جمهوری اسلامی ایران
وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی
معاونت روابط کار

مرکز تحقیقات و تعلیمات
حفاظت فنی و بهداشت کار
مؤسسه کار و تأمین اجتماعی

ایمنی کار در عملیات جوشکاری و برشکاری

ویژه بازرسان کار و مسئولین ایمنی

تهیه شده در مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار

بسم الله الرحمن الرحيم

جمهوری اسلامی ایران
وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی
معاونت روابط کار

ایمنی کار در عملیات جوشکاری و برشکاری

ویژه بازرسان کار و مسئولین ایمنی

تهیه‌شده در مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و
بهداشت کار با همکاری دانشگاه صنعتی امیرکبیر

گردآوری: سیداحسان میرصالحی
عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مرکز تحقیقات و تعلیمات
حفاظت فنی و بهداشت کار
چاپ اول
۱۴۰۲

سرشناسه : میرصالحی، سید احسان،
۱۳۵۹-، گردآورنده
عنوان و نام پدیدآور : ایمنی کار در عملیات جوشکاری و برشکاری ویژه
بازرسان کار و مسئولین ایمنی / گردآوری سید احسان میرصالحی؛ تهیه شده در مرکز
تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار با همکاری دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ [برای]
وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی، معاونت روابط کار.
مشخصات نشر : تهران: مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری : ۲۱۵ ص.: مصور (رنگی)، جدول (بخشی رنگی). یادداشت: کتابنامه
شابک: ۲-۵۲-۶۲۰۳-۶۰۰-۹۷۸: رایگان وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا
موضوع : جوشکاری -- پیش‌بینی‌های ایمنی Welding -- Safety measures
موضوع : برشکاری و تراشکاری فلزات -- پیش‌بینی‌های ایمنی Metal-cutting -- Safety measures
موضوع : ایمنی صنعتی Industrial safety
موضوع : محیط کار -- پیش‌بینی‌های ایمنی Work environment -- Safety measures
شناسه افزوده : مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار
شناسه افزوده : دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)
Amir Kabir university of technology (Tehran polytechnic)
شناسه افزوده : ایران. وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی. معاونت روابط کار
رده بندی کنگره : TS ۲۲۷/۸ رده بندی دیویی : ۶۷۱/۵۲
شماره کتابشناسی ملی : ۹۵۰۱۵۷۶ اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا

ایمنی کار در عملیات جوشکاری و برشکاری ویژه بازرسان کار و مسئولین ایمنی

پدیدآورندگان: مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار با همکاری دانشگاه صنعتی امیرکبیر
ناشر: مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار
نوبت چاپ: اول / ۱۴۰۲
ویرایش و آماده‌سازی برای چاپ: موسسه کار و تامین اجتماعی
صفحه‌آرایی: سیدحامد رضوی
قیمت: رایگان
شمارگان: ۵۰ نسخه
ISBN:978-600-6203-52-2
شابک:۹۷۸-۶۰۰-۶۲۰۳-۵۲-۲

مرکز پخش: تهران، بزرگراه آیت الله سعیدی، چهارراه یافت آباد
بلوار معلم، نرسیده به میدان معلم کد پستی: ۱۳۷۱۶۱۳۵۱

کلیه حقوق مادی و معنوی برای این مرکز محفوظ است
و هرگونه سوء استفاده و فروش به غیر پیگرد قانونی دارد.

مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار

فهرست

عنوان	شماره صفحه
سخن معاون روابط کار	أ
مقدمه ناشر	ج
فصل اول: شناخت مبانی روش‌های جوشکاری و برشکاری	۱
۱-۱ مقدمه	۳
۱-۲ آشنایی با برخی از فرایندهای جوشکاری ذوبی	۴
۱-۲-۱ فرایند جوشکاری قوسی الکترود دستی (SMAW)	۴
۱-۲-۲ فرایند جوشکاری قوسی زیرپودری (SAW)	۹
۱-۲-۳ فرایند جوشکاری قوسی با الکترود توپودری (FCAW)	۱۱
۱-۲-۴ فرایند جوشکاری قوسی تحت حفاظت گاز (GMAW)	۱۲
۱-۲-۵ فرایند جوشکاری قوسی گاز تنگستن (GTAW)	۱۴
۱-۲-۶ فرایند جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای (RSW)	۱۵
۱-۲-۷ فرایند جوشکاری پرتو لیزر (LBW)	۱۶
۱-۲-۸ فرایند جوشکاری پرتو الکترونی (EBW)	۱۸
۱-۲-۹ فرایند جوشکاری گازی اکسی‌سوخت (OFW)	۲۰
۱-۳ فرایندهای برشکاری	۲۱
۱-۳-۱ برشکاری توسط اره نواری	۲۲
۱-۳-۲ برشکاری و سایش‌کاری توسط دستگاه فرز دستی	۲۲
۱-۳-۳ برشکاری توسط انواع قیچی	۲۳
۱-۳-۴ برشکاری گازی اکسی‌سوخت (OFC)	۲۳
۱-۳-۵ برشکاری لنس	۲۵
۱-۳-۶ برشکاری با الکترود کربنی و هوا (ACAC)	۲۵
۱-۳-۷ برشکاری قوس پلاسما (PAC)	۲۷
۱-۳-۸ برشکاری و شیارزنی توسط الکترود روپوش‌دار فرایند الکترود دستی	۲۸
۱-۳-۹ برشکاری قوس الکتریکی دستی با الکترود روپوش‌دار توخالی و گاز اکسیژن (اکسی-آرک)	۲۸
۱-۳-۱۰ برشکاری با اشعه لیزر	۲۸

فصل دوم: شناسایی انواع مخاطرات در عملیات جوشکاری و برشکاری	**۳۱**
۲-۱- آشنایی با خطرات جوشکاری و برشکاری	۳۳
۲-۱-۱ خطرات ایمنی جوشکاری	۳۳
۲-۱-۲ خطرات جوشکاری در محیط‌های بسته	۳۴
۲-۱-۳ خطرات گازهای تحت‌فشار	۳۴
۲-۱-۴ خطرات بهداشتی جوشکاری	۳۵
۲-۱-۵ سایر خطرات تهدیدکننده سلامتی	۳۶
۲-۲ اهمیت ایمنی	۳۸
۲-۳- مقررات عمومی، مدیریت و نظارت	۳۹
۲-۳-۱ تنظیمات و نصب	۳۹
۲-۳-۲ مسئولیت‌ها	۳۹

فصل سوم: شناخت مبانی و اصول پیشگیری از حریق در جوشکاری و برشکاری و راه‌های کنترل	**۴۳**
۳-۱ مناطق حاوی مواد قابل‌احتراق	۴۵
۳-۱-۱ شرایط برای برشکاری یا جوشکاری	۴۵
۳-۱-۲ کار قابل‌جابه‌جایی	۴۵
۳-۱-۳ خطرات حریق قابل‌جابه‌جایی	۴۵
۳-۱-۴ کار و خطرات حریق غیرقابل‌جابه‌جایی	۴۵
۳-۲ حفاظت در مقابل آتش	۴۶
۳-۲-۱ خاموش‌کننده‌ها و آب‌پاش‌ها	۴۶
۳-۲-۲ ناظران آتش	۴۶
۲-۲-۳ ناظران آتش اضافی	۴۶
۳-۲-۴ وظایف ناظر آتش	۴۷
۳-۳ مجوز کار داغ	۴۷
۳-۴ جوشکاری یا برشکاری محفظه‌ها	۴۷

فصل چهارم: شناخت مبانی ایمنی برق در عملیات جوشکاری و برشکاری	**۴۹**
۴-۱ مقدمه	۵۱
۴-۲ منابع شوک الکتریکی	۵۲
۴-۳ انتخاب تجهیزات	۵۴
۴-۴ نصب و راه‌اندازی	۵۴
۴-۵ اتصال زمین	۵۴
۴-۶ اتصالات و کابل‌ها	۵۵
۴-۷ کاربری	۵۶
۴-۸ اصلاح و نگهداری	۵۷
۴-۹ عملیات جوشکاری چند قوسه	۵۷
۴-۱۰ اقدامات احتیاطی ویژه برای افراد استفاده‌کننده از باتری قلب	۵۸

فصل پنجم: شناخت اصول ایمنی در کپسول‌ها و سیلندرهای عملیات جوشکاری و برشکاری	**۵۹**
۵-۱ محفظه‌ها و سیلندرهای گاز	۶۱
۵-۱-۱ پُرکردن	۶۱
۵-۱-۲ استفاده و انبارش	۶۱
۵-۱-۳ برداشت گاز	۶۳
۵-۱-۴ ابزارهای آزادسازی فشار	۶۴
۵-۲ سیلندرها و مخازن برودتی	۶۴
۵-۳ رگلاتورها (تنظیم‌کننده‌ها)	۶۵
۵-۴ منیفولدها	۶۶
۵-۴-۱ سیستم‌های لوله‌کشی	۶۶
۵-۵ اکسیژن	۶۷
۵-۶ گازهای سوختنی	۶۸
۵-۶-۱ آتش‌سوزی حاصل از گاز سوختنی	۶۸
۵-۷ گازهای محافظ	۶۹

فصل ششم: آشنایی با قوانین و مقررات و آیین‌نامه حفاظت فنی و بهداشت کار درعملیات جوشکاری و برشکاری ۷۱

۶-۱ مقدمه ۷۳

۶-۲ هدف و دامنه شمول ۷۳

۶-۳ تعاریف ۷۳

۶-۴ مقررات عمومی ۷۴

۶-۵ مقررات مربوط به جوشکاری و برشکاری با گاز ۷۶

۶-۶ مقررات مربوط به عملیات جوشکاری و برشکاری با برق ۷۸

فصل هفتم: آشنایی با اهمیت و لزوم استفاده از وسایل حفاظت فردی در عملیات جوشکاری و برشکاری ۸۱

۷-۱ مقدمه ۸۳

۷-۲ آیین‌نامه وسایل حفاظت فردی وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی ۸۳

۷-۳ محافظت از چشم، صورت و سر ۹۶

۷-۳-۱ الزامات خاص فرایندها ۹۸

۷-۴ محافظت از دست، پا و بدن ۹۹

۷-۵ محافظت شنوایی ۱۰۱

۷-۶ محافظت از تنفس ۱۰۱

فصل هشتم: برخی از حوادث و سوانح رخ داده در عملیات جوشکاری ۱۰۳

۸-۱ مقدمه ۱۰۵

۸-۲ آتش‌سوزی در هنگام جوشکاری مخازن ۱۰۵

۸-۳ ازبین‌رفتن کل یک مغازه مکانیکی پس از آتش‌سوزی ناشی از جوشکاری ۱۰۶

۸-۴ انفجار در کارگاه ۱۰۷

۸-۵ انفجار مرگبار در سکوی نفتی ۱۰۷

۸-۶ آتش‌سوزی در خانه جوشکار حرفه‌ای ۱۰۸

۸-۷ حادثه آتش‌سوزی مرگبار در دو کارخانه واقع در شازند ۱۰۸

فصل نهم: بیماری‌های ناشی از کار در عملیات جوشکاری و برشکاری	**۱۱۱**
۹-۱ مقدمه	۱۱۳
۹-۲ آسیب‌های اسکلتی عضلانی در جوشکاری	۱۱۳
۹-۲-۱ خطرهای اسکلتی عضلانی رایج در عملیات جوشکاری	۱۱۴
۹-۳ عوارض حاد تنفسی	۱۱۷
۹-۳-۱ تحریک گلو و مجاری تنفسی بزرگ‌تر در ریه‌ها	۱۱۷
۹-۳-۲ آسم حاد ناشی از تحریک‌کننده	۱۱۷
۹-۳-۳ تب ناشی از بخار فلز	۷۱۱
۹-۳-۴ ذات‌الریه حاد	۱۱۸
۹-۴ عوارض مزمن بر تنفس	۱۱۸
۹-۴-۱ سرطان ریه	۱۱۸
۹-۴-۲ بیماری انسدادی مزمن ریوی (COPD)	۱۱۸
۹-۴-۳ بیماری معروف به ریه جوشکار	۱۱۸
۹-۴-۴ آسم شغلی	۱۱۹
۹-۵ خفگی در هنگام جوشکاری در یک فضای بسته	۱۱۹
۹-۶ سایر اثرات جوشکاری بر سلامتی	۱۲۲
۹-۶-۱ اثرات پوستی	۱۲۲
۹-۶-۲ اثرات عصبی	۱۲۲
۹-۶-۳ ملانوم چشمی	۱۲۲
۹-۶-۴ چشم قوس‌زده‌شده	۱۲۲
۹-۶-۵ سروصدا و ارتعاش	۱۲۲
فصل دهم: شناخت عوامل زیان‌آور محیط کار در جوشکاری و برشکاری	**۱۲۷**
۱۰-۱ پوشش‌ها	۱۲۹
۱۰-۲ فلز پایه	۱۳۰
۱۰-۳ فلز پُرکننده	۱۳۰
۱۰-۳-۱ فلز پُرکننده جدید	۱۳۰

۱۰-۳-۲ فلز پُرکننده قدیمی ۱۳۰
۱۰-۴ باقی‌مانده محتویات مخازن ۱۳۰
۱۰-۵ کارگران و فرایندهای در مجاورت کار ۱۳۱
۱۰-۶ بررسی جایگزین‌های جوشکاری و برشکاری ۱۳۱
۱۰-۷ برشکاری با جت آب/آب ساینده ۱۳۲

فصل یازدهم: شناخت اصول ایمن حمل بار و انبارش در عملیات جوشکاری و برشکاری ۱۳۳
۱۱-۱ اصول ایمنی در حمل بار ۱۳۵
۱۱-۲ اصول ایمنی انبارش کالا ۱۳۶

فصل دوازدهم: ملاحظات ایمنی خاص فرایندهای مختلف جوشکاری ۱۴۱
۱۲-۱ مقدمه ۱۴۳
۱۲-۲ ملاحظات ایمنی خاص فرایندهای جوشکاری ۱۴۳
۱۲-۲-۱ جوشکاری و برشکاری گازی اکسی سوخت ۱۴۳
۱۲-۲-۲ جوشکاری و برشکاری قوس الکتریکی ۱۴۴
۱۲-۲-۳ جوشکاری مقاومتی ۱۴۴
۱۲-۲-۴ جوشکاری با فرکانس بالا ۱۴۵
۱۲-۲-۵ جوشکاری با پرتو الکترونی ۱۴۵
۱۲-۲-۶ جوشکاری و برشکاری با پرتو لیزر ۱۴۵
۱۲-۲-۷ جوشکاری اصطکاکی ۱۴۵
۱۲-۲-۸ جوشکاری انفجاری ۱۴۶
۱۲-۲-۹ جوشکاری فراصوتی ۱۴۶
۱۲-۲-۱۰ جوشکاری ترمیت ۱۴۶
۱۲-۳ ایمنی در عملیات جوشکاری رباتیک ۱۴۷

فصل سیزدهم: ملاحظات ایمنی مربوط به جوشکاری و برشکاری در شرایط خاص ۱۴۹

۱۳-۱ مسائل ایمنی مربوط به جوشکاری در فضاهای بسته ۱۵۱

۱۳-۱-۱ آیین‌نامه ایمنی کار در فضای بسته وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی ۱۵۱

۱۳-۱-۲ جوشکاری در فضاهای بسته ۱۶۲

۱۳-۲ مسائل ایمنی مربوط به جوشکاری زیر آب ۱۶۳

۱۳-۲-۱ دستورالعمل‌های عملی و ایمن ۱۶۴

۱۳-۲-۲ ارتباطات دوطرفه ۱۶۴

۱۳-۲-۳ تجهیزات الکتریکی ۱۶۴

۱۳-۲-۴ تجزیه‌وتحلیل خطرات شغلی ۱۶۴

۱۳-۲-۵ اجرای کار ۱۶۵

۱۳-۲-۶ بازرسی‌ها و آزمون‌ها ۱۶۵

۱۳-۲-۷ پرسنل پشتیبانی ۱۶۶

۱۳-۳ مسائل ایمنی مربوط به جوشکاری و برشکاری در ارتفاع ۱۶۶

۱۳-۴ جوشکاری و برشکاری روی خطوط لوله و تجهیزات در سرویس ۱۶۸

۱۳-۴-۱ راهنمای ایمنی در عملیات جوشکاری و برشکاری شرکت ملی نفت ایران ۱۶۸

۱۳-۴-۲ طبقه‌بندی شاغلین مرتبط با فرایند جوشکاری در احداث خطوط لوله انتقال گاز و مسائل ایمنی مربوط به هر طبقه ۱۷۲

فصل چهاردهم: اصول تهویه در جوشکاری و برشکاری ۱۸۱

۱۴-۱ مقدمه ۱۸۳

۱۴-۲ تهویه عمومی ۱۸۴

۱۴-۳ تهویه موضعی ۱۸۵

۱۴-۴ جوشکاری در فضای بسته ۱۸۸

فصل پانزدهم: شناخت اصول مدیریت بحران و واکنش در شرایط اضطراری در عملیات جوشکاری و برشکاری ۱۹۱

۱۵-۱ مقدمه ۱۹۳

۱۵-۲ تعریف بحران ۱۹۳

۱۵-۳ مراحل مدیریت بحران ۱۹۴

۱۵-۴ خطرات بهداشتی و ایمنی در محل کار جوشکاری ۱۹۵

۱۵-۵ مدیریت خطرات مرتبط با عملیات جوشکاری ۱۹۵

مراجع ۱۹۶

فصل شانزدهم: مدیریت ریسک در عملیات جوشکاری و برشکاری و چک‌لیست ایمنی ۱۹۷

۱۶-۱ کلیاتی در رابطه با مدیریت ریسک ۱۹۹

۱۶-۲ جایگاه شناسایی خطرات و ارزیابی ریسك در استاندارد ISO45001 ۲۰۰

۱۶-۳ روش‌ها و تکنیک‌های مختلف ارزیابی و مدیریت ریسک ۲۰۱

۱۶-۴ ارزیابی ریسک با تکنیك آنالیز حالات بالقوه شکست و آثار آن (FMEA) ۲۰۲

۱۶-۵ مطالعات موردی ارزیابی ریسک در عملیات جوشکاری ۲۰۳

۱۶-۶ چک‌لیست ارزیابی ایمنی جوشکاری و برشکاری ۲۰۴

فصل هفدهم: برخی از استانداردهای معتبر مربوط به ایمنی در جوشکاری و برشکاری ۲۱۱

۱۷-۱ استانداردهای آمریکایی ۲۱۳

۱۷-۲ استانداردهای اروپایی و بین‌المللی ۲۱۴

مراجع ۲۱۵

سخن معاون روابط کار

امروزه ارتقای فرهنگ ایمنی کار، همواره به‌عنوان مهم‌ترین راهبرد پیشگیری حوادث ناشی از کار شناخته شده و نقشی بی‌بدیل در کاهش هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم ناشی از حوادث و بیماری‌های شغلی ایفا می‌نماید. طبق نظر سازمان بین‌المللی کار، مهم‌ترین اصل در پیشرفت یکپارچه اصول ایمنی و بازتاب آن در محیط کار، توجه به تحقق شعار «انسان سالم، محور توسعه پایدار» است که موجبات ارتقای بهره‌وری و بهبود نظام‌های اقتصادی را فراهم می‌نماید. در همین راستا، بهره‌مندی از محصولات و محتواهای فرهنگی و آموزشی تخصصی یکپارچه و استاندارد ایمنی، یکی از کاربردی‌ترین و مؤثرترین ابزار در امر یادگیری، آموزش و ترویج در مقوله حفاظت فنی و ایمنی کار است که ضمن تحقق آموزش‌های کاربردی و هدفمند، نهایتاً به ایجاد کار شایسته منجر می‌گردد. بدین منظور معاونت روابط کار، با اتخاذ سیاست‌های نوین و به‌روز آموزشی؛ از طریق مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار و به‌واسطه کارشناسان مجرب آن مرکز و با بهره‌مندی از دانش تخصصی اساتید دانشگاهی و متخصصین مراکز علمی و پژوهشی کشور و نیز با حمایت‌های بی‌دریغ جناب آقای دکتر مرتضوی وزیر محترم تعاون، کار و رفاه اجتماعی، اقدام به تهیه و تدوین محتواهای آموزشی یکپارچه، استاندارد و منطبق با نیازسنجی‌های آموزشی و دستورالعمل‌های فنی در زمینه حفاظت فنی و ایمنی نموده است. امید است نتایج و ثمرات این مکتوب که با بهره‌گیری از جدیدترین متون علمی داخلی و بین‌المللی و متناسب با نیاز علوم و فناوری‌های پیشرفته روز تدوین شده است، بتواند در ارتقای سطح دانش ایمنی و آگاهی جامعه کار و تولید کشور مؤثر واقع گردد.

علی حسین رعیتی فرد
معاون وزیر تعاون، کار و رفاه اجتماعی

مقدمه ناشر

بی شک یکی از نشانه‌های بارز توسعه پایدار و دستیابی به کار شایسته در هر کشور، ارتقای فرهنگ ایمنی کار است که با حفظ منابع مادی و معنوی به‌عنوان یک ارزش اجتماعی در کلیه سطوح جامعه مورد توجه قرار می‌گیرد. به طور یقین، دستیابی به چنین هدفی نیازمند رشد همه‌جانبه علمی، فرهنگی و ارتقای بهره‌وری با ترویج فرهنگ ایمنی کار بوده که تهیه و انتشار کتب، دستورالعمل‌های فنی و استانداردهای ایمنی و حفاظت فنی، به‌ویژه اگر از طریق نیازسنجی‌های علمی، دقیق و به‌روز انجام شده باشد، می‌تواند به‌عنوان یکی از راهکارهای مؤثر در ارتقای دانش علمی و تخصصی در این حوزه به شمار آید.

در همین راستا مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار وزارت تعاون کار و رفاه اجتماعی اقدام به خدمت‌رسانی به جامعه کار و تلاش کشور می‌نماید. این مرکز در سال ۱۳۸۸ و در راستای وظایف قانونی آموزشی و پژوهشی خود و رفع خلأ ناشی از کمبود کتب فنی و تخصصی در زمینه ایمنی و بهداشت کار، اقدام به تأسیس واحد انتشارات با هدف هدایت، راهبری و انتشار این کتب در سطح کشور نمود. همچنین این مرکز استانداردسازی منابع آموزشی ایمنی و حفاظت فنی و تدوین دستورالعمل‌های حفاظت فنی و ایمنی را به‌عنوان یک حرکت پویا و نوین باتکیه‌بر آخرین دستاوردهای حوزه ایمنی و حفاظت فنی از طریق بهره‌گیری از دانش اساتید و متخصصان مراکز دانشگاهی، علمی و تحقیقاتی کشور در دستور کار خود قرار داده است. امید است بهره‌مندی از محتواهای آموزشی، دستورالعمل‌ها و منابع علمی جدید، بتواند در ترویج و ارتقای فرهنگ ایمنی کار، افزایش بهره‌وری و کاهش حوادث و بیماری‌های ناشی از کار نقش مؤثری ایفا نماید. در این میان بر خود لازم می‌دانم ضمن تشکر از رئیس محترم مؤسسه کار و تأمین اجتماعی در جهت همیاری در امر چاپ و انتشار این کتاب، از گردآورنده این محتوا و نیز تلاش‌های همکاران ارزشمند خود در مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار که در تولید و تدوین این محتوی آموزشی ما را یاری نموده‌اند، تشکر و سپاسگزاری نمایم. در پایان؛ مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار با چاپ اثر مزبور به‌عنوان نسخه اولیه منتشر شده؛ آمادگی بهره‌مندی مستمر از بازخوردها و نظرات و پیشنهادهای اصلاحی و سازنده کلیه اساتید، متخصصان و فعالین این عرصه؛ به‌منظور به‌روزرسانی و رفع نواقص احتمالی و هرچه پربارتر شدن محتوای آن را خواهد داشت.

حبیب‌اله جلیلی

رئیس مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار

۱

فصل اول

شناخت مبانی روش‌های جوشکاری و برشکاری

شناخت مبانی روش‌های جوشکاری و برشکاری

۱-۱ مقدمه

جوشکاری عبارت از «اتصال موضعی فلزات یا غیرفلزات با یکدیگر از طریق اعمال حرارت، فشار یا هر دو با استفاده از فلز پُرکننده و یا بدون استفاده از آن» است. در هر فرایند جوشکاری، عوامل مختلفی در دستیابی به جوش با کیفیت مطلوب، مؤثرهستند. این عوامل شامل نوع منبع انرژی جهت تولید حرارت، روش محافظت از حوضچه مذاب در برابر اتمسفر، فلز پُرکننده (در صورت لزوم)، تکنیک جوشکاری و غیره می‌باشند.

فرایندهای جوشکاری به دو گروه فرایندهای جوشکاری ذوبی و فرایندهای جوشکاری حالت جامد تقسیم‌می‌شوند.

برخی از متداول‌ترین فرایندهای جوشکاری ذوبی در زیر فهرست شده‌اند:

- جوشکاری قوسی الکترود دستی؛
- جوشکاری قوسی فلزی تحت پوشش گاز محافظ؛
- جوشکاری قوسی توپودری؛
- جوشکاری قوسی تنگستن تحت پوشش گاز محافظ؛
- جوشکاری قوسی زیرپودری؛
- جوشکاری قوسی پلاسما؛
- جوشکاری سرباره الکتریکی؛
- جوشکاری گازی اکسی سوخت؛
- جوشکاری زائده‌ای؛

- جوشکاری با پرتو لیزر؛
- جوشکاری با پرتو الکترونی؛
- جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای.

برخی از متداول‌ترین فرایندهای جوشکاری حالت جامد نیز عبارت‌اند از:

- جوشکاری اصطکاکی؛
- جوشکاری اصطکاکی تلاطمی؛
- جوشکاری انفجاری؛
- جوشکاری اولتراسونیک؛
- جوشکاری نفوذی.

فرایندهای برشکاری برای جداسازی و برداشتن فلزات و سایر مواد مورداستفاده قرار می‌گیرند و به دو صورت حرارتی یا غیرحرارتی هستند. در فرایندهای برشکاری حرارتی، جداسازی یا برداشتن فلز، با استفاده از ذوب کردن، سوزاندن و یا تبخیرکردن فلز صورت می‌پذیرد.

برخی از متداول‌ترین فرایندهای برشکاری در زیر فهرست شده‌اند:

- برشکاری گازی اکسی سوخت؛
- برشکاری با الکترود کربنی؛
- برشکاری قوسی پلاسما؛
- برشکاری مکانیکی.

● ۱-۲ آشنایی با برخی از فرایندهای جوشکاری ذوبی

در صنعت از روش‌های زیادی برای جوشکاری فلزات استفاده می‌شود که یکی از مهم‌ترین انواع این روش‌ها، روش‌های جوشکاری با قوس الکتریکی می‌باشد. در ادامه به برخی از مهم ترین روش‌های قوسی اشاره می‌شود:

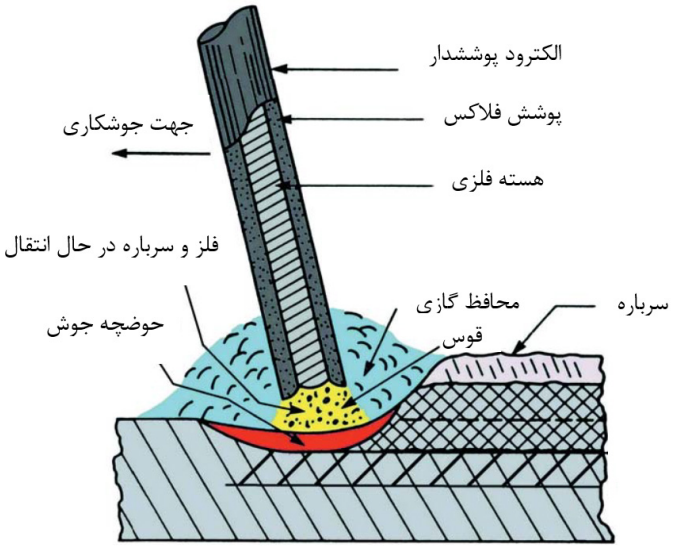
■ ۱-۲-۱ فرایند جوشکاری قوسی الکترود دستی[1] (SMAW)

فرایند جوشکاری قوسی الکترود دستی یکی از متداول‌ترین و ساده‌ترین روش‌هایی است که در صنعت به کار می‌رود. در محاورات فنی، این روش به نام جوش برق یا دستی (با الکترود) خوانده می‌شود.

حرارت با برقرارکردن قوس الکتریکی بین یك الکترود روکشدار و فلز پایه[2] ایجاد می‌شود (فلزات پایه قطعاتی را گویند که باید به هم متصل گردند). در جریان جوشکاری فلز پایه و فلز الکترود ذوب می شوند.

1- Shielded Metal Arc Welding
2- Base metal

با ذوب فلز الکترود، الکترود روکشدار مصرف می‌شود. فلز الکترود تبدیل به مادهٔ پرکننده میشود و قسمتی از روکش به سرباره جوشکاری تبدیل می‌شود و قسمتی از آن می‌تواند به گاز محافظ تبدیل گردد. تصویر این فرایند، در شکل ۱-۱ نشان داده شده است.



شکل ۱-۱: فرایند جوشکاری قوسی الکترود دستی

تجهیزات فرایند SMAW نسبتاً ساده است. از منبع قدرت، دو کابل خارج شده است. یکی به انبر الکترودگیر و دیگری به قطعه کار متصل می‌گردد که در اثر ایجاد قوس الکتریکی بین نوك الکترود و قطعه کار، حرارت لازم جهت ذوب تأمین می‌شود.

دستگاه‌های جوشکاری، جریان الکتریکی موردنیاز را برای تشکیل قوس الکتریکی تأمین می‌نمایند (جدول ۱-۱). دستگاه‌های جوشکاری به دو دسته مولدها و مبدل‌ها تقسیم می‌گردند.

دستگاه جوشکاری از نوع مولد، جریان موردنیاز را خود تولید نموده و معمولاً در مکان‌هایی که دسترسی به برق شهری نباشد مورداستفاده قرار می‌گیرد. دستگاه‌های مولد عبارتند از:

۱. موتورژنراتور احتراقی (بنزینی و گازوئیلی)؛
۲. موتورژنراتور الکتریکی (دینام).

دستگاه‌های مبدل، جریان الکتریکی برق شهر را به جریان موردنیاز جوشکاری تبدیل می‌نمایند این دستگاه‌ها عبارت‌اند از:

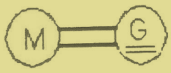
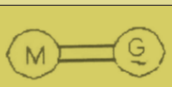
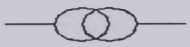
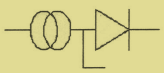
۱. دستگاه ترانس؛
۲. دستگاه ترانس رکتیفایر؛
۳. دستگاه اینورتر.

دو نوع نمودار ولت-آمپر در دستگاه‌های جوشکاری بکار می‌رود. نمودار شدت جریان ثابت و نمودار ولتاژ ثابت.

الف) نمودار ولت-آمپر از نوع جریان ثابت:

در دستگاه‌هایی که از نوع شدت‌جریان ثابت (Constant Current) یا (C.C) هستند، با تغییرات طول قوس (به فاصله نوک الکترود تا فلز مبنا در حین جوشکاری طول قوس گویند) در حین جوشکاری، مقاومت قوس تغییر نموده و باعث نوسانات در ولتاژ و آمپر می‌گردد. تغییرات آمپر با نوسانات کم طول قوس بسیار شدید است و باعث می‌گردد با تغییرات طول قوس قدرت قوس کم‌وزیاد شود. برای رفع این مشکل دستگاه‌های جدید، مجهز به سیستم حسگر آمپر می‌باشند. وقتی آمپر روی مقداری خاص تنظیم شود، در هنگام جوشکاری با تغییرات طول قوس، حسگر جلوی نوسانات آمپر را گرفته و مقدار آمپر تقریباً ثابت می‌ماند. نمودار ولت-آمپر این دستگاه‌ها از نوع نزولی با شیب نزولی تند می‌باشد و به آن‌ها دستگاه‌های شدت جریان ثابت گفته می‌شود.

جدول ۱-۱: علامت مشخصه دستگاه‌های جوش و نوع جریان خروجی آنها

نام دستگاه	علامت مشخصه	نوع جریان برق خروجی
موتورژنراتور		جریان مستقیم (DC)
		جریان متناوب (AC)
ترانس		جریان متناوب (AC)
ترانس رکتیفایردار (رکتیفایر)		جریان مستقیم (DC)
		جریان مستقیم و متناوب
اینورتر		جریان مستقیم و متناوب

همان‌طور که در شکل ۱-۲ مشاهده می‌شود با تغییرات طول قوس، میزان نوسانات آمپر بسیار کم می‌باشد و در حدود ۸-۵ آمپر می‌باشد.

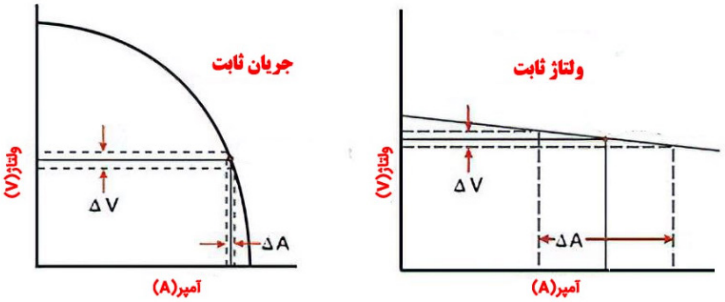
دستگاه‌های قوس الکتریکی الکترود دستی و جوشکاری قوسی گاز تنگستن (تیگ)، از نوع دستگاه‌های شدت‌جریان ثابت می باشد.

با ادغام منحنی ولت-آمپر قوس و منحنی ولت-آمپر دستگاه، محدوده کاری قوس مشخص می‌گردد.

ب) نمودار ولت-آمپر از نوع ولتاژ ثابت:

دستگاه‌های جوشکاری قوسی گاز فلز (میگ‌مگ) و توپودری، از نوع ولتاژ ثابت (Constant Voltage) یا (C.V)هستند.

در این دستگاه‌ها تغییرات طول قوس سریعاً جبران شده و قوس اثر خود تنظیمی دارد. در این دستگاه‌ها ولتاژ از روی دستگاه تنظیم شده و آمپر در ارتباط با سرعت تغذیه سیم است. با افزایش سرعت تزریق سیم، آمپر زیاد شده و با کاهش آن آمپر کم می‌شود. در شکل زیر منحنی ولت-آمپر دستگاه‌های ولتاژ ثابت و جریان ثابت نشان داده شده است.



شکل ۱-۲: منحنی ولت-آمپر برای دستگاه‌های جریان ثابت و ولتاژ ثابت.

در فرایند SMAW، جوشکار قادر است با افزایش یا کاهش طول قوس میزان سیالیت حوضچه مذاب را کنترل نماید.

به‌هرحال افزایش بیش از حد طول قوس موجب افت درجه حرارت حوضچه مذاب به دلیل کاهش تمرکز قوس می‌گردد. از طرفی طول قوس بلند سبب کاهش پایداری قوس و ایجاد اختلال در حفاظت حوضچه مذاب می‌شود.

جوشکاران خبره عموماً مایل به استفاده از دستگاه‌هایی با شیب تخت به‌منظور دستیابی به کنترل بیشتر هستند. در حالی که جوشکاران مبتدی به دلیل عدم توانایی در ثابت نگاه داشتن طول قوس، مایل به استفاده از دستگاه‌هایی با شیب تند هستند تا مشخصات حوضچه مذاب کمتر دستخوش تغییر گردد. اخیراً منابع قدرتی ساخته شده‌اند که کوچك و سبك بوده و به راحتی توسط جوشکار به محل کار حمل می‌شوند.

روکش الکترود، موادی گل مانند است که مخلوطی از سیلیکات‌ها و مواد دیگری مانند فلورایدها، کربنات‌ها، اکسیدها، آلیاژهای فلزی و سلولز است. یك روکش، یکی یا چند تا از وظایف زیر را به عهده دارد:

۱. با ایجاد سپر گازی، هوا را جدا ساخته، قوس و الکترود ذوب شده را محافظت می‌کند؛
۲. مواد دیگری مانند احیاء کننده‌ها را وارد فلز جوش کرده و کیفیت آن را بهبود می‌بخشد؛
۳. با ایجاد یك روکش از سرباره جوشکاری روی حوضچه مذاب و جوش تازه منجمد شده، آن‌ها را در مقابل اکسیژن، هیدروژن و نیتروژن هوا محافظت می‌کند و ضمناً مانع سرد شدن سریع جوش می‌گردد؛
۴. باعث پایداری قوس می‌شود؛
۵. می‌توان به‌وسیله آن عناصر آلیاژی را به فلز جوش اضافه نمود؛
۶. با کمک ویسکوزیته‌ای که دارد شکل گرده را منظم می‌کند؛
۷. کاهش‌دهنده پاشش فلز جوش به اطراف بوده و عمل رسوب فلز را به حوضچه تسهیل می‌کند؛
۸. بر روی میزان نفوذ قوس تأثیر دارد.

در زیر به مزایای فرایند SMAW اشاره شده است:

- روکش الکترود، مانع از اکسیدشدن فلز جوش و حوضچه در طول جوشکاری می‌شود؛
- شروع به کارِ ساده‌تر و سریع‌تر فرایند؛
- تجهیزات ساده، ارزان و قابل‌حمل این فرایند (برای موارد جزئی و کم)؛
- عدم نیاز به پودر جوشکاری و گازهای محافظ کمکی (چون خود روکش این عمل محافظت را انجام می‌دهد)؛
- داشتن حساسیت کمتر به باد و کوران هوا در مقایسه با فرایندهای تحت پوشش گاز؛
- کاربردی برای اغلب فلزات و آلیاژها مثل فولادهای کم‌کربن، فولادهای کم‌آلیاژ، فولادهای زنگ نزن، چدنها، مس و آلیاژهای آن، نیکل و آلیاژهای آن و برخی آلیاژهای آلومینیوم؛
- اولین آشنایی هر جوشکار با فرایند جوشکاری توسط SMAW است و لذا ملاحظات و عیوب این فرایند را به‌خوبی می‌شناسد (تجربه کاری زیاد جوشکار در این زمینه).

