری هستند (۳).

طبق گزارشی که کمیسیون ایمنی کار استرالیای غربی منتشر کرده است، روغن مخصوص لحیم‌کاری پس از حرارت دیدن باعث مشکلات کوتاه مدتی من جمله اثرات سوء بر بینی و سینوس‌ها، سوزش چشم و گلو، راش‌های پوستی و مشکلات طولانی مدت شامل آسم و درماتیت می‌شود (۵). از طرف دیگر می‌توان به مسمومیت با سرب که در اثر تماس با اکسید سرب ناشی از عملیات لحیم‌کاری است، اشاره کرد که می‌تواند بر مغز، سیستم عصبی مرکزی، سیستم گردش خون، دستگاه تولید مثل، کلیه‌ها و عضلات تاثیر بگذارد (۶، ۷). تمام این اثرات کوتاه و طولانی مدت دود لحیم‌کاری علاوه بر ایجاد بیماری‌های مرتبط با آن‌ها، موجب افزایش غیبت کارکنان و افزایش شکایات آن‌ها می‌گردد، به طوری که ۹۰٪ از شکایات کارکنان لحیم‌کاری در ایالات متحده مربوط به مشکلات تنفسی بوده است (۸).

<sup>۱</sup> Lead<sup>۲</sup> Tin<sup>۳</sup> Flux<sup>۴</sup> Central Nervous System

قطعات الکترونیک شهر کرمان انجام شد. ابتدا از محیط کار بازدید مقدماتی به عمل آمد و مشاهده گردید که یک طرف میزکاری (به طول ۱۰ متر) ۹ تکنسین با فاصله یک متری از یکدیگر به صورت همزمان در دمای ۲۴ درجه سانتی گراد و رطوبت ۱۲٪ مشغول لحیم کاری هستند. دود حاصل از فعالیت لحیم کاری ایستگاهها در سالن مونتاژ قطعات الکترونیک وارد منطقه تنفسی تکنسین لحیم کاران و سایر کارکنان می شد. لذا برای حذف آلایندهها از محیط کار نیاز به اجرای یک سیستم تهویه موضعی می باشد که در سه مرحله انجام گرفت.

### نمونه برداری فردی از آلاینده های ناشی از لحیم کاری

قبل از طراحی سیستم تهویه: برای ارزیابی میزان مواجهه تکنسین لحیم کار، قبل از طراحی تهویه موضعی، نمونه برداری فردی از سطح تنفسی افراد در مواجهه با دمه های فلزی سرب و قلع، انجام شد. لذا با توجه به ماهیت آلاینده ها، فیوم های سرب و قلع مورد ارزیابی قرار گرفت. حدود مجاز شغلی دو ماده سرب و قلع به ترتیب برابر با ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی گرم بر متر مکعب است (۲۱).

برای نمونه برداری از سرب در این مطالعه از استاندارد NIOSH 7105 استفاده شد (۲۲). مطابق با این استاندارد ابتدا فیلتر استر سلولزی ۳۷ میلی متر با پورسایز ۰/۸ درون کاست هولدر ۳۷ قرار گرفت و توسط لوله های قابل انعطاف به پمپ نمونه بردار فردی با دبی ۲ لیتر بر دقیقه ساخت شرکت SKS انگلستان مدل 224-44MTX که توسط کالیبراتور دیجیتال SKC-510M کالیبره شده، وصل گردید و کاست هولدر در منطقه تنفسی (روی یقه) تکنسینها نصب شد. قابل ذکر است برای پوشش دادن نوبت کاری هر تکنسین، سه نمونه به فواصل ۲/۵ ساعت گرفته شد. بعد از پایان نوبت کاری، نمونهها به آزمایشگاه منتقل شد و

ته نشینی و جریان های مخدوش کننده داشته باشد (۱۴). موقعیت استقرار هود یکی از عوامل تاثیرگذار بر میزان کارایی سیستم تهویه در به دام اندازی آلاینده های منتشر شده می باشد که تا چه فاصله ای از منبع آلاینده قرار گیرد؛ به عبارت دیگر سیستم تهویه موضعی زمانی کارایی بالایی دارد که به اندازه کافی به منبع تولید آلاینده نزدیک باشد. قابل ذکر است که هیچ سیستم تهویه ای نمی تواند ۱۰۰٪ از آلایندهها را کنترل کند (۱۵، ۱۶). ولی در بسیاری از مطالعات سعی بر آن شده است که میزان کارایی سیستم تهویه موضعی به روش های مختلفی همانند تنظیم فلنجها، بافلها و صفحات مجزا بالا ببرند (۱۷، ۱۸). محققان دیگری سعی بر آن داشته اند که با استفاده از جت هوا همانند سیستم دمشی - مکشی، کارایی را بالا ببرند (۱۹، ۲۰).

