

گازها ، بخارات و فیوم های فلزی در جوشکاری

جوشکاری معمولیترین و متداولترین طریقه اتصال دو قطعه به همدیگر می باشد. امروزه نزدیک به ۱۰۶- ۱۰۵ نوع فرایند جوشکاری وجود دارد. دو روش کلی برای جوش دادن دو قطعه به هم وجود دارد که عبارتند از :

الف) جوشکاری ذوبی

ب) جوشکاری فشاری (خمیری)

در جوشکاری ذوبی قطعه کار و الکتروود ذوب شده و بدون کمک هر گونه فشار مکانیکی قطعات در یکدیگر نفوذ کرده و باعث اتصال آنها به یکدیگر می شود. جوشکاری ذوبی خود نیز به دو شکل ، جوشکاری ذوبی با شعله برق (الکتروود فلزی و الکتروود ذغالی) و جوشکاری ذوبی با شعله گاز (اکسی استیلن ، اکسی هیدروژن و...) تقسیم می شود.

در جوشکاری فشاری دو قطعه فلز را بایستی گرم کرده و محل اتصال را تحت فشار قرار داد تا دو قطعه به یکدیگر متصل شوند ، مانند : نقطه جوش .

متداولترین نوع جوشکاری ، جوشکاری با الکتروود روپوش دار (استاندارد اروپائی: MMA ، امریکائی : SMAW) است. در این جوشکاری از الکتروود روپوش دار برای اتصال قطعات به یکدیگر استفاده می شود. امروزه بیش از ۸۰۰ نوع الکتروود روپوش دار در صنعت استفاده می شود. در این نوع جوشکاری انرژی حرارتی معادل ۵۰۰۰ تا ۷۰۰۰ درجه سانتیگراد از طریق انرژی الکتریکی تامین می شود. از سایر انواع جوشکاری می توان به جوشکاری با گاز محافظ (GMAW یا MIG/MAG) جوشکاری با فلز تنگستن (GTAW یا TIG) و... اشاره نمود.

از آنجائیکه امروزه جوشکاری در اکثر صنایع وجود دارد و نیز دارای خطرات بهداشتی و ایمنی زیادی است ، بررسی خطرات و در نهایت کنترل آنها بسیار ضروری به نظر می رسد .

• از جمله خطرات ایمنی و بهداشتی جوشکاری می توان به موارد زیر اشاره کرد :

- خطر گازها ، بخارات و فیوم ها
- خطر تشعشع شعله
- خطر سوختگی
- خطر قلم زنی و پاک کردن گرده جوش
- خطر شوک الکتریکی
- خطر برق گرفتگی
- خطر برق زدگی چشم
- خطر مسمومیت
- خطر انفجار کیسول
- خطر انباشته شدن گازهای سمی در یک فضای محدود
- خطر ایجاد مشکلات اسکلتی – عضلانی
- خطر ناشی از سر و صدا
- خطر سرما یا گرمای شدید
- خطر پرتاب ذرات
- خطر بریدگی و زخم
- و سایر خطرات

در این نوشته خطر گازها ، بخارات و فیوم های جوشکاری به طور مختصر بررسی شده است. اصولاً در تمام انواع جوشکاری ها به علت متصاعد شدن گازها ، بخارات و فیومها خطر مسمومیت و ایجاد بیماریهای حاد و مزمن وجود دارد که اگر به موقع تشخیص، اندازه گیری و کنترل نشود می تواند سبب ایجاد بیماریهای لاعلاجی مانند سرطان ریه سرطان خون و ... شود .

• خطرات بهداشتی و اثرات گازها ، بخارات و فیوم های جوشکاری به عوامل زیر بستگی

دارد :

- مدت زمان مواجهه با آنها
- نوع فرایند جوشکاری
- محیط کار
- اقدامات حفاظتی

• گازها و بخارات : کلمه گاز و بخار معمولاً به صورت مترادف هم به کار برده می شود. اما گاز به ماده ای گفته می شود که در حرارت ۲۵ C و فشار ۷۶۰ mmHg به صورت گاز باشد و بخار به ماده ای اطلاق می شود که در شرایط مذکور به صورت جامد یا مایع باشد. تمام پروسه های جوشکاری گازهای خطرناکی را تولید می کنند. بعضی از این گازها مرئی و بعضی از آنها نامرئی هستند. گرمای حاصل از شعله و قوس ، اشعه فرابنفش حاصل از قوس ، گازهایی را از قبیل مونواکسید کربن ، دی اکسید کربن ، اکسید نیتروژن وازن را تولید می کنند. سایر گازها و بخارات احتمال دارد که از مواد اولیه نامناسب و یا مواد محلول روی فلزات تولید شوند. یک سری از گازها نیز به عنوان محافظ قوس و سوخت استفاده می شوند.