محدودیت‌های فرایند SMAW نیز در زیر آورده شده است:

- از آن جایی که حرارت قوس در این فرایند بسیار بالا است، لذا استفاده از این فرایند برای جوشکاری فلزات زود ذوب مانند سرب (Pb)، قلع(Sn)، روی(Zn) و آلیاژهای آن‌ها مناسب نیست؛
- برای جوشکاری فلزات واکنشی و فعال مانند تیتانیم (Ti)، کلمبیم (Cb)، زیرکونیم(Zr) و تانتالیوم (Ta) استفاده نمی‌گردد، چون پوشش محافظ آن برای جلوگیری از اکسید شدن سطح جوش آن‌ها مناسب نمی‌باشد؛
- آمپراژ بیش از حد مجاز سبب بیش از حد گرم‌شدن الکترود و شکسته‌شدن پوشش الکترود می‌گردد. این موضوع سبب تغییر خصوصیات و پایداری قوس و مشکلات در ایفای نقش محافظتی روکش از حوضچه

مذاب گشته و عیوبی را در جوش ایجاد می‌کند و به دلیل همین محدودیت‌ها و وجود پاشش[1] زیاد، در مقایسه با سایر فرایندهای جوشکاری مانند WAMG، نرخ رسوب در WAMS معمولاً پایین‌تر است؛

- درصد برقراری قوس نسبت به کل زمان جوشکاری (سیکل کاری فرایند) و نرخ رسوب در WAMS معمولاً پایین‌تر از فرایندهایی با تغذیه مداوم الکترود یا سیم جوش (مانند WAMG و WACF) است؛
- هنگامی‌که طول مشخصی از الکترود مصرف شد، جوشکار باید الکترود را دور بیندازد و ته‌مانده آن را از الکترودگیر درآورده و الکترود دیگری را جایگزین آن کند که هزینه مواد مصرفی را بالا می‌برد و هر بار آغاز و پایان جوشکاری، خواص مکانیکی جوش را پایین می‌آورد (در مقایسه با روش‌های جوشکاری پیوسته مثل WAMG) و زدایش سرباره‌ها نیز زمان‌بر است؛
- با درنظرگرفتن فاکتورهای اقتصادی، این فرایند برای ضخامت‌های بین ۳/۲ تا ۸۳ میلیمتر کاربرد دارد و برای ضخامت‌های بیشتر از این، فرایندهای پیوسته‌ای نظیر WAMG یا WACF توجیه اقتصادی بهتری دارند. در ضمن برای ضخامت‌های کمتر از ۱/۶ میلیمتر، قبل از این‌که حوضچه جوشکاری ایجاد شود، فلز پایه ذوب شده و متلاشی خواهد شد؛
- وجود دود (بخارات) حاصل از جوشکاری؛
- نیازمندی به مهارت سطح بالای جوشکار دستی؛
- راندمان رسوب (درصدی از فلز الکترود که به فلز جوش تبدیل می‌شود) پایین؛
- نرخ رسوب‌گذاری (مقدار فلز رسوب داده شده در واحد زمان) پایین.

■ ۱-۲-۲ فرایند جوشکاری قوسی زیرپودری[2] (SAW)

در جوشکاری به روش زیرپودری، ماده حفاظت‌کننده، به‌صورت یك لایه پودری در روی درز ریخته می‌شود، سپس قوس الکتریکی توسط الکترود لخت در زیر این پودر برقرار می‌گردد. در حین جوشکاری، قوس زیرپودر برقرار شده و دیده نمی‌شود.

الکترود فلزی بدون روکش که در این نوع جوشکاری از آن استفاده می‌گردد، به مصرف پُر کردن درز می‌رسد. انتهای الکترود، به طور دائم به وسیله پودر ذوب شده‌ای که روی آن لایهٔ دیگری از پودر ذوب نشده به صورت دانه‌ای قرار دارد، حفاظت می‌گردد.

پودر که مشخصهٔ این روش جوشکاری است، روکشی ایجاد می‌کند که اجازه می‌دهد عمل جوشکاری بدون پراکندگی، جرقه‌زدن یا ایجاد دود انجام پذیرد. پودر دانه‌ای به طور خودکار روی خط جوش و در پیشاپیش الکترود، که در حال حرکت به جلو می‌باشد، قرار می‌گیرد. این ماده، حوضچه مذاب را در مقابل گازهای هوا محافظت می‌نماید، به تمیزی فلز جوش کمك می‌کند و در ضمن ترکیب شیمیایی فلز جوش را نیز بهبود می‌بخشد.

1- Spatter
2- Submerged Arc Welding

جوشکاری به روش قوس الکتریکی زیرپودری اغلب برای جوش فولاد مورداستفاده قرار می‌گیرد.

در جوشکاری به روش زیر پودری، ماده حفاظت‌کننده، به‌صورت يك لايه پودری در روی درز جوشکاری ریخته می‌شود، سپس قوس الکتریکی توسط الکترود بدون پوشش در زیر این پودر برقرار می‌گردد. در حین جوشکاری، قوس زیرپودر برقرار شده و دیده نمی‌شود.

الکترود فلزی بدون روکش که در این نوع جوشکاری از آن استفاده می‌گردد، به مصرف پُر کردن درز می‌رسد. انتهای الکترود، به طور دائم به وسیله پودر ذوب شده‌ای که روی آن لایه دیگری از پودر ذوب نشده به صورت دانه‌ای قرار دارد، حفاظت می‌گردد. پودر که مشخصهٔ این روش جوشکاری است، روکشی ایجاد می‌کند که اجازه می‌دهد عمل جوشکاری بدون پراکندگی، جرقه‌زدن یا ایجاد دود انجام پذیرد. پودر دانه‌ای به طور خودکار روی خط جوش و در پیشاپیش الکترود، که در حال حرکت به جلو می باشد، قرار می‌گیرد. این ماده، حوضچه مذاب را در مقابل گازهای هوا محافظت می‌نماید، به تمیزی فلز جوش کمك می‌کند و در ضمن ترکیب شیمیایی فلز جوش را نیز بهبود می‌بخشد.

مزایای این فرایند عبارت‌اند از:

۱. به دلیل نرخ رسوب نشانی بالای این روش، برای لایه نشانی و یا انجام ترمیم‌های سطحی بسیار مناسب است؛

۲. در شرایطی که افزایش مقاومت به خوردگی سطحی و مقاومت به سایش موردنیاز است، این روش کاملاً مقرون‌به‌صرفه و مورد اطمینان می‌باشد؛

۳. می‌توان مهم‌ترین مزیت روش زیرپودری را در نرخ رسوب بالای آن خلاصه کرد. این روش راندمان بسیار بالاتری نسبت به سایر فرایندهای متداول‌تر دارد؛

۴. این روش محافظت بالایی را برای اپراتور تأمین می‌نماید چرا که در حین جوشکاری هیچ قوس قابل رویتی وجود ندارد و بنابراین اپراتور می‌تواند کنترل جوش را بدون اینکه نیاز به استفاده از لنزهای فیلتر یا لباس‌های محافظ سنگین داشته باشد، به‌عهده بگیرد؛

۵. قابلیت نفوذ این روش بالا است.

معایب این فرایند نیز عبارت‌اند از:

۱. عمده‌ترین محدودیت روش زیرپودری در این است که فقط در موقعیت‌هایی قابل‌اجرا است که پودر محافظ مطابق طرح اتصال بتواند وظیفه خود را به درستی انجام دهد (معمولاً وضعیت‌های تخت و افقی) در سایر وضعیت‌های جوشکاری، برای اجرای مناسب این روش نیازمند بکارگیری تجهیزات جانبی هستیم؛

۲. برای قراردادن تجهیزات و قطعات جوشکاری، به قید و بندهای زیادی نیاز است؛

۳. سطح نهایی جوش لایه‌ای از سرباره منجمد شده دارد که بایستی برداشته شود؛

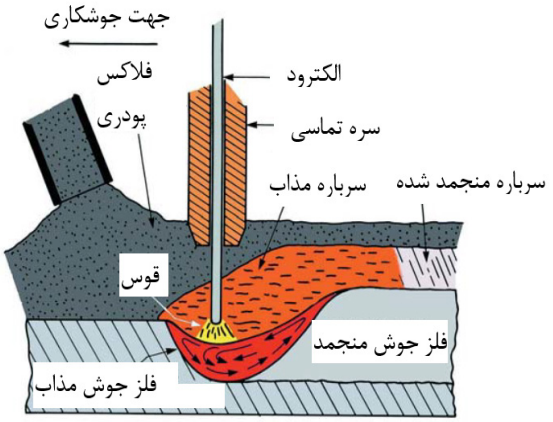
۴. چنانچه متغیرهای جوشکاری به طور مناسبی تنظیم نشده باشد، روند جوشکاری به‌گونه‌ای پیش خواهد رفت که جدا کردن سرباره دشوار خواهد شد؛

۵. امکان دیدن قوس و محدوده کاری وجود ندارد. معمولاً توصیه می‌شود که قبل از انجام جوشکاری پس از تنظیم دستگاه و موقعیت قیدوبندها یک‌بار ابزار جوشکاری در طول مسیر خط جوش تا انتهای قطعه به حرکت درآید تا مسیر قبل از اجرای عملیات جوشکاری کنترل شده باشد. چنانچه قوس برقرار شده در جوشکاری مستقیم هدایت نشود می‌تواند منجر به بروز عیب ذوب ناقص در قطعه شود؛

۶. هنگام استفاده از پودرهای دانه‌بندی شده، مشابه الکترودهای SMAW کم هیدروژن، مراقبت در برابر هیدروژن لازم است. در این حالت بایستی پودر جوشکاری کاملاً در برابر ورود رطوبت و هیدروژن حفاظت شود. ممکن است نیاز باشد که بسته‌های پودر جوشکاری قبل از استفاده در محل نگهداری (انبار) درون محفظه‌های گرمایی نگهداری شوند. چنانچه پودرها نم‌دار باشند می‌تواند منجر به ایجاد حفرات در جوش و ترک‌های زیر لایه‌ای گردد؛

۷. یکی از مشکلات ساختاری این فرایند بروز ترک‌های انجمادی است. این عیب زمانی رخ می‌دهد که شرایط قطعه جوشکاری به گونه‌ای است که نسبت پهنا به عمق نفوذ زیاد باشد. در این شرایط اگر نسبت پهنای هر لایه از جوش نسبت به عمق نفوذ خیلی زیاد باشد یا بصورت عکس اتفاق بیفتد، ممکن است ترک‌های ناشی از انقباض در مرکز خط جوش حین انجماد منطقه مذاب رخ دهند.

تصویر این فرایند، در شکل ۱-۳ نشان داده شده است.



شکل ۱-۳: فرایند جوشکاری قوسی زیر پودری

■ ۱-۲-۳ فرایند جوشکاری قوسی با الکترود توپودری[1] (FCAW)

در این روش از الکترود ممتد فلزی استفاده می‌شود که این الکترود لوله‌ای شکل بوده و مواد پودری محافظ را در داخل خود دارا است. این ماده همان نقش را به عهده دارد که روکش در روش جوش الکترود دستی و یا پودر در روش جوش زیرپودری به عهده داشتند.

1- Flux Cored Arc Welding

در مورد مفتول‌های قرقره پیچ، حفظ روکش بر روی سیم امکان ندارد، به این جهت به‌وسیلهٔ پودر مغزی تامین می‌گردد، اما حفاظت بیشتر اغلب به وسیلهٔ گاز CO_2 انجام می‌گیرد.

■ ۴-۲-۱ فرایند جوشکاری قوسی تحت حفاظت گاز[1] (GMAW)

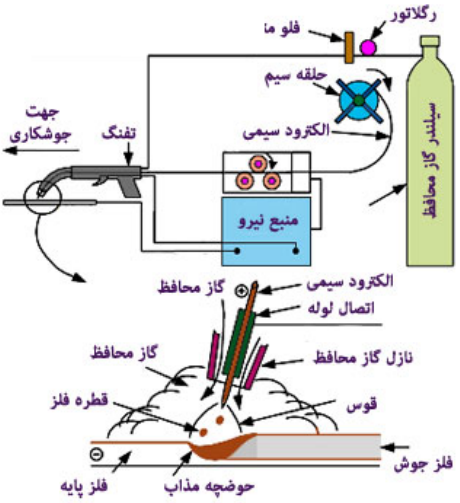
قاعدهٔ کلی جوشکاری GMAW (میگ و مگ) بر این است که یك سیم جوش فلزی از طریق تفنگ فرایند تغذیه شده و توسط قوس ذوب می‌شود. از این سیم جوش به عنوان الکترود انتقال‌دهندهٔ جریان و به عنوان فلز پُرکننده استفاده می‌شود. انرژی الکتریکی قوس، توسط یك منبع تغذیهٔ جوشکاری تامین می‌شود. قوس و حوضچه جوش مذاب توسط یك گاز محافظ خنثی یا فعال محافظت می‌شوند. گاز خنثی، گازی است که با مواد مذاب واکنش نمی‌دهد که آرگون و هلیم از آن جمله‌اند. از سوی دیگر، گاز فعال، گازی است که در واکنش‌های شیمیایی قوس و مواد مذاب مشارکت می‌کند. آرگونی که شامل مقدار کمی دی اکسید کربن یا اکسیژن باشد، نمونه ای از گاز فعال است. جهت انجام بهینهٔ جوشکاری، بسیار مهم است که تمام پارامترهای جوشکاری به درستی تنظیم شده باشند. ولتاژ، سرعت تغذیه سیم جوش و جریان گاز محافظ، نمونه‌هایی از این پارامترها هستند.

جوشکاری قوسی تحت حفاظت گاز (GMAW) اغلب به نام جوشکاری میگ، مگ (MIG/MAG) معروف است. در این فرایند، حرارت لازم برای ذوب فلز پایه و الکترود از طریق تشکیل قوس الکتریکی بین آنها تأمین می‌گردد. الکترود در این فرایند سیمی است که به‌صورت دائم و با یك سرعت معین به حوضچه جوش تغذیه می‌گردد و به عنوان فلز پُرکننده مصرف می‌گردد. قوس الکتریکی حوضچه جوش و مناطق حرارت‌دیده اطراف توسط یك گاز محافظ یا مخلوطی از گازها که از سر گان جوشکاری خارج می‌شود محافظت می‌گردد. گاز محافظ باید به طور کامل فلز جوش را محافظت کند. ورود هوا می‌تواند باعث آلودگی فلز جوش شود.

در روش GMAW از دو نوع گاز بی‌اثر و فعال می‌توان استفاده کرد. در صورت استفاده از گاز محافظ بی‌اثر مثل آرگون و هلیوم به این فرایند MIG و در صورت استفاده از گاز فعال مثل CO_2 به این فرایند MAG گفته می‌شود.

شماتیک کلی این فرایند در شکل ۱-۴ نشان داده شده است.

1- Gas Metal Arc Welding



شکل ۱-۴: شماتیک فرایند جوشکاری GMAW

مزیت اصلی این فرایند نسبت به جوشکاری قوسی الکترود دستی، سرعت بیشتر و نرخ رسوب بالاتر است که اساساً مربوط به موارد زیر می‌باشد:

الف) تغذیه سیم به طور مداوم است. به‌طوری‌که نیاز به توقف جوشکاری جهت تعویض الکترود نمی‌باشد. درصورتی‌که در جوشکاری با الکترود دستی نیاز به توقف برای تعویض الکترود می‌باشد؛

ب) در این فرایند نیاز به برطرف‌کردن سرباره از سطح جوش نیست زیرا سرباره‌ای وجود ندارد. در صورتی‌که در جوشکاری با الکترود دستی، سرباره بایستی از سطح جوش برطرف گردد؛

ج) با استفاده از سیم جوش با قطر کمتر نسبت به الکترود جوشکاری الکترود دستی و باتوجه‌به اینکه در این فرایند به شدت‌جریان بیشتری نیاز است، این فرایند در نتیجه نرخ رسوب جوش بیشتری انجام می‌گیرد؛

د) در این روش هیدروژن کمتری جذب فلز جوش می‌شود که برای فولادهای حساس به ترك هیدروژنی امری مهم است؛

و) امکان جوشکاری ورق‌های کمتر از ۲ میلیمتر وجود دارد؛

ه) این فرایند قابل خودکارسازی است؛

ز) آموزش جوشکاری در این فرایند نیاز به زمان کمتری دارد.

معایب فرایند میگ‌مگ نیز به شرح زیر است:

الف) تجهیزات جوشکاری این فرایند پیچیده‌تر بوده، قیمت بالاتری داشته و کمتر قابل حمل‌ونقل است؛

ب) در این فرایند، گان بایستی همواره به سطح قطعه کار نزدیك باشد؛ بنابراین در جوشکاری محل‌هایی که دسترسی به آن مشکل است، قابلیت جوشکاری میگ‌مگ نسبت به روش الکترود دستی کمتر است؛

ج) در این فرایند احتمال ترك در جوشکاری فولاد قابل سخت‌شدن وجود دارد، چون سرباره‌ای وجود ندارد تا سرعت سردشدن را کاهش دهد؛

د) در جوشکاری میگ‌مگ نیاز به حفاظت قوس در مقابل جریان باد است؛ زیرا وزش باد باعث پراکنده شدن گاز محافظ از سطح حوضچه جوش و در نتیجه آلودگی فلز جوش می‌شود.

■ ۱-۲-۵ فرایند جوشکاری قوسی گاز تنگستن[1] (GTAW)

در این فرایند از یك الکترود تنگستن (یا آلیاژ تنگستن مصرف‌نشدنی) که در تورچ قرار می‌گیرد استفاده می‌شود. گاز محافظ از طریق تورچ تغذیه می شود تا بدین وسیله از الکترود، حوضچهٔ مذاب و سیم جوش در حال انجماد، در مقابل آلودگی هوا و جذب ناخالصی‌ها، محافظت شود. قوس الکتریکی، توسط مسیری از جریان الکتریکی از میان گاز محافظ رسانا و یونیزه، ایجاد می‌گردد. قوس بین نوك الکترود و قطعهٔ کار پدید می‌آید و گرمای تولید شده توسط قوس، فلز پایه را ذوب می‌کند. هنگامی که قوس و حوضچهٔ جوش تشکیل شدند، تورچ در امتداد اتصال، حرکت داده می‌شود و قوس نیز سطح تماس را ذوب می‌کند. در صورت استفاده از سیم جوش (فلز پرکننده)، نوك آن در معرض حرارت قوس قرار می‌گیرد تا ذوب گردد و معمولاً آن را به لبهٔ جلویی حوضچهٔ جوش اضافه می‌کنند تا منافذ اتصال پُر شوند.

مزایای فرایند جوشکاری گاز تنگستن (تیگ) به‌صورت زیر است:

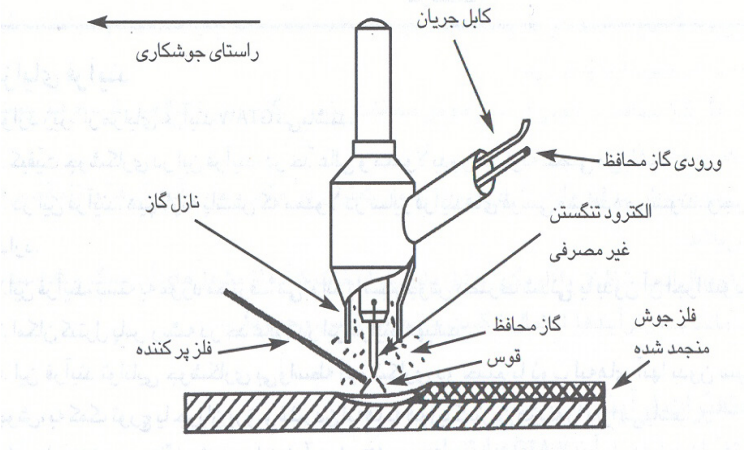
۱. حاصل این فرایند، جوش با کیفیت بالا و بدون عیب است؛
۲. این فرایند بدون پاشش جرقه است در صورتی که فرایندهای دیگر قوسی با پاشش جرقه همراه هستند؛
۳. در این فرایند قطعات را می‌توان با استفاده از سیم جوش و یا بدون آن جوشکاری کرد؛
۴. این فرایند کنترل عالی در نفوذ جوش پاس ریشه را امکان‌پذیر می‌سازد؛
۵. جوشکاری ورق‌های نازك را می‌توان با سرعت بالا انجام داد؛
۶. این فرایند اجازه کنترل دقیق بر روی شکل گرده جوش را می‌دهد؛
۷. این فرایند می‌تواند برای جوشکاری اکثر فلزات و همچنین جوشکاری فلزات غیرمشابه استفاده شود؛
۸. در این فرایند منبع گرما و افزودن فلز پُرکننده به‌صورت مستقل کنترل می‌شود؛
۹. این فرایند در همه وضعیت‌ها قابل اجرا می‌باشد؛
۱۰. دود بسیار کمی از فرایند ایجاد می‌شود.

موارد زیر نیز برخی از محدودیت‌های فرایند جوشکاری تیگ است:

۱. نرخ رسوب در این فرایند کمتر از روش‌های دیگر جوشکاری با الکترود مصرف‌شدنی است؛
۲. این روش نیاز به مهارت بالای جوشکاری نسبت به فرایندهای دیگر دارد؛
۳. این روش برای جوشکاری ورق‌های ضخیم‌تر از ۱۰ میلیمتر مقرون‌به‌صرفه نیست؛
۴. در این روش، محافظت مناسب از حوضچه مذاب جوش در محیطی که باد می‌وزد، مشکل است.

1- Gas Tungsten Arc Welding

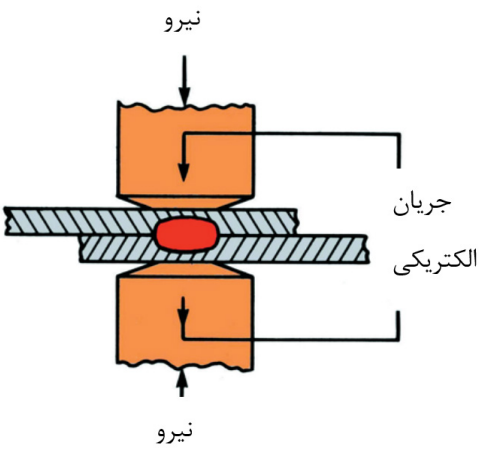
تصویر اجزای این فرایند، در شکل ۱-۵ نشان داده شده است.



شکل ۱-۵: فرایند جوشکاری قوسی گاز تنگستن

■ ۱-۲-۶ فرایند جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای[1] (RSW)

جوشکاری نقطه‌ای مقاومتی (RSW) شامل اعمال جریان جوش از طریق الکترودهایی است که جریان و فشار را در ناحیه جوش متمرکز می‌کنند. دکمه جوش در محلی که الکترودها قرار دارند و در سطح تماس دو ورق ایجاد می‌شود. شکل ۱-۶ این فرایند را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۶: نمایش شماتیک فرایند جوشکاری مقاومتی نقطه‌ای

1- Resistance Spot Welding

الکترودهای مورداستفاده در جوشکاری نقطه‌ای نه‌تنها جریان جوش را به قطعه کار هدایت می‌کنند، بلکه نیروی فشاری را نیز منتقل می‌کنند و گرما را از ناحیه جوش انتقال می‌دهند، زیرا الکترودها از داخل توسط آب خنک می‌شوند. الکترودها معمولاً از آلیاژ مس ساخته می‌شوند و دارای یک بدنه استوانه‌ای و یک نوک مخروطی یا گنبدی هستند. کمتر از یک ثانیه طول می‌کشد تا یک جوش واحد با تجهیزات صنعتی انجام شود.

مزایای استفاده از این فرایند به شرح زیر است:

۱. دارابودن بالاترین تمرکز حرارتی (حدود ۹۵٪)؛
۲. عدم نیاز به مواد مصرفی، گاز محافظ و فلز پُرکننده؛
۳. دارای کمترین اتلاف انرژی در بین فرایندهای مختلف جوشکاری؛
۴. از نظر محیط‌زیستی فرایندی کاملاً سالم است.

معایب این فرایند نیز در ادامه آمده است:

۱. برای فلزاتی که هدایت حرارتی و الکتریکی بالایی دارند مشکل است و نیاز به دستگاه‌های مخصوص با تمهیداتی خاص دارد؛
۲. فلزاتی که در برابر سریع سردشدن و گرم‌شدن حساس هستند، نیاز به دستگاه مخصوص خواهند داشت؛
۳. بیشترین ضخامت قابل جوشکاری ۳ تا ۴ میلیمتر است.

عمده‌ترین کاربرد این روش در اتصالات ورق‌های بدنه خودرو، صنایع خانگی، تولیدات ساختمانی و به‌صورت محدود در صنایع هواپیمایی است.

■ ۱-۲-۷ فرایند جوشکاری پرتو لیزر[1] (LBW)

جوشکاری پرتو لیزر (LBW) یک فرایند جوشکاری ذوبی است که با بمباران فلز پایه با پرتو نوری با چگالی توان بالا، ذوب را انجام می‌دهد. مقداری از انرژی نور منعکس می‌شود؛ اما انرژی نوری که جذب می‌شود باعث ارتعاش سریع اتم‌های فلز می‌شود و این ارتعاش سریع، انرژی فوتون‌های نور را به انرژی گرمایی تبدیل می‌کند. پرتو لیزر، از یک پرتو متمرکز نور منسجم و تک رنگ در بخش فرکانس مادون قرمز یا فرابنفش طیف تابش الکترومغناطیسی تولید می‌شود. بنابراین، پرتو در اکثر کاربردهای جوشکاری نامرئی است.

به‌طورکلی فلزات و آلیاژهایی که قابلیت جوشکاری با این فرایند را دارند عبارت‌اند از: سرب، مس، فلزات نجیب، آلومینیوم، تیتانیوم و آلیاژهای این فلزات نظیر مولیبدن، فولاد گرم‌کار کم‌کربن و کربنی، فولادهای با استحکام بالای کم‌آلیاژ، فولادهای زنگ‌نزن و آلیاژهای نسوز پایه نیکل و پایه آهن. از این فرایند در صنایع اتومبیل سازی، هواپیما سازی و صنایع فضایی و همچنین صنایع الکتریک در سطح بسیار وسیعی استفاده می‌شود.

1- Laser Beam Welding

مزایای فرایند جوشکاری با اشعه لیزر عبارت‌اند از:

۱. بدون‌تماس‌بودن فرایند باعث حذف برخی آسیب‌ها مخصوصاً در جوشکاری ورق‌های نازک می‌شود؛

۲. به علت ضروری‌نبودن تماس، در موقعیت‌های منحصربه‌فردی که تنها راه دسترسی به منطقه جوش فقط یک خط دید نازک است می‌توان عمل جوشکاری را انجام داد؛

۳. چون منطقه جوش و حجم حوضچه بسیار کوچک است حرارت وارد شده به قطعه و خسارات ناشی از آن در کمترین حد ممکن است؛

۴. توان بالای اشعه، امکان جوشکاری فلزات و آلیاژهای سازگار از نظر متالورژیکی و متفاوت از نظر خواص فیزیکی و مکانیکی را فراهم آورده است. در این فرایند ممکن است قطعات از نظر جرم، ابعاد و مقاومت الکتریکی بسیار متفاوت باشند؛

۵. این فرایند نیاز به خلأ ندارد؛ چون پرتو لیزر قادر است از هوا عبور کند بدون اینکه افت محسوسی در انرژی آن ایجاد شود؛

۶. به علت قابلیت تمرکز بسیار بالای پرتو، می‌توان جوش‌های نقطه‌ای با ابعاد بسیار کوچک (با قطری در حدود چند هزارم اینچ) ایجاد کرد؛

۷. برخلاف جوشکاری با پرتو الکترونی، در جوشکاری با لیزر اشعه ایکس تولید نمی‌شود؛

۸. پیچیدگی و اعوجاج ناشی از حرارت جوشکاری در قطعه بسیار ناچیز است و این امر باعث می‌شود قطعات ماشین‌کاری شده بدون این که نیاز به ماشین‌کاری بعد از جوشکاری، به یکدیگر متصل شوند؛

۹. ماشین‌های لیزر مناسب برای اتوماسیون هستند و این روش می‌تواند کاملاً رباتیک باشد؛

۱۰. جوشکاری در تمام وضعیت‌ها امکان‌پذیر است. و این امکان فراهم است که به کمک یک وسیله حفاظت کننده تمرکز اپتیکی، به طور هم‌زمان در دو وضعیت افقی و بالای سر به‌کار برده شود.

محدودیت‌های این روش نیز به شرح زیر است:

۱. درز جوش باید به‌خوبی کنترل شود و لبه قطعات باید به طور کامل با یکدیگر جفت‌وجور شوند. طبیعتاً این امر متضمن صرف هزینه و زمان برای ماشین‌کاری لبه قطعات است؛

۲. اگر در اثر تکان‌خوردن و یا ضربه و یا هر عامل دیگری قطعات به مقدار بسیار کمی جابه‌جا شوند، به خاطر کوچک بودن نقطه کانونی شدن پرتو، امکان عبور پرتو از فاصله ایجاد شده بین قطعات وجود دارد؛

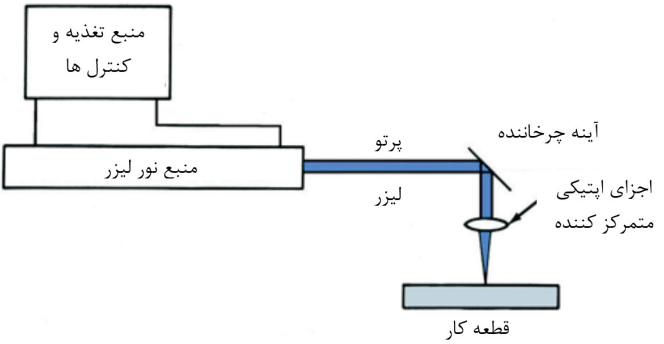
۳. ماشین‌آلات و تجهیزات این سیستم به نسبت گران هستند و باید با دقت بسیار بالایی ساخته شوند؛

۴. هزینه نصب، راه‌اندازی و کارکردن سیستم بالاست؛

۵. اگر قطعات به طور دقیق در کنار یکدیگر قرار نگیرند، اشعه به علت باریک بودن به‌راحتی درز جوش را گم می‌کند و همچنین می‌تواند عیب بریدگی کنار جوش را ایجاد کند (مگر این که از فلز پُرکننده استفاده شود)؛

۶. از نظر ایمنی، خطرات بسیار جدی برای بدن در بر دارد که تجهیزات ایمنی خاصی را می‌طلبد.

جوشکاری پرتو لیزر به‌صورت شماتیکی در شکل ۱-۷ نشان داده شده است.



شکل ۱-۷: نمایش شماتیکی فرایند جوشکاری پرتو لیزر

■ ۱-۲-۸ فرایند جوشکاری پرتو الکترونی[1] (EBW)

جوشکاری با پرتو الکترونی (EBW)، برای کاربردهای با دقت بالا و تولید بالا که بیشتر فلزات را در بر می‌گیرد استفاده می‌شود. این فرایند، یک فرایند اتصال ذوبی است که در طی آن قطعه کار توسط جریانی متراکم از الکترون‌های دارای سرعت بالا بمباران شده و کل انرژی جنبشی الکترون‌ها در اثر برخورد با قطعه کار به حرارت تبدیل می‌شود. این حرارت موجب ذوب لبه‌های قطعات و اتصال دو قطعه پس از انجماد می‌شود.

تجهیزات اساسی موردنیاز برای اکثر جوشکاری‌های پرتو الکترونی شامل یک محفظه خلاء، کنترل، یک تفنگ پرتو الکترونی، یک منبع تغذیه سه فاز، یک سیستم مشاهده نوری یا دستگاه ردیابی و تجهیزات انجام کار می‌باشد. عملکرد این تجهیزات تقریباً همیشه خودکار است.

مزایای این روش به شرح زیر است:

۱. ایجاد جوش‌های عمیق‌تر و باریک‌تر نسبت به روش‌های قوسی؛
۲. حرارت ورودی کمتر به محل جوش در مقایسه با روش‌های ذوبی دیگر؛
۳. نسبت عمق به عرض بالای جوش و عدم نیاز به جوش‌های چند پاسه؛
۴. ناحیه متأثر از حرارت جوش باریک به علت تمرکز حرارتی بالای فرایند؛
۵. تمیزی فلز جوش به‌دست‌آمده به علت استفاده از خلأ در فرایند؛
۶. امکان دستیابی به سرعت جوشکاری بالا و در نتیجه سرعت تولید بالاتر؛
۷. بازدهی انرژی بالا (تا حدود ۹۵٪)؛
۸. پیچیدگی و اعوجاج کم قطعه جوشکاری شده به علت تمرکز حرارتی بالای فرایند؛
۹. عدم نیاز به عملیات حرارتی جدی قبل و بعد از فرایند؛
۱۰. امکان اتصال قطعات و آلیاژهای حساس به حرارت؛

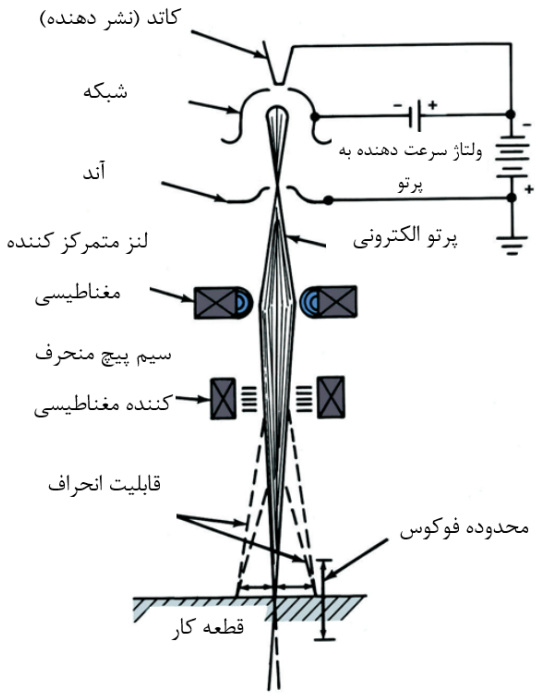
1- Electron Beam Welding

۱۱. امکان جوشکاری فلزات دیرگداز و فعال که خواص آن‌ها به شدت تابع آلودگی‌های گازی نظیر اکسیژن، نیتروژن و هیدروژن در محدوده تا چند صدم ppm می‌باشد؛
۱۲. امکان آب‌بندی با کیفیت بسیار بالا در اتصالات؛
۱۳. امکان اتصال بهتر عناصر و غیر فلزات؛
۱۴. سهولت کنترل فرایند به‌صورت رایانه‌ای؛
۱۵. عدم نیاز به سیم جوش (در اغلب موارد) و عدم نیاز به برطرف‌کردن سرباره و اضافات جوش؛
۱۶. امکان جوشکاری قطعات بسیار ظریف مورداستفاده در صنایع الکترونیک و تجهیزات پزشکی و آزمایشگاهی.

محدودیت‌های این روش نیز به شرح زیر است:

۱. در این روش قطعه کار می‌بایست طوری در خلأ قرار داده شود که کمترین انحراف و پراکندگی پرتو را از مسیر اولیه خود به همراه داشته باشد؛
۲. در اثر برخورد پرتو الکترونی با سطح فلز، پرتو ایکس تولید می‌شود و لذا نیاز به حفاظت در برابر این پرتو وجود دارد؛
۳. حساسیت شدید فرایند به تغییرات جزئی متغیرهای فرایند؛
۴. حفره انتهای محل جوشکاری (در اثر تغییر ناگهانی توان پرتو در انتهای جوش، احتمال شکل‌گیری تخلخل بسیار بالا می‌رود)؛
۵. قیمت بالای تجهیزات و کاربرد محدودتر نسبت به روش‌های قوسی؛
۶. نیاز به تمیزکاری بسیار مناسب قطعات به‌منظور جلوگیری از شکل‌گیری عیوبی مانند تخلخل در جوش؛
۷. تعمیر عیوب ایجاد شده در عمق قطعه در اتصال قطعات ضخیم مشکل است و در صورت تلاش برای تعمیر عیوب، به‌احتمال زیاد عیوب جدیدتری شکل می‌گیرد؛
۸. عدم پایداری طولانی‌مدت پرتو.

جوشکاری پرتو الکترونی به‌صورت شماتیکی در شکل ۱-۸ نشان داده شده است.



شکل ۱-۸: نمایش شماتیکی فرایند جوشکاری پرتو الکترونی

■ ۱-۲-۹ فرایند جوشکاری گازی اکسی‌سوخت[1] (OFW)

جوشکاری گاز اکسی سوخت (OFW)، شامل گروهی از فرایندها است که از گرمای تولید شده توسط شعله گاز قابل احتراق برای ذوب فلز پایه و فلز پرکننده (در صورت استفاده) بهره گرفته می‌شود و منجر به ایجاد اتصال می‌شود. گاز سوختنی قابل احتراق با اکسیژن مخلوط شده و مشتعل می‌شود. دمایی که در آن می‌سوزد تابعی از مقدار اکسیژن موجود در مخلوط گاز است.