بنابراین با توجه به افزایش روز افزون استفاده از قطعات الکترونیک که متعاقباً، نتیجه آن افزایش در تعداد کارگاه ها و تعداد تکنسین های لحیم کار است، و اهمیت کنترل مواجهه تکنسینها با آلاینده های ناشی از لحیم کاری، و حفظ رفاه و آسایش این گروه از افراد، بهترین و مؤثرترین روش کنترل، استفاده از روش کنترل در منبع می باشد. با این طریق میزان مواجهه و بیماری های تنفسی و ریوی کاهش یافته و سلامت نیروی کار حفظ می شود؛ بدین منظور پیش بینی می شود که به کارگیری سیستم تهویه موضعی به طرز چشمگیری از انتشار آلاینده ها جلوگیری کند. هدف از این مطالعه طراحی، ساخت و اجرای سیستم تهویه موضعی جهت کاهش مواجهه با فیوم های لحیم کاری در صنعت ساخت قطعات الکترونیک است.

### مواد و روش ها

طراحی مطالعه: این مطالعه از نوع تجربی می باشد که در تابستان ۱۳۹۷ در یکی از سالن های مونتاژ صنایع ساخت

<sup>۱</sup> Pull-Push

طراحی، ساخت و اجرای سیستم تهویه موضعی: با توجه به محدودیت در فضای ایستگاه کاری و نوع فعالیت تکنسین‌ها، نصب هود جهت جمع‌آوری آلاینده‌های حاصل از عملیات لحیم‌کاری امکان‌پذیر نبود. محاسبات سیستم تهویه این مطالعه طبق روش Velocity Pressure Method Balanced System Design کمیته تهویه صنعتی آمریکا ACGIH انجام شد (۲۴). در این روش کلیه افت‌های ناشی از انشعابات اصلی و فرعی، اتصالات و زانویی‌ها به صورت ضریبی از فشار سرعت معرفی می‌گردد. از آنجایی که آلاینده‌های تولیدی بدون سرعت اولیه می‌باشند، حداقل سرعت ربایش روی سطح کار ۱۵/۲۴ متر بر دقیقه (۵۰ فوت بر دقیقه) در نظر گرفته شد (۲۵). به‌منظور کاهش دبی مورد نیاز دهانه‌های ورودی براساس فرمول ۱، در فاصله ۱۰ سانتیمتری سطح کار نصب گردید.

$$Q = V \times .75(10X^2 + A) \quad \text{فرمول (۱)}$$

$Q$ : دبی هوا (مترمکعب بر دقیقه)

$A$ : سطح مقطع دهانه ورودی (مترمربع)

$V$ : سرعت در دهانه ورودی (متر بر ثانیه)

$X$ : فاصله نقطه از دهانه هود (متر)

قطر دهانه‌های ورودی انشعابات ۰/۱ متر در نظر گرفته شد. برای بهینه‌سازی این میزان از فلنج با پهنای لبه ۸ سانتی‌متر مطابق فرمول زیر برآورد گردید:

$$d \geq \sqrt{A} \quad \text{فرمول (۲)}$$

$d$ : پهنای لبه فلنج (متر)

$A$ : مساحت سطح دهانه (مترمربع)

سرعت مورد نیاز با توجه به فلنج داربودن ورودی‌ها، مشخص بودن حداقل سرعت ربایش در سطح کار و استفاده از نمودار کنتور سرعت در ورودی دهانه‌های گرد لبه‌دار تعیین گردید.

آماده‌سازی آن‌ها به روش خاکسترسازی ( $\text{HNO}_3$ , 3 mL; 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; 1 mL; 140 OC جهت تجزیه با دستگاه Atomic Absorption Spectrophotometer انجام گرفت (۲۳). برای نمونه‌برداری از قلع مطابق با استاندارد NIOSH 5504، ابتدا فیلتر فایبرگلاس ۳۷ میلی‌متر را درون کاست‌هولدر ۳۷ قرار داده و با لوله جاذب جامد XAD-2, 80 mg/40 mg به صورت سری و توسط لوله‌های قابل انعطاف به پمپ نمونه‌بردار فردی با دبی ۱ لیتر بر دقیقه ساخت شرکت SKS انگلستان مدل 224-44MTX که توسط کالیبراتور دیجیتال SKC-510M کالیبره شده، وصل گردید و کاست هولدر در منطقه تنفسی (روی یقه) تکنسین‌ها نصب شد. قابل ذکر است برای پوشش دادن نوبت‌کاری هر تکنسین، سه نمونه را به فواصل ۲/۵ ساعت استفاده گردید. بعد از پایان نوبت‌کاری، نمونه‌ها را به آزمایشگاه انتقال داده و آماده‌سازی آن‌ها به روش واجذب (10 ml 0.1% acetic acid/CH3CN:ultrasonic, 30 min جهت تجزیه با دستگاه جذب اتمی کوره گرافیتی انجام گرفت.

قابل ذکر است که برای حذف میزان خطا و آلودگی احتمالی در هنگام نمونه‌برداری یا انتقال، ۵۴ نمونه (۲۷ نمونه سرب، ۲۷ نمونه قلع) به عنوان شاهد برگزیده شدند. نمونه‌های شاهد مثل نمونه‌های واقعی در محیط نمونه‌برداری باز شده و سپس مثل نمونه‌های واقعی بسته شده و به همراه آن‌ها جهت آنالیز به آزمایشگاه انتقال داده شدند. به دلیل متفاوت بودن شرایط دما و فشار سالن الکتریک با شرایط استاندارد (دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد و فشار ۷۶۰ میلی‌متر جیوه) تصحیحات دما و رطوبت بر روی حجم هوای نمونه‌برداری انجام گرفت و سپس مقادیر به‌دست آمده با میزان حدود تماس شغلی سرب و قلع که قبلاً ذکر گردید، مقایسه شد.