• فیوم ، دمه یا دود فلزی : فیوم ها ذرات جامدی هستند که در اثر تراکم گازها پس از تصعید از مواد مذاب تولید می شوند. تولید آنها معمولاً با یک واکنش شیمیایی خصوصاً اکسیداسیون همراه است. این ذرات بسیار کوچکند (اندازه قطر آنها در حدود ۰/۲ تا ۰/۳ میکرون است) و از این رو به سهولت استنشاق شده و خود را به قسمت های انتهائی دستگاه تنفس می رسانند. فیوم ها می توانند قابل مشاهده یا غیر قابل مشاهده باشند که SMOKE یا دود جوشکاری فیومهای قابل دیدن هستند.

سازمان بین المللی تحقیقات سرطان (IARC) فیوم های جوشکاری را جزو عوامل سرطانزا قرار داده است.

• چطور گازها ، بخارات و فیوم ها برسلامتی انسان تاثیر می گذارند ؟

گازها ، بخارات و فیوم ها از طریق هوایی که ما تنفس می کنیم وارد بدن می شوند. گازها و فیوم های مختلف از راه های متفاوتی بر بدن ما تاثیر می گذارند. بدن می تواند بدون ایجاد عوارض جانبی خود را از اثرات مضر گازها و بخارات دور نگه دارد. برای مثال ، گازهایی از قبیل دی اکسید کربن و ارگون نسبتاً غیر سمی هستند مگر آنکه با مقدار زیادی تنفس شوند. اگرچه گازهایی مانند مونواکسید کربن ، اکسیدهای نیتروژن و ازن به شدت سمی هستند. اثرات بهداشتی فیوم ها بستگی به نوع فیومی دارد که تنفس میشود. اکسیدهای آهن که در طول اکثر جوشکاریها تولید می شوند نسبتاً غیر سمی هستند که اثرات معمول آن شناخته شده است و دائمی نیستند مگر آنکه با دود سیگار یا دیگر مواد از قبیل سیلیس یا ازبست همراه باشند که در آن صورت روی ریه ها تاثیر میگذارند. اثراتی از فیوم ها مانند مشکل در تنفس پس از یکبار مواجهه و گذشت زمان برطرف می شوند. فیوم هایی که در طول پروسه جوشکاری فولاد زنگ نزن (Stainless Steel) تولید می شوند ، خطرات جدی همچون مشکلات تنفسی دائمی (تنفس های شدید و سرطان که نمونه آن کروم شش ظرفیتی است) را ایجاد می کنند.

• جدول زیر اثرات بهداشتی گازها ، بخارات الی و فیوم ها را در طول جوشکاری نشان می دهد. در جدول اثرات حاد (acute effect) ان دسته از اثراتی است که بلافاصله یا سریع اتفاق می افتد و اثرات مزمن (chronic effect) ان دسته از اثرات هستند که در مدت زمان طولانی ظاهر می شوند. برای مثال ، تب فیوم فلزی (Metal fume fever) اثر حادی برای مواجهه با چند نوع از فیوم ها است. این عکس العمل شامل نشانه های انفلوانزا ، سرد شدن متناوب و تب زیاد است. ممکن است شروع نشانه ها با تاخیر باشد ولی نشانه ها معمولاً پس از گذشت یک یا دو روز فروکش می کنند. در ضمن مقدار حد تماس مواجهه مجاز TLV هر ماده یا (AOE) طبق استاندارد کمیته فنی بهداشت حرفه ای کشور که در جدول آورده شده است.

• اثرات بهداشتی گازها ، بخارات الی و فیوم های تولید شده در طی فرایند جوشکاری

نوع الاینده	منابع	اثرات ، علائم و نشانه ها
فیوم ها		
الومینیوم TLV-TWA : 5 mg/m ³	ترکیبات الومینیوم در الیازهای از قبیله Inconels ، مس ، روی ، آهن ، منیزیم ، برنج و فلزات پرکننده (بتونه) وجود دارد.	محرک و سوزش اور ریه (در بین فیوم های فلزی کمترین خطر را داراست.)
بریلیوم TLV-TWA : 0.002	عامل استحکام کننده در الیازهای مس ، منیزیم الومینیوم و کنتاکت	تب فیوم فلزی سرطان زا