مزایای جوشکاری گازی اکسی سوخت به شرح زیر است:

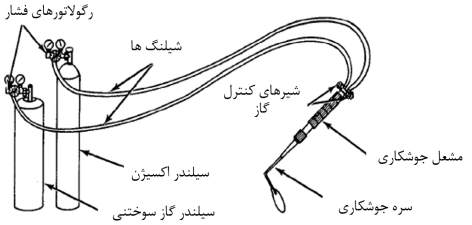
۱. تجهیزات ساده و ارزان‌قیمت؛
۲. قابلیت حمل‌ونقل مناسب؛
۳. مناسب‌بودن برای جوشکاری ورق‌های نازك، لوله‌های جدار نازك و لوله‌های با قطر کم؛
۴. امکان لحیم‌کاری نرم و سخت با استفاده از تجهیزات این فرایند؛
۵. درجه رقت[2] کم.

1- Electron Beam Welding
2- Dilution

معایب این روش جوشکاری نیز عبارت است از:

۱. سرعت جوشکاری کم؛
۲. بالابودن حرارت ورودی به قطعه؛
۳. مقرون‌به‌صرفه نبودن جوشکاری ورق‌های ضخیم به‌جز در کارهای تعمیراتی؛
۴. خطر پس‌زدن شعله و امکان انفجار؛
۵. عدم امکان جوشکاری همه فلزات.

فرایند جوشکاری گازی اکسی‌سوخت، به‌صورت شماتیکی در شکل ۱-۹ نشان داده شده است.



شکل ۱-۹: نمایش شماتیکی فرایند جوشکاری گازی اکسی‌سوخت

۱-۳ فرایندهای برشکاری

فرایندهای برشکاری اغلب قبل از انجام عملیات جوشکاری، جهت آمادسازی اتصال، به‌کار می‌روند. گاهی اوقات از این فرایندها جهت لایه‌برداری از قطعات جوشکاری شده معیوب یا بهبود پروفیل جوش استفاده می‌گردد.

در جدول ۱-۲ انواع روش‌های رایج برشکاری در صنایع آمده است.

جدول ۱-۲: انواع روش‌های برشکاری

روش‌های مکانیکی	با براده‌برداری	اره‌کاری با اره نواری، اره‌لنگ، اره دیسکی و غیره
		ماشین‌کاری با سنگ فرز، صفحه‌تراش و غیره
	بدون براده‌برداری	قیچی‌کاری با قیچی دستی، قیچی اهرمی، قیچی گیوتینی، انواع لوله‌بُر و غیره
روش‌های حرارتی	توسط شعله	برشکاری گازی اکسی‌سوخت
		برشکاری لنس
	توسط قوس الکتریکی	برشکاری با الکترود روپوش‌دار
		برشکاری اکسی-آرک
		برشکاری قوسی پلاسما
		برشکاری با الکترود گرافیتی
	توسط اشعه	برشکاری با اشعه لیزر

در ادامه، برخی از این روش‌های برشکاری شرح داده شده‌اند.

■ ۱-۳-۱ برشکاری توسط اره نواری

یکی از روش‌های برشکاری، توسط اره نواری انجام می‌گیرد که در آن، از تیغه‌ای شبیه اره معمولی ولی به شکل حلقه استفاده می‌شود. روش بدین گونه است که تیغه نواری (حلقوی) حول دو محور دستگاه قرار گرفته و با حرکت دورانی دو محور، تیغه نیز حرکت دورانی انجام داده و در اثر تماس با قطعه کار براده برداری صورت می‌پذیرد. اره نواری در دو نوع اره نواری چوب و اره نواری فلزبری وجود دارد.

مزیت‌های برشکاری توسط اره نواری عبارت‌اند از:

۱. دارای بیشترین سرعت برشکاری نسبت به سایر روش‌های سرد برای قطعات مشابه (برش لوله ۶ اینچ با تیغه فولادی HSS کبالت دار در مدت ۳ دقیقه)؛
۲. ایجاد کم‌ترین مقدار عرض برش نسبت به سایر روش‌های سرد برای قطعات مشابه (کمتر از یک میلی‌متر)؛
۳. امتداد برش کاملاً عمود بر قطعه است (بسیاری از روش‌های برشکاری سرد در مسیر برشکاری دچار انحراف می‌شوند)؛
۴. امکان برش در زوایای مختلف بر روی قطعه کار؛
۵. امکان جوشکاری مجدد تیغه نواری در صورت شکستن.

معایب برشکاری توسط اره نواری عبارت‌اند از:

۱. هزینه خرید دستگاه نسبت به سایر روش‌های برشکاری سرد برای قطعات مشابه، چشمگیرتر است؛
۲. هزینه تعمیر و نگهداری بالا.

■ ۱-۳-۲ برشکاری و سایش‌کاری توسط دستگاه فرز دستی

دستگاه فرز دستی وسیله‌ای است به‌منظور انجام سایش‌کاری و ازبین‌بردن برجستگی‌های موجود بر روی قطعات مانند گرده جوش و یا تغییر شکل آن‌ها و یا انجام برشکاری برخی از قطعات که امکان برشکاری آن‌ها توسط سایر فرایندها وجود ندارد. دستگاهای فوق از نظر ابعاد در دو نوع بزرگ و مینی موجود هستند. به منظور انتخاب دستگاه‌های فرز دستی می‌بایست تعداد دور بر دقیقه دستگاه و توان آن مدنظر قرار گیرد. برای کارگاه‌های جوشکاری و آهنگری، استفاده از دستگاه مینی سنگ فرز با توان ۷۵۰ تا ۹۵۰ وات و دستگاه‌های فرز بزرگ با توان بیش از ۲۳۰۰ وات توصیه می‌شود. دستگاه‌های سنگ فرز آهنگری، تعداد دور ۸۵۰۰ دور بر دقیقه مناسب است. همیشه باید تعداد دور دستگاه فرز کمتر یا مساوی با تعداد دور صفحه سنگ فیبری، پرس خورشیدی و پرس کاسه‌ای باشد.

هنگام عملیات سایش‌کاری می‌بایست سطح صفحه سنگ فیبری نسبت به قطعه کار، زاویه‌ای حدود ۳۰ درجه و هنگام عملیات برشکاری باید این زاویه ۹۰ درجه باشد.

■ ۱-۳-۳ برشکاری توسط انواع قیچی

قیچی‌کاری یکی از روش‌های برشکاری بدون برادەبرداری است. انواع قیچی عبارت‌اند از: الف) قیچی دستی، ب) قیچی اهرمی، ج) قیچی گیوتینی.

الف) قیچی دستی: این قیچی از دو تیغه متحرک تشکیل شده است که هر دو متحرک هستند. قیچی دستی در انواع مستقیم بر، راست بر و چپ بر موجود هستند. معمولاً قیچی‌های آهن‌بر دستی را می‌توان برای برش ورقهای آهنی تا ضخامت یک میلی‌متر به‌کار برد؛

ب) قیچی اهرمی: شامل دو تیغه و اهرم که یکی متحرک و دیگری ثابت است می‌باشد. تیغه متحرک به‌موجب نیروی اهرم قیچی حرکت می‌کند. قیچی‌های اهرمی در انواع رومیزی با قدرت برش تا ۲ میلی‌متر و پایه دار با امکان برش تا حدود ۱۰ میلی‌متر موجود هستند. قیچی‌های اهرمی رومیزی تنها دارای قسمت ورق بوده و قیچی‌های اهرمی پایه‌دار، علاوه بر قسمت ورق‌بر، دارای قسمت نبشی بر و قطعات توپُر (میلگرد و چهارپهلو) هستند که گاهی قیچی اهرمی مرکب نیز نامیده می‌شوند. اگر اهرم قیچی با نیروی الکتریکی حرکت نماید آن را قیچی اهرمی برقی و اگر توسط دست انسان حرکت نماید آن را قیچی اهرمی دستی می‌نامند؛

ج) قیچی گیوتینی: از دو تیغه تشکیل یافته که یکی ثابت و دیگری متحرک است که تیغه متحرک به طور عمودی حرکت می‌نماید. قیچی اهرمی گیوتینی فقط دارای قسمت ورق بوده و قابلیت برش قطعات با ضخامت‌های مختلف از ۲ میلی‌متر تا ۳۵ میلی‌متر و در طول‌های یک تا ۶ متر و در دو نوع دستی و برقی موجود هستند. به منظور تأمین حرکت تیغه متحرک ممکن است از سازوکار لنگ یا فشار روغن (هیدرولیک) استفاده شود. برای نگهداری ورق در هنگام برش، در جلوی قسمت متحرک این قیچی‌ها، نگهدارنده‌ای تعبیه شده است که به همراه تیغه متحرک پایین آمده و قبل از شروع مرحله برش، ورق را به کمک نیروی وزن و یا نیروی فنر نگه می‌دارد.

■ ۱-۳-۴ برشکاری گازی اکسی‌سوخت[1] (OFC)

در این فرایند برشکاری، ابتدا با استفاده از شعله یك گاز سوختنی و اکسیژن، درجه حرارت فلز افزایش یافته تا به دمای برافروختن[2] می‌رسد (این درجه حرارت در فولادها oC ۶۲۵ است). سپس با دمش جت اکسیژن عملیات اکسیداسیون صورت گرفته و برشکاری انجام می‌شود. جت اکسیژن همزمان با پیشرفت برشکاری، سرباره و اکسیدهای تولید شده را از درز برش به بیرون می‌راند. به پهنای برش ایجاد شده، کرف[3] اطلاق می‌شود.

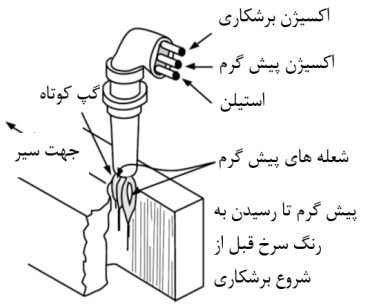
1- Oxyfuel Gas Cutting
2- Kindling Temperature
3- Kerf

سیستم برشکاری گاز اکسی‌سوخت از قسمت‌های زیر تشکیل یافته است:

۱. منبع گاز اکسیژن؛
۲. منبع گاز سوختنی؛
۳. مانومتر (رگلاتور) اکسیژن و مانومتر گاز سوختنی؛
۴. شلنگ دوقلو؛
۵. شیر یک‌طرفه[1]؛
۶. مشعل برشکاری (جوشکاری).

در هنگام استفاده از اکسی‌استیلن به‌منظور جلوگیری از پس‌زدن شعله، از وسیله‌ای به نام شیر یک‌طرفه استفاده می‌شود. انواع شیر یک‌طرفه عبارتند از: شیر یک‌طرفه متصل به مانومتر، شیر یک‌طرفه متصل به مشعل و شیر یک‌طرفه بین‌راهی.

تصویر این فرایند، در شکل ۱-۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۰: فرایند برشکاری گازی اکسی‌سوخت

فرایند OFC با وجود کاربرد گسترده در صنایع مختلف، فقط به برشکاری فولادهای کربنی و کم آلیاژی محدود می‌شود. با افزایش مقدار عناصر آلیاژی در فولاد، عملیات برشکاری شعله‌ای با مشکلاتی مواجه خواهد شد، اولاً عملیات برش به‌سختی صورت می‌گیرد و ثانیاً تمایل به افزایش سختی در سطوح برش افزایش می‌یابد.

یکی از محدودیت‌های روش OFC، نیاز به تمیزکاری و آماده‌سازی سطوح پس از انجام برشکاری است، همچنین در این فرایند به دلیل بالابودن درجه حرارت، احتمال سخت شدن مناطق متأثر از حرارت برشکاری وجود دارد. این موضوع، مخصوصاً مواقعی که به عملیات ماشین کاری سطوح نیاز است مشکلاتی به‌وجود می‌آورد.

1- Flash Back

■ ۱-۳-۵ برشکاری لنس[1]

برشکاری لنس توسط مشعل، تیوب مصرفی مخصوص و گاز اکسیژن بر روی تمامی مواد و با هر ضخامتی انجام می‌شود.

در این فرایند از دو روش استفاده می‌شود: ۱- لنس بدون پودر و دارای تیوب لوله‌ای شکل محتوی مفتول[2]؛ ۲- لنس با تزریق پودر مخصوص و تیوب[3].

مزیت‌های برشکاری لنس عبارت‌اند از:

۱. توانایی برش هر نوع ماده‌ای حتی بتن مسلح و انواع سنگ‌های معدنی؛
۲. بدون محدودیت در ضخامت قطعه کار؛
۳. توانایی برش در هر شرایط محیطی حتی در زیر آب در هر عمقی؛
۴. عدم نیاز به انرژی برق؛
۵. عدم نیاز به گاز سوختنی؛
۶. کوتاهی زمان آموزش اپراتور.

معایب برشکاری لنس نیز عبارت‌اند از:

۱. بالابودن هزینه اولیه به‌منظور تهیه وسایل و مواد مصرفی؛
۲. محل برش‌خورده همانند سایر فرایندها صاف نیست.

پس از مونتاژ مشعل، تیوب مربوطه و کپسول اکسیژن (به‌صورت گاز یا مایع که توصیه می‌شود باتوجه‌به مصرف زیاد اکسیژن در این فرایند، از اکسیژن مایع استفاده شود) و رعایت موارد ایمنی فردی و گروهی، با مشعل جوشکاری یا برشکاری نوک تیوب لنس را سرخ و گداخته می‌نماییم و سپس شیر مشعل را که فشار اکسیژن آن حدود ۱۲ بار است باز می‌کنیم تا نوک تیوب مشتعل شده و برشکاری را انجام دهیم. معمولاً تیوبهای برش لنس در طول‌های ۳ متری به بازار عرضه می‌شوند و توسط سنگ فرز دستی قابل برش به طول‌های دلخواه هستند.

■ ۱-۳-۶ برشکاری با الکترود کربنی و هوا[4] (ACAC)

در این فرایند، از یك الکترود کربنی جهت ایجاد قوس الکتریکی و ایجاد حرارت استفاده می‌شود. هم‌زمان با ذوب شدن فلز، با آزاد کردن یك ضامن، هوای فشرده به سمت مذاب دمیده شده و آن را به جلو می‌راند. بدین ترتیب یك شیار، روی قطعه ایجاد می‌شود.

تجهیزات فرایند CAC-A، شامل یك انبر الکترودگیر مخصوص، یك منبع قدرت جریان ثابت و یك منبع تولید هوای فشرده (کمپرسور هوا) است. تصویر الکترودگیر این فرایند، در شکل ۱-۱۱ نشان داده شده است.

1- Lance Cutting
2- Pipe and Core Lance
3- Powder Lance
4- Air Carbon Arc Cutting

فرایند OFC با وجود کاربرد گسترده در صنایع مختلف، فقط به برشکاری فولادهای کربنی و کم آلیاژی محدود می‌شود. با افزایش مقدار عناصر آلیاژی در فولاد، عملیات برشکاری شعله‌ای با مشکلاتی مواجه خواهد شد، اولاً عملیات برش به‌سختی صورت می‌گیرد و ثانیاً تمایل به افزایش سختی در سطوح برش افزایش می‌یابد.

یکی از محدودیت‌های روش OFC، نیاز به تمیزکاری و آماده‌سازی سطوح پس از انجام برشکاری است، همچنین در این فرایند به دلیل بالابودن درجه حرارت، احتمال سخت‌شدن مناطق متأثر از حرارت برشکاری وجود دارد. این موضوع، مخصوصاً مواقعی که به عملیات ماشین کاری سطوح نیاز است مشکلاتی به‌وجود می‌آورد.

شکل ۱-۱۱: الکترود گیر و الکترودهای به‌کاررفته در فرایند برشکاری با الکترود کربنی و هوا

این فرایند عموماً جهت تعمیر قطعات معیوب مخصوصاً هنگامی که عیوب به‌صورت عمقی می‌باشند، به‌کار می‌رود. همچنین این فرایند برای آماده‌سازی لبه‌ها به‌صورت U شکل، به‌کار می‌رود.

یکی از مزایای روش ACAC ، قابلیت ویژه آن، جهت تراشیدن (لایه‌برداری) از فلزات است. در این فرایند همچنین امکان برشکاری تمام فلزات میسر می‌باشد.

ازآنجائی‌که منبع قدرت در این روش مشابه فرایندهای دیگر از جمله روش SMAW است، هزینه‌ها کاهش می‌یابند. از محدودیت‌های این روش برشکاری، رعایت مسائل ایمنی است، چراکه این روش به‌صورت ذاتی کثیف و پُرسروصدا است. بنابراین اپراتور باید مجهز به گوشی‌های صداگیر و ماسکهای مخصوص، جهت جلوگیری از تنفس بخارات فلزی باشد. محدودیت دیگر این فرایند، جذب کربن در لایه‌های سطحی فلز است که موجب بالارفتن سختی می‌شود. لذا تمیزکاری و آماده‌سازی سطوح، قبل از انجام هر عملیات جوشکاری بعدی، الزامی است.

■ ۱-۳-۷ برشکاری قوس پلاسما[1] (PAC)

تجهیزات فرایند برشکاری قوس پلاسما مشابه فرایند جوشکاری پلاسما است با این تفاوت که توان دستگاه در عملیات برشکاری بیشتر است. در این فرایند برشکاری، از قوس انتقالی به دلیل تولید حرارت بیشتر در قطعه کار استفاده می‌شود.

در برشکاری قوس پلاسما از گازهای مشروحه در جدول ۱-۳ استفاده می‌شود.

نحوه برشکاری قوس پلاسما بدین‌گونه است که پس از متصل‌کردن انبر اتصال به قطعه کار، با زدن سوئیچ مشعل، قوس الکتریکی بین نوک الکترود تنگستن و نازل مشعل ایجاد می‌شود که در اثر جریان گاز پلاسما در فضای داخلی نازل مشعل، گاز بین الکترود برش و نازل شدیداً یونیزه شده و موجب افزایش شدید حرارت تولیدی تا حدود ۲۰۰۰۰ درجه سانتیگراد می‌شود که در اثر حرارت بالا گاز منبسط شده و با فشار بیشتری از دهانه نازل گاز خارج شده و برشکاری را انجام می‌دهد.

جدول ۱-۳: انواع روش‌های برشکاری

نوع گاز	کاربرد
گاز Ar	برشکاری قطعات فولاد زنگ‌نزن و آلیاژهای تیتانیم (محل برش دچار اکسیداسیون نمی‌شود)
گاز N۲	برشکاری قطعات فولادی با ضخامت بیشتر از ۴۰ سانتی‌متر (پلیسه‌های ناشی از برش به‌راحتی از لبه‌های قطعه کار جدا می‌شوند)
هوای فشرده توسط کمپرسور	ارزان‌ترین گاز جهت برشکاری تمام فلزات (محل برش قطعات فولاد زنگ‌نزن و آلیاژهای تیتانیم دچار اکسیداسیون می‌شوند)

مزیت‌های برشکاری PAC عبارت‌اند از:

۱. کیفیت بالای محل برش؛

۲. توانایی برش انواع فولادهای کربنی و آلیاژی، آلیاژهای AI، آلیاژهای Cu، آلیاژهای Ti، چدن و فولادهای زنگ‌نزن؛

۳. سرعت بالای برشکاری (حدود ۱۰ برابر فرایند گازی اکسی سوخت)؛

۴. بروز حداقل حوادث شغلی نسبت به سایر فرایندهای برشکاری (مانند پس‌زدن شعله، انفجار کپسول گازهای سوختنی)؛

۵. کوتاهی زمان آموزش تئوری و عملی موردنیاز برای شخص برشکار؛

۶. کم‌بودن هزینه برشکاری و مواد مصرفی و نیازهای تدارکاتی نسبت به سایر روش‌های برشکاری حرارتی.

معایب برشکاری PAC نیز عبارت‌اند از:

۱. بالابودن هزینه اولیه خرید دستگاه و کمپرسور باد و یا کپسول‌ها؛

۲. افزایش مقدار سختی محل برش آلیاژهای عملیات حرارتی‌پذیر در اثر گرم و سردشدن سریع؛

۳. عدم توانایی در برش قطعات دارای ضخامت بیشتر از ۶۰ میلی‌متر (فرایند گازی اکسی سوخت تا حدود ۱۰۰۰ میلی متر را برش می‌دهد)؛

۴. تولید دود بسیار زیاد.

1- Plasma Arc Cutting

■ ۱-۳-۸ برشکاری و شیارزنی توسط الکترود روپوش‌دار فرایند الکترود دستی

در بسیاری از موارد جهت برشکاری یا شیارزنی قطعات در مدت‌زمان کوتاه و بدون توجه به کیفیت محل برش و یا شیار، می‌توان از الکترودهای روپوش‌دار مخصوص استفاده نمود. تفاوت الکترودهای روپوش‌دار مخصوص برشکاری و الکترودهای روپوش دار مخصوص جوشکاری در نقطه ذوب روپوش آن‌ها است. الکترودهای برش دارای روپوش با نقطه ذوب بیشتر از نقطه ذوب مغزی و الکترودهای جوشکاری دارای روپوشی با نقطه ذوب برابر با نقطه ذوب مغزی است. انتخاب نوع قطبیت، مقدار آمپر مصرفی و چگونگی انجام برشکاری می‌بایست بنا به توصیه سازنده عمل شود. اگر آمپر مصرفی بیش از حد انتخاب شود موجب سرخ شدن روپوش گردیده و پس از چند سانتی متر برشکاری، به علت از دست دادن خواص خود، دیگر قادر به انجام برشکاری نخواهد بود. چگونگی برشکاری و یا شیارزنی می‌بایست با نوع حرکت صحیح الکترود انجام‌پذیرد.

■ ۱-۳-۹ برشکاری قوس الکتریکی دستی با الکترود روپوش‌دار توخالی و گاز اکسیژن (اکسی - آرک[1])

در این فرایند با استفاده از یک رکتیفایر جوشکاری و انبر الکترودگیر مخصوص و الکترود روپوش‌دار توخالی، قوس الکتریکی ایجاد و پس از تثبیت قوس بر روی قطعه کار، با سوئیچ روی انبر، جریان گاز اکسیژن داخل الکترود برقرار و برشکاری حتی زیر آب نیز انجام می‌پذیرد.

■ ۱-۳-۱۰ برشکاری با اشعه لیزر

دستگاه برش لیزر با استفاده از پرتو لیزر پرقدرت، برشکاری را انجام می‌دهد که سرعت بسیار بالا، کیفیت و دقت ابعادی بالا از خصوصیات این نوع برش است.

قدرت و توان لیزر به میزان انرژی گسیل شده در یک زمان مشخص بستگی دارد.

بیشترین استفاده از لیزرهای با قدرت زیاد در کارخانجات و صنایع جهت برشکاری است. این کار بر اساس ایجاد سوراخ کلید[2] جهت نفوذ در ضخامت قطعه استوار است، اما فلز مذاب به کمک یک جت گاز از سوراخ بیرون رانده می‌شود. این جت گاز می‌تواند یک گاز مانند ازت یا اکسیژن باشد. وجود اکسیژن در محیط برش موجب واکنش گرمازا با فولاد شده و مانند برشکاری اکسیژن–گاز سوختنی، گرمای اضافی ایجاد می‌کند.

برشکاری با لیزر به فلزات محدود نشده و بر روی چوب، سرامیک، پلاستیک، مقوای نازک و پوشاک مصنوعی نیز کاربرد دارد. لازم به ذکر است که در بعضی موارد، از لیزر بدون جت گاز نیز استفاده می‌شود.

1- Oxy-Arc Cutting
2- Key hole

مراجع

1- American Welding Society. Welding inspection technology. 5th Ed., AWS, 2008.

2- Sinnes K. (Editor), Welding handbook Vol. 1 (Welding and cutting science and technology). 10th Ed. , AWS, 2018.

3- Connor L. P., Welding handbook Vol. 1 (Welding Technology), 8th Ed., AWS, 1987.

۴- سعیدرضا دادخواه و امیر دادخواه، تکنولوژی بازرسی جوش، چاپ اول، انتشارات آزاد، شهریور ۱۳۸۵.

۵- جمشید اکبری زنجانی، دانش حرفه‌ای جوشکاران، چاپ اول، انتشارات سیمای دانش، ۱۳۸۷.

۶- سید محسن فاطمی، بازرسی جوش با روش چشمی، چاپ اول، انتشارات کیفیت، ۱۳۹۶.

۲

فصل دوم

شناسایی انواع مخاطرات در عملیات جوشکاری و برشکاری

شناسایی انواع مخاطرات در عملیات جوشکاری و برشکاری

● ۲-۱- آشنایی با خطرات جوشکاری و برشکاری

خطراتی که در جوشکاری وجود دارد شامل موارد زیر است:

■ ۲-۱-۱ خطرات ایمنی جوشکاری

۲-۱-۱-۱- آتش‌سوزی و انفجار:

حرارت زیاد و جرقه‌های تولید شده در جوشکاری یا شعله آن می‌تواند منجر به بروز آتش‌سوزی گردد و یا اگر جوشکاری در مجاورت مواد قابل انفجار یا قابل اشتعال انجام گیرد احتمال وقوع انفجار وجود دارد.

۲-۱-۱-۲- خطرات الکتریکی:

اگر چه در جوشکاری از برق با ولتاژ کم استفاده می‌شود، ولی خطر شوك الکتریکی همچنان وجود دارد؛ شرایط محیط جوشکاری (مثل محیط‌های مرطوب) نیز ممکن است خطر شوك الکتریکی را تشدید کند. گاهی اوقات ممکن است یک شوك ضعیف منجر به سقوط یا حوادثی نظیر آن شود؛ ولی شوك‌های شدید می‌توانند حتی سبب ضربه مغزی و مرگ فرد گردند. بیشتر تجهیزات الکتریکی در صورت استفاده نادرست می‌توانند موجب ایجاد شوك شوند. در جوشکاری و برشکاری انرژی لازم برای بیشتر فرایندها از طریق منابع الکتریکی با برق متناوب با ولتاژ ۱۱۵ تا ۵۷۵ ولت، یا ژنراتورهای موتوری تأمین می‌شود. بیشتر جوشکاری‌ها با کمتر از ولتاژ قوس ۱۰۰ ولت کار می‌کنند (تجهیزات با کمتر از ۸۰ ولت هم گاهی موجب مرگ شده است). بیشترین حوادث شوك الکتریکی در صنعت جوشکاری، در نتیجه تماس اتفاقی با هادی‌های بدون عایق یا با عایق ضعیف که از آن‌ها ولتاژهایی مانند آنچه بیان شد عبور می‌کند، ایجاد می‌شود. در نتیجه جوشکارها باید پیشگیری‌های لازم را برای عدم تماس با اجزا مدار جوش و همین‌طور مدارهای اولیه مدنظر قرار دهند.

۲-۱-۱-۳ عبور و مرور و سقوط:

برای جلوگیری از سقوط افراد بایستی ابزارآلات، ماشین‌آلات، کابل‌ها و مواد اضافی دیگر را از محل جوشکاری دور و برای عبور و مرور از خطوط یا ریل‌های ایمن استفاده کرد.

۲-۱-۱-۴ ماشین‌آلات خطرناک:

همه ماشین‌آلات دارای قطعات گردنده را باید حفاظگذاری کرد تا از گیرکردن مو، انگشتان یا لباس کارگران در آنها جلوگیری به‌عمل آید. هنگام تعمیر دستگاه بوسیله جوشکاری یا لحیم کاری، برق آن بایستی قطع گردد و دستگاه خاموش و قفل شود تا به طور اتفاقی روشن نگردد.

۲-۱-۱-۵ جوشکاری در سایت:

بر خلاف جوشکارهای داخل کارگاه یا کارخانه، جوشکارهای فعال در سایت، با شرایط بسیار متغیری روبرو می شوند. بنابراین اقدامات ایمنی و بهداشتی مورد نیاز نیز ممکن است به طور مکرر تغییر کنند. بسیاری از ریسک‌های محتمل برای جوشکار فعال در سایت، همانند سایر کارگران صنعتی است (به عنوان مثال کار در ارتفاع، بلند کردن و آویزان شدن و حمل با دست).

■ ۲-۱-۲ خطرات جوشکاری در محیط‌های بسته

۲-۱-۲-۱ جوشکاری در فضای محدود

یک محیط بسته محلی است با مساحت کم که دسترسی به آن محدود است، همچنین یا تهویه نداشته و یا اینکه جریان هوا در آن کم است. تهویه مناسب برای کار در محیط‌های بسته ضروری است. در این محیط‌های کوچک بخارات و گازهای خطرناك می‌توانند خیلی سریع به حد غلظت خطرناك خود برسند. ازآنجایی‌که در فرایند جوشکاری، اکسیژن هوا به مصرف می‌رسد ممکن است فرد به سرعت دچار بیهوشی یا مرگ ناشی از خفگی شود.

۲-۱-۲-۲ جوشکاری محفظه‌ها

جوشکاری یا برشکاری خارج یا داخل محفظه‌ها یا ظرف‌هایی که حاوی مواد خطرناك بوده‌اند، خطرات خاصی دارد. در این محفظه‌ها ممکن است بخارات سمی یا قابل اشتعال وجود داشته یا بر اثر اعمال حرارت به‌وجود بیاید.

■ ۲-۱-۳ خطرات گازهای تحت‌فشار

در جوشکاری یا برش با شعله از یک گاز سوختنی و اکسیژن برای تولید حرارت موردنیاز جوشکاری استفاده می‌شود. در این نوع جوشکاری، هم اکسیژن و هم گاز سوختنی (استیلن، هیدروژن، پروپان و غیره)

به‌صورت تحت فشار در سیلندرهایی ذخیره می‌شوند. استفاده از سیلندرهای تحت فشار، کارگران را در معرض خطراتی قرار می‌دهد. استیلن بسیار قابل انفجار است و فقط بایستی با تهویه مناسب و همراه با برنامه تست نشتی مورد استفاده قرار گیرد. اکسیژن به تنهایی قابل انفجار نمی‌باشد، ولی در هر حال اگر غلظت آن زیاد باشد بسیاری از مواد حتی آنهایی که درهوا به سختی می‌سوزند (مثل گردوغبارهای معمولی، گریس یا روغن) به راحتی منفجر می‌شوند.

■ ۲-۱-۴ خطرات بهداشتی جوشکاری

۲-۱-۴-۱ گازها و دودهای جوشکاری:

مخلوطی از ذرات بسیار ریز و گازها هستند. بسیاری از مواد موجود در دود جوشکاری مثل کروم، نیکل، آرسنیک، آزبست، منگنز، سیلیس، بریلیم، کادمیوم، اکسیدهای نیتروژن، فسژن، اکرولئین، ترکیبات فلوراید، مونوکسیدکربن، کبالت، مس، سرب، ازن، سلنیم و روی بسیار سمی هستند. معمولاً گازها و دودهای جوشکاری از منابع زیر تولید می‌شوند:

- ماده اصلی یا فلز اصلی تحت جوشکاری یا ماده پرکننده مورداستفاده؛
- پوشش‌ها و رنگ‌های روی فلز تحت جوشکاری یا پوشش الکترودها؛
- گازهای مورد مصرف حاصله از سیلندرها؛
- واکنش‌های شیمیایی که در اثر نور ماوراء بنفش حاصله از قوس الکتریکی و گرما ایجاد می‌شوند؛
- فرایند و مواد مصرفی مورداستفاده؛
- آلودگی‌های موجود در هوا مثل بخارات متصاعد شده از مواد پاک‌کننده وگریس‌زدا.

نام‌بردن از تمامی اثرات سوء بهداشتی در اثر جوشکاری بسیار مشکل است، زیرا ممکن است گازها و دودها حاوی چندین نوع ماده مضر باشند (بسته به عواملی که در بالا بدان‌ها اشاره شد). هریک از ترکیبات موجود در گاز یا دود جوشکاری می‌توانند یک بخش خاص از بدن فرد را تحت‌تأثیر قرار دهند مثل ریه‌ها، قلب، کلیه‌ها و سیستم عصب مرکزی. با وجود این‌که کلیه جوشکاران در معرض خطر قرار دارند، ولی افراد سیگاری دچار آسیب‌های شدیدتری می‌گردند. تماس با گازهای جوشکاری اثرات کوتاه مدت یا بلند مدت بر سلامتی افراد دارد که در ادامه شرح داده می‌شود.

۲-۱-۴-۲ اثرات سوء بهداشتی کوتاه‌مدت (حاد):

تماس با بخار فلزات (مثل روی، منیزیم؛ مس و اکسید آن) باعث بروز بیماری بنام تب فیوم فلز می‌شود. علائم این بیماری بین ۴ تا ۱۲ ساعت پس از تماس نمایان می‌شود و شامل احساس سرماخوردگی، عطش، تب، دردهای عضلانی، درد قفسه سینه، سرفه، خس‌خس‌کردن، کوفتگی، حالت تهوع و احساس مزه بد در دهان است. برخی ترکیبات موجود در فیوم مثل کادمیوم در مدت زمان کوتاه نیز ممکن است کشنده باشند و

گازهای متصاعد شده در فرایند جوشکاری نیز بسیار خطرناك هستند. برای مثال اشعه ماوراء بنفش منتشر شده در اثر واکنش با اکسیژن و نیتروژن موجود در هوا، ازن و اکسیدهای نیتروژن تولید می‌کند. این گازها در مقادیر زیاد کشنده‌اند و می‌توانند منجر به التهاب و تحریک بینی و گلو و بیماری‌های شدید ریوی گردند. اشعه ماوراء بنفش تولیدی، با حلال‌های هیدروکربنی کلردار مثل تری کلرواتیلن، متیلن کلراید و پرکلرواتیلن ترکیب می‌شود و گاز فسژن تولید می‌کند. حتی مقادیر بسیار کم فسژن نیز کشنده است، اگر چه علائم اولیه مسمومیت با آن که شامل سرگیجه، احساس سرما و سرفه است، پس از ۵ تا ۶ ساعت ظاهر می‌شود. جوشکاری با قوس الکتریکی نباید هیچگاه در فاصله کمتر از ۶۱ متر (۲۰۰ فوت) از مخازن حاوی محلول‌های گریس‌زدا انجام شود.

۲-۱-۴-۳ اثرات سوء بهداشتی طولانی‌مدت (مزمن):

مطالعه بر روی جوشکاران، افرادی که با شعله، فلزات را برش می‌دهند و کارگرانی که در کنار کوره‌ها کار می‌کنند نشان می‌دهد که خطر ابتلا به سرطان ریه و گاهی اوقات سرطان حنجره و دستگاه ادراری در جوشکاران بیشتر از بقیه است. این موضوع نیز چندان غیرمنتظره نیست؛ چرا که مواد سمی موجود در دود جوشکاری مثل کادمیوم، نیکل، بریلیم، کروم و آرسنیک موادی هستند که باعث بروز سرطان ریه می‌شوند. ممکن است جوشکاران انواع مشکلات مزمن دستگاه تنفسی را نیز تجربه کنند، همانند: برونشیت، آسم، ذات‌الریه، امراض ریوی که در اثر تنفس ذرات فلزی ایجاد می‌شوند، کاهش ظرفیت تنفسی ریه، سیلیکوزیس (تنگی نفس در اثر تنفس مداوم ذرات حاوی سیلیس) و غیره. دیگر مشکلات و بیماری‌های ناشی از جوشکاری عبارت‌اند از: بیماری‌های قلبی، بیماری‌های پوستی، افت شنوایی، ورم معده، ورم روده کوچک و زخم معده و روده کوچک. همچنین جوشکارانی که در معرض فلزات سنگین مثل کروم و نیکل هستند ممکن است دچار بیمارهای کبدی نیز گردند.

■ ۲-۱-۵ سایر خطرات تهدیدکننده سلامتی

۲-۱-۵-۱ گرما:

گرمای شدید و جرقه‌های ناشی از جوشکاری ممکن است باعث سوختگی شود. جراحات چشمی نیز از تماس با خاکستر داغ، تراشه فلزات، جرقه‌ها و الکترودهای داغ حاصل می‌شود، بعلاوه، تماس طولانی‌مدت با گرما منجر به استرس حرارتی در فرد خواهد شد. جوشکاران بایستی از علائمی همچون خستگی، سرگیجه، کم اشتهایی، تهوع، درد ناحیه شکمی و بی‌حوصلگی آگاهی داشته باشند. تهویه، جداسازی و ایجاد فاصله مناسب با منبع حرارتی، رعایت فواصل استراحت و نوشیدن مایعات مناسب می‌تواند افراد را در برابر خطرات مرتبط با گرما محافظت کند.

۲-۱-۵-۲ نور مرئی، اشعه‌های ماوراء بنفش و مادون قرمز:

شدت نور متصاعد شده از قوس الکتریکی جوشکاری باعث صدمه دیدن شبکیه چشم می‌شود، در حالیکه اشعه مادون قرمز باعث آسیب قرنیه و ابتلاء فرد به بیماری آب مروارید خواهد گردید. نور نامرئی ماوراءبنفش حاصل از قوس الکتریکی حتی در زمان بسیار کوتاه (کمتر از یک دقیقه) باعث بیماری برق‌زدگی چشم می‌شود. علائم این بیماری معمولاً ساعت‌ها پس از تماس با اشعه ماوراءبنفش بروز می‌کند و شامل احساس وجود شن‌وماسه در چشم، تاری دید، درد شدید، ریزش اشک از چشم، سوزش و سردرد می‌باشد. قوس الکتریکی بر مواد و اجسام موجود در محیط نیز اثر داشته و دیگر افراد مجاور محل جوشکاری را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. در حدود نیمی از بیماری برق‌زدگی چشم در افرادی ایجاد می‌شود که در محل حضور داشته ولی جوشکاری نمی‌کنند. افرادی که دائماً بدون حفاظت مناسب در محیط دارای اشعه ماوراء بنفش کار می‌کنند ممکن است دچار آسیب‌های دائمی چشم شوند. تماس با اشعه ماوراء بنفش نیز باعث سوختگی پوست می‌شود که شبیه آفتاب سوختگی است و خطر ابتلاء به سرطان پوست را افزایش می‌دهد.