<sup>۱</sup> Ashing

<sup>۲</sup> Desorption

موضعی، نمونه برداری فردی با هدف ارزیابی میزان مواجهه تکنسین لحیم کاری با فیوم های سرب و قلع انجام شد (مطابق با بند ۱).

**آنالیزهای آماری:** تجزیه و تحلیل داده ها توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ و برای متغیرهای کمی، میانگین و انحراف معیار با استفاده از آزمون های آماری توصیفی انجام و محاسبه گردید.

**ملاحظات اخلاقی:** مطالعه حاضر کد اخلاق به شماره (IR.KMU.REC.1398.451) را از کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی کرمان اخذ کرد. همچنین کلیه شرکت کنندگان رضایت نامه آگاهانه تکمیل نمودند و اسامی شرکت کنندگان محرمانه باقی خواهد ماند.

#### یافته ها

جدول ۱ میزان سن و شاخص توده بدنی و سابقه کار تکنسین لحیم کاری را نشان می دهد.

جدول ۱- مشخصات دموگرافیک تکنسین لحیم کار (n=9)

متغیر	میانگین ± انحراف معیار
سن (سال)	۳۰/۴ ± ۲/۹۳
شاخص توده بدنی (kg/m <sup>2</sup> )	۲۵/۸۱ ± ۲/۴
سابقه کار (سال)	۳/۱ ± ۱/۱

جدول ۲ نتایج حاصل از نمونه برداری از ۹ تکنسین لحیم کار را نشان می دهد. مطابق با نتایج به دست آمده تکنسین شماره ۳ بیشترین مواجهه را با فیوم سرب (Cu) (۱/۳۱ mg/m<sup>3</sup>) دارد و تکنسین شماره ۷ کمترین مواجهه را با فیوم سرب (Cu) (۰/۰۴ mg/m<sup>3</sup>) دارد. از طرفی تکنسین شماره ۵ بالاترین مواجهه را با فیوم قلع (Sn) (۱/۸ mg/m<sup>3</sup>) دارد ولی تکنسین شماره ۲ کمترین مواجهه

لذا میزان دبی مورد نیاز در هر انشعاب با استفاده از فرمول زیر ۱/۶۲ متر مکعب بر دقیقه برآورد گردید:

$$Q = A \times V \quad (۳) \text{ فرمول}$$

Q: دبی هوا (متر مکعب بر دقیقه)

A: سطح مقطع دهانه ورودی (متر مربع)

V: سرعت در دهانه ورودی (متر بر ثانیه)

برای انتخاب جنس انشعابات اصلی و فرعی با توجه به ماهیت آلاینده و ساختار ایستگاه کاری، لوله PVC به عنوان جنس انشعابات اصلی و لوله های انعطاف پذیر پارچه ای برای انشعابات فرعی انتخاب شدند. برای پوشش دادن تمام ۹ تکنسین در طول میز کار یک لوله PVC با طول ۷/۱ متر به صورت افقی و با قطر اولیه ۰/۱ متر (مطابق با دبی مورد نیاز در شاخه فرعی اول) و قطر انتهایی ۰/۲۹ متر به کار گرفته شد. برای ثابت و یکنواخت نگه داشتن سرعت در طول کانال اصلی در محل اتصالات انشعابات فرعی به اصلی، گشادشدگی ایجاد گردید. قابل ذکر است که حداکثر زاویه در گشادشدگی ها ۱۵ درجه بود و ۹ انشعاب فرعی با زاویه ۳۰ درجه در محل گشادشدگی ها به شاخه اصلی متصل گردیدند. با ثابت نگه داشتن فشار سرعت درون لوله اصلی بالانس بین آن و انشعابات فرعی به راحتی تنظیم شد تا نسبت فشار استاتیک بیشتر به فشار استاتیک کمتر، نزدیک به یک باشد. برای غلبه بر افت های مسیرها و مکش، مجموع دبی مورد نیاز، هواکش گریز از مرکز تیغه خمیده به عقب متناسب با فشار استاتیک سیستم در نظر گرفته شد (نتایج محاسبات صورت گرفته در جدول ۴ ذکر شده است).

**نمونه برداری فردی از آلاینده های ناشی از لحیم کاری بعد از اجرای سیستم تهویه موضعی:** برای ارزیابی میزان مواجهه تکنسین لحیم کار و میزان اثربخشی سیستم تهویه موضعی طراحی شده، بعد از نصب و اجرای سیستم تهویه

همچنین میانگین مقادیر به دست آمده برای فیوم سرب در تمام ایستگاه‌های کاری به جز تکنسین شماره ۷، بالاتر از حد مجاز است.