سایر اثرات مزمن شامل آسیب به مجراهای تنفسی است.	های الکتریکی است .	mg/m ³ 0.01 TLV-STEL :
تحریک و سوزش سیستم تنفسی ، جراحت و خشکی گلو(نای) ، درد در قفسه سینه و تنفس سخت اثرات مزمن ان شامل اسیبهای کلیوی وامفیزم است. مظنون به سرطان زائی	فولاد زنگ نزن ، فلزات ابکاری والیاژهای روی حاوی کادمیوم است .	اکسیدهای کادمیوم TLV-TWA :0.002 mg/m ³
افزایش خطر سرطان ریه در بعضی از افراد سبب افزایش تحریک و سوزش پوست می شود. نوع کروم شش ظرفیتی ان سرطانزا است.	بیشتر در فولاد زنگ نزن الیاژهای سخت، فلزات ابکاری و سیم جوش یافت می شود.	کروم TLV-TWA :0.01 mg/m ³
تب فیوم فلزی اثرات حاد ان شامل تحریک و سوزش چشم ها ، بینی گلو و حالت تهوع و استفراغ است.	در الیاژهای Monel (الیاژی از مس و کبالت که در برابر خوردگی مقاوم است.) ، برنج ، برنز و سیم جوش وجود دارد .	مس TLV-TWA :0.2 mg/m ³
اثرات حاد ان شامل تحریک و سوزش چشم ها ، بینی گلو است. نتیجه مواجهه طولانی مدت با ان ایجاد مشکلات استخوانی ومفصلی است. مواجهه زیاد با ان می تواند باعث اثرات مزمن از قبیل ادم ریوی و راش پوستی شود.	در اکثر پوشش الکترودها وجود دارد و عامل گداز اور در الیاژهای کم آهن و پراهن است.	فلوراید TLV-TWA : 2.5 mg/m ³
اثرات حاد ان شامل تحریک و سوزش بینی و ریه است که پس از قطع مواجهه برطرف می شود. باعث بیماری سیدروزیس می شود که تاثیرات خطرناکی بر ریه ندارد ولی ذرات ریز ان در ریه ته نشین می شوند.	در تمامی فرایندهای جوشکاری آهن و فولاد عامل اصلی الودگی است.	اکسیدهای آهن TLV-TWA : 5mg/m ³
اثرات مزمن ان بر روی سیستم عصبی ، کلیه ها سیستم گوارشی و ظرفیت فکری و روانی است که میتواند سبب مسمومیت با سرب شود.	در الیاژهای برنج ، برنز پوشش(استر) فولاد و فرایند لحیم کاری یافت می شود.	سرب TLV-TWA : 0.05 mg/m ³
تب فیوم فلزی اثرات مزمن ان می تواند شامل ایجاد مشکلاتی در سیستم عصب مرکزی شود.	در بیشتر پروسه های جوشکاری مخصوصا در فولادهای کششی (Tensil) وجود دارد.	منگنز TLV-TWA: 0.2 mg/m ³
اثرات حاد ان شامل تحریک و سوزش چشم ها ، بینی گلو و کوتاهی تنفس است.	در الیاژهای فولاد ، آهن و نیکل یافت می شود.	مولیبدن TLV-TWA: 10 mg/m ³
اثرات حاد ان شامل تحریک و سوزش چشم ها ، بینی گلو است. افزایش ریسک سرطان نسبت به سایر جوشکاریها وموثر در ایجاد	در فولادهای زنگ نزن والیاژهای Monel ، Inconel ، Hastelloy ودر دیگر الیاژها ، سیم جوش و فولاد روکش دار	نیکل TLV-TWA: 0.1 mg/m ³