۲-۱-۵-۳ سروصدا:

سروصدای زیاد در محیط ممکن است به سیستم شنوایی آسیب وارد سازد، همچنین عامل ایجاد استرس و فشارخون و یا گاهی بیماری‌های قلبی است. کار کردن طولانی مدت در محیط دارای سروصدای زیاد باعث ایجاد خستگی، حالت‌های عصبی و بی حوصلگی افراد می‌شود. در جوشکاری، برشکاری و فرایندهای مربوطه، سروصدا می‌تواند توسط فرایند، تجهیزات یا هر دو ایجاد شود. صدای با شدت بیش از ۸۵ دسی‌بل می‌تواند برای شنوایی مشکل ایجاد کند. مدت زمان و دفعات قرارگیری در معرض سروصدای زیاد بر مقدار آسیب وارد شده به گوش موثر است، در نتیجه باید از قرار گرفتن مکرر در معرض سروصدا خودداری کرد. اولین روش برای کنترل صدای بیش از حد، کاهش شدت آن از منبع، یا جلوگیری از آن توسط مواد جاذب صدا است. در صورتی که نتوان مقدار سروصدای منبع را کاهش داد (مثلاً با تغییر مکان خود فرد یا ایستگاه، استفاده از حفاظ‌های صوتی و غیره) باید از ابزارهای حفاظت فردی مانند گوشی استفاده شود. اگر تماس با سروصدا بر اساس حدود تماس شغلی استاندارد ملی به بیش از ۸۵ دسی بل در هشت ساعت برسد، پیمانکار باید برای فرد جوشکار گوشی مناسب تهیه کند و سالانه او را تحت معاینات پزشکی قرار دهد.

۲-۱-۵-۴ آسیب‌های عضلانی-استخوانی:

در بین جوشکاران شکایت از بیماری‌های عضلانی-استخوانی نظیر صدمات در ناحیه پشت بدن، درد شانه، کاهش قدرت ماهیچه‌ها، درد مچ، سفید شدن انگشتان و بیماری ناحیه زانو بیشتر دیده شده است. وضعیت فرد هنگام کارکردن (مخصوصاً هنگام قرار گرفتن قطعه در بالای سر، وجود لرزش در حین کار و حمل بارهای سنگین) نیز در بروز اختلالات و بیماری‌های فوق مؤثر است. این مشکلات را با روش‌های زیر می‌توان کاهش داد:

- حمل به روش مناسب؛
- عدم کار طولانی در یک حالت؛
- کار در ارتفاع مناسب؛
- استفاده از زیرپایی هنگامی که فرد به مدت طولانی به حالت ایستاده کار می‌کند؛
- قراردادن مناسب ابزارآلات و مواد؛
- به‌حداقل‌رساندن لرزش در حین کار.

مواجهات شغلی با عوامل زیان‌آور فیزیکی و شیمیایی در انواع روش‌های جوشکاری در جدول ۲-۱ نمایش داده شده است.

جدول۲-۱: مواجهات شغلی با عوامل زیان‌آور فیزیکی و شیمیایی در انواع روش‌های جوشکاری

	PAW	SMAW GTAW GMAW	SAW	OFW
ارگونومیک	+	+	+	+
شوک الکتریکی	+	+	+	–
نور مرئی	+	+	+/–	+
اشعه ماورای بنفش	+	+	+/–	–
استرس حرارتی	+	+	+	+
سروصدا	+	–	–	–
دودها، بخارات و گازها	+	+	+	+

۲-۲ اهمیت ایمنی

برای جلوگیری از حوادث، بیماری‌های شغلی و آسیب به تجهیزات و محیط‌زیست، محل کار و روش کار باید ایمن باشند. تشخیص خطرات در مراحل اولیه و انجام اقدامات مناسب برای جلوگیری از خطرات، به دانش گسترده ای نیاز دارد.

مقررات بهداشت حرفه‌ای و اقدامات ایمنی، علاوه بر وظایف مربوط به جوشکاری، شامل حقوق و تکالیفی برای کارفرمایان، مدیران و مسئولان هماهنگ کننده جوشکاری هستند.

«سلامت و ایمنی» یک موضوع مهم است؛ بنابراین یک سرپرست جوشکاری باید مسئولیت موارد زیر را بر عهده گیرد:

- مناسب‌بودن تجهیزات ایمنی و استفاده از آن؛
- مناسب‌بودن محل کار و محیط از لحاظ ایمنی.

● ۲-۳- مقررات عمومی، مدیریت و نظارت

■ ۲-۳-۱ تنظیمات و نصب

۲-۳-۱-۱ نگهداری تجهیزات:

کلیه تجهیزات جوشکاری و برشکاری در صورت لزوم مورد بازرسی قرار می‌گیرند تا اطمینان حاصل شود که در شرایط عملیاتی ایمن هستند. در صورت عدم توانایی در کارکرد ایمن و مطمئن، تجهیزات باید قبل از استفاده بعدی، توسط پرسنل واجد شرایط تعمیر شوند و یا از سرویس خارج شوند.

۲-۳-۱-۲ کاربری:

کلیه تجهیزات باید مطابق با توصیه‌ها و دستورالعمل‌های سازندگان مورداستفاده قرار گیرند (مشروط براینکه با استانداردهای مربوطه سازگار باشند).

۲-۳-۱-۳ تجهیزات قابل‌حمل سنگین نصب شده بر روی چرخ‌ها:

تجهیزات قابل‌حمل سنگین سوار بر چرخ باید در موقعیت خود، ایمن باشند تا از حرکت تصادفی آن‌ها قبل از شروع عملیات جلوگیری شود.

■ ۲-۳-۲ مسئولیت‌ها

کاربران و مدیریت باید مسئولیت‌های متقابل خود را در مورد ایمنی در جوشکاری و برشکاری تشخیص دهند.

۲-۳-۲-۱ مدیریت:

- آموزش: مدیریت باید اطمینان یابد که جوشکاران و سرپرستان آنها در مورد کارکرد ایمن تجهیزات خود، استفاده ایمن از فرایند و اقدامات اضطراری آموزش دیده‌اند.
- ارتباطات در هنگام وقوع خطر: مدیریت باید اطمینان حاصل کند که خطرات و اقدامات احتیاطی ایمنی، قبل از شروع کار به کارگران اطلاع داده شده و توسط آن‌ها درک شده باشد.
- مسئولیت‌ها و مناطق تعیین‌شده: مدیریت باید مناطق مورد تأیید را تعیین و رویه‌هایی را برای جوشکاری و برش ایمن تهیه کند.
- مسئولیت صدور مجوز عملیات جوشکاری و برشکاری در مناطقی است که به طور خاص برای چنین فرایندهایی طراحی یا تأیید نشده‌اند، بر عهده نماینده منصوب شده از طرف مدیریت است. مدیریت باید اطمینان حاصل کند که فرد از خطرات موجود آگاه است و با مفاد استاندارد ایمنی مربوطه آشنا است.
- تجهیزات تأییدشده: مدیریت باید اطمینان حاصل کند که فقط از دستگاه‌های تأیید شده، مانند مشعل‌ها، منیفولدها، تنظیم‌کننده‌ها، شیرهای کاهش فشار، ژنراتورهای استیلن، دستگاه‌های جوشکاری، نگهدارنده‌های الکترود و وسایل محافظت شخصی استفاده می‌شود.
- پیمانکاران: مدیریت باید پیمانکارانی را برای انجام جوشکاری انتخاب کند که پرسنل آموزش‌دیده و واجد شرایط را تأمین کنند و از خطرات موجود آگاهی داشته باشند.

مدیریت باید در مورد مواد قابل‌اشتعال یا شرایط خطرناک که مخصوص محل کار است به پیمانکاران آگاهی دهد. همچنین، مدیریت باید در مورد مواد قابل اشتعال یا شرایط خطرناکی که ممکن است پیمانکاران از آنها اطلاع نداشته باشند، به پیمانکاران آگاهی دهد.

۲-۳-۲-۲ سرپرستان:

- استفاده ایمن از تجهیزات: ناظران، مسئولیت کاربری ایمن تجهیزات جوشکاری و استفاده ایمن از فرایند جوشکاری را برعهده دارند.
- خطرات آتش‌سوزی: ناظران باید تعیین کنند که چه مواد قابل‌اشتعال و قابل‌احتراقی در محل کار موجود هستند یا احتمال وجود دارند. آنها باید اطمینان حاصل کنند که با انجام یک یا چند مورد از اقدامات زیر، این مواد در معرض احتراق قرار نمی‌گیرند:
  - کار به مکانی عاری از مواد قابل‌احتراق و دور از مناطق خطرناک منتقل شود؛
  - اگر محل کار را نمی‌توان به‌راحتی جابجا کرد، مواد قابل‌احتراق در فاصله مطمئنی از کار قرار گیرند و یا به درستی در برابر احتراق محافظت شوند؛
  - زمان‌بندی جوشکاری و برشکاری را به نحوی انجام دهید که در حین عملیات جوشکاری و برشکاری چنین موادی در معرض آن‌ها قرار نگیرند.
- اخذ مجوز: قبل از شروع کار گرم‌یا ورود به فضای محدود شده، مجوز انجام عملیات جوشکاری یا برشکاری باید از نماینده منصوب شده از طرف مدیریت اخذ شود. سرپرستان باید به این مسئله نظارت کنند که جوشکار قبل از ادامه کار، تأیید شرایط ایمن را داشته باشد؛
- تجهیزات محافظ و حفاظت از آتش‌سوزی: سرپرستان باید از استفاده تجهیزات محافظ شخصی و ضدحریق مناسب، اطمینان حاصل کنند. آنها باید اطمینان یابند که تجهیزات حفاظت از آتش و اطفاء حریق، به درستی در محل استقرار یافته‌اند و همچنین مطمئن شوند که ناظران آتش منصوب شده‌اند و در صورت لزوم، رویه‌های اخذ مجوز کار گرم دنبال شوند؛
- در مواردی که ناظران آتش موردنیاز نیستند، بازرسی نهایی باید با نظارت انجام شود.

۲-۳-۲-۳ جوشکارها:

- استفاده ایمن از تجهیزات: جوشکارها باید خطرات عملیات اجرایی و رویه‌هایی را که برای کنترل شرایط خطرناک استفاده می‌شود، درک کنند. جوشکارها باید تجهیزات را به صورت ایمن استفاده کنند و نباید جان افراد و اموال را به خطر بیندازند.
- دریافت اجازه: جوشکارها باید قبل از شروع به جوشکاری یا برشکاری، اجازه مدیریت را اخذ نمایند. جوشکارها فقط موقعی مجاز به ادامه جوشکاری یا برشکاری هستند که شرایط نسبت به شرایطی که اجازه برای آن‌ها صادر شده است، تغییر نکرده باشد.

- شرایط ایمن: جوشکارها باید فقط در مواردی که کلیه نکات ایمنی رعایت شده است، مشغول به برشکاری یا جوشکاری شوند.
- علامت‌گذاری مواد داغ: در مواردی که ممکن است دیگران به‌صورت ناخودآگاه با مواد داغ باقیمانده از جوشکاری تماس پیدا کنند، یک تابلوی هشدار باید نصب شود.

مراجع

1- ANSI Z49.1 Standard ,Safety in welding, cutting, and allied processes. American National Standards Institute, 2012.

2- DVS Media, The Welding Engineer‘s Current Knowledge, SLV, 2015.

3- Health and Safety Authority, Healthy, Risk assessment of welding. https://www.hsa.ie/eng/your_industry/chemicals/legislation_enforcement/chemical_agents_and_carcinogens/welding_fumes/welding_risk_assessment, Last access: 16.06.2021.

4- Sinnes K. (Editor), Welding handbook Vol. 1 (Welding and cutting science and technology). 10th Ed. ,AWS, 2018.

5- Health and Safety Executive, Safety risks from welding. https://www.hse.gov.uk/welding/other-welding-risks.htm, Last access: 16.06.2021.

6- American Welding Society, AWS D16.3: Risk Assessment Guide for Robotic Arc Welding,AWS, 2009.

۷- مقررات ایمنی جوشکاری، برشکاری و ساخت سازه های فلزی، شرکت مهندسی توسعه گاز ایران، ۱۳۹۲.

۳

فصل سوم

شناخت مبانی و اصول پیشگیری از حریق در جوشکاری و برشکاری و راه‌های کنترل

شناخت مبانی و اصول پیشگیری از حریق در جوشکاری و برشکاری و راه‌های کنترل

۳-۱ مناطق حاوی مواد قابل‌احتراق

۳-۱-۱ شرایط برای برشکاری یا جوشکاری

تا زمانی که اتمسفر اطراف، قابل‌اشتعال باشد و مواد قابل‌احتراق دور نشوند یا از خطرات آتش‌سوزی محافظت نشوند، هیچ عملیات جوشکاری یا برشکاری نباید انجام پذیرد.

۳-۱-۲ کار قابل جابه جایی

در صورت عملی‌بودن، کار باید به مکان امن تعیین شده، منتقل شود.

۳-۱-۳ خطرات حریق قابل جابه جایی

در مواردی که جابه‌جایی کار، عملی نباشد، تمام خطرات قابل‌حمل حریق مجاور باید به مکانی امن منتقل‌شوند.

۳-۱-۴ کار و خطرات حریق غیرقابل جابه جایی

در مواردی که کار و خطرات ناشی از آتش‌سوزی قابل‌جابه‌جایی نیستند، باید از حفاظ‌های ایمنی برای محافظت از خطرات ناشی از آتش سوزی غیرقابل‌جابه‌جایی و مراقبت از پرسنل در مجاورت گرما، جرقه و سرباره استفاده شود.

۳-۱-۴-۱ کف‌های قابل‌احتراق:

کف‌های قابل‌احتراق باید تمیز شوند و از طریق خیس‌کردن با آب یا پوشاندن با شن و ماسه مرطوب، ورق فلز یا معادل آن محافظت شوند. برای محافظت از پرسنل در برابر شوک الکتریکی در هنگام خیس‌بودن کف باید تمهیداتی اندیشیده شود.

استثنا: مرطوب‌کردن کف‌های چوبی که مستقیماً روی بتن گذاشته می‌شوند، لازم نیست.

۳-۱-۴-۲ شکاف‌های مجاور:

تمام شکاف‌ها یا روزنه‌های کف باید پوشیده یا بسته شود یا باید اقدامات احتیاطی برای محافظت از مواد قابل‌اشتعال یا قابل‌اشتعال در کف زیرین از جرقه‌هایی که ممکن است از شکاف‌ها نفوذ کنند، انجام شود. در مورد ترک یا شکاف دیوارها، درهای باز یا پنجره‌های باز یا شکسته نیز باید موارد احتیاطی مشابه، رعایت شود.

● ۳-۲ حفاظت در مقابل آتش

■ ۳-۲-۱ خاموش‌کننده‌ها و آب‌پاش‌ها

در مواقعی که کارهای جوشکاری و برشکاری انجام می‌شود، تجهیزات کافی برای اطفای حریق باید بسته به نوع و مقدار مواد قابل احتراق در معرض، آماده باشند. تجهیزات خاموش‌کننده مجاز باید شامل سطل‌های آب، سطل‌های شن، شلنگ یا خاموش‌کننده‌های قابل‌حمل باشند.

درصورتی‌که محافظت سیستم آب‌پاش موجود باشد، باید این سیستم در حین جوشکاری یا برشکاری قابل‌استفاده باشد. کلگی آب‌پاش‌های خودکار در مجاورت نزدیک جوشکاری باید این امکان را داشته باشند که به طور موقت با مواد به شکل ورق غیرقابل‌احتراق یا محافظ‌های پارچه‌ای مرطوب که در اثر حرارت فرایند جوشکاری می‌توانند فعال شوند، محافظت شود.

■ ۳-۲-۲ ناظران آتش

ناظران آتش باید افرادی واجد شرایط و آگاه در مورد رویه‌های گزارش‌دهی آتش‌سوزی و اقدامات نجات اضطراری باشند که وظایف آنها برای شناسایی و جلوگیری از گسترش آتش‌سوزی تعیین می‌شود. ناظران آتش باید در جاهایی که جوشکاری یا برشکاری انجام می‌شود و در آنجا ممکن است آتش‌سوزی بزرگی ایجاد شود یا هر زمان که شرایط زیر وجود داشته باشد، فراخوانده شوند:

۱. مجاورت مواد قابل‌احتراق: مواد قابل‌احتراق در سازه ساختمان یا محتویات آن از شعاع ۱۰/۷ متر به نقطه عملیات نزدیکتر باشند.

۲. شکاف‌ها: شکاف‌های دیوار یا کف در داخل شعاع ۱۰/۷ متری وجود دارند که مواد قابل‌احتراق را در مناطق مجاور، از جمله فضاهای پنهان‌شده در دیوارها، سقف‌ها یا کف‌ها، در معرض قرار می‌دهند.

۳. لوله‌ها و دیوارهای فلزی: مواد قابل‌احتراق در مجاورت طرف مخالف پارتیشن‌های فلزی، دیوارها، سقف‌ها یا پشت‌بام‌ها یا در تماس با لوله‌ها هستند و احتمالاً در اثر هدایت یا تشعشع، مشتعل می‌شوند.

۴. کار کشتی: کار کشتی در دو طرف مخالف پوسته مخزن، عرشه، سربار و کلاهک که در آن نفوذ مستقیم جرقه‌ها یا انتقال گرما در جوشکاری ممکن است خطر آتش‌سوزی را به محفظه مجاور وارد کند.

■ ۳-۲-۳ ناظران آتش اضافی

در مواردی که لازم است مناطقی را که از دید یک ناظر آتش پنهان شده‌اند (طرف دیگر پارتیشن‌ها، دیوارها، سقف‌ها و غیره) مشاهده شوند، ناظران آتش اضافی باید فراخوانده شوند.

▪ ۳-۲-۴ وظایف ناظر آتش

ناظران آتش باید در استفاده از تجهیزات خاموش‌کننده آتش آموزش ببینند. آنها باید با امکانات به‌کاررفته برای به صدا درآوردن زنگ خطر در صورت آتش‌سوزی آشنا باشند و در خارج از هر فضای بسته، برای ارتباط با افرادی که در داخل آن کار می‌کنند باقی بمانند. این افراد باید مراقب آتش‌سوزی در تمام مناطق در معرض آتش باشند و در مواقعی که مشخصاً ظرفیت تجهیزات موجود اجازه می‌دهد، آتش‌سوزی را خاموش کنند و یا درغیراین‌صورت، زنگ هشدار را به صدا در آورند. یک ناظر آتش باید پس از اتمام عملیات جوشکاری یا برشکاری، حداقل برای نیم ساعت باقی بماند تا آتش‌های احتمالی بعدی را شناسایی و خاموش کنند. ناظران آتش باید مجاز به انجام وظایف اضافی باشند. با این حال، این وظایف اضافی آنها را از مسئولیت ناظر آتش باز نمی‌دارد.

● ۳-۳ مجوز کار داغ

قبل از شروع جوشکاری یا برشکاری در مکانی که برای چنین اهدافی طراحی نشده است، بازرسی و صدور مجوز توسط نماینده مدیریت لازم است.

● ۳-۴ جوشکاری یا برشکاری محفظه‌ها

کار جوشکاری یا برشکاری تا زمانی که محفظه برای کار گرم آماده نشود، نباید شروع شود. کارگران باید قبل از شروع کار گرم با استانداردهای مربوط به روش‌های ایمن آماده‌سازی محفظه‌ها و لوله‌ها برای جوشکاری و برشکاری، کاملاً آشنا باشند.

هیچگاه روی مخازنی که حاوی مواد قابل‌اشتعال یا احتراق هستند جوشکاری نکنید مگر اینکه کاملاً آنها را تمیز کرده و با یک گاز بی‌اثر پُر کرده باشید، در غیر این‌صورت احتمال وقوع انفجار، آتش‌سوزی یا پخش بخارات سمی وجود دارد. مخازن دارای مواد ناشناخته باید بعنوان مواد قابل اشتعال یا احتراق در نظر گرفته شوند.

● مرجع

1- ANSI Z49.1 Standard, Safety in welding, cutting, and allied processes. American National Standards Institute, 2012.

۴

فصل چهارم

شناخت مبانی ایمنی برق در عملیات جوشکاری و برشکاری

شناخت مبانی ایمنی برق در عملیات جوشکاری و برشکاری

۴-۱ مقدمه

اغلب عملیات جوشکاری، برشکاری و عملیات متحد با آن، از نوعی از تجهیزات الکتریکی استفاده می‌کنند. به‌عنوان‌مثال، حتی دستگاه‌های برشکاری گازی اکسی‌سوخت نیز از درایوهای موتور، کنترل‌ها و سیستم‌های الکتریکی مختلف دیگر استفاده می‌کنند. در صورت فقدان اقدامات احتیاطی، پرسنل ممکن است در اثر شوک الکتریکی در عملیات جوشکاری و برشکاری، مجروح یا حتی کشته شوند. یک برنامه آموزش ایمنی خوب در ایمنی الکتریکی ضروری است. قبل از کار با هر ابزار الکتریکی، کارکنان باید به طور کامل در مورد ایمنی برق توسط یک متخصص آگاه آموزش داده شوند.

شوک الکتریکی هنگامی رخ می‌دهد که جریان الکتریکی به‌اندازه‌کافی از بدن عبور کند. شدت شوک در درجه اول به میزان جریان، مدت و مسیر جریان و وضعیت سلامتی فرد بستگی دارد. مقدار جریان الکتریکی به ولتاژ اعمال شده (که باعث جاری شدن جریان الکتریکی می‌شود) و مقاومت مسیر بدن بستگی دارد. فرکانس جریان نیز ممکن است در هنگام ورود جریان متناوب (AC) اثرگذار باشد. جریان‌های بیشتر از حدود ۵ میلی‌آمپر، جریان‌های شوک اولیه محسوب می‌شوند زیرا قادر به آسیب مستقیم فیزیولوژیکی هستند. جریان‌های پایدار کمتر از ۵ میلی‌آمپرکه قادر به ایجاد واکنش‌های غیرارادی عضلانی بدون این‌که به‌طور معمول آسیب مستقیم فیزیولوژیکی ایجاد کنند هستند، جریان شوک ثانویه در نظر گرفته می‌شوند. بیشتر افراد از جریان ۰/۵ میلی آمپر، احساس سوزن‌سوزن‌شدن می‌کنند؛ در نتیجه، این نقطه به عنوان آستانه درک نامیده می‌شود.

۲-۴ منابع شوک الکتریکی

شوک الکتریکی می‌تواند ناشی از منابع طبیعی یا تجهیزات باشد. شوک ناشی از منابع طبیعی به‌عنوان‌مثال می‌تواند ناشی از افزایش ولتاژ ناشی از رعد و برق در سیستم های توزیع برق باشد. حتی اتصالات زمین نیز می‌توانند در اثر پدیده‌های گذرای شدید به دلیل خطاهای خط انتقال نیرو یا برخورد صاعقه، به پتانسیل بالایی نسبت به پتانسیل واقعی اتصال زمین دست یابند؛ اگرچه وقوع چنین شرایطی نادر است. در صورت نصب، استفاده یا نگهداری نادرست، اکثر تجهیزات الکتریکی می‌توانند خطر شوک ایجاد کنند. بنابراین، از نقطه نظر ایمنی، کلیه تجهیزات باید توسط پرسنل واجد شرایط نصب، بهره برداری، نگهداری و تعمیر شوند. نباید از کابلهای فرسوده، آسیب دیده یا نامناسب استفاده شود. در فعالیت‌های جوشکاری و برشکاری، اکثر تجهیزات الکتریکی از منابع جریان متناوب ۱۱۵ ولت تا ۵۷۵ ولت یا ژنراتورهای موتور دار تأمین برق می‌شوند. بیشتر عملیات جوشکاری به کمتر از ۱۰۰ ولت نیاز دارند. بعضی از روش‌های برشکاری قوسی از منابع نیرویی استفاده می‌کنند که در بیش از ۴۰۰ ولت کار می‌کنند، در حالی که دستگاه‌های جوشکاری پرتو الکترونی تقریباً تا ولتاژ ۱۵۰ کیلو ولت کار می‌کنند. این سطوح ولتاژ، رعایت موارد احتیاطی را الزامی می‌کنند، زیرا حتی با تجهیزاتی که کمتر از ۸۰ ولت کار می‌کنند، خطر مرگ و میر وجود دارد. ولتاژ مدار باز نباید از مقدار معینی که در جدول ۴-۱ ارائه شده است تجاوز نماید.

منظور از خطر الکتریکی تشدید شده در جدول انجام عملیات، یکی از شرایط زیر است:

- فضای محدود: به علت کم‌بودن فضا، ممکن است قسمت‌های هادی غیرهمنام به صورت هم‌زمان لمس شوند. در این حالت شرایط کار به صورتی است که امکان تماس فرد با قطعه (در حالت خم‌شده، نشسته، درازکش یا کج) و به طور هم‌زمان با قطعات هادی اطراف (مثل دیوارها، لوله‌ها و زمین) وجود داشته باشد. وجود این شرایط خطر برق‌گرفتگی را افزایش می‌دهد. اگر یکی از ابعاد محل جوشکاری (عرض، طول و ارتفاع) کمتر از ۲ متر باشد، محل عملیات فضای محدود محسوب می‌شود.
- محل خیس: اگر لباس کار در محلی تر شود، آن محل خیس محسوب می‌شود. این امر موجب رسانا شدن لباس می‌گردد. این مطلب در مورد عملیات در فضای آزاد نیز صدق می‌کند.
- محل گرم: اگر در محلی لباس از تعریق بدن خیس (و در نتیجه هادی الکتریسیته) شود، آن مکان، محل گرم محسوب می‌شود. در هریک از موارد بالا، خطر برق‌گرفتگی بیش از حالت عادی خواهد بود که در نتیجه باید از منابع با ولتاژ مدار باز محدود استفاده شود. اگر مقدار قابل‌توجهی کار جوشکاری و برشکاری تحت شرایط خطرناك الکتریکی انجام شود، کنترل‌های اتوماتیک برای کاهش ولتاژ مدار باز تا حد ایمنی توصیه می‌شود.

جدول ۴-۱ حداکثر ولتاژ مدار باز در دستگاه‌های جوشکاری

شرایط کار	نوع جریان	حداکثر ولتاژ	
		Peak V	Effective V
خطر الکتریکی تشدید شده Raised electrical danger	مستقیم متناوب	113 V 58 V	- 48 V
بدون خطر الکتریکی تشدید شده Without Raised electrical danger	مستقیم متناوب	113 V 113 V	- 80 V
عملیات محدود بدون خطر الکتریکی تشدید شده Limited Operation Without Raised electrical danger	مستقیم متناوب	113 V 78 V	- 55 V
مشعل قوس مکانیزه Arc torch mechanized operated	مستقیم متناوب	141 V 141 V	- 100 V
عملیات پلاسما Plasma process	مستقیم متناوب	710 V 710 V	- 500 V
زیر آب با اپراتور داخل آب Under water with persons in the water	مستقیم متناوب	65 V توصیه نشده	- توصیه نشده

در صنعت جوشکاری، بیشتر موارد شوک الکتریکی به دلیل تماس تصادفی با رساناهای بدون پوشش یا با عایق شدن ضعیف رخ می‌دهد؛ بنابراین، جوشکارها باید در برابر تماس با عناصر بدون پوشش در مدار جوشکاری و مدارهای اولیه، اقدامات احتیاطی انجام دهند.

آب یا رطوبت، مقاومت الکتریکی را به طور معمول کاهش می‌دهد و اغلب خطرات شدیدتری را ایجاد می‌کند. هنگام برشکاری یا جوشکاری قوسی در شرایط مرطوب یا تر و نیز در شرایطی که در آن تعریق شدید ایجاد می‌شود، پرسنل جوشکاری باید از دستکش‌های خشک و غیررسانا و لباس مناسب استفاده کنند تا از شوک الکتریکی جلوگیری شود. جوشکارها همچنین باید از طریق کفش‌های لاستیکی یا با استفاده از یک لایه عایق مانند جسم لاستیکی یا قطعه چوبی خشک، از سطوح رسانای الکتریکی از جمله زمین محافظت شوند. در چنین شرایط خطرناکی، جوشکارها می‌توانند از یک منبع جریان مستقیم (DC) نیمه‌خودکار، یک منبع قدرت قوسی الکترود دستی DC یا یک منبع قدرت جوشکاری قوسی با کنترل ولتاژ کاهش‌یافته استفاده کنند. استفاده از این منابع نیرو می‌تواند احتمال برق گرفتگی را کاهش دهد. اگر مقدار قابل‌توجهی از زمان کار در شرایط خطرناک الکتریکی سپری شود، استفاده از کنترل‌های خودکار برای کاهش ولتاژ بدون بار به یک سطح ایمن (۳۸ ولت RMS AC یا ۵۰ ولت DC) توصیه می‌شود.

وقتی لازم است که جوشکاران در حالت زانوزده، نشسته یا خوابیده قرار بگیرند، باید همان اقدامات احتیاطی گفته‌شده در بالا، صورت پذیرد. خطرات ناشی از تماس با عناصر رسانا را می‌توان با عایق‌بندی قطعات در مجاورت اپراتور به حداقل رساند. به عنوان یک احتیاط ایمنی عمومی، باید ساعت‌ها، انگشترها، دستبندها و سایر جواهرآلات، قبل از جوشکاری خارج شوند تا احتمال برق گرفتگی کاهش یابد.

● ۴-۳ انتخاب تجهیزات

علاوه بر استفاده از لباس مناسب و محافظت از بدن، اپراتورها می‌توانند با انتخاب و استفاده از تجهیزات مناسب، احتمال برق گرفتگی را کاهش دهند. اپراتورها باید از تجهیزات صحیح طراحی‌شده برای هر شغل و موقعیت استفاده کنند. همه تجهیزات باید الزامات استانداردهای مربوطه را برآورده سازند.

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، اگر قرار باشد که مقدار قابل‌توجهی کار جوشکاری و برشکاری در شرایط خطرناک از لحاظ الکتریکی انجام شود، استفاده از کنترل‌های اتوماتیک دستگاه که ولتاژ بدون بار (مدار باز) را تا سطح ایمن کاهش می‌دهد (۳۸ ولت RMS AC یا ۵۰ ولت DC)، توصیه می‌شود. هنگامی که فرایندهای خاص جوشکاری و برشکاری نیاز به ولتاژهای مدار باز خیلی بالا نیاز دارند، باید از رویه‌های عملیاتی و عایق‌کاری مناسب برای محافظت از پرسنل در برابر این ولتاژهای بالاتر بهره گرفته شود.

● ۴-۴ نصب و راه‌اندازی

کارکنان نصب‌کننده تجهیزات الکتریکی باید الزامات استانداردهای مربوطه را دنبال کنند. این استانداردها، موارد قطع اتصال، فیوزینگ و انواع مختلف خطوط برق ورودی را توصیف می‌کنند. تمام تجهیزات الکتریکی باید در محلی تمیز و خشک نصب شوند. اگر نصب تجهیزات الکتریکی در یک منطقه خشک و تمیز امکان‌پذیر نباشد، باید تجهیزات به طرز مناسبی با استفاده از حفاظ‌های ایمن از آلودگی و رطوبت محافظت شوند.

ترمینال‌های کابل‌های جوشکاری و کابل‌های برق باید از تماس تصادفی با پرسنل یا اشیای فلزی مانند وسایل نقلیه و جرثقیل محافظت شوند. اتصالات بین کابل‌های جوشکاری و منابع تغذیه را می‌توان با استفاده از اقدامات مناسب ذکر شده در مراجع و استانداردها محافظت کرد.

● ۴-۵ اتصال زمین

قطعه کار و قاب یا شاسی کلیه ماشین‌های الکتریکی باید به‌صورت متصل یا قرارگرفته بر روی اتصال زمین مناسب (مانند کف یا صفحه فلزی متصل شده به زمین)، باشند. آنها همچنین می‌توانند به یک اسکلت

ساختمان که به درستی به زمین متصل شده یا به سایر اتصال‌های زمین رضایت‌بخش، متصل شوند. برای دستگاه‌های جوشکاری قوس الکتریکی مجهز به ابزارهای شروع قوس با فرکانس بالا و پایدارکننده‌های قوس، استفاده از اتصال زمینی با فرکانس رادیویی ویژه نیز ممکن است الزامی باشد.

زنجیرها، طناب‌های سیمی، جرثقیل‌ها، بالابرها و آسانسورها هرگز نباید به‌عنوان متصل‌کننده‌های اتصال زمین یا به عنوان حاملان جریان جوشکاری مورد استفاده قرار گیرند. توجه به این نکته مهم است که کابل قطعه کار، کابل اتصال زمین نیست. کابل قطعه کار، ترمینال قطعه کار روی منبع تغذیه را به قطعه کار متصل می‌کند. برای اتصال قطعه کار یا ترمینال قطعه کار منبع تغذیه، یک کابل جداگانه موردنیاز است. بنابراین باید هنگام اتصال مدار اتصال زمین، دقت زیادی شود تا از اتصال زمین دوبل جلوگیری شود. در غیر این صورت، جریان جوشکاری ممکن است از طریق اتصالی که فقط برای اتصال زمین در نظر گرفته شده است، جریان یابد و جریان جوشکاری ممکن است بزرگتر از میزانی باشد که رسانای به‌کاررفته برای اتصال زمین، توانایی انتقال آن به‌صورت ایمن را داشته باشد.

ابزارهای کنترلی قابل‌حمل مانند دکمه‌های فشاری نباید به مدارهایی که ولتاژ کاری آنها تقریباً بیش از ۱۲۰ ولت است، متصل شوند. قطعات فلزی در معرض تماس ابزارهای کنترل قابل‌حمل که در مدارهای بالای ۵۰ ولت کار می‌کنند، باید توسط یک رسانای اتصال زمین در کابل کنترل به زمین متصل شوند. توصیه می‌شود که از کنترل‌های استفاده‌کننده از ولتاژ ذاتی بی‌خطر زیر ۳۰ ولت، بهره گرفته شود.

● ۶-۴ اتصالات و کابل‌ها

اتصالات برق باید محکم و تمیز باشد تا از گرم‌شدن موضعی جلوگیری شود؛ بنابراین، باید به‌صورت دوره‌ای مورد بررسی قرار گیرند. گیره‌های قطعه‌کار مغناطیسی باید فاقد تجمع ذرات فلز و پاشش[1] روی سطوح تماس باشند. سیم‌های جوشکاری پیچیده شده باید قبل از استفاده باز شوند تا از گرم‌شدن بیش از حد و آسیب‌رساندن به عایق جلوگیری شود. هنگامی که فعالیت‌ها به طور متناوب به کابل‌های بلند و کوتاه احتیاج دارند، باید از اتصال‌دهنده‌های کابل عایق‌بندی‌شده استفاده شود تا در صورت عدم نیاز، بتوان طول اضافی کابل را قطع کرد.

تجهیزات، کابل‌ها، فیوزها، دوشاخه‌ها و پریزها باید در ظرفیت‌های حمل جریان و سیکل کاری خود مورداستفاده قرار بگیرند. فعالیت دستگاه در بالاتر از نرخ جریان یا سیکل کاری تعیین شده، باعث گرم‌شدن بیش از حد و خراب‌شدن سریع عایق و سایر قطعات می‌شود. هنگام جوشکاری با کابل‌های کوتاه، ولتاژ پایین یا هر دو، ممکن است جریان واقعی جوشکاری بیشتر از آنچه توسط نشانگرهای دستگاه جوشکاری نشان داده می‌شود، باشد. هنگامی که دستگاه‌های جوشکاری ساخته‌شده برای کارهای عمومی، با فرایندهای به‌کاربرنده ولتاژ قوس کم (مانند جوشکاری قوس تنگستن گاز) استفاده شوند، احتمال دارد که جریان بالایی را ارائه دهند.

1- Spatter

کابل جوشکاری باید انعطاف‌پذیر بوده و به طور ویژه برای شدت کار خدمات جوشکاری طراحی شود. عایق‌بندی روی کابل‌های به‌کاررفته با ولتاژهای بالا یا نوسانگرهای فرکانس بالا، باید محافظت مناسبی را ایجاد کنند. توصیه‌ها و اقدامات احتیاطی سازنده کابل باید رعایت شود. عایق کابل باید در شرایط خوبی حفظ شود و در صورت لزوم، کابل‌ها باید سریعاً تعمیر یا تعویض شوند.

● ۴-۷ کاربری

برای اطمینان از عملکرد ایمن کلی، پرسنل جوشکاری باید از کدها و استانداردهای مربوط به مسئولیت‌هایشان آگاهی داشته باشند. پرسنل باید به مقررات مکتوب مربوط به عملکرد ایمن تجهیزات، دسترسی داشته باشند. این مقررات باید کاملاً رعایت شوند.

جوشکارها نباید اجازه دهند تا قسمت‌های فلزی حاوی جریان الکترودها، الکترودگیرها یا مشعل‌ها، با پوست بدون پوشش یا هر بخش مرطوب لباس آنها تماس پیدا کند. الکترودگیرها نباید با فروبردمشدن در آب خنک شوند و عایق الکترودگیرها باید در شرایط مطلوبی نگهداری شود. قبل از استفاده از تفنگ‌ها یا الکترودگیرهای جوشکاری خنک‌شونده با آب، جوشکارها باید آنها را از نظر نشت آب و میعان که ممکن است ایمنی را به مخاطره بیندازد، بررسی کنند. علاوه بر این، جوشکارها نباید کابل‌های جوشکاری را روی بدن خود انداخته یا دور خود بپیچانند.

در زمان قطع کار و عملیات، جریان برق مدارهای جوشکاری باید قطع شود تا در هنگام تعویض یا تنظیم الکترود، مشعل یا تفنگ، از برق‌گرفتگی جلوگیری شود. تنها استثنا، جوشکاری قوسی الکترود دستی است. هنگامی که یک الکترود پوششدار در جوشکاری قوسی الکترود دستی تعویض می‌شود و مدار به جریان می‌افتد، الکترود باید با دستکش‌های جوشکاری خشک تعویض شود و هرگز این تعویض نباید با دست بدون دستکش انجام شود. با این وجود، همیشه برای رسیدن به ایمنی بهینه مطلوب است که حتی در صورت وجود الکترودهای پوششدار، جریان برق مدار قطع شود.