را با فیوم قلع ( $0/18 \text{ mg/m}^3$ ) (Sn) دارد. همانطور که مشاهده می‌شود میانگین به دست آمده برای فیوم قلع در تمام ایستگاه‌های کاری بالاتر از حد مجاز توصیه شده است و

جدول ۲- میانگین مقادیر به دست آمده فیوم‌های سرب و قلع در ۹ ایستگاه کاری قبل از طراحی و اجرای سیستم تهویه موضعی

ایستگاه کاری	نوع فیوم لحیم کاری	میانگین $\pm$ انحراف معیار ( $\text{mg/m}^3$ )	تعداد نمونه	ارزشیابی
تکنسین شماره ۱	سرب (Cu)	$0/06 \pm 0/002$	۳	بالاتر از حد مجاز
	قلع (Sn)	$0/2 \pm 0/001$	۳	بالاتر از حد مجاز
تکنسین شماره ۲	سرب (Cu)	$0/08 \pm 0/003$	۳	بالاتر از حد مجاز
	قلع (Sn)	$0/18 \pm 0/02$	۳	بالاتر از حد مجاز
تکنسین شماره ۳	سرب (Cu)	$1/31 \pm 0/4$	۳	بالاتر از حد مجاز
	قلع (Sn)	$1/2 \pm 0/3$	۳	بالاتر از حد مجاز
تکنسین شماره ۴	سرب (Cu)	$0/09 \pm 0/006$	۳	بالاتر از حد مجاز
	قلع (Sn)	$0/21 \pm 0/08$	۳	بالاتر از حد مجاز
تکنسین شماره ۵	سرب (Cu)	$0/63 \pm 0/1$	۳	بالاتر از حد مجاز
	قلع (Sn)	$1/8 \pm 0/2$	۳	بالاتر از حد مجاز
تکنسین شماره ۶	سرب (Cu)	$0/33 \pm 0/004$	۳	بالاتر از حد مجاز
	قلع (Sn)	$0/6 \pm 0/09$	۳	بالاتر از حد مجاز
تکنسین شماره ۷	سرب (Cu)	$0/04 \pm 0/001$	۳	کمتر از حد مجاز
	قلع (Sn)	$0/7 \pm 0/01$	۳	بالاتر از حد مجاز
تکنسین شماره ۸	سرب (Cu)	$0/1 \pm 0/006$	۳	بالاتر از حد مجاز
	قلع (Sn)	$0/3 \pm 0/041$	۳	بالاتر از حد مجاز
تکنسین شماره ۹	سرب (Cu)	$0/48 \pm 0/05$	۳	بالاتر از حد مجاز
	قلع (Sn)	$0/4 \pm 0/07$	۳	بالاتر از حد مجاز

است. حداکثر زاویه گشادشدگی کانال اصلی ۱۵ درجه و کمترین آن ۱۳ درجه است. قابل ذکر است که در تمام طول سیستم تهویه فشار استاتیک لوله اصلی به لوله فرعی کمتر از ۱/۲ به دست آمد.

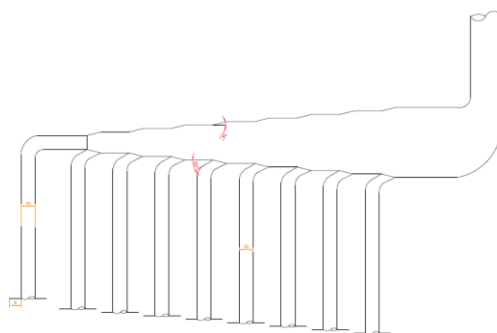
مقادیر به دست آمده در مرحله طراحی و اجرای سیستم تهویه موضعی در جدول ۳ نشان داده شده است. مطابق با نتایج به دست آمده قطر کانال از ۱۰ سانتی‌متر شروع شده و با توجه به روند افزایشی آن در ۲۹/۶ سانتی‌متر پایان یافته

جدول ۳- مقادیر به دست آمده در مرحله طراحی و اجرای سیستم تهویه موضعی

لوله اصلی	قطر کانال (m)	سطح مقطع لوله (m <sup>2</sup> )	سرعت جریان هوا (m/min)	دبی هوا (m <sup>3</sup> /min)	زاویه گشادشدگی (درجه)	زاویه انشعاب فرعی به اصلی (درجه)	فاصله استایک، بیشتر	فاصله استایک، کمتر
بین انشعاب ۱ و ۲	۰/۱	۰/۰۰۷۸	۲۰۷/۶	۱/۶۲	۱۴	۳۰	۱	۱
بین انشعاب ۲ و ۳	۰/۱۳	۰/۰۱۵	۲۱۶/۶	۳/۲۵	۱۳	۳۰	۱/۰۴	۱/۰۴
بین انشعاب ۳ و ۴	۰/۱۷	۰/۰۲۲	۲۲۱/۳	۴/۸۷	۱۴	۳۰	۱/۰۲	۱/۰۲
بین انشعاب ۴ و ۵	۰/۱۹۷	۰/۰۳	۲۱۶	۶/۴۸	۱۴	۳۰	۰/۹۷	۰/۹۷
بین انشعاب ۵ و ۶	۰/۲۲۱	۰/۰۳۸	۲۱۳/۱	۸/۱	۱۴	۳۰	۰/۹۸	۰/۹۸
بین انشعاب ۶ و ۷	۰/۲۴	۰/۰۴۶	۲۱۱/۳	۹/۷۲	۱۵	۳۰	۰/۹۹	۰/۹۹
بین انشعاب ۷ و ۸	۰/۲۶	۰/۰۵۴	۲۱۰	۱۱/۳۴	۱۳	۳۰	۰/۹۹	۰/۹۹
بین انشعاب ۸ و ۹	۰/۲۷۹	۰/۰۶۱	۲۱۲/۴	۱۲/۹۶	۱۴	۳۰	۱/۰۱	۱/۰۱
بین انشعاب ۹ و فن مکشی	۰/۲۹۶	۰/۰۶۹	۲۱۱/۳	۱۴/۵۸	۱۳	۳۰	۰/۹۹	۰/۹۹