وجود دارد.	در مائیت و مشکلات ریوی	
در الیازهای نیکل و بعضی از الیازهای فولاد و آهن وجود دارد.	اثرات حاد ان تحریک چشمها ، بینی و مجاری تنفسی است. اثرات حاد ان شامل برونشیت رتینیتیس (اماس شبکیه) پنومونی و افزایش مایع داخل ریه است.	وانادیوم TLV-TWA: 0.05 mg/m ³
گالوانیزه و فلزات روکشدار	تب فیوم فلزی	اکسید های روی TLV-TWA: 5 mg/m ³ TLV-STEL : 10 mg/m ³
گازها		
از قوس جوشکاری بوجود می آید.	با سرعت داخل رگهای خونی جذب شده سبب سردرد سرگیجه و سستی می شود. غلظت زیاد ان میتواند سبب بی هوشی و در نتیجه مرگ شود.	مونو اکسید کربن TLV-TWA : 25 ppm
از تجزیه روکش الکتروودها بوجود می آید.	حاصل مواجهه کوتاه مدت ان سوزش و تحریک چشمها و مجاری تنفسی است. مواجهه زیاد با ان می تواند سبب اسبیهای ریوی کلیوی ، استخوانی و کبدی شود. اثرات مزمن ان سوزش مزمن بینی ، گلو و برونشی (نایچه) است.	هیدروژن فلوراید TLV-C : 3ppm
از قوس جوشکاری بوجود می آید.	در کمترین غلظت ها (۲۵ ppm - ۲۰) سبب تحریک و سوزش چشم ها بینی و گلو می شود. اثرات مزمن ان شامل مشکلات ریوی از قبیل امفیزم است.	اکسیدهای نیتروژن TLV-TWA : 3 ppm TLV-STEL : 5 ppm
از قوس جوشکاری مخصوصاً در طول قوس پلاسما و جوشکاری MIG/MAG بوجود می آید.	اثرات حاد ان شامل افزایش مایع درون ریه و هموراژی است. در غلظت های خیلی کم (مانند ۱ ppm) سردرد و خشکی چشمها ایجاد میشود. اثرات مزمن ان شامل تغییرات قابل توجه در عملکرد ریه است.	ازن TLV-TWA : Heavywork:0.05 Moderate work : 0.08 Light work : 0.1 ppm
بخارات الی		
از پوشش فلزات دارای رنگ (پایه رنگ و پیگمانها) متصاعد می شود. همچنین در حلالهای الی روغن چربی ، گریس و ... وجود دارد.	محرک و سوزش اور چشمها و مجاری تنفسی	الدهیدها (مانند: فرمالدهید) TLV-C : 25 ppm
از فلزات رنگ شده توسط رنگهای پلی اورتان متصاعد می شود.	اثرات حاد ان شامل تحریک و سوزش چشم ها ، بینی و گلو است. امکان ایجاد حساسیت ، ایجاد نشانه های اسم یا دیگر آثار حساسیتی حتی در مواجهه بسیار کم	دی ایزو سیانات ها

تحریک و سوزش شدید در چشم ها ، بینی و سیستم تنفسی نشانه های آن معمولاً دیر ظاهر می شوند.	از فلزاتی که هنوز اثر پاک کردن روغن ، گریس و ... هنوز روی آنها باقی مانده متصاعد می شود. فسژن از واکنش حلالها و تشعشع جوشکاری ایجاد میشود.	فسژن TLV-TWA: 1 ppm TLV-C : 0.1ppm
اثرات حاد آن شامل تحریک و سوزش چشم ها و بینی است. به کلیه ها و دیگر ارگانها نیز آسیب می رساند.	از واکنش پوشش هایی که مانع زنگ زدن فلزات (زد زنگها) میشوند و تشعشع جوشکاری ایجاد می شوند.	فسفین TLV-TWA : 0.3 ppm

• چگونه نشانه های مضر و خطرناک مواجهه تشخیص داده شود ؟
بیشتر نشانه های مضر مواجهه اولیه در طول جوشکاری شبیه به هم هستند. آنها شامل: تحریک و سوزش چشمها ، بینی ، سیستم تنفسی و گاهی اوقات پوست (مانند جرب نیکل Nickel itch در مواجهه با فیومهای نیکل) سرفه کردن ، تنگی نفس ، درد قفسه سینه ، سردرد ، حالت تهوع و استفراغ و خستگی هستند که می توانند از نشانه های مضر و پایدار آن باشند. چون این نشانه ها در بیشتر بیماریها متداول هستند تشخیص این که این علائم ، شغلی یا غیر شغلی هستند بسیار سخت هستند که فرد می تواند با تشریح کار و شرایط زندگی خود برای دکتر متخصص طب کار ، وی رابطه این علائم با شغل را بهتر تشخیص دهد.

• چه زمانی گازها و فیوم ها بر سلامتی فرد تاثیر می گذارند ؟
گازها و فیوم ها به طور طبیعی بلافاصله مشکلات بهداشتی ایجاد نمی کنند ، اما اگر جوشکاری سالها ، در حالی که گازها ، بخارات و فیوم ها را بیش از حد مجاز OEL تنفس کرده باشد ، کار کند ، به طور یقین سالهای بعدی زندگی اش را با درد و رنج ادامه خواهد داد.

• خطرات جدی در جوشکاری به موارد زیر بستگی دارد :

- پروسه جوشکاری
- شامل انواع مختلف فلزاتی که در جوشکاری وجود دارد.
- نوع فیومی که بوجود می آید.