در پایان یک عملیات یا هنگام ترک ایستگاه کاری برای یک مدت‌زمان قابل‌توجه، اپراتورها باید دستگاه جوشکاری را خاموش کنند. به همین ترتیب، وقتی دستگاهی باید جابجا شود، منبع تغذیه ورودی باید از منبع قطع شود. در صورت عدم استفاده از تجهیزات، الکترودهای استفاده شده باید از الکترودگیر خارج شوند تا خطر تماس الکتریکی تصادفی با کارگران یا اشیای رسانا از بین برود. تفنگ‌های جوشکاری نیمه‌خودکار باید طوری قرار بگیرند که سوئیچ تفنگ به طور تصادفی به‌کار نیفتد.

۴-۸ اصلاح و نگهداری

تجهیزات الکتریکی معیوب یا خطرات ایمنی باید به‌محض شناسایی به سرپرست گزارش شوند. از تجهیزات معیوب تا زمان سرویس توسط پرسنل مجاز و تأیید ایمنی آنها، نباید استفاده شود. فقط افراد واجد شرایط مجاز به اصلاح و نگهداری تجهیزات الکتریکی هستند. دستگاه‌های جوشکاری به رویه‌ها اصلاح و نگهداری زیادی نیاز دارند. رویه‌های معمول، در زیر ذکر شده است:

۱. سوئیچ‌ها در ماشین‌های جوشکاری چرخان باید تمیز نگه داشته شوند تا از تشکیل قوس اضافی جلوگیری شود؛

۲. دستگاه‌های جوشکاری رکتیفایر (یکسوکننده) باید مرتباً از نظر تجمع گردوغبار یا پُرزهایی که ممکن است در تهویه اختلال ایجاد کند، مورد بازرسی قرار گیرند؛

۳. دریچه‌ها و مجاری تهویه سیم‌پیچ الکتریکی داخلی، نیاز به بازرسی برای جلوگیری از تجمع گردوغبار و پُرزها دارند؛

۴. دستگاه‌های جوشکاری ممکن است گاهی با هوای پاک، خشک و فشرده در فشار کم هواگیری شوند، مگر اینکه توسط سازنده منع شده باشد. اقدامات احتیاطی ایمنی کافی مانند محافظت مناسب از چشم باید رعایت شود؛

۵. استفاده از فیلترهای هوا در سیستم‌های تهویه اجزای الکتریکی توصیه نمی‌شود مگر اینکه توسط سازنده دستگاه جوشکاری تأمین شده باشند. در صورت استفاده، فیلترها باید طبق توصیه سازنده بازرسی شوند، زیرا کاهش جریان هوای ناشی از تجمع گردوغبار روی فیلتر هوا می‌تواند باعث گرم شدن بیش از حد اجزای داخلی و خرابی همگی آن‌ها شود؛

۶. ماشین‌هایی که خیس شده‌اند باید کاملاً خشک شده و قبل از استفاده، به درستی مورد آزمایش مجدد قرار بگیرند؛

۷. تمام اتصالات ورودی باید چک شوند؛

۸. تمام اتصالات زمین باید مورد تأیید قرار بگیرند.

۴-۹ عملیات جوشکاری چند قوسه

خطر شوک الکتریکی زمانی افزایش می‌یابد که چندین جوشکار در حال کار بر روی یک سازه فلزی بزرگ هستند، مانند یک اسکلت ساختمان یا کشتی که بخشی از مدارهای جوشکاری برگشتی است. تماس الکتریکی مناسب باید در تمام اتصالات سازه وجود داشته باشد. جرقه‌زدن یا گرم‌شدن در هر نقطه از سازه، آن را به مدار برگشت نامناسب تبدیل می‌کند.

هنگامی که دو یا چند جوشکار که روی یک سازه کار می‌کنند، محتمل است که قطعات در معرض تماسی که بیش از یک الکترودگیر هستند را به طور هم‌زمان لمس کنند؛ بنابراین، دستگاه‌های جوشکاری باید به هم متصل شوند تا خطر شوک الکتریک به حداقل برسد. در حالت ایده‌آل، تمامی دستگاه‌های جوشکاری

DC باید با قطبیت یکسان متصل شوند. برای تعیین همسان بودن قطب‌ها می‌توان از یک لامپ تست یا ولت‌متر، استفاده کرد. همچنین ترجیح داده می‌شود که همه دستگاه‌های جوشکاری AC تک فاز، به همان فاز مدار تغذیه و با همان قطبیت لحظه‌ای متصل شوند. این اقدامات احتیاطی اختلاف بالقوه در قطبیت بین الکترودگیرها را به حداقل می‌رساند.

در بعضی موارد، اتصالات مطلوب ممکن است در دسترس نباشد. جوشکاری ممکن است به هر دو قطب DC نیاز داشته باشد، یا اینکه محدودیت‌های مدار تغذیه، توزیع ماشین‌های جوشکاری AC را در بین فازهای مدار تغذیه ضروری نماید. در این موارد، ولتاژ بدون بار بین الکترودگیرها یا تفنگ‌های جوشکاری ممکن است دو برابر ولتاژ معمول باشد. در این شرایط، به دلیل افزایش ولتاژ، باید به جوشکاران و سایر پرسنل منطقه دستور داده شود تا از تماس همزمان با بیش از یک الکترودگیر، تفنگ جوشکاری یا الکترود نصب‌شده پرهیز کنند.

● ۴-۱۰ اقدامات احتیاطی ویژه برای افراد استفاده‌کننده از باتری قلب

ازآنجاکه باتری‌های قلب، الکتریکی عمل می‌کنند، ممکن است در اثر وجود میدان‌های الکترومغناطیسی قوی تولیدشده توسط جوشکاری و برشکاری قوس الکتریکی، عملکرد آنها به خطر بیفتد. بنابراین، استفاده‌کنندگان از باتری‌های قلب یا سایر تجهیزات الکترونیکی که برای زندگی حیاتی هستند، باید قبل از انجام این عملیات با پزشک و سازنده، در مورد خطرات احتمالی مشورت کنند. استفاده‌کنندگان باتری قلب، پس از انجام جوشکاری و برشکاری باید اقدامات احتیاطی ویژه‌ای را رعایت کنند. تنظیمات جریان جوشکاری بالاتر از حد ضروری، نباید توسط استفاده‌کنندگان باتری قلب مورد استفاده قرار بگیرد. کابل‌های جوشکاری باید نزدیک به‌هم قرار گرفته و در یک سمت جوشکار قرار بگیرند. از جوشکاری کوتاه مکرر باید پرهیز شود؛ بین شروع‌ها و توقف‌های جوش باید ۱۰ ثانیه فاصله وجود داشته باشد. استفاده‌کنندگان از باتری قلب نباید به تنهایی کار کنند و در صورت احساس بیماری باید جوشکاری را متوقف کرده و سریعاً از مراقبت‌های پزشکی استفاده کنند.

● مراجع

1- Sinnes K. (Editor), Welding handbook Vol. 1 (Welding and cutting science and technology). 10th Ed. ,AWS, 2018.

۲- مقررات ایمنی جوشکاری، برشکاری و ساخت سازه‌های فلزی، شرکت مهندسی توسعه گاز ایران، ۱۳۹۲.

۵

فصل پنجم

شناخت اصول ایمنی در کپسول‌ها و سیلندرهای عملیات جوشکاری و برشکاری

شناخت اصول ایمنی در کپسول‌ها و سیلندرهای عملیات جوشکاری و برشکاری

۵-۱ محفظه‌ها و سیلندرهای گاز

گازهای مورداستفاده در عملیات جوشکاری و برشکاری در محفظه‌هایی تحت عنوان سیلندر بسته‌بندی می‌شوند. فقط سیلندرهایی که مطابق با قوانین و استانداردهای مربوطه، طراحی و نگهداری می‌شوند می‌توانند مورد استفاده قرار بگیرند. استفاده از سیلندرهای دیگر ممکن است بسیار خطرناک بوده باشد. سیلندرهایی که طبق مقررات به آزمایشات مجدد دوره ای احتیاج دارند، نباید بدون انجام آن‌ها پُر شوند.

۵-۱-۱ پُرکردن

سیلندرها فقط با اجازه مالک آن‌ها پُر می‌شوند. این سیلندرها فقط باید توسط تأمین‌کنندگان گاز شناخته شده یا افرادی که آموزش و امکانات مناسب برای انجام این کار دارند، پُر شوند. پُرکردن یک سیلندر از دیگری خطرناک است و کسی که صلاحیت این کار را ندارد، نباید آن را امتحان کند. ترکیبات قابل‌احتراق یا ناسازگار گازها هرگز نباید در سیلندرها مخلوط شوند.

۵-۱-۲ استفاده و انبارش

جوشکاری نباید روی سیلندرهای گاز انجام شود. سیلندرها نباید بخشی از یک مدار الکتریکی شوند؛ زیرا ممکن است قوس ایجاد شود. سیلندرهای حاوی گازهای محافظ که همراه با جوشکاری قوسی استفاده می‌شوند، نباید به زمین متصل شوند. الکترودگیرها، مشعل‌های جوشکاری، کابل‌ها، شلنگ‌ها و ابزارها نباید روی سیلندرهای گاز نگهداری شوند، زیرا ممکن است باعث ایجاد قوس یا اختلال در عملکرد شیر شود. سیلندرهای گاز آسیب‌دیده از قوس ممکن است پاره شده و منجر به آسیب یا مرگ شود.

سیلندرهای گاز اکسیژن و گاز سوختنی را به طور جداگانه و دور از حرارت و نور خورشید و در جای خشک دارای تهویه مناسب و مقاوم در برابر آتش و حداقل ۶ متر (۲۰ فوت) به‌دوراز مواد قابل‌اشتعال مثل رنگ، روغن یا حلال‌ها نگهداری و انبار کنید.

سیلندرها نباید به‌عنوان تکیه‌گاه کار یا غلتک استفاده شوند. آنها باید از دست‌اندازها، زمین‌خوردن‌ها، افتادن اشیاء و آب و هوا محافظت شوند و نباید آنها را پرتاب کرد. سیلندرها نباید در معابری که امکان برخورد با وسایل نقلیه دارند، نگهداری شوند. آنها باید در مناطقی نگهداری شوند که دما به زیر منفی ۳۰ درجه سانتیگراد نرسد و بیش از ۵۵ درجه سانتیگراد نیز نباشند. هر یک از این برخوردها و استفاده‌های نادرست می‌تواند به سیلندرها تا حدی که ممکن است از کار بیفتند (با در پی داشتن عواقب جدی)، آسیب برسانند.

پس از اتمام کار شیر سیلندر را ببندید. قبل از اینکه سیلندرها را حرکت داده و در انبار قرار دهید، درپوش محافظتی شیر را روی آن قرار داده و شیر تخلیه را باز کنید تا گاز درون شلنگ خالی شود.

سیلندرها نباید با استفاده از مهارها یا زنجیرها معمولی بالا برده شوند. باید از چارچوب یا مهار گهواره‌مانند مناسب استفاده کرد که سیلندر را به طور ایمنی حفظ نماید. برای حمل سیلندرها نباید از آهن‌رباهای الکتریکی استفاده کرد.

سیلندرها همیشه باید توسط کاربر در برابر افتادن در هنگام استفاده یا انبارش، محافظت شوند. سیلندرهای استیلن و گاز مایع باید همیشه در حالت عمودی، انبارش و استفاده شوند. سیلندرهای دیگر نیز ترجیحاً در حالت عمودی ذخیره و استفاده می‌شوند، اما این مسئله در هر شرایطی ضروری نیست.

قبل از استفاده از محتوی گاز داخل یک سیلندر، محتوای آن باید توسط برچسب روی آن مشخص شده باشد. محتویات هرگز نباید به‌وسیله دیگری مانند رنگ سیلندر، باند یا شکل مشخص شوند. این موارد ممکن است در بین تولیدکنندگان، مناطق جغرافیایی یا خطوط تولید متفاوت باشد و کاملاً گمراه‌کننده شود. برچسب روی سیلندر تنها هشدار مناسب برای محتوای آن است. اگر روی یک سیلندر، برچسب نباشد، نباید از محتویات آن استفاده شود و سیلندر باید به تأمین‌کننده برگردانده شود.

برای محافظت از ابزار ایمنی و شیر سیلندر، در بسیاری از سیلندرها یک درپوش محافظ شیر وجود دارد. این درپوش همیشه باید در جای خود باشد مگر در مواردی که سیلندر در حال استفاده است. سیلندر هرگز نباید به‌صورت دستی یا توسط بالابر، توسط درپوش محافظ شیر بلند شود. رزوه‌هایی که این کلاهک‌های محافظ شیر را نگهداری می‌کنند، فقط برای همین منظور در نظر گرفته شده‌اند و ممکن است قادر به تحمل وزن کامل سیلندر نباشند. درپوش‌ها را باید به طور کامل روی سیلندرها بست و با دست آنها را محکم کرد. سیلندرهای گاز و سایر محفظه‌ها باید مطابق با مقررات و استانداردهای مربوطه، انبارش شوند.

■ ۵-۱-۳ برداشت گاز

بسیاری از گازهای موجود در سیلندرهای فشار بالا، در فشارهای ۱۴ مگاپاسکال (۲۰۰۰ پی‌اس‌آی) یا بیشتر پُر می‌شوند. به جز در مواردی که تجهیزات به‌کاررفته، برای کار با فشار کامل سیلندر طراحی شده باشند، برای برداشت گاز از یک سیلندر یا منیفولد باید از یک رگلاتور (تنظیم‌کننده) کاهش فشار تأییدشده استفاده شود. هرگز نباید از شیرهای سوزنی ساده استفاده شود. یک شیر ایمنی یا فشارشکن که در فشاری کمتر از حداکثر فشار مجاز تجهیزات جوشکاری، عمل می‌کند نیز باید استفاده شود. وظیفه این شیر، جلوگیری از خرابی تجهیزات در فشارهای بیش از محدودیت کار، در صورت از کار افتادن رگلاتور در حین سرویس است.

شیرهای روی سیلندرهای حاوی گاز فشار بالا (به‌ویژه اکسیژن)، باید همیشه به‌آرامی باز شوند تا از دمای بالای حاصل از فشار مجدد آدیاباتیک که در صورت بازشدن سریع شیرها می‌تواند رخ دهد، جلوگیری شود. در مورد گاز اکسیژن، گرما می‌تواند محل استقرار شیر را مشتعل کند که این مسأله به نوبه خود، ممکن است باعث ذوب یا سوختن فلز شود. هنگام بازشدن شیر، خروجی شیر سیلندر باید از اپراتور و افراد دیگر فاصله داشته باشد تا از آسیب‌دیدگی در صورت رخداد آتش سوزی جلوگیری کند.

قبل از اتصال یک سیلندر گاز به رگلاتور فشار یا منیفولد، خروجی شیر باید ابتدا از آلودگی، رطوبت و سایر مواد خارجی با روبش توسط پارچه تمیز و عاری از روغن، تمیز شود. سپس، شیر باید لحظه‌ای باز شده و بلافاصله بسته شود. این مسئله، به «گشودن[1] شیر سیلندر» معروف است. هرگز نباید سیلندرهای گاز سوختنی در نزدیکی منابع اشتعال (به عبارت دیگر جرقه‌ها و شعله‌ها)، هنگامی سیگار کشیدن اپراتور یا در فضاهای محدود، گشوده شوند.

رگلاتور باید قبل از اتصال به سیلندر و همچنین پس از بسته‌شدن شیر سیلندر پس از اتمام کار، از فشار گاز تخلیه شود. رزوه‌های خروجی روی شیرهای سیلندر، برای گازهای خاص، به‌نحوی‌که فقط رگلاتورها یا منیفولدها با رزوه‌های مشابه قابل‌اتصال باشند، استانداردسازی شده‌اند.

ترجیح بر این است که شیرهای سیلندرهای گاز سوختنی فشار پایین، بیش از یک دور چرخش باز نشوند. این مسئله معمولاً جریان مناسب را فراهم می‌کند و بسته‌شدن سریع شیر سیلندر در شرایط اضطراری را ممکن می‌سازد. از سوی دیگر، شیرهای سیلندر فشار بالا باید معمولاً به طور کامل باز شوند تا از وارونه‌شدن مجموعه[2] و از نشت مجموعه در حین استفاده، جلوگیری شود.

شیر سیلندر باید بعد از هر بار استفاده از سیلندر و همین‌طور زمانی که یک سیلندر خالی به تأمین‌کننده بازگردانده می‌شود، بسته شود. این امر، باعث جلوگیری از هدررفتن محصول از طریق نشتی (که ممکن است گسترش یابد و در حالی که سیلندر بدون مراقبت است، قابل شناسایی نباشد)، می‌شود و همچنین از خطرات ناشی از نشت جلوگیری می‌کند. این مسأله، از جریان برگشتی آلودگی‌ها به داخل سیلندر نیز جلوگیری می‌کند.

1- Cracking
2- Backseating the packing

توصیه می‌شود که سیلندرها با حدود ۱۷۲ کیلو پاسکال (۲۵ پی‌اس‌آی) از محتوای باقیمانده، به تأمین‌کننده بازگردانده شوند. این مسأله، از آلودگی احتمالی توسط اتمسفر در هنگام حمل‌ونقل جلوگیری می‌کند.

■ ۵-۱-۴ ابزارهای آزادسازی فشار

فقط پرسنل آموزش‌دیده مجاز به تنظیم ابزارهای آزادسازی فشار روی سیلندرها هستند. این ابزارها به‌منظور تأمین محافظت در هنگام قرارگرفتن سیلندر در یک محیط مخاطره‌آمیز (معمولاً آتش یا منبع گرمایی دیگر)، در نظر گرفته شده‌اند. چنین محیط‌هایی ممکن است فشار داخل سیلندرها را افزایش دهند. به‌منظور جلوگیری از فشار بیش از حد مجاز سیلندر، ابزارهای ایمنی برای آزادسازی محتویات طراحی شده‌اند.

● ۵-۲ سیلندرها و مخازن برودتی

سیلندرها و مخازن برودتی، برای ذخیره در دمای بسیار پایین مایعاتی که در شرایط عادی دما و فشار به گازها تبدیل می‌شوند، استفاده می‌شود. مایعات به‌اصطلاح برودتی، به‌کاررفته برای اهداف تجاری شامل اکسیژن، نیتروژن و آرگون هستند؛ اگرچه گازهای دیگر نیز ممکن است به عنوان مایعات برودتی به‌کاررروند.

سیلندرها و مخازن ذخیره مایعات برودتی معمولاً مخازن دو جداره‌ای هستند که بین دو دیواره آن‌ها از تخلیه و عایق‌بندی می‌شود. آنها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که حاوی مایعات در دمای بسیار پایین با حداقل دریافت گرما هستند. دریافت گرما از اتمسفر باعث تبخیر محصول می‌شود. محفظه‌های مایع، مقدار بیشتری از محصول را نسبت به سیلندرهای گاز فشار بالا، برای یک حجم مشخص از آن نگهداری می‌کنند. برای ایمنی بیشتر، محفظه‌های مایع باید با دقت مورد استفاده قرار گیرند. آنها را باید همیشه در حالت ایستاده نگه داشت. برای جابجایی این محفظه‌ها، باید از کامیون حمل سیلندری استفاده شود که برای این منظور طراحی شده اند. محفظه‌های مذکور نباید در لبه پایین رول شوند (بر عکس آنچه اغلب در مورد سیلندرهای فشار بالا انجام می‌شود).

عدم استفاده صحیح از این سیلندرها می‌تواند منجر به پارگی دیواره داخلی یا خارجی سیلندر شود که باعث ازدست‌رفتن خلأ و افزایش سریع فشار داخلی خواهد شد. این امر منجر به فعال‌شدن ابزارهای محافظتی سیلندر و ازبین‌رفتن محتویات سیلندر می‌شود. ابزارهای محافظ سیلندر هرگز نباید دستکاری شده و یا غیرفعال شوند. فشار بیش از حد می‌تواند منجر به از کار افتادگی به صورت انفجاری شود.

صدمه به دیواره‌های داخلی یا اتصالات یک محفظه مایع برودتی، اغلب با یخزدگی قابل‌مشاهده در قسمت خارجی محفظه مشخص می‌شود. هر زمان که یخزدگی در نمای بیرونی یک محفظه مایع برودتی ظاهر شود، باید پرسنل را مرخص و تأمین‌کننده گاز را از این امر مطلع کرد. به طور کلی، افراد باید تا زمانی که یخ زدگی از بین نرود، از محفظه دور نگه داشته شوند. هنگامی که یخزدگی از بین برود، به این معنی است که محتویات تبخیر شده و فشار داخلی خطرناک آزاد شده است.

اگرچه محتویات ظروف مایع برودتی عمدتاً در دمای بسیار پایین به شکل مایع است، محصول خارج‌شده از این ظروف باید یک گاز در دمای اتاق باشد. این تبدیل در درون یک سیستم تبخیرساز انجام می‌شود که مایع را تبخیر می‌کند و گاز را تا دمای اتمسفر گرم می‌نماید.

در برخی از موارد، ممکن است که کاربر بخواهد مایع را از محفظه خارج کند. هنگام خروج مایع باید از لباس محافظ استفاده شود تا از تماس بدن با محصول سرد جلوگیری شود. استفاده از یک دستکش عایق‌بندی مناسب و گشاد و یک محافظ مناسب صورت، ضروری است. تماس مایع با پوست باعث سوختگی مشابه سوختگی رخ‌داده در اثر گرما می‌شود و تماس طولانی باعث یخ‌زدگی شدید می‌شود. با آسیب‌های ازاین‌دست باید به همان روشی برخورد شود که با آسیب‌های ناشی از قرارگرفتن در معرض دمای پایین رفتار می‌شود.

خواص بسیاری از مواد در دمای مایع برودتی، در مقایسه با خصوصیات طبیعی آنها، به‌شدت متفاوت است. در این شرایط، بسیاری از فلزات از جمله فولاد کربنی و اکثر الاستومرها (مانند لاستیک)، بسیار شکننده می‌شوند. در هنگام خروج مایعات برودتی از سیلندرها، کلیه مواد موجود در خط انتقال آن‌ها باید دارای خواص رضایت‌بخشی در دماهای پایین باشند.

در اثر برخورد اکسیژن مایع با آسفالت یا مواد قیری مشابه، ممکن است واکنشی با شدت انفجاری ایجاد شود؛ بنابراین، مخازن اکسیژن مایع هرگز نباید روی چنین سطوحی نصب شوند و نباید به اکسیژن مایع اجازه تماس با این مواد را داد. مخازن اکسیژن مایع باید همیشه روی بسترهای بتونی نصب شوند.

● ۵-۳ رگلاتورها (تنظیم‌کننده‌ها)

هنگام برداشتن گاز از سیلندرهای گاز برای عملیات جوشکاری یا برشکاری همیشه باید از رگلاتور کاهش‌دهنده فشار استفاده شود. رگلاتورهای گاز باید الزامات استانداردهای مربوطه را برآورده سازند. رگلاتورهای کاهش‌دهنده فشار فقط باید برای گاز و فشاری که روی برچسب آن درج شده است، استفاده شوند. رگلاتورها نباید برای گازهای دیگر یا در فشارهای دیگر استفاده شوند (اگرچه ممکن است رزوه‌های خروجی شیر سیلندر مشابه باشد). اتصالات رزوه‌ای به رگلاتور، نباید تحت نیرو قرار بگیرند. فیت‌شدن نادرست رزوه‌ها بین یک سیلندر گاز و رگلاتور یا بین رگلاتور و شلنگ نشان می‌دهد که از ترکیب نامناسبی از ابزارها استفاده شده است.

استفاده از آداپتورها برای تغییر رزوه اتصال سیلندر، به دلیل خطر استفاده از رگلاتور نادرست یا دارای آلودگی، توصیه نمی‌شود. به‌عنوان‌مثال، گازهایی که به روغن آلوده هستند می‌توانند یک لایه روغنی را روی قسمتهای داخلی رگلاتور رسوب دهند. این لایه می‌تواند گاز عاری از روغن را آلوده کرده و یا منجر به آتش‌سوزی یا انفجار در زمان استفاده از گاز اکسیژن شود.

رزوه‌ها و آب‌بندهای[1] اتصال رگلاتورها باید قبل از استفاده، از نظر آلودگی یا خرابی بررسی شوند. در صورت نشت اتصال شلنگ یا سیلندر، این اتصال نباید با گشتاور اضافی، تحت نیرو قرار بگیرد. رگلاتورها و اجزای آسیب‌دیده باید توسط مکانیکی که به درستی آموزش دیده است تعمیر شوند یا برای تعمیر به سازنده بازگردانده شوند.

برای کنترل جریان گاز یک رگلاتور باید از شیر یا جریان‌سنج مناسب استفاده شود. فشار داخلی در یک رگلاتور باید قبل از اتصال به یک سیلندر گاز یا منیفولد تخلیه شود.

● ۵-۴ منیفولدها[2]

در صورت نیاز بدون وقفه به گاز یا نیاز به‌سرعت انتقال گاز بالاتر از آنچه توسط یک سیلندر تأمین می‌شود، از منیفولد استفاده می‌شود. یک منیفولد باید برای یک گاز و فشار عملیاتی خاص، طراحی شود و درزبند باشد. برای رسیدن به این هدف، اجزای منیفولد باید مورد تأیید قرار بگیرند و فقط برای گاز و فشاری که برای آنها تأیید شده‌اند، مورد استفاده قرار گیرند. منیفولدهای اکسیژن و گاز سوختنی باید الزامات خاص طراحی و ایمنی را برآورده کنند.

لوله‌ها و اتصالات منیفولدهای استیلن و متیل استیلن-پروپادین (MPS) نباید از جنس مس یا آلیاژهای حاوی ۷۰٪ یا بیشتر مس باشند. این گازهای سوختنی تحت شرایط خاص با مس واکنش می‌دهند و باعث ایجاد استیلید مس ناپایدار می‌شوند. این ترکیب ممکن است در اثر شوک یا گرما منفجر شود.

سیستم‌های لوله‌کشی منیفولد باید دارای یک شیر مناسب برای آزادسازی فشار بیش از حد باشند. هر مجرای سیلندر گاز سوختنی باید دارای یک شیر بررسی جریان برگشتی و یک برق‌گیر باشد. شیرهای کنترل جریان برگشتی نیز باید در هر خط در هر خروجی ایستگاه که در آن هر دو گاز سوختنی و اکسیژن برای مشعل جوشکاری، برشکاری یا پیش‌گرم فراهم می‌شود، نصب شوند.

■ ۵-۴-۱ سیستم‌های لوله‌کشی

به جز در مواردی که یک سیستم لوله‌کشی به طور خاص برای مقاومت در برابر فشار کامل سیلندر یا فشار مخزن منبع گاز فشرده، طراحی و ساخته شده است، سیستم لوله‌کشی باید همیشه با ابزارهای ایمنی آزاد سازی فشار مناسبی محافظت شود تا از ایجاد فشار در سیستم فراتر از ظرفیت تحمل ضعیف‌ترین عضو جلوگیری شود.

این ابزارهای آزادسازی فشار ممکن است دریچه‌های آزادسازی یا دیسک‌های پارشونده[3] باشند. برای جلوگیری از فشار بیش از حد سیستم، هرگز نباید تنها به رگلاتور کاهش فشار اعتماد کرد. یک ابزار کاهش

1- Glands
2- Manifolds
3- Bursting disks

دهنده فشار باید در هر بخش از سیستم قرار داشته باشد که بتواند در حالی که از سایر دستگاه‌های کاهش دهنده محافظ جدا شده است (مانند استفاده از یک شیر بسته)، در معرض فشار کامل منبع قرار گیرد.

برخی از رگلاتورهای فشار دارای شیرهای آزادسازی ایمنی جدایی‌ناپذیر هستند. این شیرها فقط برای محافظت از رگلاتور طراحی شده‌اند و برای محافظت از سیستم پایین‌دست نباید به آنها تکیه کرد.

در سیستم‌های لوله‌کشی برودتی، ابزارهای آزادسازی باید در هر قسمت از سیستم که گاز مایع در آن محبوس می‌شود، قرار داشته باشند. در هنگام گرم شدن، این مایعات بخار می‌شوند و در یک فضای بسته، فشار گاز می‌تواند به طرز چشمگیری افزایش یابد.

در هنگام استفاده از ابزارهای آزادسازی فشار که از سیستم‌های لوله کشی گاز سوختنی یا سایر سیستم‌های گاز خطرناک محافظت می‌نمایند، گاز خارج شده باید به مکان‌های ایمن تخلیه شود.

● ۵-۵ اکسیژن

اکسیژن، گازی غیرقابل‌اشتعال است، اما از احتراق مواد قابل‌اشتعال پشتیبانی می‌کند. این مسئله می‌تواند باعث آغاز احتراق شود و به شدت آن را تسریع نماید. بنابراین، سیلندرهای اکسیژن و محفظه‌های اکسیژن مایع نباید در مجاورت مواد قابل‌احتراق قرار بگیرند و همراه با سیلندرهای گاز سوختنی نیز نباید انبار شوند. اکسیژن هرگز نباید به عنوان جایگزین هوای فشرده استفاده شود. اکسیژن خالص نسبت به هوا که فقط حاوی ۲۰٪ اکسیژن است، از احتراق با شدت بالاتری پشتیبانی می‌کند، . بنابراین، شناسه‌گذاری سیلندرهای اکسیژن و هوا باید متفاوت باشد. روغن، چربی و گرد و غبار قابل‌احتراق ممکن است در اثر تماس با اکسیژن، خودبه‌خود شعله‌ور شوند. از این رو، کلیه سیستم‌ها و دستگاه‌های حاوی اکسیژن باید از هرگونه مواد قابل‌احتراق دور باشند. شیرها، لوله‌کشی یا اجزای سیستم که اختصاصاً برای سرویس اکسیژن تولید نشده‌اند، باید قبل از استفاده تمیز شوند و برای این سرویس مورد تأیید قرار بگیرند.

دستگاه‌هایی که اختصاصاً برای سرویس اکسیژن تولید شده‌اند و معمولاً به این منظور برچسب‌گذاری شده‌اند، باید در شرایط تمیز، مطابق وضعیتی که در ابتدا دریافت شده‌اند، نگهداری شوند. شیرهای اکسیژن، رگلاتورها و دستگاه‌ها هرگز نباید با روغن روانکاری شوند. در صورت نیاز به روانکاری، نوع روان‌کننده و روش استفاده از روغن باید در دستورالعمل ارائه شده توسط سازنده، مشخص شده باشد. در غیر اینصورت، دستگاه باید به کارخانه سازنده یا نماینده مجاز برای سرویس برگردانده شود. هرگز نباید از اکسیژن برای تأمین گاز ابزارهای هوای فشرده استفاده شود. این ابزارها تقریباً همیشه با روغن روانکاری می‌شوند. به همین ترتیب، از دمش اکسیژن نباید برای تمیز کردن کثیفی محل کار و لباس استفاده شود زیرا آنها اغلب به روغن، چربی یا گردوغبار قابل‌احتراق آلوده هستند. هنگام کار با سیستم‌های اکسیژن فقط باید لباس تمیز پوشیده شود. برای تهویه فضاهای بسته نباید از اکسیژن استفاده شود. در اثر اشتعال لباس یا مو در اتمسفر غنی از اکسیژن، ممکن است سوختگی‌های شدیدی ایجاد شود.

● ۵-۶ گازهای سوختنی

گازهای سوختنی که معمولاً در جوشکاری گاز اکسی سوخت (OFW) و برشکاری اکسی سوخت (OFC) استفاده می‌شوند، استیلن، متیل استیلن–پروپادین (MPS)، گاز طبیعی، پروپان و پروپیلن هستند. از هیدروژن نیز در برخی از کاربردها استفاده می‌شود. گاهی اوقات، از بنزین به‌عنوان سوخت برای برشکاری اکسیژن استفاده می‌شود. بنزین به‌کاررفته، در مشعل تبخیر می‌شود. این گازهای سوختنی باید همیشه با نام خود، ذکر شوند.

استیلن موجود در سیلندرها در یک حلال حل می‌شود تا بتوان آن را تحت‌فشار، به صورتی ایمن ذخیره کرد. در حالت آزاد، استیلن هرگز نباید در فشارهای بیش از ۱۰۰ کیلو پاسکال (۱۵ پی‌اس‌آی) استفاده شود، زیرا این گاز می‌تواند در اثر فشارهای بالاتر با شدت انفجاری تجزیه شود.

استیلن و MPS هرگز نباید در تماس با نقره، جیوه یا آلیاژهای حاوی ۷۰٪ مس یا بیشتر استفاده شوند. این گازها با فلزات موردنظر واکنش داده و ترکیبات ناپایداری را ایجاد می‌کنند که ممکن است در اثر شوک یا گرما منفجر شوند. شیرهای روی سیلندرهای گاز سوختنی هرگز نباید برای تمیزکردن خروجی شیر باز شوند (خصوصاً در نزدیکی منابع احتمالی احتراق شعله یا در فضاهای بسته).

زمانی که از گازهای سوختنی به‌عنوان اتمسفر کوره لحیم‌کاری سخت استفاده می‌شود، در نهایت باید این گازها سوزانده شوند و یا اینکه در مکانی امن تخلیه شوند. قبل از پُرکردن کوره یا محفظه با گاز سوختنی، ابتدا باید تجهیزات را با یك گاز غیرقابل‌اشتعال مانند نیتروژن یا آرگون پاك کرد تا از ایجاد مخلوط انفجاری هوا و سوخت جلوگیری شود.

هنگام استفاده از هیدروژن باید توجه ویژه‌ای مبذول شود. شعله‌های آتش حاصل از هیدروژن ممکن است به‌سختی دیده شوند و این امکان وجود دارد که قسمت‌هایی از بدن، لباس یا مواد قابل‌احتراق، در تماس با شعله‌های حاصل از هیدروژن قرار بگیرند.

■ ۵-۶-۱ آتش‌سوزی حاصل از گاز سوختنی

بهترین روش برای جلوگیری از آتش‌سوزی گاز سوختنی یا مایع، حفظ آن در داخل سیستم است؛ به این معنی که از نشت آن جلوگیری شود. تمام سیستم‌های سوخت باید در هنگام مونتاژ و در فواصل مکرر پس از آن، به‌دقت از نظر نشتی مورد بررسی قرار بگیرند. سیلندرهای گاز سوختنی باید از نظر نشتی مورد بررسی قرار گیرند؛ به خصوص در کلیدهای فیوز، ابزارهای ایمنی و مجموعه شیرها. یکی از منابع متداول آتش‌سوزی در جوشکاری و برشکاری، احتراق نشت سوخت توسط جرقه‌های در حال پرواز یا پاشش است. در صورت وقوع آتش‌سوزی، یکی از مؤثرترین روش‌ها برای کنترل آتش، بستن شیر سوخت است (در صورت دسترسی). شیر گاز سوختنی نباید بیش از حدی که برای تأمین جریان کافی لازم است، باز شود. به این ترتیب می‌توان در مواقع اضطراری سریعاً گاز را بست. در اغلب موارد، این عمل در کمتر از یک دور چرخش دسته اتفاق می‌افتد. اگر کنترل فوری شیر گاز سوختنی، غیرقابل‌دسترس باشد، این امکان وجود دارد که یک شیر بالادستی دیگر، جریان گاز را قطع کند.

اکثر گازهای سوختنی یا در سیلندرها به‌صورت مایع هستند و یا در مایعات حل می‌شوند؛ بنابراین، سیلندرها باید همیشه در حالت عمودی استفاده شوند تا از خروج مایع جلوگیری شود.

یک سیلندر گاز سوختنی می‌تواند باعث نشتی شود و گاهی حتی منجر به آتش‌سوزی شود. در صورت وقوع آتش‌سوزی، باید هشداردهنده حریق به صدا درآید و بلافاصله پرسنل آموزش‌دیده در مورد حریق، فراخوانده شوند. آتش‌سوزی‌های کوچك در مجاورت شیر سیلندر باید در صورت امکان با بستن شیر یا استفاده از آب، پارچه های مرطوب یا خاموش‌کننده‌های آتش، اطفاء شود. در صورت عدم امکان جلوگیری از نشت، سیلندر باید توسط پرسنل آموزش‌دیده در مورد حریق، به یک مکان امن در فضای باز انتقال داده شود و به تأمین‌کننده سیلندر گاز اطلاع‌رسانی شود. همچنین باید یک علامت هشدار نصب شود و استفاده از دخانیات یا سایر منابع احتراق در منطقه، ممنوع شود.

در صورت وقوع آتش‌سوزی بزرگ در یک سیلندر گاز سوختنی، باید هشداردهنده آتش‌سوزی فعال شود و همه پرسنل از منطقه خارج شوند. سیلندر باید توسط پرسنل حریق، با جریان زیاد آب، خیس نگه داشته شود تا خنک بماند. معمولاً بهتر است به جای تلاش برای خاموش‌کردن شعله، آتش ادامه یابد و گاز نشت‌کرده را مصرف نماید. در صورت خاموش‌شدن آتش، این خطر وجود دارد که گاز فرّار باقی مانده، احتراق مجددی با شدت انفجاری داشته باشد.

● ۵-۷ گازهای محافظ

آرگون، هلیوم، نیتروژن و دی‌اکسیدکربن (CO_2)، برای محافظت در برخی فرایندهای جوشکاری مورداستفاده قرار می‌گیرند. همه این گازها، به جز دی‌اکسیدکربن، به‌عنوان اتمسفر برای لحیم‌کاری سخت نیز استفاده می‌شوند. این گازها بی‌بو و بی‌رنگ هستند و هوای مورد نیاز برای تنفس را می‌توانند جابه‌جا کنند. فضاهای بسته پُرشده از این گازها باید قبل از ورود پرسنل به آنها، به‌خوبی تهویه شوند. در صورت وجود هر گونه ابهام، باید فضا را ابتدا از نظر غلظت اکسیژن کافی با آنالیز کننده اکسیژن مورد بررسی قرارداد. درصورتی‌که آنالیزکننده در دسترس نباشد، هر کسی که وارد این فضا می‌شود باید از دستگاه تنفس تأمین‌کننده هوا استفاده نماید. همان‌طور که قبلاً گفته شد، محفظه‌های حاوی این گازها نباید در فضاهای بسته قرار گیرند.