ساختار و طرح سیستم تهویه موضعی که شامل ۹ انشعاب، یک کانال اصلی، سه عدد زانویی و یک فن است در شکل ۱ نشان داده شده است.

مشخصات فن گریز از مرکز با تیغه خمیده به عقب به این صورت است که طول دهانه آن ۰/۳۲، عرض دهانه ۰/۳۲، سطح مقطع آن ۰/۱۰۲ متر مربع، سرعت جریان هوا ۲۰۱ متر بر دقیقه و دبی هوا ۲۰/۵ مترمکعب بر دقیقه است.



شکل ۱- ساختار و طرح سیستم تهویه موضعی

ایستگاه‌های کاری میزان مواجهه با فیوم‌های سرب و قلع پایین‌تر از حد مجاز است. تکنسین شماره ۲ بیشترین مواجهه را با فیوم سرب (Cu) (۰/۰۳ mg/m<sup>3</sup>) دارد و

نتایج حاصل از اندازه‌گیری فیوم‌های لحیم‌کاری بعد از نصب و اجرای سیستم تهویه موضعی در جدول ۴ آمده است. نتایج حاصل از مطالعه نشان می‌دهد که در تمام

تکنسین شماره ۵ بالاترین مواجهه را با فیوم قلع (Sn) ) قابل ذکر است میزان کاهش فیوم‌های لحیم‌کاری در ناحیه تنفسی تکنسین به‌ترتیب برای فیوم سرب و فیوم قلع، ۹۵/۴ درصد و ۸۵/۵ درصد است. شده است.

جدول ۴- میانگین مقادیر بدست آمده فیوم های سرب و قلع در ۹ ایستگاه کاری بعد از طراحی و اجرای سیستم تهویه موضعی

ایستگاه کاری	نوع فیوم لحیم کاری	میانگین $\pm$ انحراف معیار (mg/m <sup>3</sup> )	تعداد نمونه برداری	ارزشیابی
تکنسین شماره ۱	سرب (Cu)	۰/۰۰۳ $\pm$ ۰/۰۰۱	۳	کمتر از حد مجاز
	قلع (Sn)	۰/۰۰۲ $\pm$ ۰/۰۰۴	۳	کمتر از حد مجاز
تکنسین شماره ۲	سرب (Cu)	۰/۰۰۶ $\pm$ ۰/۰۰۳	۳	کمتر از حد مجاز
	قلع (Sn)	۰/۰۰۱ $\pm$ ۰/۰۰۸	۳	کمتر از حد مجاز
تکنسین شماره ۳	سرب (Cu)	۰/۰۰۸ $\pm$ ۰/۰۰۴	۳	کمتر از حد مجاز
	قلع (Sn)	۰/۰۰۳ $\pm$ ۰/۰۰۲	۳	کمتر از حد مجاز
تکنسین شماره ۴	سرب (Cu)	۰/۰۰۷ $\pm$ ۰/۰۰۱	۳	کمتر از حد مجاز
	قلع (Sn)	۰/۰۰۸ $\pm$ ۰/۰۰۷	۳	کمتر از حد مجاز
تکنسین شماره ۵	سرب (Cu)	۰/۰۰۱ $\pm$ ۰/۰۰۵	۳	کمتر از حد مجاز
	قلع (Sn)	۰/۰۰۲ $\pm$ ۰/۰۰۹	۳	کمتر از حد مجاز
تکنسین شماره ۶	سرب (Cu)	۰/۰۰۳ $\pm$ ۰/۰۰۲	۳	کمتر از حد مجاز
	قلع (Sn)	۰/۰۰۵ $\pm$ ۰/۰۰۶	۳	کمتر از حد مجاز
تکنسین شماره ۷	سرب (Cu)	۰/۰۰۰ $\pm$ ۰/۰۱۱	۳	کمتر از حد مجاز
	قلع (Sn)	۰/۰۱۶ $\pm$ ۰/۰۱۴	۳	کمتر از حد مجاز
تکنسین شماره ۸	سرب (Cu)	۰/۰۰۴ $\pm$ ۰/۰۱۵	۳	کمتر از حد مجاز
	قلع (Sn)	۰/۰۱۱ $\pm$ ۰/۰۳۱	۳	کمتر از حد مجاز
تکنسین شماره ۹	سرب (Cu)	۰/۰۰۷ $\pm$ ۰/۰۱۸	۳	کمتر از حد مجاز
	قلع (Sn)	۰/۰۰۶ $\pm$ ۰/۰۰۱	۳	کمتر از حد مجاز
میزان کارایی	سرب (Cu)	۹۵/۴		
	قلع (Sn)	۸۵/۵		