برای مثال الکتروود E6010 که برای فلزات کم کربن استفاده می شود ، مقدار زیادی ذرات اکسید آهن تولید می کند ، که نسبتاً غیر سمی هستند. اما الکتروود E316-15 مقدار کمی فیوم های بسیار سمی کروم را تولید می کنند . بنابراین اینجا الکتروود E316-15 به طور آشکاری خطرناک تر است .

• تعداد گازها ، بخارات و فیوم هایی که در طول جوشکاری تولید میشوند به موارد زیر بستگی دارد :

- پروسه جوشکاری
- جریان
- ولتاژ
- نوع الکتروود مصرفی
- قطبیت

• اگر فلزات رنگ شده ، دارای پوشش باشند یا از حلال ها هنوز روی آنها باقی مانده باشد در انصورت جوشکاری بخارات الی بسیار سمی را تولید می کند.

• تحقیقات نشان داده که جوشکاری آهن با روکش پلی اورتان جوشکار را در برابر غلظتی معادل ۲۵ برابر حد تماس مجاز OEL دی ایزوسیانات ها قرار می دهد. همچنین مقدار کمی از حلالهای الی کلرینه ، از قبیل تری کلرواتیلن یا تتراکلریدکربن ، که برای پاکسازی سطوح از روغن و چربی استفاده می شود ، میزان خطرناکی از گاز فسژن را تولید می کنند.

• چسب ها و حلال های فلزات جوشکاران را می توانند در معرض غلظت فرمالدهیدی معادل دو برابر مقدار مجاز قرار دهند. بنابر این لازم است که فلزات پس از پاک شدن توسط حلالهای کلرینه در جایی که تهویه کافی دارد خشک شده و سپس عمل جوشکاری روی آنها صورت گیرد. ظروف نگهداری این محلول ها نیز نباید در ایستگاه جوشکاری نگهداری شوند زیرا اشعه های جوشکاری می توانند با آنها واکنش دهند.

• جوشکاری داخل مخازن خطرات بیشتری نسبت به سایر جوشکاریها دارد زیرا جوشکاری مواد داخل مخزن را درون مخزن منتشر می کند.

• تهویه و نزدیکی جوشکار به ناحیه تشکیل قوس
میزان تهویه و مجاورت جوشکار در کار دو عامل مهمی هستند که در مواجهه جوشکار با گازها، بخارات و فیوم ها تاثیر می گذارند.

میزان تهویه موجود تعیین می کند که چه مقدار گاز، بخار یا فیوم برای چه مدت زمانی در هوای تنفسی کارگر باقی می ماند.

• تحقیقات نشان می دهد که میزان مونواکسید کربن میتواند در صورت نا کافی بودن تهویه به 500 ppm برسد، در صورتی که میزان OEL مونواکسید کربن برای 8 ساعت کار در روز 25 ppm است.

• در آزمایشی که در آن میزان تهویه بسیار کم بود، مشاهده شد که برش حرارتی آهنی با پوشش سرب قرمز غلظتی معادل 1000 برابر حد تماس مجاز سرب OEL، سرب تولید می کند.

• موقعیت و پوشش بدن جوشکار در کار نیز در میزان ریسک مواجهه تاثیر دارد. برای مثال اگر جوشکار برای جوشکاری شبکه لوله ها خم شده باشد، منطقه تنفسی او مستقیماً بالای قوس جوشکاری قرار دارد.

• حدود مواجهه فیوم ها

OSHA : PEL OSHA به طور متداول برای فیوم های جوشکاری حدودی را تعیین نکرده است.
REL : REL NIOSH برای فیوم های جوشکاری (وکلیه ذرات) کمترین غلظت ممکن آنها در نظر می گیرد. NIOSH اعتقاد دارد که فیوم های جوشکاری عامل بالقوه سرطانزائی هستند. (NIOSH 1994)

ACGIH : TLV ACGIH برای فیوم های جوشکاری TLV-TWA حد مواجهه مجاز میانگین وزنی زمانی را 5 mg/m^3 در نظر می گیرد. (برای 8 ساعت کار در روز و 40 ساعت در هفته، ACGIH 1994, p.36)

• مبنای در نظر گرفتن حدود

NIOSH مبنای حدود را ریسک سرطانزائی و بیماریهای تنفسی می داند. (1992)
ACGIH مبنای حدود را ریسک اثرات سمی که عامل ان فیوم های جوشکاری هستند میدانند. (ACGIH, p 1726)