● مراجع

1- The Materials Information Society, ASM handbook Vol. 6 (Welding, brazing and soldering). 1st Ed. ,ASM International, 1993.

2- The Materials Information Society, ASM handbook Vol. 6A (Welding fundamentals and processes). 1st Ed. ,ASM International, 2011.

۶

فصل ششم

آشنایی با قوانین و مقررات و آیین‌نامه حفاظت فنی و بهداشت کار در عملیات جوشکاری و برشکاری

آشنایی با قوانین و مقررات و آیین‌نامه حفاظت فنی و بهداشت کار در عملیات جوشکاری و برشکاری

۶-۱ مقدمه

آیین‌نامه ایمنی جوشکاری و برشکاری گرم مشتمل بر ۹۱ ماده به استناد مواد ۸۵ و ۹۱ قانون کار جمهوری اسلامی ایران در جلسه مورخ ۱۳۸۷/۵/۱۶ شورای‌عالی حفاظت فنی تهیه و در تاریخ ۱۳۸۷/۱۱/۲۴ به تصویب وزیر کار و امور اجتماعی رسیده است. آئین نامه مذکور، جایگزین مواد ۳۰ الی ۴۹ آیین نامه و مقررات حفاظت در ریخته‌گری، آهنگری و جوشکاری تهیه‌شده توسط شورای‌عالی حفاظت فنی مورخ ۱۳۴۷/۸/۲۰ شده است.

۶-۲ هدف و دامنه شمول

هدف از تدوین این آیین‌نامه ایمن‌سازی محیط کار و محافظت از نیروی انسانی و منابع مادی و پیشگیری از حوادث و بیماری‌های ناشی از کار در کلیه کارگاه‌هایی که عملیات جوشکاری و برشکاری گرم و فرایندهای مرتبط با آن انجام می‌گیرد، می‌باشد .

مقررات این آیین‌نامه به استناد ماده ۸۵ قانون کار جمهوری اسلامی ایران تدوین گردیده است.

۶-۳ تعاریف

جوشکاری فلزات: عملیاتی است که به‌وسیلهٔ عواملی مانند حرارت، فشار و جریان الکتریسیته سبب ایجاد پیوستگی در فلز و یا فلزات مورد اتصال می‌گردد .

قوس الکتریکی: با نزدیک‌کردن دو قطب مثبت و منفی جریان برق، در لحظهٔ کوتاهی قبل از برخورد، جرقه‌ای بوجود می‌آید که شعلهٔ حاصل از آن جرقهٔ کوتاه را قوس الکتریکی می‌نامند .

جوشکاری با قوس الکتریکی: جوشکاری است که با کمک گرمای ناشی از قوس الکتریکی باعث ذوب و درهم پیوستن و آمیخته‌شدن قطعات فلزی می‌گردد .

جوشکاری مقاومتی: جوشکاری با فشار است که در آن گرمای لازم برای جوشکاری، توسط مقاومت ناشی از عبور جریان الکتریکی از منطقهٔ جوش بین دو فلز تأمین می‌گردد .

جوشکاری گازی: جوشکاری است که در آن منبع حرارتی لازم جهت ذوب فلز (فلز پایه یا مفتول پرکننده) از گرمای ناشی از سوختن یك گاز در مجاورت گاز اکسیژن، تأمین می‌گردد.

برشکاری گرم: این نوع برشکاری بر اساس بالابردن دمای فلز تا حد مذاب با ایجاد شعله بوده و سپس توسط فشار گاز اکسیژن ماده مذاب را از محل خود خارج نموده تا ایجاد شیار برش صورت پذیرد.

۴-۶ مقررات عمومی

ماده ۱: کلیه عملیات جوشکاری و برشکاری باید توسط افراد ماهر صورت پذیرد.

ماده ۲: کلیه دستگاه‌ها و تجهیزاتی که برای جوشکاری و برشکاری بکار برده می‌شوند، باید به طور مرتب و بر اساس دستورالعمل‌های کارخانه سازنده مورد بازدید، آزمایش و دقت‌سنجی قرار گرفته و در صورت وجود نقص و یا فرسودگی، تعمیر و یا از فرایند کار خارج گردند .

ماده ۳: وضعیت ایستایی دستگاه‌ها و تجهیزات جوشکاری و برشکاری بایستی به گونه‌ای باشد که از هر گونه حرکت اتفاقی جلوگیری به عمل آید.

ماده ۴: مجوز کتبی انجام عملیات جوشکاری و برشکاری باید توسط کارفرما یا نماینده وی صادر گردد .

ماده ۵: مجوز انجام عملیات جوشکاری و برشکاری باید حداقل نوع فرایند، مخاطرات شغلی، اقدامات کنترلی و مدت زمان انجام کار را در برگیرد.

ماده ۶: کلیه دستگاه‌ها و تجهیزات جوشکاری و برشکاری باید به طور کاملاً ایمن نصب و بهره‌برداری گردد.

ماده ۷: کلیه دستگاه‌ها و تجهیزات جوشکاری و برشکاری باید در مکانی نگهداری و انبار شوند که از صدمات فیزیکی و شیمیایی محافظت گردد.

ماده ۸: روش انجام عملیات جوشکاری و برشکاری باید به‌گونه‌ای باشد که علاوه بر فرد جوشکار یا برشکار، خطری برای سایر کارگران و یا افراد متفرقه در بر نداشته باشد.

ماده ۹: دیوارها و سطوح جانبی محل جوشکاری باید به‌گونه‌ای باشد که بیشترین جذب تشعشعات مضر را داشته باشد.

ماده ۱۰: نصب پاراوان‌های غیرقابل‌اشتعال و متناسب با نوع کار در محل‌های جوشکاری و برشکاری برای حفاظت کارگران و افراد متفرقه الزامی است.

ماده ۱۱: فیلتر و پوشش بیرونی در محافظ‌های دستی، عینک‌های جوشکاری و کلاه با شیلد (سپر) جوشکاری، باید در مقابل پاشش مواد جوشکاری، سایش و خُردشدن موضعی، مقاوم بوده و از جنس شیشه یا پلاستیک شفاف نسوز باشد.

ماده ۱۲: کلاه ایمنی جوشکار یا برشکار باید مجهز به سپر جوشکاری باشد به‌گونه‌ای که در هنگام بالازدن فیلتر جوشکاری چشم‌ها و صورت کارگران را در برابر پرتاب ذرات سرباره محافظت نماید.

ماده ۱۳: شماره تیرگی فیلترهای مورداستفاده در انواع عملیات جوشکاری و برشکاری باید متناسب با نوع عملیات و استاندارد باشد.

ماده ۱۴: عینک‌ها و ماسک‌های جوشکاری (محافظ‌های دستی) باید به‌خوبی نگهداری شده و همواره تمیز و بدون عیب باشد .

ماده ۱۵: در هنگام جوشکاری یا برشکاری که احتمال ریزش جرقه، سرباره یا مواد مذاب از بالا بر روی بدن وجود دارد، استفاده از پوشش‌های نسوز الزامی است.

ماده ۱۶: اقدامات کنترلی باید به نحوی انجام گیرد تا از انتشار آلاینده‌های ناشی از عملیات جوشکاری به سایر قسمت‌های کارگاه جلوگیری به عمل آید.

ماده ۱۷: انجام کلیهٔ عملیات چربی‌زدایی یا تمیزکاری با هیدروکربن‌های کلردار در کارگاه‌های جوشکاری، برشکاری و فرایندهای مرتبط ممنوع است.

ماده ۱۸: اگر قطعه‌کاری با استفاده از حلال‌ها چربی‌زدایی شده باشد، باید پیش از شروع جوشکاری آن را کاملاً از باقیماندهٔ حلال پاک و خشک کرد.

ماده۱۹: جوشکاری و برشکاری در مکان‌هایی که مواد یا گازهای قابل‌اشتعال یا انفجار وجود دارد، ممنوع است.

ماده ۲۰: کلیه قسمت‌هایی که در اثر جوشکاری یا برشکاری احتمال وقوع آتش‌سوزی در آن‌ها وجود دارد بایستی از مصالح نسوز ساخته شده و یا با استفاده از روش‌های مناسب از ایجاد حریق جلوگیری به عمل آید.

ماده ۲۱: هرگونه درز یا شکاف، حفره و پنجره‌های باز و یا شکسته در کف و دیواره‌های محل جوشکاری یا برشکاری باید به‌طور مناسب پوشیده یا بسته گردند تا خطر ریزش یا پاشش ذرات ناشی از جوشکاری و برشکاری به طبقات زیرین و یا واحدهای مجاور از بین برود .

ماده ۲۲: قبل از شروع عملیات جوشکاری و برشکاری در فضاهای بسته و محدود باید از تهویهٔ مناسب محیط کار اطمینان حاصل نمود .

ماده ۲۳: در هنگام جوشکاری و برشکاری که تأمین سیستم تهویه مناسب امکان‌پذیر نمی‌باشد، استفاده از تجهیزات مستقل تنفسی الزامی است.

ماده ۲۴: سیلندرهای گاز و دستگاه‌های جوشکاری و برشکاری بایستی همواره خارج از فضاهای بسته و محدود مستقر گردد .

ماده ۲۵: لوله‌های مورداستفاده برای تهویهٔ گازهای خروجی ناشی از جوشکاری و برشکاری در فضاهای بسته و محدود باید از مواد غیرقابل‌اشتعال ساخته شده باشد.

ماده ۲۶: جوشکاری و برشکاری مخازن سربسته و یا حاوی مواد قابل‌اشتعال و انفجار ممنوع است.

ماده ۲۷: جوشکاری و برشکاری مخازنی که قبلاً حاوی مواد قابل‌اشتعال و انفجار بوده و یا محتویات قبلی آن مشخص نمی‌باشد، بدون رعایت اصول ایمنی و استانداردهای مربوطه ممنوع است.

ماده ۲۸: کلیهٔ دستگاه‌ها و تجهیزات جوشکاری و برشکاری باید دارای لوح مشخصات فنی باشد.

ماده ۲۹: در پایان هر شیفت کاری عملیات جوشکاری و برشکاری، باید اطراف محل کار بازرسی و فقط پس از اطمینان از عدم وجود جرقه، شعله و یا سرباره داغ محل کاررا ترك نمود.

● ۶-۵ مقررات مربوط به جوشکاری و برشکاری با گاز

ماده ۳۰: تماس روغن، گریس و مواد قابل‌اشتعال و انفجار با کلیه دستگاه‌ها و تجهیزات جوشکاری و برشکاری گازی ممنوع می باشد .

ماده ۳۱: استفاده از گاز اکسیژن به‌عنوان جایگزین هوای فشرده ممنوع است.

ماده ۳۲: استفاده از شعله جهت انجام آزمایش نشتی گازها در سیلندرها و متعلقات آن ممنوع است.

ماده ۳۳: برای روشن نمودن مشعل جوشکاری و برشکاری باید از فندك مخصوص آن استفاده نمود.

ماده ۳۴: در پایان کار و مواقعی که عملیات جوشکاری و برشکاری انجام نمی گیرد باید دستگاه‌ها از منابع اصلی برق یا گاز جدا گردد.

ماده ۳۵: کلیهٔ محل‌های اتصال از سیلندر گاز تا مشعل را باید قبل از روشن نمودن مشعل به روش‌های ایمن و توسط کارگران ماهر مورد آزمایش نشتی قرار داد .

ماده ۳۶: شلنگ و اتصالات رابط باید استاندارد بوده و فاقد نشتی، پوسیدگی و یا هر نوع نقص دیگری باشد .

ماده ۳۷: اتصالات و مهره‌های اتصال باید قبل از استفاده مورد بررسی قرار گیرند و در صورت وجود هر گونه عیب یا نشتی، تعویض گردند .

ماده ۳۸: پر کردن سیلندرهای اکسیژن و انواع گازها باید توسط مراکز مجاز و معتبر صورت پذیرد.

ماده ۳۹: سیلندرهای اکسیژن و انواع گازها باید به‌صورت ادواری و بر اساس آئین نامه‌های حفاظتی و استانداردهای ملی توسط کارفرما مورد بازدید و آزمایش قرار گیرد.

ماده ۴۰: کارخانه‌ها و تولیدکنندگان سیلندرهای گاز و همچنین صنایع سیلندر پرکنی مکلف به درج نام شیمیایی و نام تجاری گاز بر روی بدنه سیلندر می باشند، و استفاده از سیلندرهای گاز که نام شیمیایی و نام تجاری محتویات آن بر روی سیلندر درج نشده باشد، ممنوع است.

ماده ۴۱: استفاده از سیلندرهای گاز و مولدهای گاز استیلن که دارای آسیب‌دیدگی یا خوردگی بوده و یا در معرض آتش سوزی قرار داشته‌اند، ممنوع است.

ماده ۴۲: سیلندرهای گاز نباید در معرض صدمات فیزیکی، شیمیایی و تابش مستقیم نور خورشید و شرایط نامساعد جوی قرار گیرند.

ماده ۴۳: سیلندرهای گاز باید به طور قائم و مطمئن در جای خود محکم گردند تا از افتادن احتمالی آنها جلوگیری شود .

ماده ۴۴: سیلندرهای گاز باید دور از مواد قابل‌اشتعال و انفجار نگهداری و استفاده گردد.

ماده ۴۵: نگهداری سیلندر اکسیژن در مکان تولید گاز استیلن ممنوع است.

ماده ۴۶: استفاده از اتصالات غیراستاندارد، تبدیل ها، وسایل غیر ایمن و تنگ ها اکیداً ممنوع است.

ماده ۴۷: جابه‌جایی سیلندرهای گاز با اهرم کردن شیر یا سرپوش حفاظتی آن ممنوع می‌باشد.

ماده ۴۸: سیلندر گاز پر یا خالی نباید به‌عنوان غلتك یا تکیه گاه استفاده گردد .

ماده ۴۹: سرپوش حفاظتی سیلندرهای گاز باید در جای خود به طور محکم قرار گیرد مگر در مواردی که سیلندر گاز در حال استفاده می باشد.

ماده ۵۰: به‌منظور جلوگیری از بروز صدمات فیزیکی در هنگام جابجایی انواع سیلندر های گاز، استفاده از یك محفظه مناسب و ایمن الزامی است.

ماده ۵۱: هنگامی که لازم است سیلندرها به همراه رگلاتورهای متصل به آن جابه‌جا شوند، باید پس از بستن شیر و قراردادن بر روی وسیله ایمن نسبت به جابجایی آنها اقدام نمود.

ماده ۵۲: استفاده از سیلندر گاز بدون رگلاتور استاندارد ممنوع است.

ماده ۵۳: گرم‌کردن کپسول و شیر گاز مخزن استیلن توسط شعله ممنوع است و در صورت نیاز، این کار بایستی توسط آب گرم صورت گیرد.

ماده ۵۴: رنگ شلنگ‌ها باید مطابق با استاندارد شماره ۳۷۹۲ و رنگ بدنه سیلندرهای گاز باید براساس استاندارد شماره ۷۱۲ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران باشد.

ماده ۵۵: بهره‌برداری از سیلندرهای گاز فقط به صورت ایستاده مجاز است و به هیچ عنوان نباید در حالت افقی یا وارونه از گاز داخل آن برای عملیات جوشکاری و برشکاری استفاده نمود.

ماده ۵۶: قراردادن اشیاء بر روی انواع سیلندرهای گاز ممنوع است.

ماده ۵۷: قبل از جداکردن رگلاتور از سیلندر گاز، باید شیر سیلندر گاز به طور کامل بسته شود.

ماده ۵۸: سیلندرهای گاز باید دور از عملیات جوشکاری و برشکاری قرار گیرند تا شعله، سربارهٔ داغ و جرقه به آن‌ها نرسد، در غیر این صورت می بایست از موانع ضد آتش استفاده نمود .

ماده۵۹: استفاده‌ازسیلندرهای‌گازبه‌عنوان‌بخشی‌ازمدارالکتریکی‌جوشکاری‌قوس‌الکتریکی‌ممنوع‌است.

ماده ۶۰: در مکان‌هایی که گاز از طریق سیستم لوله کشی تأمین می گردد، جنس لوله ها و کلیهٔ تجهیزات مرتبط باید متناسب با نوع گاز و ایمن باشد، استفاده از رنگ ها و علائم هشدار دهنده برای مشخص شدن نوع گازلوله کشی ها الزامی است.

ماده ۶۱: سیلندرهای گاز پر و خالی و همچنین سیلندر انواع گاز ها باید جدا از یکدیگر و در محل ایمن نگهداری شوند.

ماده ۶۲: محل نگهداری و ذخیره‌سازی سیلندرهای گاز می بایست ضد آتش و مجهز به سیستم تهویه ایمن باشد.

ماده ۶۳: استفاده از اتصالات مسی در عملیات جوشکاری و برشکاری با گاز استیلن ممنوع است.

ماده ۶۴: هر یك از لوله‌هایی که گاز را از مولد یا سیلندر به مشعل های جوشکاری و برشکاری انتقال می دهد باید مجهز به شیر یک‌طرفهٔ فشاری باشد.

● ۶-۶ مقررات مربوط به عملیات جوشکاری و برشکاری با برق

ماده ۶۵: در مکان‌های مرطوب که عملیات جوشکاری و برشکاری با قوس الکتریکی انجام می‌گیرد، استفاده از دستکش، لباس و کفش عایق الکتریسیته و دیگر وسایل حفاظت فردی متناسب با نوع کار الزامی می باشد.

ماده ۶۶: در موقعیت‌هایی که احتمال تماس بدن جوشکار با هادی های برق دار وجود دارد، باید اجزای هادی عایق بندی گردد.

ماده ۶۷: در فرایندهایی نظیر جوشکاری و برشکار ی قوس پلاسما که از ولتاژ های بالا استفاده می شود، استفاده از عایق بندی مناسب و همچنین نصب علائم و تابلوهای هشدار دهنده و آموزش افراد الزامی می باشد.

ماده ۶۸: کلیهٔ تجهیزات جوشکاری و برشکاری قوس الکتریکی و مقاومتی ثابت یا سیار و همچنین قطعات کار باید متصل به سیستم اتصال به زمین مؤثر باشد.

ماده ۶۹: کلیه قسمت‌های برق دار دستگاه‌های جوشکاری و برشکاری قوس الکتریکی و مقاومتی و تابلوهای برق آنها باید به منظور جلوگیری از تماس تصادفی، محافظت گردد.

ماده ۷۰: مقدار جریان مورداستفاده در دستگاه‌های جوشکاری و برشکاری قوس الکتریکی باید متناسب با نوع کار انتخاب گردد.

ماده ۷۱: کابل‌های جوشکاری و برشکاری قوس الکتریکی باید از نوع انعطاف‌پذیر و متناسب با نوع کار باشد.

ماده ۷۲: قبل از آغاز جوشکاری و برشکاری باید از ایمن بودن کلیه اتصالات و تجهیزات اطمینان حاصل نمود.

ماده ۷۳: استفاده از هر نوع هادی به جز کابل جوشکاری برای تکمیل مدار جوشکاری ممنوع است .

ماده ۷۴: در مکان‌هایی که تعدادی دستگاه جوش یا برش قوس الکتریکی در کنار هم مورد استفاده قرار می‌گیرند، بایستی تمهیدات لازم برای پیشگیری از خطرات برق‌گرفتگی و آتش سوزی مد نظر قرار گیرد.

ماده ۷۵: در هنگام جوشکاری و برشکاری باید از نشت روغن، سوخت و آب سیستم خنک‌کننده موتورهای جوشکاری و برشکاری و همچنین انتشار گازهای حفاظت کننده قوس جوش جلوگیری بعمل آید.

ماده ۷۶: قبل از جابه‌جایی دستگاه‌های جوشکاری و برشکاری قوس الکتریکی باید نسبت به قطع کردن منبع برق آنها اقدام نمود.

ماده ۷۷: جایگاه‌های کار فلزی در هنگام عملیات جوشکاری و برشکاری قوس الکتریکی، می‌بایست نسبت به زمین عایق گردیده و یا به سیستم اتصال به زمین مؤثر، مجهز گردند.

ماده ۷۸: گیره‌های الکترود باید مجهز به صفحات یا سپرهای حفاظتی باشد تا دست کارگر را در مقابل حرارت حاصله از قوس الکتریکی حفظ نماید.

ماده ۷۹: هنگام تعویض الکترودهای جوشکاری رعایت اصول ایمنی الزامی است.

ماده ۸۰: پیچاندن کابل جوشکاری به‌دور اعضای بدن ممنوع است.

ماده ۸۱: برای انجام عملیات جوشکاری یا برشکاری در ارتفاع، رعایت اصول ایمنی به‌منظور جلوگیری از برق گرفتگی و همچنین سقوط افراد و اشیاء الزامی است.

ماده ۸۲: تجهیزات جوشکاری و برشکاری که در فضای باز مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید از شرایط نامساعد جوی به طور ایمن محافظت گردند .

ماده ۸۳: کلیهٔ تجهیزات جوشکاری مقاومتی باید به نحوی باشند که از عملکرد تصادفی آنها جلوگیری گردد.

ماده ۸۴: نصب تجهیزات ایمنی برای جلوگیری از آسیب‌دیدن اعضای بدن که در داخل منطقه عمل جوشکاری قرار دارند الزامی است.

ماده ۸۵: دستگیره‌ها و سوئیچ‌ها باید در فاصله ای ایمن تعبیه شوند تا امکان آسیب دیدن دستها در منطقه عملیات جوشکاری مقاومتی وجود نداشته باشد .

ماده ۸۶: کلیه تجهیزات جوشکاری مقاومتی که به شکل معلق(آویزان) و یا اشکال مشابه استفاده می‌شوند باید به سیستم های نگهدارنده مناسب تجهیز گردد.

ماده ۸۷: کلیه دستگاه‌های جوشکاری مقاومتی باید مجهز به یك یا چند کلید توقف اضطراری در مکان‌های مناسب و قابل دسترس باشد.

ماده ۸۸: تمام نقاط قابل‌دسترس قسمتهای برق دار دستگاه‌های جوش مقاومتی باید به حفاظ‌های مناسب تجهیز گردد.

ماده ۸۹: کارفرما مکلف است ضمن تعیین محدوده فعالیت کارگران مشمول این آیین‌نامه و ایجاد شرایط ایمن، بر استفاده صحیح ایشان از ابزار آلات، دستگاه ها و تجهیزات مربوطه نظارتهای لازم را بعمل آورد.

ماده ۹۰: کلیه واردکنندگان، تولیدکنندگان، فروشندگان، عرضه کنندگان و بهره برداری کنندگان از ابزار آلات، دستگاه‌ها وتجهیزات جوشکاری و برشکاری گرم مکلف به رعایت استاندارد تولید و موارد ایمنی و حفاظتی در دستگاه‌های مربوطه باشند.

ماده ۹۱: مسئولیت رعایت مقررات این آیین‌نامه بر عهده کارفرمای کارگاه بوده و در صورت وقوع هرگونه حادثه به دلیل عدم توجه کارفرما به الزامات قانونی مکلف به جبران کلیه خسارات وارده به زیان دیدگان می‌باشد.

● مرجع

۱- آیین‌نامه ایمنی جوشکاری و برشکاری گرم، قانون کار جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۸۷.

۷

فصل هفتم

آشنایی با اهمیت و لزوم استفاده از وسایل حفاظت فردی در عملیات جوشکاری و برشکاری

آشنایی با اهمیت و لزوم استفاده از وسایل حفاظت فردی در عملیات جوشکاری و برشکاری

۷-۱ مقدمه

استفاده از تجهیزات حفاظتی شخصی برای کاهش خطرات در زمانی که حفاظت‌های مهندسی‌شده امکان‌پذیر نباشد یا اقدامات اداری در کاهش این خطرات مؤثر نباشد، ضروری است. کارفرمایان موظف‌اند همه خطرات احتمالی و باقیمانده در محل کار را شناسایی کرده و تعیین کنند که آیا باید از حفاظت شخصی برای محافظت از کارگران استفاده کرد یا خیر. کارفرمایان باید برنامه کلی را در قالب یک برنامه حفاظت شخصی برای ارائه تجهیزات حفاظتی و آموزش نحوه استفاده از آن به کارکنان ایجاد کنند. در صنعت جوشکاری، سوختگی افراد که یک خطر احتمالی جدی در تمام عملیات جوشکاری، لحیم‌کاری و برشکاری است، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اپراتورها و سایر افراد حاضر در محل باید همیشه از محافظ چشم، صورت، دست، پا و بدن استفاده کنند تا از سوختگی ناشی از اشعه ماورای‌بنفش و مادون‌قرمز، جرقه، پاشش و تماس با مواد داغ جلوگیری شود.

۷-۲ آیین‌نامه وسایل حفاظت فردی وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی

فصل اول - تعاریف

وسیله حفاظت فردی: وسیله‌ای است که برای حذف تماس مستقیم با عوامل زیان‌آور محیط کار و تقلیل اثرات مخاطره‌آمیز در محل کار توسط فرد استفاده می‌شود.

گوشی حفاظتی: نوعی وسیله حفاظت شنوایی است که با قرارگیری در روی گوش و پوشاندن لاله آن از رسیدن امواج صوتی بالاتر از حد مجاز به گوش جلوگیری می‌کند.

پلاگ گوش: نوعی وسیله حفاظت شنوایی است که در داخل مجرای شنوایی قرار گرفته و با مسدودکردن آن از رسیدن امواج صوتی بالاتر از حد مجاز به پرده صماخ و انتقال آن به گوش داخلی جلوگیری می‌کند.

وسایل و تجهیزات حفاظت فردی کار در ارتفاع: وسایلی هستند که به‌منظور پیشگیری از سقوط و یا کاهش عوارض و صدمات ناشی از سقوط کارگر از ارتفاع به کار می‌رود. مانند کمربند ایمنی مهار کل بدن (هارنس)، لنیارد، قلاب قفل‌شونده (کارابین)، انواع طناب تکیه‌گاهی، عملیاتی، دینامیکی، استاتیکی و پشتیبان

محافظ چشم: وسیله حفاظت فردی است که چشم را در برابر خطرات زیر محافظت می‌کند:

۱. برخورد اجسام سخت
۲. تابش‌های نوری (با طول‌موج ۰/۱ الی ۱۰۰ میکرومتر)
۳. فلزات مذاب و اجسام داغ
۴. قطرات و پاشش مایعات
۵. ذرات گردوغبار
۶. گازها
۷. و هر نوع ترکیبی از این مخاطرات

عینك با تراز حفاظتی: محافظ چشمی است با عدسی‌های نصب شده در قاب، با محافظ جانبی یا بدون محافظ جانبی عدسی و محافظ جانبی عینك معمولی باید به‌گونه‌ای باشد که با ساچمه فولادی با قطر ۶ میلی‌متر و جرم ۸۶ . /گرم با سرعت ۴۵ متر بر ثانیه مقاومت مناسب را از خود نشان دهد.

عینك با تراز ایمنی: محافظ چشمی است که بر روی صورت قرار گرفته و ناحیهٔ چشم‌ها را کاملاً محصور می‌کند. عدسی و محافظ جانبی عینک‌های ایمنی باید به‌گونه‌ای باشد که با ساچمه فولادی با قطر ۶ میلی‌متر و جرم ۸۶ /۰ گرم با سرعت ۱۲۰ متر بر ثانیه مقاومت مناسب را از خود نشان دهد.

سپرهای محافظ صورت: محافظی است که تمام‌صورت را پوشانده و از درجه ایمنی بالایی برخوردار باشد. این نوع سپر باید به‌گونه‌ای باشد که با ساچمه فولادی با قطر ۶ میلیمتر و جرم ۸۶ /۰ گرم با سرعت ۱۹۰ متر بر ثانیه مقاومت مناسب از خود نشان می‌دهد.

فیلتر نوری: نوعی عدسی چشمی است که برای کاهش تابش نورهای فرودی در محدودهٔ طول‌موج‌های مشخص به‌کار می‌رود.

شمارهٔ درجه‌بندی: ویژگی‌های نور عبوری از فیلترهای نوری توسط شمارهٔ درجه‌بندی آنها مشخص می‌شود. شمارهٔ درجه‌بندی ترکیبی از کد عددی و شمارهٔ تیرگی است که با یك خط تیره از یکدیگر جدا شده‌اند. کد عددی نشان‌دهندهٔ نوع فیلتر است. (جدول ۷-۱)

فیلتر جوشکاری: فیلتر مخصوصی است که برای حفاظت چشم در برابر درخشندگی (اشعه) خطرناك حاصل از جوشکاری و تابش کاهش‌یافته‌ای از اشعه ماورای‌بنفش (UV) و مادون‌قرمز (IR) به کار می‌رود.

ماسک: ماسك وسیله محافظ دستگاه تنفس است که برای ایجاد فضایی محفوظ، با حداقل درز به روی صورت استفاده‌کننده به کار می‌رود.

ماسک کامل: پوششی است بر روی تمام صورت که چشم، بینی، دهان و چانه را می‌پوشاند.

نیم ماسک: پوششی است مقابل صورت، که دهان، بینی و چانه را می‌پوشاند.

ربع ماسک: پوششی است مقابل صورت که فقط دهان و بینی را می‌پوشاند.

نیم فیلتر ماسک: ماسکی است که کل یا قسمت اعظم آن را فیلتر تشکیل می‌دهد و دهان و بینی و در حد امکان چانه را نیز می‌پوشاند.

فیلتر ویژه: فیلتر مخصوصی است که در محیط‌های دارای اکسیدهای نیتروژن و جیوه استفاده می‌گردد.

فیلتر: قسمتی از دستگاه محافظ تنفسی است که قابل‌تعویض بوده و از آن برای فیلتراسیون (پالایش) هوای محیط استفاده می‌شود.

فیلترهای ذره‌ای: فیلترهایی هستند که از آنها در محیط‌های گردوغباردار و ذرات جامد و مایع معلق در هوا استفاده می‌شود.

فیلترهای گازی: فیلترهایی هستند که در محیط‌های گازی استفاده می‌شوند و جذب‌کننده گازها و بخارها هستند.

سرپنجهٔ ایمنی: سرپنجه‌ای که پا را در برابر ضربه‌هایی با انرژی برخوردی حداقل ۲۰۰ ژول محافظت می‌کند.

سرپنجه حفاظتی: سرپنجه‌ای که پا را در برابر ضربه‌هایی با انرژی برخوردی ۱۰۰ تا ۲۰۰ ژول محافظت می‌کند.

کلاه ایمنی: کلاهی است که از قسمت‌های بالای سر در مقابل صدمه محافظت می‌کند.

دستکش ایمنی و بازوبند: وسایل حفاظت فردی هستند که بر حسب انواع آن، می‌تواند انگشتان دست تا بالای بازو را در مقابل عوامل زیان‌آور محیط کار محافظت نماید.

گتر: نوعی وسیله حفاظت فردی است که حدفاصل فضای خالی بین لبه شلوار تا روی کفش را می‌پوشاند و بسته به نوع فعالیت از جنس و اندازهای مختلف تهیه می‌شود.

فصل دوم- مقررات عمومی

ماده ۱- به‌منظور انتخاب وسایل حفاظت فردی متناسب با نوع کار، کارفرما مکلف به شناسایی و ارزیابی شرایط محیط کار برای تشخیص و کنترل خطرات می‌باشد.

ماده ۲ - کارفرما مکلف است وسایل حفاظت فردی متناسب با نوع و محیط کار و مخاطرات احتمالی را به تعداد کافی تهیه و به‌صورت رایگان در اختیار کارگران قرار دهد.

ماده ۳ - کارفرما مکلف است کاربرد صحیح و مراقبت از وسایل حفاظت فردی را به کارگران آموزش دهد.

ماده ۴ - کارفرما مکلف است وسایل حفاظت فردی را در شرایط مطلوب نگهداری نموده، و در جایی قرار دهد که دسترسی سریع به آنها امکان‌پذیر باشد.

ماده ۵- کارفرما مکلف به جمع‌آوری و معدوم نمودن وسایل حفاظت فردی معیوب، مستهلك و یا تاریخ مصرف گذشته می‌باشد.

ماده ۶ - کارفرما باید بر استفاده صحیح کارگران از وسایل حفاظت فردی نظارت کامل داشته باشد.

ماده ۷- کارفرما مکلف است کلیه اطلاعات مربوط به وسایل حفاظت فردی را اعم از نوع وسایل، زمان تحویل، مکان مورداستفاده و عیوب احتمالی ناشی از مصرف را ثبت و نگهداری نماید.

ماده ۸ - کارگر موظف است باتوجه‌به آموزش‌های ارائه شده از وسایل حفاظت فردی خود مراقبت، نظافت و استفاده صحیح نماید. عدم رعایت موارد مذکور قصور در انجام‌وظیفه محسوب می‌شود.

ماده ۹ - کارگر موظف است در صورت مشاهده هرگونه نقص و یا ایراد در وسیله حفاظت فردی مراتب را به سرپرست مربوطه گزارش دهد.

ماده ۱۰- در اجرای ماده ۹۰ قانون کار جمهوری اسلامی ایران، وسایل حفاظت فردی مورداستفاده در کارگاه‌ها باید مطابق با استاندارد ملی یا سایر استانداردهای مورد قبول که به تأیید وزارت کار و امور اجتماعی و بر حسب مورد وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی رسیده است، باشد.

ماده ۱۱- وسایل حفاظت فردی باید عاری از هرگونه لبه تیز، زائده، شکستگی و یا دیگر عیوب باشد.

ماده ۱۲- جنس کلیه وسایل حفاظت فردی باید به‌گونه‌ای باشد که شرایط محیطی تغییری در خصوصیات و کارایی آنها ایجاد نکند.

ماده ۱۳- جنس آن دسته از وسایل حفاظت فردی که در تماس مستقیم با پوست بدن هستند باید به‌گونه‌ای باشد که موجب تحریك و حساسیت پوست نگردد.

ماده ۱۴- وسایل حفاظت فردی که در اختیار کارگران قرار می‌گیرد باید متناسب با نوع کار بوده و سالم، بهداشتی، تمیز، کامل و آماده استفاده باشد.

ماده ۱۵- اطلاعات مشروحه ذیل می‌بایست بر روی تمامی وسایل حفاظت فردی به‌گونه‌ای پایدار، نشانه‌گذاری گردد و به‌وضوح قابل رویت باشد:

الف- نام یا علامت مشخصهٔ کارخانهٔ سازنده

ب- نام کشور سازنده

ج- سال و ماه ساخت و در صورت نیاز تاریخ انقضا

د- نوع کاربرد

هـ- استانداردی که بر اساس آن ساخته شده است

و- شماره و تاریخ تأییدیه وزارت کار و امور اجتماعی یا حسب مورد وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

ماده ۱۶- روش استفاده و یا هر نوع اطلاعات موردنیاز مصرف‌کننده وسایل حفاظت فردی می‌بایست به همراه محصول ارائه گردد.

ماده ۱۷- وسایل حفاظت فردی باید به‌راحتی قابل‌استفاده بوده و ضمن تأمین ایمنی کامل نباید مانع انجام کار گردد.

ماده ۱۸- در محیط‌هایی که به لحاظ تجمع بارهای الکتریسیته ساکن احتمال اشتعال و یا انفجار وجود دارد، استفاده از وسایل حفاظت فردی ضد الکتریسیته ساکن الزامی است.

ماده ۱۹- برای رعایت اصول بهداشتی، استفاده از وسایل حفاظت فردی به‌صورت مشترك ممنوع است.

فصل سوم- مقررات اختصاصی

عینك:

ماده ۲۰- استفاده از عینک‌های با تراز حفاظتی برای کارگرانی که احتمال خطر برخورد اجسام به چشم آنها زیاد است، ممنوع بوده و باید از عینک‌هایی با تراز ایمنی استفاده شود.

ماده ۲۱- شماره‌های درجه‌بندی و تیرگی فیلترهای محافظ چشم مربوط به انواع جوشکاری، برشکاری، ریخته‌گری و شیشه و بلورسازی باید بر اساس جداول استاندارد مربوط به اشعه‌ها انتخاب شود. (جداول ۷-۱ الی ۷-۶)

ماده ۲۲- انتخاب شماره تیرگی فیلترها باید بر اساس نور محیط باشد تا نیازی به نزدیک‌شدن بیش از حد کارگر به منطقه کار و در نتیجه استنشاق گازهای مضر نباشد.

ماده ۲۳- عدسی چشمی باید از هر گونه نقص، حباب‌های هوا، خراشیدگی، فرورفتگی، علامت‌های قالب‌ریزی شده، تحدب و تقعر، حرکت موجی یا ناخالصی‌های وارد شده در عدسی که احتمال ضعف بینایی را در استفاده از آن به وجود می‌آورد، عاری باشد.

ماده ۲۴- عینك حفاظتی باید سبك و محکم بوده، کاملاً روی صورت قرار گیرد و در صورت لزوم به حفاظ‌های جانبی مجهز شود.

ماده ۲۵- قاب عینک‌های حفاظتی برای کارگرانی که در معرض باد و یا گردوغبار هستند، باید مقاوم، قابل‌انعطاف و ضد حساسیت بوده و کاملاً با صورت کارگر مطابقت داشته باشد.

ماده ۲۶- عینک‌های حفاظتی برای کارگرانی که با فلزات مذاب کار می‌کنند، باید در برابر حرارت مقاوم باشد.