### بحث

مطالعه میزان مواجهه ۹ تکنسین لحیم‌کار با فیوم‌های لحیم‌کاری قبل از طراحی و اجرای سیستم تهویه موضعی مورد ارزیابی قرار گرفت که میزان مواجهه آن‌ها به جز مواجهه تکنسین شماره ۷ با فیوم سرب در تمامی ایستگاه‌ها

مطالعه حاضر با هدف طراحی و اجرای سیستم تهویه موضعی جهت کنترل مواجهه با فیوم‌های لحیم‌کاری در یک صنعت ساخت قطعات الکترونیک کرمان انجام شد. در این





بالتر از حد مجاز بود. در مطالعه آزمون و همکاران (۲۰۱۳) نیز که با هدف ارزیابی میزان مواجهه شغلی کارگران یک صنعت باطری‌سازی با فلز سرب انجام شد، مشخص شد سلامت بیشتر شاغلین این صنعت به علت مواجهه با مقادیر غیرمجاز در خطر می‌باشد (۲۶) که مطالعه آن‌ها از نظر بالا بودن تماس شاغلین با سرب به نتایج مطالعه حاضر قبل از اجرای سیستم تهویه موضعی نزدیک است. همچنین در مطالعه یارمحمدی و همکاران نیز که در سال ۲۰۱۶ انجام شد، به نتایج مشابهی همچون مطالعه آزمون رسیدند، آن‌ها غلظت فیوم‌های جوشکاری را در ناحیه تنفسی جوشکاران اندازه‌گیری کرده و مشاهده کردند که ۸۰٪ موارد بیشتر از حد مجاز می‌باشد (۲۷). در مطالعه حاضر نیز به جز یک مورد، بقیه تکنسین‌ها در مواجهه بالایی با فیوم‌های لحیم‌کاری بودند.

در پژوهش‌های مشابه دیگری که توسط کولیپ و همکاران (۲۰۱۰) با عنوان تجزیه- تحلیل انرژی و اکزرژی جریان موازی، چرخه چهار مرحله‌ای تصفیه انواع سیمان، قربانی و همکاران (۲۰۱۲) با عنوان کاربرد سیستم تهویه موضعی و جمع‌آوری کننده‌های یکپارچه برای کنترل آلاینده‌های هوا در یک شرکت معدنی، و نیز بهرامی و همکاران (۲۰۰۸) با عنوان تعیین مواجهه با کوارتزهای قابل تنفس در واحدهای سنگبری آذندریان- غرب ایران انجام شد، نتایج یافت شده نشان داد که مهمترین و موثرترین راهکار کنترلی برای کنترل آئروسول‌های ذره‌ای در صنعت، سیستم مکنده موضعی می‌باشد (۲۸-۳۰). طبق نتایج مطالعه حاضر نیز به‌کارگیری این راهکار کنترلی در کنترل آلاینده‌ها بسیار موثر بوده و باعث کاهش شدید آن‌ها در محیط کار می‌شود، به طوری که به ترتیب ۹۵/۴٪ و ۸۵/۵٪ مواجهه با فیوم‌های سرب و قلع کاهش پیدا کرده است. طبق نتایج مطالعه مرادی و همکاران (۲۰۱۵) که با هدف طراحی، اجرا و ارزیابی

سیستم تهویه موضعی و جمع‌کننده‌های گرد و غبار در یک واحد برشکاری انجام شد، یک سیستم تهویه موضعی را طراحی و ارزیابی نموده و نیز بیان کردند که طبق نتایج یافت شده، مواجهات فردی افراد حاضر در محیط کار ۹۳ درصد کاهش یافته است (۳۱) که یافته‌های آن‌ها تقریباً نزدیک به نتایج این مطالعه (۹۵/۴ درصد) می‌باشد. بعد از طراحی و اجرای سیستم تهویه موضعی میزان مواجهه تکنسین‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت که در تمامی ۹ ایستگاه کاری میزان مواجهه با فیوم‌های سرب و قلع پایین‌تر از حد مجاز بود و کاهش چشمگیری داشته است (جدول ۶) به گونه‌ای که حسین‌زاده و همکاران در سال ۲۰۱۲ مطالعه‌ای را با هدف طراحی و ارزیابی سامانه تهویه موضعی با رویکرد اقتصادی در فرایند لحیم‌کاری (واحد مونتاژ بردهای الکترونیک) انجام دادند و بیان نمودند که این طراحی رضایت ۱۰۰ درصد کارکنان را دربرداشته و به دلیل عملکرد خوب و مناسب سیستم تهویه طراحی شده، نیازی به استفاده افراد از لوازم حفاظت فردی نیست (۳۲) که در مطالعه حاضر نیز با توجه به نتایج به دست آمده بعد از طراحی و اجرای سیستم تهویه موضعی؛ میزان مواجهه همه تکنسین‌ها با فیوم‌های سرب و قلع پایین‌تر از حد مجاز بود، به گونه‌ای که افراد بدون استفاده از لوازم حفاظت فردی می‌توانند به کار خود ادامه دهند. در مطالعه قربانی‌شهنای و همکاران (۲۰۱۲) نیز بعد از به‌کارگیری سیستم تهویه موضعی به‌منظور کنترل آلاینده‌های هوابرد در صنعت؛ میزان کنترل آلاینده‌ها به خوبی انجام شده است (۲۹) که در مطالعه حاضر نیز کنترل فیوم‌های ناشی از لحیم‌کاری به خوبی انجام گرفت. از محدودیت‌های مطالعه حاضر مشکلات هماهنگی با صنعت مذکور بود که با پیگیری‌های لازم این موضوع مرتفع گردید. عدم همکاری بعضی افراد نیز در بدو کار از دیگر مشکلات طرح بود.