ماده ۲۷- جنس قاب عینک‌های حفاظتی برای کارگرانی که با مایعات خورنده و گازهای خطرناك کار می‌کنند، باید نرم، قابل‌انعطاف و مقاوم در برابر مایعات و گازهای مذکور باشد. به‌نحوی‌که از نفوذ آنها به داخل چشم جلوگیری نماید.

ماده ۲۸- برای کارگرانی که دارای نقص بینایی بوده و از عینک‌های طبی استفاده می‌کنند باید از عینک‌هایی استفاده نمایند که ضمن تأمین بینایی کامل کارگر، شرایط ایمنی لازم را نیز برای آنان فراهم نماید.

کلاه ایمنی:

ماده ۲۹- کلاه ایمنی باید از مواد مقاوم در برابر احتراق ساخته شده و در برابر ضربه و نفوذ اجسام تیز و برنده از مقاومت کافی برخوردار باشد و نیز برای افراد برق‌کار باید عایق در برابر الکتریسیته باشد.

ماده ۳۰- وسایل جانبی که بر روی کلاه ایمنی نصب می‌شود، باید ایمن بوده و از نظر وزن و جای‌گیری اصول و موازین ایمنی رعایت گردند.

ماده ۳۱- استفاده از قطعات فلزی در داخل پوسته کلاه ایمنی ممنوع است.

ماده ۳۲- باید به‌محض مشاهده علائم فرسودگی در تجهیزات داخلی کلاه ایمنی، آنها تعویض گردند.

ماده ۳۳- لبه جلویی کلاه ایمنی نباید مانع دید اطراف و یا استفاده از عینك شود.

ماده ۳۴- وزن کلاه ایمنی به انضمام کلاف آن باید حداکثر ۴۰۰ گرم بوده و در صورت اضافه‌شدن وسایل جانبی (لامپ، سپر محافظ صورت، بند چرمی چانه و غیره) نباید از ۴۳۰ گرم بیشتر شود.

ماسك:

ماده ۳۵- وسایل محافظ دستگاه تنفسی باید به‌گونه‌ای روی صورت قرار گیرند که هیچ‌گونه منفذی برای نفوذ گازها و ذرات گردوغبار وجود نداشته باشد.

ماده ۳۶- شستشو و ضدعفونی نمودن ماسک‌ها فقط با رعایت دستورالعمل‌ها و توصیه شرکت سازنده و همچنین رعایت اصول ایمنی مجاز است.

ماده ۳۷- مواد تشکیل‌دهنده نیم فیلتر ماسک‌ها باید از جنسی باشد که در هنگام تنفس ذرات آن جدا نگردد.

ماده ۳۸- عدسی چشمی باید به‌گونه‌ای بر روی ماسك کامل نصب شود که از نفوذ گاز ممانعت به عمل آورد.

ماده ۳۹- عدسی چشمی ماسك کامل باید میدان دید مناسب و کافی را تأمین نموده و باعث ایجاد اختـــلال در دید نشود.

ماده ۴۰- روی بدنـــه ماسك باید حداقل یك دریچه بازدم برای خروج گازهای تنفسی وجود داشته باشد.

ماده ۴۱- استفاده از فیلترهایی که به دریچه دم مجهز هستند بر روی ماسک‌های دارای دریچه دم ممنوع است.

ماده ۴۲- اتصال بین فیلتر و بدنه ماسك باید محکم و بدون منفذ بوده و فیلتر آن به‌سادگی قابل تعویض باشد.

ماده ۴۳- حداکثر وزن فیلتر همراه با نیم ماسك نباید از ۳۰۰ گرم بیشتر و حداکثر وزن فیلتر همراه با ماسك نباید از ۵۰۰ گرم بیشتر شود.

ماده ۴۴- فیلتر باید در برابر دما، رطوبت و مواد فاسدکننده مقاوم و مستحکم باشد و لایه‌های میانی آن در برابر مواد خورنده مقاوم بوده و همچنین ذرات آن برای استفاده‌کننده مضر نباشد.

ماده ۴۵- نوع فیلتر بکار رفته در انواع ماسک‌ها باید متناسب با نوع کار و شرایط محیطی و آلاینده‌های محیط کار باشد. (جدول ۷-۱)

ماده ۴۶- درج تاریخ تولید و انقضا بر روی ماسك و فیلترهای آن الزامی بوده و برای فیلترهای ویژه (اکسیدهای نیتروژن - جیوه) باید مدت‌زمان استفاده و نوع کاربرد نیز درج گردد.

ماده ۴۷- در محیط‌هایی که میزان اکسیژن موجود در هوا کمتر از حد مجاز باشد کارگران باید از ماسک‌ها و تجهیزات هوارسان متناسب با نوع فعالیت و با توجه‌به دستورالعمل‌ها و توصیه‌های شرکت سازنده و همچنین رعایت اصول ایمنی استفاده نمایند.

کفش ایمنی:

ماده ۴۸- کارگرانی که احتمال سقوط اجسام سنگین روی انگشتان پای آن‌ها وجود دارد، باید از کفش یا چکمه با سرپنجه ایمنی استفاده نمایند.

ماده ۴۹- کارگرانی که با مواد خورنده سروکار دارند، باید از کفش‌های لاستیکی یا جنس مقاوم در برابر این مواد استفاده کنند.

ماده ۵۰- کفش‌های کارگرانی که با فلزات مذاب، مواد داغ و خورنده کار می‌کنند، باید مقاوم بوده و لبه کفش برای جلوگیری از نفوذ مواد مذکور به داخل آن کاملاً به پا و قوزك پا چسبیده و فاقد سوراخ بند کفش باشد.

ماده ۵۱- کفش‌های مورداستفاده در عملیات برق باید نارسانا و فاقد هر گونه قطعه فلزی بوده، همچنین دارای زبانه متصل به دو طرف کفش و ساق‌بلند باشد.

ماده ۵۲- در محیط‌هایی که احتمال بروز جرقه الکتریکی وجود دارد، کفش‌های کارگران باید فاقد هر نوع قطعه فلزی باشد.

ماده ۵۳- در محیط‌هایی که احتمال نفوذ اجسام تیز و برنده به کف پا وجود دارد کارگران می‌بایست از کفش‌های مخصوص که در زیره آن ورقه فلزی مقاوم به‌کاررفته استفاده نمایند.

محافظ گوش:

ماده ۵۴- پلاگ باید به‌گونه‌ای باشد که به‌سهولت و بدون آسیب در مجرای گوش خارجی قرار گرفته، آن را بپوشاند و به‌راحتی از گوش خارج نشود.

ماده ۵۵- رعایت مسائل بهداشتی پلاگ‌ها الزامی بوده و در زمان عدم استفاده باید در محفظه مخصوصی نگهداری شوند.

ماده ۵۶- گوشی حفاظتی باید کاملاً لاله گوش را پوشانده، از مواد جاذب صدا ساخته شده و در تماس مستقیم با پوست ایجاد عرق و حساسیت نکند.

ماده ۵۷- طول بـــاند اتـــصالی گوشی حـــفاظتی باید متغیر و قابل‌انطباق با وضعیت سر باشد.

ماده ۵۸- قابلیت ارتجاعی گوشی حفاظتی باید به حدی باشد که از ایجاد هر نوع فشار یا ناراحتی برای سر جلوگیری نماید.

ماده ۵۹- بخش‌های فلزی گوشی حفاظتی باید در برابر اکسیدشدن مقاوم بوده و قابل ضدعفونی کردن باشد.

دستکش حفاظتی:

ماده ۶۰- دستکش‌های حفاظتی باید متناسب با خطرات احتمالی ناشی از کار انتخاب شوند.

ماده ۶۱- استفاده از دستکش حفاظتی برای کارهایی که احتمال درگیری آن با قطعات متحرك ماشین‌آلات وجود دارد، ممنوع است.

ماده ۶۲- کارگرانی که با برق سروکار دارند، باید از دستکش‌های عایق الکتریسیته متناسب با جریان و ولتاژ الکتریکی مصرفی استفاده نمایند.

ماده ۶۳- بازوبند باید به‌گونه‌ای باشد که ضمن قرارگیری و تثبیت در محل خود، حفاظت یکپارچه را برای دست فراهم نماید.

ماده ۶۴- بازوبند و ساق دستکش باید حداقل به‌اندازه ۸ میلی‌متر همپوشانی داشته باشند.

ماده ۶۵- نشانه‌گذاری دستکش‌ها باید علاوه بر مشخصات مشترك همه وسایل حفاظت فردی شامل موارد زیر باشد:

الف- اندازه (Size)

ب- حداکثر دما در مواردی که دمای مجاز برای تمیزکردن دستکش زیر ۸۲ درجه سانتیگراد است.

ماده ۶۶- اندازه، جنس و شکل دستکش باید به‌گونه‌ای باشد که ضمن تأمین راحتی انگشتان، حرکت آنها به‌سادگی امکان‌پذیر باشد.

لباس کار:

ماده ۶۷- لباس کار کارگرانی که احتمال درگیری آنها با قطعات متحرك ماشین‌آلات وجود دارد، باید کاملاً بسته، فاقد شکاف، چین‌خوردگی، پلیسه، لبه‌برگردان، درز و یا موارد مشابه باشد.

ماده ۶۸- آویزان‌کردن زنجیر، ساعت، کلید و نظایر آنها و نیز استفاده از شال‌گردن و موارد مشابه روی لباس کار اکیداً ممنوع است.

ماده ۶۹- قسمت انتهایی و آزاد پوشش سر کارگران زن که با ماشین‌آلات دوار و یا در مجاورت آنها مشغول به کار می‌باشند بایستی به طور کامل داخل لباس کار قرار گیرد.

ماده ۷۰- لباس کار باید ضمن تأمین حفاظت کافی، راحت، سبك و متناسب با بدن باشد.

ماده ۷۱- قسمت‌هایی از لباس کار که در تماس با بدن کارگرمی باشد، باید فاقد زبری، لبه‌های تیز و برجسته باشد تا از تحریک پوست و یا هرگونه عوارض دیگر جلوگیری به عمل آورد.

ماده ۷۲- جهت نشانه‌گذاری لباس کار برای مشخص‌شدن نوع حفاظت ایجاد شده، باید از علایم تصویری مربوط به آن استفاده گردد.

ماده ۷۳- لباس کار جوشکاری باید در برابر پرتاب ذرات داغ فلزی حاصل از جوشکاری یا برشکاری مقاوم باشد.

ماده ۷۴- لباس کار جوشکاران و برق‌کاران باید از جنس نارسانا بوده و فاقد قطعات فلزی از قبیل دکمه، زیپ و موارد مشابه باشد.

ماده ۷۵- لباس کار باید حتی‌الامکان فاقد جیب بوده و در صورت نیاز دارای در جیب باشد.

پیش‌بند:

ماده ۷۶- استفاده از پیش‌بند در مجاورت قطعات دوار و متحرك ماشین‌ها ممنوع است و در صورتی که نوع کار اقتضا نماید که حتماً از پیش‌بند استفاده شود باید فاقد جیب، درز، بند جلو و قسمت‌های آویزان بوده و به بدن بچسبد.

ماده ۷۷- پیش‌بندهای محافظ در برابر شعله، جرقه و فلزات مذاب، باید تمام سینه را پوشانده و از جنس مقاوم در برابر شعله تهیه شود.

ماده ۷۸- پیش‌بند مورداستفاده برای کار با اسیدها، مواد قلیایی و سایر مواد خورنده، باید تمام سینه را پوشانده و از جنس مقاوم در برابر آن مواد تهیه شود.

وسایل و تجهیزات حفاظت فردی کار در ارتفاع:

ماده ۷۹- برای انجام هر گونه عملیات در ارتفاع، علاوه بر تأمین جایگاه کار ایمن، استفاده از وسایل و تجهیزات حفاظت فردی کار در ارتفاع الزامی است.

ماده ۸۰- وسایل و تجهیزات حفاظت فردی کار در ارتفاع باید با درنظرگرفتن نوع کار، شرایط محیطی، وزن شخص، ارتفاع و دیگر عوامل انتخاب شود.

ماده ۸۱- استفاده از شوك‌گیردر وسایل و تجهیزات حفاظت فردی کار در ارتفاع که در اثر سقوط آزاد شخص، امکان واردآمدن فشار زیادی به بدن وی وجود دارد، الزامی است.

ماده ۸۲- استفاده از میخ‌پرچ برای اتصال اجزای انواع کمربند ایمنی و هارنس ممنوع است.

ماده ۸۳- قبل از استفاده از وسایل و تجهیزات حفاظت فردی کار در ارتفاع بایستی از سالم‌بودن اجزای آن اطمینان حاصل نموده و در صورت نیاز، اجزای آسیب‌دیده تعویض گردد.

ماده ۸۴- هنگام استفاده از طناب ایمنی، حداکثر جابه‌جایی عمودی در زمان سقوط فرد نباید بیش از یك متر باشد.

ماده ۸۵- طناب‌های ایمنی باید با آب و مواد شوینده ضعیف شسته شده و توسط جریان هوا خشك شوند.

فصل چهارم- سایر مقررات

ماده ۸۶- سپر محافظ صورت باید کاملاً شفاف بوده و به‌گونه‌ای باشد که میدان دید لازم را تأمین نماید.

ماده ۸۷- در موقع کار بر فراز یا در نزدیکی آب و موقعی که خطر غرق‌شدن وجود دارد باید از جلیقه‌های نجات استفاده شود.

ماده ۸۸- کارگرانی که در مواجه با خطر پرتوهای یون‌ساز می‌باشند باید از وسایل حفاظت فردی مناسب، مطابق آیین‌نامه و مقررات حفاظت در مقابل خطر پرتوهای یون‌ساز استفاده نمایند.

ماده ۸۹- کارگرانی که دارای موهای بلند بوده و با ماشین‌آلات کار می‌کنند و یا در جوار آن مشغول کار هستند باید به‌وسیله سربند و یا وسیله حفاظتی دیگری موهای سر خود را کاملاً بپوشانند.

ماده ۹۰- به‌منظور محافظت قسمت‌های پایینی ساق پای کارگرانی که در معرض پاشش فلزات مذاب یا جرقه‌های جوشکاری قرار دارند باید از گتر حفاظتی مناسب استفاده گردد.

ماده ۹۱- کلیه واردکنندگان، تولیدکنندگان، فروشندگان، عرضه‌کنندگان وسایل حفاظت فردی و همچنین کارفرمایان مکلف به رعایت موارد حفاظت فنی و ایمنی می‌باشند.

ماده ۹۲- به استناد مواد ۹۱ و ۹۵ مسئولیت رعایت مقررات این آیین‌نامه بر عهده کارفرمای کارگاه بوده و در صورت وقوع هر گونه حادثه به دلیل عدم توجه کارفرما به الـــزامات قانونی، مکلف به جبران خسارت وارده به زیان‌دیدگان می‌باشد.

جدول ۷-۱: شماره درجه‌بندی فیلترها

فیلترهای جوشکاری	فیلترهای ماوراء بنفش		فیلترهای مادون قرمز	فیلترهای آفتابی (نور خورشید)	
شماره تیرگی	کد عددی ۲	کد عددی ۳	کد عددی ۴	کد عددی ۵	کد عددی ۶
شماره درجه بندی					
۱/۲	۲ – ۱/۲	۳ – ۱/۲	۴ – ۱/۲	۵ – ۱/۱	۶ – ۱/۱
۱/۴	۲ – ۱/۴	۳ – ۱/۴	۴ – ۱/۴	۵ – ۱/۴	۶ – ۱/۴
۱/۷		۳ – ۱/۷	۴ – ۱/۷	۵ – ۱/۷	۶ – ۱/۷
۲		۳ – ۲	۴ – ۲	۵ – ۲	۶ – ۲
۲/۵		۳ – ۲/۵	۴ – ۲/۵	۵ – ۲/۵	۶ – ۲/۵
۳		۳ – ۳	۴ – ۳	۵ – ۳/۱	۶ – ۳/۱
۴		۳ – ۴	۴ – ۴	۵ – ۴/۱	۶ – ۴/۱
۴a					
۵		۳ – ۵	۴ – ۵		
۵a					
۶			۴ – ۶		
۶a					
۷			۴ – ۷		
۷a					
۸			۴ – ۸		
۹			۴ – ۹		
۱۰			۴–۱۰		
۱۱					
۱۲					
۱۳					
۱۴					
۱۵					
۱۶					

کدهای مورد استفاده در فیلترها به شرح زیر هستند:

- بدون کد عددی – فیلترهای جوشکاری
- کد عددی ۲ – فیلترهای ماوراء بنفش
- کد عددی ۳ – فیلترهای ماوراء بنفش با تشخیص خوب رنگ
- کد عددی ۴ – فیلترهای مادون قرمز
- کد عددی ۵ – فیلترهای آفتابی بدون خصوصیت جذب مادون قرمز
- کد عددی ۶ – فیلترهای آفتابی با خصوصیت جذب مادون قرمز

جدول ۷-۲: شماره‌های تیرگی و توصیه‌های موردنیاز در جوشکاری

	جریان بر حسب آمپر
فرآیند جوشکاری یا تکنیکهای مشابه	۰/۵ ۱ ۲/۵ ۵ ۱۰ ۱۵ ۲۰ ۳۰ ۴۰ ۶۰ ۸۰ ۱۰۰ ۱۲۵ ۱۵۰ ۱۷۵ ۲۰۰ ۲۲۵ ۲۵۰ ۲۷۵ ۳۰۰ ۳۵۰ ۴۰۰ ۴۵۰ ۵۰۰
الکترودهای پر کننده (پوشاننده)	۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴
MIG بر روی فلزات سخت	۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴
MIG برروی آلیاژهای سبک	۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۵
TIG برروی فلزات و آلیاژها	۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴
MAG	۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۶
شیار تراشی با قوس هوا	۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۵
برش جت پلاسما	۱۱ ۱۲ ۱۳
جوشکاری با قوس میکروپلاسما	۴-۵-۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۵
	۰/۵ ۱ ۲/۵ ۵ ۱۰ ۱۵ ۲۰ ۳۰ ۴۰ ۶۰ ۸۰ ۱۰۰ ۱۲۵ ۱۵۰ ۱۷۵ ۲۰۰ ۲۲۵ ۲۵۰ ۲۷۵ ۳۰۰ ۳۵۰ ۴۰۰ ۴۵۰ ۵۰۰

۱) بسته به شرایط استفاده از فیلترها می توان از فیلترهایی با شماره تیرگی کوچکتر یا بزرگتر استفاده نمود.
۲) عبارت " فلزات سخت " برای فولاد ، مس و آلیاژهای مربوط به آنها و غیره بکار می رود .
توجه : نواحی سایه دارمربوط به مواردی است که در عملیات جوشکاری دستی ، چنین جریانی معمولاً استفاده نمی شود .

جدول۷-۳: نحوه انتخاب و کاربردهای ویژه فیلترهای UV

شماره درجه بندی	تشخیص رنگ	کاربردها	نوع منبع انتشاری
۲-۱/۲	امکان ضعف در تشخیص رنگ وجود دارد	برای استفاده در برابر منابعی که دارای تابش فراوان ماوراء بنفش بوده و درخشندگی، عاملی با اهمیت به شمار نمی آید.	لامپ های جیوه ای فشار ضعیف همچون لامپ های فلورسنت یا لامپ هایی که با نور نامرئی با خواص تابش UV کار می کنند یا لامپ هایی با کارکرد مشابه
۲-۱/۴	امکان ضعف در تشخیص رنگ وجود دارد.	برای استفاده در برابر منابعی که دارای تابش فراوان ماوراء بنفش بوده و جذب مقدار معینی از تابش نور مرئی نیز مورد نیاز می باشد.	لامپ های جیوه ای فشار ضعیف همچون لامپ های اکتینیک (ماوراء بنفش)
۳-۱/۲ ۳-۱/۴ ۳-۱/۷	بدون تأثیر قابل توجه در تشخیص رنگ	برای استفاده در برابر منابعی که دارای تابش فراوان ماوراء بنفش در طول موج های کمتر از nm ۳۱۳ بوده و درخشندگی، عاملی با اهمیت به شمار نمی آید. این فیلترها، اشعه UVC و اغلب باند UVB را جذب می کنند.	لامپ های جیوه ای فشار ضعیف همچون لامپهای مورد استفاده برای گندزدایی و میکروب کشی
۳-۲ ۳-۲/۵	بدون تأثیر قابل توجه در تشخیص رنگ	برای استفاده در برابر منابعی که دارای تابش فراوان ماوراء بنفش در ناحیه طیف مرئی و UV بوده و تضعیف تابش نور مرئی مورد نیاز می باشد.	لامپ های جیوه ای فشار متوسط همچون لامپ های فتوشیمی
۳-۳ ۳-۴			لامپ های جیوه ای فشار قوی و لامپ های هالوژن همچون لامپ های خورشیدی
۳-۵			لامپ های جیوه ای خیلی فشارقوی و فشار قوی و لامپ های زنون همچون لامپ های خورشیدی یا سیستم لامپ های پالسی

جدول ۷-۴: نحوه انتخاب و کاربردهای ویژه فیلترهای IR باتوجه‌به دمای منبع تابشی

شماره درجه بندی	کاربردها برحسب میانگین دمای منابع حرارتی °C	
۴-۱/۲	درجه حرارت کمتر یا برابر	۱۰۵۰
۴-۱/۴	درجه حرارت کمتر یا برابر	۱۰۷۰
۴-۱/۷	درجه حرارت کمتر یا برابر	۱۰۹۰
۴-۲	درجه حرارت کمتر یا برابر	۱۱۱۰
۴-۲/۵	درجه حرارت کمتر یا برابر	۱۱۴۰
۴-۳	درجه حرارت کمتر یا برابر	۱۲۱۰
۴-۴	درجه حرارت کمتر یا برابر	۱۲۹۰
۴-۵	درجه حرارت کمتر یا برابر	۱۳۹۰
۴-۶	درجه حرارت کمتر یا برابر	۱۵۰۰
۴-۷	درجه حرارت کمتر یا برابر	۱۶۵۰
۴-۸	درجه حرارت کمتر یا برابر	۱۸۰۰
۴-۹	درجه حرارت کمتر یا برابر	۲۰۰۰
۴-۱۰	درجه حرارت کمتر یا برابر	۲۱۵۰

جدول ۷-۵: شماره تیرگی برای فیلترهای مورداستفاده در جوش گاز و برنج

نوع کار	مقدار جریان استیلن بر حسب لیتر درساعت =q			
	q<۷۰	۷۰ < q <۲۰۰	۲۰۰ < q <۸۰۰	800 <q
جوش برنج وجوشکاری با فلزات سخت	۴	۵	۶	۷
جوشکاری با شارژهای انتشار یافته درحین کار (آلیاژهای سبک)	۴a	۵a	۶a	۷a
۱- بسته به شرایط استفاده از فیلترها می توان از فیلتر هایی با درجه بندی کوچکتر یا بزرگتر استفاده کرد. ۲- عبارت "فلزات سخت "برای فولاد،مس وآلیاژهای مربوط به آنها به کار می رود.				

جدول ۷-۶: شماره تیرگی برای فیلترهای مورداستفاده در برش اکسیژن

نوع کار	مقدار جریان اکسیژن بر حسب لیتر در ساعت =q	
	90 < q <۲۰۰۰	200 < q <۴۰۰۰
برش اکسیژن	۵	۶
بسته به شرایط استفاده از فیلترها می توان از فیلترهایی با درجه بندی کوچکتر یا بزرگتر استفاده کرد.		

جدول ۷-۷: کُد رنگی فیلترها

کد رنگی	کلاس	نوع
قهوه ای	1,2, or 3	A
خاکستری	1,2, or 3	B
زرد	1,2, or 3	E
سبز	1,2, or 3	K
سفید	1,2, or 3	P
یا ترکیبی از آنها		
آبی – سفید		NO - P3
قرمز – سفید		Hg – P3

● ۳-۷ محافظت از چشم، صورت و سر

کارکنانی که وظایفی را انجام می‌دهند که ممکن است گردوغبار، ذرات پرتاب شده یا فلزات مذاب تولید کنند، باید از تجهیزات محافظتی برای چشم، صورت و سر استفاده نمایند. کسانی که در معرض حرارت شدید، عوامل محرک فیزیکی یا شیمیایی و اشعه و نور شدید؛ مانند آنچه توسط جوشکاری قوسی و لیزر ایجاد می‌شود قرار دارند و کسانی که ممکن است با برخورد ابزار یا سقوط اشیا بر سرشان مواجه باشند باید از یک برنامه حفاظت شخصی مناسب مطابق با استانداردهای مربوطه تبعیت کنند. این محافظت چشم، صورت و سر، شامل استفاده از کلاه ایمنی جوشکاری، محافظ صورت، عینک جوشکاری و عینک محافظ است. بدنه کلاه‌ها و نقاب‌های جوشکاری باید از موادی تشکیل شده باشد که قابل‌احتراق نبوده و عایق حرارتی و الکتریکی باشد و تشعشع را از خود عبور ندهد. لنزهای کلاه‌های ایمنی، نقاب‌ها و عینک‌ها باید دارای روکش‌های بیرونی محافظ باشند تا از پاشش جوش‌ها محافظت شود. برای محافظت در برابر آوار، کلاه ایمنی باید در بخش جلویی دارای لنزها یا صفحات ایمنی مقاوم در برابر ضربه باشد. تمام محافظ‌های چشم و صورت مورداستفاده در محیط‌های کار عمومی باید الزامات استانداردهای مربوطه را برآورده کنند. انتخاب شماره لنزهای فیلتر مناسب برای جوشکاری، لحیم‌کاری سخت، لحیم‌کاری نرم و برشکاری حرارتی مختلف باید مطابق با جدول ۷-۸ انجام شود. افرادی که از مشکلات چشمی خاصی برخوردارند، باید دررابطه‌با نحوه استفاده از تجهیزات حفاظتی، با مشاورهای بهداشتی مشورت کنند. استفاده از لنزهای تماسی به شرطی که از آنها در ترکیب با عینک ایمنی مناسب استفاده شود، مجاز است (مگر در مواردی که محیط صنعتی احتمال قرارگرفتن در معرض گرمای شدید، پاشش شیمیایی قابل‌توجه، سطح بسیار بالایی از ذرات معلق در اتمسفر را داشته باشد یا در مواردی که چنین استفاده‌ای با مقررات خاصی ممنوع است).

جدول ۷-۸: راهنمای انتخاب شماره تیرگی لنز

روش	سایز الکترود (mm)	میزان جریان قوس (A)	حداقل شماره تیرگی لنز محافظ	شماره تیرگی لنز پیشنهادی (برای راحتی) *
جوشکاری قوسی الکترود دستی (SMAW)	پایین‌تر از ۲/۵	پایین‌تر از ۶۰	۷	-
	۲/۴-۵	۶۰-۱۶۰	۸	۱۰
	۴-۶	۱۶۰-۲۵۰	۱۰	۱۲
	بالاتر از ۶	۲۵۰-۵۵۰	۱۱	۱۴
جوشکاری قوسی گاز فلز (GMAW) یا توپودری (FCAW)		پایین‌تر از ۶۰	۷	-
		۶۰-۱۶۰	۱۰	۱۱
		۱۶۰-۲۵۰	۱۰	۱۲
		۲۵۰-۵۵۰	۱۰	۱۴
جوشکاری قوسی گاز تنگستن (GTAW)		پایین‌تر از ۵۰	۸	۱۰
		۵۰-۱۵۰	۸	۱۲
		۱۵۰-۵۰۰	۱۰	۱۴
برشکاری قوسی کربن هوا (CAC-A)				
سبک **		پایین‌تر از ۵۰۰	۱۰	۱۲
متوسط **		۵۰۰-۱۰۰۰	۱۱	۱۴
جوشکاری قوسی پلاسما (PAW)		پایین‌تر از ۲۰	۶	۶-۸
		۲۰-۱۰۰	۸	۱۰
		۱۰۰-۴۰۰	۱۰	۱۲
		۴۰۰-۸۰۰	۱۱	۱۴
برشکاری قوسی پلاسما (PAC)				
سبک **		پایین‌تر از ۳۰۰	۸	۹
متوسط **		۳۰۰-۴۰۰	۹	۱۲
سنگین **		۴۰۰-۸۰۰	۱۰	۱۴
لحیم‌کاری سخت شعله‌ای (TB)		-	-	۳ یا ۴
لحیم‌کاری نرم شعله‌ای (TS)		-	-	۲
جوشکاری قوسی کربن هوا (CAW)		-	-	۱۴

	ضخامت ورق یا پلیت (mm)			شماره تیرگی لنز پیشنهادی (برای راحتی) *
جوشکاری گازی اکسی سوخت (OFW)				
سبک**	زیر ۳			۴ یا ۵
متوسط **	۳-۱۳			۵ یا ۶
سنگین **	بالای ۱۳			۶ یا ۸
برشکاری اکسیژنی (OC)				
سبک **	زیر ۲۵			۳ یا ۴
متوسط **	۲۵-۱۵۰			۴ یا ۵
سنگین **	بالای ۱۵۰			۵ یا ۶

*به‌عنوان یک قاعده کلی، کاربر باید با شماره تیرگی محافظتی که برای دیدن ناحیه جوش بسیار تیره است شروع کند. سپس می‌توان لنز فیلتر روشن‌تری را انتخاب کرد که دید کافی از ناحیه جوش را بدون پایین‌آمدن از حداقل شماره تیرگی ارائه شده ایجاد می‌کند. در جوشکاری یا برشکاری گازی اکسی‌سوخت که در آن مشعل نور شدید زرد ایجاد می‌کند، مطلوب است که از یک لنز فیلتر که خط زرد یا سدیم را در نور مرئی عملیات (طیف) جذب می‌کند، استفاده شود.

** این مقادیر در جایی که قوس به‌وضوح دیده می‌شود اعمال می‌شود. تجربه نشان داده است که در صورت پنهان‌شدن قوس توسط قطعه کار ممکن است از فیلترهای سبک‌تر استفاده شود.

■ ۷-۳-۱ الزامات خاص فرایندها

الزامات خاص تجهیزات حفاظت فردی برای فرایندهای جوشکاری رایج در زیر موردبحث قرار گرفته است. این فرایندها شامل جوشکاری و برشکاری قوس الکتریکی، جوشکاری و برشکاری گازی اکسی سوخت، لحیم‌کاری شعله‌ای و جوشکاری مقاومتی و سایر موارد است.

۷-۳-۱-۱ جوشکاری و برشکاری قوسی

جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری و پرسنل مجاور باید در هنگام مشاهده قوس جوشکاری از کلاه‌های جوشکاری یا نقاب‌های دستی که دارای لنزهای فیلتر مناسب و صفحات پوششی هستند، برای محافظت در برابر اشعه قوس، جرقه و پاشش استفاده نمایند. پوشش محافظ چشم باید در تمام عملیات جوشکاری و برشکاری قوسی استفاده شود. این پوشش چشم که در حین فعالیت جوشکاری با قوس الکتریکی استفاده می‌شود، باید دارای محافظ‌های جانبی کامل و مناسب جهت محافظت در برابر پرتوهای خطرناک احتمالی یا ذرات پرتاب شده به‌وجودآمده توسط عملیات آسیاب یا خُردکردن باشد. بسته به شدت اشعه‌ای که پرسنل ممکن است از جوشکاری یا برشکاری مجاور در هنگامی که کلاه ایمنی جوش خود را بالا زده یا برمی‌دارند دریافت کنند، ممکن است از پوشش چشم محافظ با لنزهای شفاف یا رنگی استفاده شود.

۷-۳-۱-۲ جوشکاری و برشکاری گازی اکسی سوخت و جوشکاری قوسی زیرپودری

هنگام انجام عملیات با استفاده از گاز اکسی سوخت، باید از عینک ایمنی با لنزهای فیلتر و محافظ‌های جانبی کامل و سازگار با آن استفاده شود. در حین عملیات جوشکاری با قوس زیرپودری، به کلاه جوشکاری قوس الکتریکی نیازی نیست؛ زیرا قوس توسط فلاکس پوشانده شده است و بنابراین به‌آسانی قابل‌مشاهده نیست. بااین‌حال، هنگامی که قوس گاهی اوقات از میان فلاکس که منطقه قوس را پوشش می‌دهد به چشم می‌خورد، اپراتور باید همیشه از عینک ایمنی استفاده کند.

۷-۳-۱-۳ جوشکاری مقاومتی و سایر فرایندها

پرسنلی که در فرایندهای مقاومتی، القایی، حمام نمک، غوطه‌وری و مادون‌قرمز مشغول فعالیت هستند باید از عینک ایمنی و محافظ صورت برای محافظت از چشم و صورت خود در برابر پاشش استفاده کنند. در این شرایط، لنزهای فیلتر ضروری نیستند؛ اما ممکن است برای راحتی استفاده شوند. در جوشکاری مقاومتی و سایر فرایندهایی که ممکن است جرقه و پاشش ایجاد شود، باید حفاظت مناسبی در برابر جرقه‌های پرتاب‌شونده ایجاد شود. این وسایل حفاظتی، شامل نقاب‌های ساخته شده از مواد مقاوم در برابر آتش یا عینک محافظ شخصی تأیید شده است. بااین‌حال، باتوجه‌به اینکه عملیات جوشکاری مقاومتی با یکدیگر متفاوت هستند، هر عملیات باید به طور جداگانه در رابطه‌با تجهیزات محافظتی، مورد ارزیابی قرار گیرد.

۷-۳-۱-۴ لحیم‌کاری سخت و نرم شعله‌ای

استفاده از عینک ایمنی با لنزهای فیلتر مناسب با یا بدون محافظ جانبی برای استفاده در حین اجرا توصیه می‌شود. در لحیم‌کاری شعله‌ای نیز همانند جوشکاری و برشکاری گازی اکسی سوخت، ممکن است شعله زرد روشن قابل‌مشاهده باشد؛ بنابراین، فیلترهای مشابه فیلترهایی که برای جوشکاری و برشکاری گازی اکسی سوخت استفاده می‌شود باید برای عملیات لحیم‌کاری شعله‌ای استفاده شود (مطابق جدول ۷-۱).

● ۷-۴ محافظت از دست، پا و بدن

برای محافظت از کل بدن در برابر جرقه جوش، پاشش و اشعه، باید از دستکش‌های محافظ، چکمه‌ها یا کفش‌های محکم و لباس‌های ضخیم مانند شکل ۷-۱ استفاده شود. آسیب‌های دست و بازو که ممکن است در صنعت جوشکاری رخ دهد، شامل سوختگی، کبودی، ساییدگی، بریدگی و قرارگرفتن در معرض مواد شیمیایی می‌شود. برای محافظت از دست‌ها، همیشه باید در حین جوشکاری، برشکاری و فرایندهای مربوطه از دستکش‌های محکم و مقاوم در برابر شعله از جنس چرم یا سایر مواد مناسب استفاده کرد. دستکش‌های چرمی خشک در شرایط مناسب، نه‌تنها دست‌ها را در برابر سوختگی و سایش محافظت می‌کند؛ بلکه در برابر شوک الکتریکی جوشکاری نیز عایق است. برای محافظت در برابر انرژی تشعشعی زیاد باید از دستکش‌هایی با روکش مخصوص استفاده کرد.

لباس‌های محافظ بدن، پرسنل جوشکاری را از گرمای شدید، پاشیدن فلز مذاب، جرقه و پاشش، تأثیرات مواد، ماشین‌آلات و ابزار، مواد شیمیایی خطرناک و تشعشع، حفاظت می‌نمایند. لباس‌هایی که با مواد شیمیایی مقاوم در برابر شعله مقاوم‌سازی شده‌اند باید طبق توصیه سازنده مقاوم‌سازی مجدد بشوند. پرسنل جوشکاری باید از پوشیدن هرگونه لباس یا کفش ساخته شده از مواد مصنوعی یا پلاستیکی که ممکن است ذوب شده و باعث سوختگی شدید شود، خودداری کنند. لباس‌های بیرونی باید به طور مناسبی عاری از روغن و چربی باشد (به‌ویژه در فضای مملو از اکسیژن). برای جلوگیری از پاشش یا جرقه، توصیه می‌شود از شلوارهای بدون جیب و یا با جیب‌های درپوش‌دار استفاده شود. جیب‌ها باید از مواد قابل‌اشتعال خالی شوند و پاچه‌های شلوار بدون جیب باید روی کفش قرار بگیرند. استفاده از کلاه محافظ برای موها توصیه می‌شود. علاوه بر این، از مواد حالت‌دهنده موی قابل‌اشتعال مانند اسپری مو و ژل استفاده نکنید. برای پرسنلی که جوشکاری بالای سر انجام می‌دهند یا برای شرایط خاصی که حفاظت اضافی لازم است، باید از لباس‌های محافظ مخصوص استفاده شود. این پوشش شامل پیش‌بند، پوشاننده ساق، یکدست لباس و شلوار، شنل، آستین و کلاه است که همه آنها باید از مواد بادوام و مقاوم در برابر شعله ساخته شوند.

شکل ۷-۱: لباس‌های حفاظتی معمولی برای جوشکاری قوس

۷-۵ محافظت شنوایی

کم‌شنوایی یکی از بیماری‌های شغلی مهم محسوب می‌شود. قرارگرفتن در معرض سروصدای اضافی یک عامل استرس‌زای شناخته شده است که می‌تواند هم بر رفتار و هم بر سلامت جسمانی تأثیر بگذارد. سروصدای زیاد، به‌ویژه سروصدای مداوم در سطوح بالا، می‌تواند باعث ناشنوایی کامل یا جزئی (موقت یا دائمی) و همچنین فشارخون بالا شود. برای محافظت از کارگران در برابر قرارگرفتن در معرض سروصدای زیاد، سطوح مجاز مواجهه با صدا در استانداردهای مربوطه مشخص شده‌اند. در جوشکاری، برشکاری و عملیات وابسته، سروصدا ممکن است توسط فرایند، تجهیزات و یا هر دو ایجاد شود. برشکاری قوسی کربن هوا و قوسی پلاسما دارای میزان صدای بالایی هستند. برخی از ژنراتورهای موتوردار همچون گروهی از منابع قدرت جوشکاری با فرکانس بالا و القایی، میزان صدای زیادی را منتشر می‌کنند. برای تضعیف و کنترل منابع سطح بالای صدای صنعتی، باید از کنترل‌های مهندسی استفاده نمود. در مواردی که این کنترل‌ها در کاهش سروصدا به سطوح ایمن ناکافی هستند، باید از گوشی‌ها و یا گوش‌گیرهای مناسب بهره گرفت. هر زمان که امکان ورود جرقه‌ها یا پاشش‌های داغ به گوش وجود دارد، باید از گوشی‌ها یا گوش‌گیرها استفاده شود.