**نتیجه‌گیری**

طبق بررسی و مقایسه حدود مجاز مواجهه مرتبط با فیوم‌های لحیم‌کاری با نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری غلظت آن‌ها در ایستگاه‌های نمونه‌برداری قبل و بعد از طراحی سیستم تهویه موضعی، حاکی از کارایی بالای اقدامات کنترلی (طراحی و نصب سیستم تهویه موضعی) در سالن مونتاژ قطعات الکترونیک است؛ به گونه‌ای که افراد می‌توانند بدون استفاده از لوازم حفاظت فردی به کار خود مشغول باشند.

**تشکر و قدردانی**

این مطالعه با کد (۹۸۰۰۰۳۹۸) در کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی کرمان تصویب شد. بدین‌وسیله از مسئولین محترم کمیته تحقیقات دانشجویی و نیز معاونت پژوهشی تشکر و سپاسگزاری می‌نماییم. همچنین از همکاری شایسته اعضای محترم شرکت تابلوسازی که در تمام مراحل انجام مطالعه ما را یاری نمودند، قدردانی می‌کنیم.

**تعارض منافع**

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچگونه تضاد منافی وجود ندارد.

**References**

- Gupta BN, Rastogi SK, Husain T, Mathur N, Pangtey BS. A study of respiratory morbidity and pulmonary function among solderers in the electronics industry. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1991;52(2):45-51.
- Safavi E, Lotfi S, Mir-Mohammadi-Meybodi J, Haghghi KSN. Inspection of the Spirometric Parameters and the Frequency of Respiratory Symptoms in Soldering Workers of a Factory Producing Electronic Appliances. *J Shahid Sadoughi Univ Med Sci*. 2005;13(3):21-5.
- Schoonover T, Conroy L, Lacey S, Plavka J. Personal exposure to metal fume, NO<sub>2</sub>, and O<sub>3</sub> among production welders and non-welders. *Ind Health*. 2011;49(1):63-72.
- Jones K, Garfitt SJ, Calverley A, Channa K, Cocker J. Identification of a possible biomarker for colophony exposure. *Occup Med (Chic Ill)*. 2001;51(8):507-9.
- Raj-Reichert G. Governing Health and Safety in the Electronics Industry in Malaysia. *Sustainability Politics and Limited Statehood*. Springer. 2017;127-55.
- OSH A. ICP Backup Data Report for Soldering and Brazing Matrices (ARL 3560).
- I SAS. The Hazards of Solder Fume July. 2010;
- Weller. Health Hazards from Inhaling and Exposure to Soldering.
- Lumens M. Aspects of control measures in occupational hygiene. Lumens; 1997.
- Energy RG. Csiro energy technology announces new senior research appointment. *Clean Air*. 1999;33(2):13.
- Jamshidi RM, Ghorbani SF, Bahrami A, Hosseini S. Evaluation of local exhaust ventilation efficiency to control emissions of fe<sub>2</sub>o<sub>3</sub> dust in ambient air of the oxide screen unit in steel industry. 2015;
- Department of occupational safety and health ministry of human resources, guide lines on occupational safety and health for design, inspection, testing and examination of local exhaust ventilation system. Malaysia Doosahmohr. 2008;
- Hazard Control Canadian Centre for Occupational Health & Safety, Hazard Control & industrial ventilation. 2006;
- Goodfellow HD. Industrial ventilation design guidebook. Elsevier; 2001.
- Cao Z, Wang Y, Duan M, Zhu H. Study of the vortex principle for improving the efficiency of an exhaust

- ventilation system. *Energy Build.* 2017;142:39–48.
16. industrial local exhaust ventilation.
  17. Lim K, Lee C. A numerical study on the characteristics of flow field, temperature and concentration distribution according to changing the shape of separation plate of kitchen hood system. *Energy Build.* 2008;40(2):175–84.
  18. Betta V, Cascetta F, Labruna P, Palombo A. A numerical approach for air velocity predictions in front of exhaust flanged slot openings. *Build Environ.* 2004;39(1):9–18.
  19. Wang W-C, Chang C-Y. Flow analysis of the laminated manufacturing system with laser sintering of metal powder. Part I: flow uniformity inside the working chamber. *Int J Adv Manuf Technol.* 2017;92(1–4):1299–314.
  20. Huang RF, Lin SY, Jan S-Y, Hsieh RH, Chen Y-K, Chen C-W, et al. Aerodynamic characteristics and design guidelines of push–pull ventilation systems. *Ann Occup Hyg.* 2004;49(1):1–15.
  21. ACGIH. TLVs and BEIs Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents Biological Exposure Indices. 2012;
  22. Eller PM, Cassinelli ME. NIOSH manual of analytical methods. Vol. 94. Diane Publishing; 1994.
  23. Matte TD, Figueroa JP, Burr G, Flesch JP, Keenlyside RA, Baker EL. Lead exposure among lead-acid battery workers in Jamaica. *Am J Ind Med.* 1989;16(2):167–77.
  24. ACGIH. Industrial ventilation a manual of recommended practice. 1998;3rd editin.
  25. Burton D. A Self Study Companion to the ACGIH Ventilation Manual. *Am Conf Gov Ind Hyg.* 1986;
  26. Azmoun A. Assessment of occupational exposure of battery industrial workers by lead metal TT. *SSUJ [Internet].* 2013;5(1):66–71. Available from: <http://tkj.ssu.ac.ir/article-1-320-en.html>
  27. Yarmohammadi H, Hamidvand E, Abdollahzadeh D, Sohrabi Y, Poursadeghiyan M, Biglari H, et al. Measuring concentration of welding fumes in respiratory zones of welders: An ergo-toxicological approach. *Res J Med Sci.* 2016;10(3):111–5.
  28. Kolip A, Savas AF. Energy and exergy analyses of a parallel flow, four-stage cyclone precalciner type cement plant. *Int J Phys Sci.* 2010;5(7):1147–63.
  29. Shahna FG, Bahrami A, Farasati F. Application of local exhaust ventilation system and integrated collectors for control of air pollutants in mining company. *Ind Health.* 2012;50(5):450–7.
  30. Bahrami AR, Golbabai F, Mahjub H, Qorbani F, Aliabadi M, Barqi M. Determination of exposure to respirable quartz in the stone crushing units at Azendarian-West of Iran. *Ind Health.* 2008;46(4):404–8.
  31. Moradi M, Bahrami A. Design, Implementation & Assessment of Local Exhaust Ventilation System and dust collectors for crushing unit. *Muhandisī-i bihdāsht-i ħirfah/ī.* 2015;2(2):32–42.
  32. Hossein Zadeh SY. Designing and evaluating a local ventilation system with an economic approach in the soldering process (a case study in assembly unit Electronic boards). *IVHC.* 2012;



## Designing and Installing a local Exhaust Ventilation to Exposure Control for Soldering Fumes in an Electronic Components Manufacture Industry in Kerman (2018)

Mokhles Bateni<sup>1</sup>, Hossein ElahiShirvan<sup>1</sup>, Amene Ghamari<sup>2</sup>, Zahed Ahmadi<sup>1</sup>, Jamal Bigane<sup>3</sup>

- 1- Department of Occupational health, Students' Research Committee, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran.  
 2- Department of Occupational health, School of Public Health, Haamedan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran.  
 3- Department of Occupational health, School of Public Health, Shahrud University of Medical Sciences, Semnan, Iran.

### Original Article

**Received:** 11 Feb 2019

**Accepted:** 2 Sep 2019

**\*Corresponding Author:**

Hossein elahi shirvan,  
 Students' Research  
 Committee, Kerman  
 University of Medical  
 Sciences, Kerman, Iran.

**TEL:** 09154550231

**Email:**

hosseynelahi12@gmail.com

### ABSTRACT

#### Introduction

Soldering is one of the actions in the electronics industry processes that create disturbances in the oral, nasal, and respiratory tract. In worldwide, many people are working in this occupation. The most common to reduce employees' exposure to chemical agents in workplaces is local exhaust ventilation. This study aims to design and install local ventilation to control exposure to soldering fumes in the electronic industry in Kerman.

#### Materials and Methods

A present Experimental study is a description- analytical that carried out in three steps in an assembly line for electronic components in Kerman in the summer of 2018: 1- collecting samples of contaminants produced during soldering 2- designing, manufacturing and installing a local exhaust ventilation 3- collecting samples of contaminants produced during soldering after designing exhaust ventilation. Lead and tin collecting samples were done based on NIOSH 7105 and NIOSH 5504 respectively.

#### Results

The results showed that employees had more exposure to the tin and lead contaminants before designing and installing local exhaust ventilation that was above the allowed rate. The results of designing exhaust ventilation of 20.5 m<sup>3</sup>/min showed that tin and lead fumes rates could reach below the allowed rates in all workplaces.

#### Conclusion

The investigation and comparison of the allowed rates of exposure to soldering fumes and the density rates in workplaces before and after designing the local exhaust ventilation proved the high efficiency of controlling methods in the assembly line of electronic components.

#### Keywords

fumes, local exhaust ventilation, occupational exposure, electronic components

► *Please cite this article as:* Bateni M, ElahiShirvan H, Ghamari A, Ahmadi Z, Bigane J. Designing and Installing a local Exhaust Ventilation to Exposure Control for Soldering Fumes in an Electronic Components Manufacture Industry in Kerman (2018). J Neyshabur Univ Med Sci 2020;8(1):103-114.