۷-۶ محافظت از تنفس

در مناطقی که تهویه طبیعی یا مکانیکی برای جلوگیری از بیش از حد قرارگرفتن در معرض ترکیبات حائز اهمیت از لحاظ سلامتی کافی نیست، اغلب لازم است که جوشکارها و دیگر افراد حاضر در محیط کار، از محافظ تنفسی استفاده نمایند. در هر محیط کاری که وجود دستگاه‌های تنفسی برای محافظت از سلامت کارکنان ضروری هستند یا هر زمان که کارفرما به دستگاه تنفس نیاز داشته باشد، کارفرما باید یک برنامه مکتوب برای حفاظت تنفسی تهیه و اجرا کند. برنامه حفاظت از تنفس باید از انتخاب محافظ تنفسی مناسب برای خطرات موجود اطمینان حاصل کند، ارزیابی‌های پزشکی برای مناسب‌بودن وضعیت تنفس را تأمین نماید و آزمایش مربوطه را در صورت لزوم اجرا نماید (باتوجه‌به الزامات). علاوه بر این، همه کاربران محافظ‌های تنفسی باید باتوجه‌به شرایط مراقبت، استفاده و محدودیت‌های خود، آموزش و تعلیم ببینند. هنگامی که نوع محافظ تنفسی مناسب (مانند ماسک یکبار مصرف، نیم ماسک، محافظ کامل صورت، دستگاه تنفس تصفیه‌کننده هوا یا دستگاه تنفس هوای تأمین شده) انتخاب شود، می‌توان از دستگاه محافظ تنفس مورد تأیید با قابلیت فیلتراسیون مناسب ذرات نیز برای محافظت در برابر بخارات فلزی استفاده نمود. یک دستگاه تنفس تصفیه‌کننده هوا در شکل ۷-۲ نشان‌داده‌شده است.

انتخاب مناسب محافظ تنفس باید بر اساس فاکتور حفاظتی اختصاصی محافظ تنفس مربوطه که نسبت کاهش خطر اختصاص‌یافته به یک نوع محافظ تنفس معین است، انجام شود. به‌عنوان‌مثال، هنگامی که فاکتور ۵ به یک محافظ تنفسی اختصاص یابد، به این معنی است که در صورت صحیح بودن نحوه استفاده، می‌توان از آن در محیطی با آلودگی معلق در هوای تا ۵ برابر حد مجاز بهره برد.

برخی از مواد جوشکاری، مانند فلاکس‌ها، سیم جوش‌ها و باقی‌مانده ترکیبات تمیزکننده و چربی‌زدا، ممکن است حاوی مواد مضری باشند یا گازها و بخاراتی را آزاد کنند که محافظ‌های تنفسی فیلتردار، قادر به محافظت کافی در مقابل آنها نباشند. در این گونه موارد، باید از ترکیب کارتریج شیمیایی /فیلتر ذرات یا تجهیزات تنفسی مخصوص خطوط هوایی استفاده شود. توجه به این نکته ضروری است که تجهیزات تنفسی نباید از قبل از ضدعفونی‌شدن از کارگری به کارگر دیگر منتقل شوند. کارفرمایان باید بر اساس میزان مواجهه پیش‌بینی‌شده در حین عملیات، برای همه کارتریج‌های شیمیایی خود، زمان تعویض (عمر مصرف) را به‌عنوان بخشی از برنامه حفاظت تنفسی در نظر بگیرند. عمر مفید همه فیلترها با درنظرگرفتن نکات بهداشتی، آسیب و مقاومت در برابر تنفس محدود می‌شود. هر زمان که فیلترها آسیب‌دیده یا کثیف شوند و یا باعث افزایش محسوس مقاومت تنفسی شوند، باید همگی تعویض شوند.

شکل ۷-۲: محافظت از تنفس هوا

● مراجع

1- Sinnes K. (Editor), Welding handbook Vol. 1 (Welding and cutting science and technology). 10th Ed. , AWS, 2018.
2- ANSI Z49.1 Standard, Safety in welding, cutting, and allied processes. American National Standards Institute, 2012.
۳- آیین‌نامه وسایل حفاظت فردی. وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی.

۸

فصل هشتم

برخی از حوادث و سوانح رخ داده در عملیات جوشکاری

برخی از حوادث و سوانح رخ داده در عملیات جوشکاری

۸-۱ مقدمه

بر اساس آمارهای ارائه شده، عملیات جوشکاری و برشکاری هر ساله خطرات متعددی را برای کارگران فعال در زمینه جوشکاری و برشکاری ایجاد می‌کند. برخی از این خطرات، شامل انفجار، زمین‌خوردن، برق‌گرفتگی، خفگی و همچنین سقوط است.

در ادامه، به برخی از حوادث مهم ناشی از جوشکاری اشاره خواهد شد. این حوادث واقعی نشان می‌دهند که چرا رعایت ایمنی هنگام جوشکاری بسیار مهم است.

۸-۲ آتش‌سوزی در هنگام جوشکاری مخازن

در روز واقعه، براد لیوینگستون و شریک کاری‌اش تریسی، وظیفه داشتند در آن روز دو مخزن قطره‌ای را جوشکاری نمایند. این دو جوشکار برای صرفه‌جویی در وقت، سطوح محصول داخل مخازن را بررسی نکردند، شستشو با آب انجام نشد و پُر کردن مخازن با آب برای جوشکاری حفره به‌صورت ایمن انجام نشد. درحالی‌که تریسی مشغول جوشکاری بود، اولین مخزن منفجر شد و تریسی کشته شد. براد نیز به هوا پرتاب شد و در مخزن دوم فرود آمد و سپس مخزن دوم منفجر شد. افرادی که در نزدیکی سانحه حضور داشتند به او کمک کردند و او یک دوره طولانی درمان را پشت سر گذاشت. او چند سال بعد به‌کار بازگشت و در ادامه، به‌عنوان یک آموزش‌دهنده ایمنی، به سایر جوشکاران در مورد اهمیت ایمنی در محل کار آموزش داد.

● ۸-۳ ازبین‌رفتن کل یک مغازه مکانیکی پس از آتش‌سوزی ناشی از جوشکاری

یک مغازه مکانیکی به نام موری در ایالت یوتای آمریکا، پس از سوختن اتفاقی جوشکار، دچار سانحه آتش‌سوزی شد. جوشکار بلافاصله به بیمارستان منطقه‌ای منتقل شد و به دلیل استنشاق دود و سوختگی درجه‌دو، تحت درمان قرار گرفت. این آتش‌سوزی، آتش‌نشانان را از شهرهای مجاور نیز درگیر کرده بود، اما هنوز آتش مغازه مکانیکی خاموش نشده بود. حتی در روز بعد، یک مخزن سوخت در داخل مغازه همچنان در حال سوختن بود و آتش‌نشانی مجبور شد تا محل را زیر نظر بگیرد تا از شروع مجدد حریق جلوگیری نماید. این آتش‌سوزی، حتی مشاغل دو طرف ساختمان اولیه را نیز تحت‌تأثیر قرار داده بود و سقف یکی از آنها فروریخت. در شکل ۸-۱، تصویری از این آتش‌سوزی ارائه شده است.

شکل ۸-۱: تصویری از آتش‌سوزی مکانیکی موری در یوتای آمریکا

۸-۴ انفجار در کارگاه

در این حادثه، جاستین هرونما در حال جوشکاری مخزن دیزل بود که منفجر شد. این مسئله باعث بیهوشی او شد و بعد از گذشت مدت کوتاهی پس از انتقال به بیمارستان منطقه‌ای درگذشت. اعتقاد بر این است که بخارات موجود، پس از برخورد با جرقه جوشکاری منفجر شده‌اند. این واقعه در حالی رخ داد که بسیاری از مخازن سوخت دیگر نیز قبلاً در این کارگاه، جوشکاری شده بودند. هرونما از ۶ سالگی در آنجا کار می‌کرد و هنگام جوشکاری تجربه زیادی داشت، اما هنوز هم باید همه نکات ایمنی را رعایت کرد تا از حوادث ناشی از جوشکاری جلوگیری شود.

۸-۵ انفجار مرگبار در سکوی نفتی

پس از تحقیقات مشخص شد که انفجار در سکوی نفتی در خلیج مکزیک در سال ۲۰۱۲ نتیجه روش‌های جوشکاری غیرایمن بوده است. سکوی نفتی توسط بلک الک انرجی اداره می‌شد، اما جوشکاری توسط یک پیمانکار فرعی انجام می‌شد. کارکنان پیمانکار، لوله‌های منتهی به منطقه جوشکاری را با تخلیه مواد قابل‌اشتعال داخل آن، ایمن نکردند. آنها همچنین وقتی بوی گاز را احساس کردند، کار جوشکاری را متوقف نکردند. این حادثه که متأسفانه باعث مرگ و جراحات متعدد افراد شد، منجر به شکایت علیه بلک الک انرجی و پیمانکار آنها شد. تصویری از این سکوی نفتی در شکل ۸-۲ مشاهده می‌شود.

شکل ۸-۲: تصویری از سکوی نفتی بلک الک انرجی

۸-۶ آتش‌سوزی در خانه جوشکار حرفه‌ای

یک جوشکار حرفه‌ای، در خانه مشغول کار بر روی وسیله نقلیه‌ای بود که بیش از ۱۰۰۰ ساعت زمان برای بازسازی آن صرف کرده بود. در هنگام جوشکاری روی کامیون، جرقه‌ها خودرو را آتش زد و به‌سرعت به خانه سرایت کرد. او به سمت شلنگ آب باغچه رفت و خانواده خود را برای حفظ امنیت، به خانه همسایه فرستاد. باوجوداین‌که نیروهای آتش‌نشانی از سه شهر مجاور برای اطفای حریق اقدام کردند، اما در نهایت، خانه به طور کامل تخریب شد. به دلیل اینکه او از تجهیزات ایمنی مناسب استفاده می‌کرد، هیچ آسیبی ندید و خانواده‌اش توانستند با خیال راحت از خانه خارج شوند. اما بااین‌وجود، خانواده به دلیل جوشکاری در نزدیکی محل زندگی، خانه و تمام وسایل خود را از دست دادند. در شکل ۸-۳ تصویری از آتش‌سوزی منزل نشان داده شده است.

شکل ۸-۳: تصویری از آتش‌سوزی منزل

۸-۷ حادثه آتش‌سوزی مرگبار در دو کارخانه واقع در شازند

بر اثر حادثه آتش‌سوزی مهیب ۵ خردادماه سال ۱۳۸۷ در شرکت‌های کیمیا گستر امروز و کیمیاگران سپهر شازند استان مرکزی و سپس سرایت حریق به کارخانه هم‌جوار این دو که صنایع چوب‌کاران نام داشت، حداقل ۲۱ تن جان باخته و ۴۴ تن دیگر مجروح شدند.

پس از این حادثه، مسئول واحد کارشناسی و ایمنی سازمان آتش‌نشانی اراك، در تشریح جزئیات این آتش‌سوزی مهیب اعلام کرد که پیش از وقوع حادثه، شرکت‌های کیمیا گستر امروز و کیمیاگران سپهر، در وضعیت اورهال بوده‌اند. در این حالت باید تمامی سیستم‌ها تخلیه و کارکنان نیز از شرکت خارج می‌شوند

تا سیستم‌های شرکت، تعمیر و بازبینی شوند. اما با وجود این وضعیت، کارکنان همچنان در شرکت مشغول فعالیت بوده‌اند.

جوشکاری و نوسانات برق کنار مخازن اشتعال‌زا، به‌عنوان علت اصلی حادثه ذکر شد. جوشکاری نزدیک مخازن دو اتیل اگزانول باعث آتش‌سوزی اولیه شد که به دنبال آن سه مخزن حاوی ایزوبوتانول در واحدهای کناری نیز منفجر شدند. تولید این شرکت‌ها، ضدیخ، الکل، مواد پاک‌کننده و شوینده بود و تمامی این مواد که اشتعال‌زا هستند، باعث گسترش آتش‌سوزی شدند.

حدود ۹۵ درصد شرکت کیمیاگران سپهر در آتش سوخت و به علت وزش باد شدید، حریق به شرکت کیمیا گستر امروز نیز سرایت کرد که در نهایت این شرکت نیز مشابه شرکت کیمیاگران سپهر دچار آتش‌سوزی گسترده شد. در زمان وقوع حادثه، شرکت کیمیاگران سپهر دارای ۶۰ کارگر در حال فعالیت بود و شرکت کیمیا گستر امروز نیز ۲۰ تا ۳۰ کارگر داشت. این در حالی است که باتوجه‌به تعمیرات در شرکت نباید این تعداد افراد در شرکت حضور می‌داشتند. در ادامه، حریق به شرکت صنایع چوب‌کاران که در نزدیکی این دو شرکت قرار داشت نیز سرایت کرد و این شرکت نیز دچار آسیب در دیوار، حصار و سقف مجموعه شد. تصویری از این آثار این آتش‌سوزی مهیب، در شکل ۸-۴ آمده است.

شکل ۸-۴: تصویری از آثار آتش‌سوزی مهیب در شازند

● مراجع

1- WCWelding.com, Five Work Welding Accidents: The Importance of Safety!, https://www.wcwelding.com/welding-accidents.html, 10-9-2021.

۲- خبرگزاری دانشجویان ایران «ایسنا»، نگاهی به حادثه آتش‌سوزی دو کارخانه «شازند» با ۲۱ جان‌باخته و ۴۴ مجروح در گزارش ایسنا شهر صنعتی فاقد ایستگاه آتش‌نشانی! هشدارهای ایمنی همچنان نادیده گرفته می‌شوند، 6/3/1387، https://www.isna.ir/news/8703-03215.

۹

فصل نهم

بیماری‌های ناشی از کار در عملیات جوشکاری و برشکاری

بیماری‌های ناشی از کار در عملیات جوشکاری و برشکاری

۹-۱ مقدمه

بخارات و گازهای جوشکاری با هر دو نوع خطر حاد و مزمن برای سلامتی همراه هستند. بیماری‌های ریوی شغلی، از جمله سرطان ریه، شایع‌ترین خطر سلامتی است، اما جوشکاری می‌تواند چشم و پوست را نیز تحت‌تأثیر قرار دهد. هنگام جوشکاری در فضاهای بسته نیز خطر خفگی وجود دارد.

۹-۲ آسیب‌های اسکلتی عضلانی در جوشکاری

جوشکاری شغلی است که می‌تواند باعث کار در وضع‌های بدن نامطلوب و حمل تجهیزات سنگین گردد. در حین جوشکاری معمولاً فشار زیادی روی بازو و شانه‌ها وارد می‌شود.

فرایند جوشکاری دارای خطرهای اختلالات اسکلتی عضلانی (WMSD) نظیر وضعیت‌های بدن نامطلوب، بلندکردن تجهیزات و مواد سنگین و وضعیت بدن نامناسب مچ و غیره است. در ایالت واشنگتن رگ‌به‌رگ شدن، بیش از یک‌سوم غرامت‌های کارگری را در میان جوشکاران در سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۹۴ تشکیل داده است. آسیب به پشت، گردن و شانه همراه با بازو و دست بیش از نیمی از صدمات جوشکاران واشنگتن را تشکیل می‌دادند. طبق آمارهای اعلام شده، درصد صدمات وارده به اعضای مختلف به‌صورت زیر بوده است:

۱. پشت / گردن / شانه ٪۲۸
۲. دست / بازو ٪۲۶
۳. پا ٪۲۰
۴. گوش ٪۱۱
۵. سایر قسمت‌ها ٪۱۵

از پیامدهای ناشی از نامناسب‌بودن وضعیت کاری می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- غیبت از کار به دلیل صدمه یا بیماری و انتقال جوشکاری به کارهای دیگر
- هزینه‌های مربوطه به جایگزینی جوشکاران (جوشکاران افراد ماهری در کار خویش هستند و به‌کارگماردن افراد دیگر نیازمند آموزش در زمینه جوشکاری است)
- کاهش بهره‌وری و کیفیت

۹-۲-۱ خطرهای اسکلتی عضلانی رایج در عملیات جوشکاری

این خطرات عبارت‌اند از:

- وضعیت‌های بدن نامطلوب و استاتیک: به دلیل اینکه وضعیت‌های کاری در جوشکاری متفاوت است وضعیت‌های بدن مختلفی ایجاد می‌شود.
- بلندکردن و حمل اشیای سنگین: گاهی اوقات لازم است که جوشکار اشیای سنگین یا تجهیزات سنگین جوشکاری را انتقال دهد.
- تکرار یک سری از عملیات
- نیرو: عملیات جوشکاری نیازمند اعمال نیرو (نظیر نیروی لازم جهت گرفتن ابزار (گان) جوشکاری باشد)

آنچه که باید در مورد این خطرها در نظر داشت مدت‌زمان مواجهه، تکرار و شدت مواجهه است. برخی از وضعیت‌های بدنی که فرد در عملیات جوشکاری به خود می‌گیرد، در شکل ۹-۱ ارائه شده است. شکل ۹-۲ نیز وضعیت‌های بدن نامطلوب در فرایند جوشکاری را نشان می‌دهد.

شکل ۹-۱: وضعیت‌های بدنی که می‌تواند در عملیات جوشکاری پدید آید.

شکل ۹-۲: وضعیت‌های بدن نامطلوب در فرایند جوشکاری

الف - حمل اشیای سنگین

- استفاده از تجهیزات جوشکاری سبک‌تر و راحت‌تر برای حمل؛
- استفاده از کابل‌های سبک‌تر با قابلیت انعطاف بیشتر (سختی کمتر)؛
- استفاده از وسایل نگهدارنده کابل‌ها (بالانسرها)؛
- استفاده از جرثقیل‌های سقفی؛
- استفاده از میزهای بالابر و دارای قابلیت چرخش.

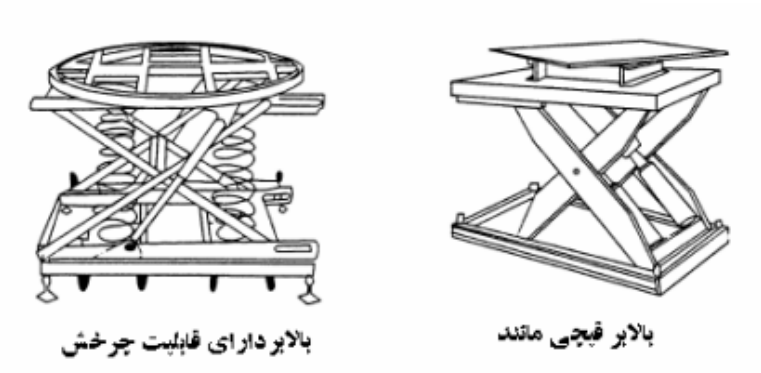
ب- وضعیت‌های بدن نامناسب

- در صورت امکان قراردادن قطعه کار در ارتفاع بین مچ دست و شانه؛
- استفاده از میزهای بالابر؛
- استفاده از گان‌های جوشکاری دارای قابلیت حرکت و طراحی شده به‌صورتی‌که با هر دو دست بتوان با آن کار کرد؛
- به‌منظور کاهش خم پشت در انجام جوشکاری روی زمین، استفاده از میز کاری به حفاظ وضعیت بدن ایمن‌تر کمک خواهد کرد.

ج- نکات کلی در مورد وضعیت بدن مناسب هنگام انجام کار

- نحوه شناسایی علائم اختلالات اسکلتی عضلانی را یاد بگیرید. وضعیت‌های بدن تکراری نامناسب می‌تواند صدمه‌زا باشند؛
- از وضعیت‌های بدن نامناسبی که می‌توانند باعث خستگی، کاهش تمرکز و کاهش کیفیت‌های جوشی شوند که باعث تکرار جوشکاری شوند خودداری نمایید؛

- همیشه از دست‌هایتان در پایین‌تر از سر خود کار بگیرید. از حرکت ناگهانی سر و گردن خودداری نمایید؛
- از کار در یک وضعیت بدن به مدت طولانی اجتناب کنید؛
- به هنگام کار در وضعیت نشسته، قطعات کاری را در ارتفاع آرنج قرار دهید؛
- به هنگام کار در وضعیت ایستاده، به‌منظور راحتی مواد را در ارتفاع بین مچ و آرنج قرار دهید؛
- در صورت ایستادن به مدت طولانی از زیرپایی‌های مناسب استفاده نمایید؛
- همیشه ابزار و مواد را در محدوده دسترسی قرار دهید؛
- از وسایل کمکی نگهدارنده مواد به‌منظور حفظ وضعیت‌های بدن مناسب استفاده نمایید (شکل ۹-۳).



شکل ۹-۳: وسایل کمک‌کننده به قرارگیری قطعات

در جایی که جوشکار مجبور است عملیات جوشکاری را در حالت زانو زده انجام دهد، نکات زیر توصیه می‌شود:

- تنش روی عضلات ران را از طریق افزایش زاویه زانو کاهش دهید؛
- فشار وارده به‌زانو، قوزک پا و ناحیه لومبار (قسمت میانی پشت تا کمر) را کاهش دهید؛
- طوری قرار گیرید که گردش خون در پاها به‌خوبی انجام گیرد؛
- به‌هیچ‌وجه به مدت طولانی در وضعیت زانو زده قرار نگیرید؛
- از خم‌شدن اجتناب نمایید؛
- هرازچندی از جا برخاسته و کمی قدم بزنید؛
- در مواردی که جوشکار باید به‌صورت زانو زده جوشکاری نماید می‌توان از یک نوع صندلی (شکل ۹-۴) استفاده کرد.

شکل ۹-۴: صندلی برای جوشکاری در وضعیت زانو زده

● ۹-۳ عوارض حاد تنفسی

اثرات حاد تنفسی به‌شکل بیماری، خیلی زود پس از قرارگرفتن در معرض بخارات جوشکاری ایجاد می‌شود. تخمین زده شده است که تنفس بخار فلز در محل کار منجر به بستری‌شدن ده‌ها جوشکار در سال می‌شود.

■ ۹-۳-۱ تحریک گلو و مجاری تنفسی بزرگ‌تر در ریه‌ها

گازها و ذرات ریز موجود در بخارات ناشی از جوشکاری می‌توانند باعث خشکی گلو، سرفه یا سفتی در قفسه سینه شوند. معمولاً این اثرات، کوتاه‌مدت است. گاز اُزن ایجاد شده مخصوصاً در هنگام جوشکاری فولادهای زنگ‌نزن و آلومینیوم توسط فرایند جوشکاری قوسی گاز تنگستن می‌تواند باعث این مشکل شود. قرارگرفتن زیاد در معرض اکسیدهای نیتروژن (که در اکثر جوشکاری‌های قوسی ایجاد می‌شود) نیز می‌تواند باعث تحریک شود. قرارگرفتن بیش از حد در معرض گاز ازن می‌تواند باعث ایجاد مایع در ریه‌ها شود.

■ ۹-۳-۲ آسم حاد ناشی از تحریک کننده

مقادیر بسیار زیاد قرارگرفتن در معرض محرک‌های استنشاقی می‌تواند باعث ایجاد آسم شود، اما این امر رایج نیست. این بیماری در گذشته به‌عنوان سندروم اختلال عملکرد راه‌های هوایی شناخته می‌شد.

■ ۹-۳-۳ تب ناشی از بخار فلز

بسیاری از جوشکارها پس از جوشکاری، علائم آنفولانزا را مشاهده می‌کنند. این اثرات اغلب در شروع هفته کاری بدتر است. تب بخار فلزی معمولاً با جوشکاری یا کار گرم روی فلزات گالوانیزه مرتبط است. قرارگرفتن زیاد در معرض بخارات جوشکاری فولاد نرم نیز می‌تواند باعث این بیماری شود. تب ناشی از بخار فلزات معمولاً عوارض جانبی پایداری ندارد. این مشکل اغلب چند ساعت پس از شروع در معرض قرارگرفتن، آغاز می‌شود و مدتی پس از پایان آن ادامه می‌یابد.

▪ ۹-۳-۴ ذات‌الریه حاد

جوشکارها به دلیل تنفس بخارات جوشکاری، در معرض افزایش خطر ابتلا به ذات‌الریه پنوموکوکی هستند. جوشکارها به‌ویژه مستعد به عفونت ریه هستند که می‌تواند منجر به ذات‌الریه شدید و گاهی کشنده شود. ذات‌الریه سالانه حدود دو جوشکار را از بین می‌برد. این مشکل می‌تواند جوشکاران جوان و همچنین افراد مسن را تحت‌تأثیر قرار دهد. قرارگرفتن در معرض بخارات جوشکاری در گذشته، شانس ابتلا به ذات‌الریه را افزایش نمی‌دهد. واکسیناسیون جوشکار برای کاهش خطر ابتلا به ذات‌الریه، امکان‌پذیر است. بااین‌حال، واکسیناسیون جایگزینی برای کنترل مناسب میزان قرارگرفتن در معرض بخارات محسوب نمی‌شود.

● ۹-۴ عوارض مزمن بر تنفس

اثرات مزمن، به‌تدریج پس از قرارگرفتن در معرض بخارات جوشکاری ایجاد می‌شود و منجر به بیماری‌های جدی‌تری می‌شود.

▪ ۹-۴-۱ سرطان ریه

بسیاری از مطالعات، افزایش خطر ابتلا به سرطان ریه را در جوشکاران یا سایر کارگران در معرض بخارات جوشکاری گزارش کرده‌اند. انجمن بین‌المللی تحقیقات سرطان به این نتیجه رسیده است که همه بخارات جوشکاری می‌توانند باعث سرطان ریه شوند و ممکن است باعث سرطان کلیه نیز بشوند؛ بنابراین، همه بخارات جوشکاری را به‌عنوان مواد سرطان‌زای گروه (۱) طبقه‌بندی می‌کنند. گزارش‌های مدیریت ایمنی و بهداشت بریتانیا نیز این یافته‌ها را تأیید کرد.

▪ ۹-۴-۲ بیماری انسدادی مزمن ریوی (COPD)

شواهد موجود نشان می‌دهد که قرارگرفتن در معرض گازهای جوشکاری ممکن است باعث COPD شود، اما شواهد کافی برای اثبات ارتباط قطعی وجود ندارد. به طور معمول در افراد سیگاری دیده می‌شود که عملکرد ریه می‌تواند سریع‌تر از آنچه انتظار می‌رود کاهش یابد و دود ممکن است به این کاهش کمک کند. COPD ایجاد شده باعث تنگی‌نفس پیش‌رونده، سفت‌شدن قفسه سینه و خس‌خس‌کردن سینه می‌شود. همچنین این مشکل ممکن است باعث خستگی شود. اگر بیماری پیشرفت کند، کارگران می‌توانند به‌شدت ناتوان شوند.

▪ ۹-۴-۳ بیماری معروف به ریه جوشکار

بیماری ریه جوشکار معمولاً نشان‌دهنده رسوب فلز در ریه به دلیل قرارگرفتن در معرض بخار جوشکاری توصیف می‌کند. تصور می‌شود که این یک نوع خوش‌خیم از پنوموکونیوز است. در صورت وجود تنها این بیماری، جوشکار ممکن است از مشکلات سلامتی شکایت نکند. بااین‌حال، اگر COPD نیز وجود داشته باشد، بیماری ریه جوشکار می‌تواند علائم COPD را شدیدتر کند.

■ ۹-۴-۴ آسم شغلی

آسم شغلی می‌تواند ناشی از فلزات موجود در بخار جوشکاری باشد، برای مثال: کروم، نیکل و کبالت شش ظرفیتی. بخار جوشکاری فولاد زنگ‌نزن حاوی این فلزات است و برخی از انواع فرایندهای جوشکاری همچون الکترود دستی، منجر به وجود مقدار بیشتری از این عناصر در بخارات می‌شود. علائم آسم شغلی شامل تنگی نفس شدید، خس‌خس سینه، سرفه و تنگی قفسه سینه است. معمولاً بین چند ماه تا چند سال از اولین‌بار قرارگرفتن در معرض یک دستگاه تنفسی حساس در محل کار تا شروع علائم طول می‌کشد. جوشکاران مبتلا به آسم شغلی همچنین ممکن است با کاهش کوتاه‌مدت موقت عملکرد ریه مواجه شوند. این مشکل گاهی در جوشکارهای بدون آسم نیز مشاهده می‌شود.

● ۹-۵ خفگی در هنگام جوشکاری در یک فضای بسته

جوشکاری در فضاهای بسته می‌تواند منجر به مرگ ناشی از خفگی (خفگی ناشی از کمبود اکسیژن) شود. این مسئله می‌تواند ناشی از قرارگرفتن در معرض موارد زیر باشد:

مونوکسید کربن که می‌تواند کربوکسی هموگلوبین را تشکیل دهد. این مسئله می‌تواند ظرفیت حمل اکسیژن خون را مختل کند. علائم بیش از حد قرارگرفتن در معرض این گاز، شامل سردرد، سرگیجه و حالت تهوع است.

گازهای محافظ (مانند آرگون، هلیوم و نیتروژن یا مخلوط‌های بر پایه آرگون حاوی دی‌اکسیدکربن، اکسیژن یا هر دو)، به دلیل تجمع گازها و جابه‌جایی اکسیژن در فضاهای محدود و بسته.

جوشکاری در یک مکان بسته فقط باید در مواقع ضروری انجام شود، زیرا این کار یک کار پُرخطر است.

جدول ۹-۱: محدوده مجاز مواجهه، منابع تولید و علائم انواع مواد آسیب‌رسان شیمیایی در فرایند جوشکاری

جدول۲- محدوده مجاز مواجهه، منابع تولید و علائم انواع مواد آسیب‌رسان شیمیایی در پروسه جوشکاری

نوع آلاینده	TLV-TWA1	منابع	اثرات، علائم و نشانه‌های مواجه
آلومینیوم	۵	ترکیبات آلومینیوم در آلیاژهایی از قبیل Inconels، مس، روی، آهن، منیزیم، برنج و فلزات پرکننده (بتونه) وجود دارد.	محرک و سوزش‌آور ریه (در بین فیوم‌های فلزی کم‌ترین خطر را داراست)
بریلیوم	۰/۰۰۲ STEL:۰/۰۱	عامل استحکام‌کننده در آلیاژهای مس، منیزیم، آلومینیوم است.	تب فیوم فلزی، سرطان‌زا، سایر اثرات مزمن شامل آسیب به مجراهای تنفسی است.
اکسیدهای کادمیوم	۰/۰۰۲	فولاد زنگ‌نزن، فلزات آبکاری و آلیاژهای روی حاوی کادمیوم است.	تحریک و سوزش سیستم تنفسی، جراحت و خشکی گلو، درد در قفسه سینه و تنفس سخت، اثرات مزمن آن شامل آسیب‌های کلیوی و آمفیزم است. مظنون به سرطان‌زایی است.
کروم	۰/۰۱	بیشتر در فولاد زنگ‌نزن آلیاژهای سخت، فلزات آبکاری و سیم جوش یافت می‌شود.	افزایش خطر سرطان ریه، در بعضی از افراد سبب افزایش تحریک و سوزش پوست می‌شود. نوع کروم شش ظرفیتی آن سرطان‌زا است.
مس	۰/۲	در آلیاژهای Monel (آلیاژی از مس و کبالت که در برابر خوردگی مقاوم است)، برنج، برنز و سیم جوش وجود دارد.	تب فیوم فلزی، اثرات حاد آن شامل تحریک و سوزش چشم‌ها، بینی گلو و حالت تهوع و استفراغ است.
فلوراید	۲/۵	در اکثر پوشش الکترودها وجود دارد و عامل گدازآور در آلیاژهای کم‌آهن و پرآهن است.	اثرات حاد آن شامل تحریک و سوزش چشم‌ها، بینی و گلو است. نتیجه مواجهه طولانی‌مدت با آن ایجاد مشکلات استخوانی و مفصلی است. مواجهه زیاد با آن می‌تواند باعث اثرات مزمن از قبیل ادم ریوی و راش پوستی شود.
نوع آلاینده	TLV-TWA1	منابع	اثرات، علائم و نشانه‌های مواجه
اکسیدهای آهن	۵	در تمامی فرایندهای جوشکاری آهن و فولاد عامل اصلی آلودگی است.	اثرات حاد آن شامل تحریک و سوزش بینی و ریه است که پس از قطع مواجهه برطرف می‌شود. باعث بیماری سیدروزیس می‌شود که تأثیرات خطرناکی بر ریه ندارد ولی ذرات ریز آن در ریه ته‌نشین می‌شوند.
سرب	۰/۰۵	در آلیاژهای برنج، برنز پوشش (استر) فولاد و فرایند لحیم‌کاری یافت می‌شود.	اثرات مزمن آن بر روی سیستم عصبی، کلیه‌ها سیستم گوارشی و ظرفیت فکری و روانی است که می‌تواند سبب مسمومیت ناشی از سرب شود.
منگنز	۰/۲	در بیشتر پروسه‌های جوشکاری مخصوصاً در فولادهای کششی (Tensil) وجود دارد.	تب فیوم فلزی، اثرات مزمن آن می‌تواند شامل ایجاد مشکلاتی در سیستم عصب مرکزی شود.
مولیبدن	۱۰	در آلیاژهای فولاد، آهن و نیکل یافت می‌شود.	اثرات حاد آن شامل تحریک و سوزش چشم‌ها، بینی، گلو و کوتاهی تنفس است.
نیکل	۰/۱	در فولادهای زنگ‌نزن و آلیاژهای Monel ،Inconel، Hastelloy و در دیگر آلیاژها، سیم جوش و فولاد روکش‌دار وجود دارد.	اثرات حاد آن شامل تحریک و سوزش چشم‌ها، بینی و گلو است. افزایش ریسک سرطان نسبت به سایر جوشکاری‌ها و موثر در ایجاد درماتیت و مشکلات ریوی.
وانادیوم	۰/۰۵	در آلیاژهای نیکل و بعضی از آلیاژهای فولاد و آهن وجود دارد.	اثرات حاد آن تحریک چشم‌ها، بینی و مجاری تنفسی است. اثرات حاد آن شامل برونشیت، رتینیت، پنومونی و افزایش مایع داخل ریه است.

میلی‌گرم (mg/m3)

گازها (ppm)

نوع آلاینده	TLV-TWA[1]	منابع	اثرات، علائم و نشانه‌های مواجه
اکسیدهای روی	۵ STEL:۱۰	در گالوانیزه و فلزات روکش‌دار کاربرد دارد	تب فیوم فلزی
مونواکسید کربن	۲۵	از قوس جوشکاری به وجود می‌آید.	با سرعت داخل رگ‌های خونی جذب شده سبب سردرد سرگیجه و سستی می‌شود. غلظت زیاد آن می‌تواند سبب بی‌هوشی و در نتیجه مرگ شود.
هیدروژن فلوراید	۳	از تجزیه روکش الکترودها به وجود می‌آید.	حاصل مواجهه کوتاه‌مدت آن سوزش و تحریک چشم‌ها و مجاری تنفسی است. مواجهه زیاد با آن می‌تواند سبب آسیب‌های ریوی کلیوی، استخوانی و گبدی شود. اثرات مزمن آن سوزش مزمن بینی، گلو و برونشیت است.
اکسیدهای نیتروژن	۳ STEL:۵	از قوس جوشکاری به وجود می‌آید.	در کم‌ترین غلظت‌ها(۲۵-۲۰ ppm) سبب تحریک و سوزش چشم‌ها بینی و گلو می‌شود. اثرات مزمن آن شامل مشکلات ریوی از قبیل آمفیزم است.
ازن	Heavy work: ۰/۰۵ Moderate work:۰/۰۸ Light work: ۰/۱	از قوس جوشکاری مخصوصاً در طول قوس پلاسما و جوشکاری MIG/MAG به وجود می‌آید	اثرات حاد آن شامل افزایش مایع درون ریه و هموراژی است. در غلظت‌های خیلی کم (مانند ۱ppm) سر درد و خشکی چشم‌ها ایجاد می‌شود. اثرات مزمن آن شامل تغییرات قابل توجه در عملکرد ریه است.

بخارات آلی (ppm)

نوع آلاینده	TLV-TWA[1]	منابع	اثرات، علائم و نشانه‌های مواجه
آلدهیدها (فرمالدهید)	۲۵	از پوشش فلزات دارای رنگ (پایه رنگ و پیگمان‌ها) متصاعد می‌شود. همچنین در حلال‌های آلی روغن چربی، گریس وجود دارد.	محرک و سوزش‌آور چشم‌ها و مجاری تنفسی
دی‌ایزوسیانات	–	از فلزات رنگ شده توسط رنگ‌های پلی‌اورتان متصاعد می‌شود.	اثرات حاد آن شامل تحریک و سوزش چشم‌ها، بینی و گلو است. امکان ایجاد حساسیت، ایجاد نشانه‌های آسم یا دیگر آثار حساسیتی حتی در مواجهه بسیارکم وجود دارد
فسژن	۱ TLV-C[3]:۰/۱	از فلزاتی که هنوز اثر پاک کردن روغن، گریس هنوز روی آنها باقی مانده متصاعد می‌شود. فسژن از واکنش حلال‌ها و تشعشع جوشکاری ایجاد می‌شود.	تحریک و سوزش شدید در چشم‌ها، بینی و سیستم تنفسی، نشانه‌های آن معمولاً دیر ظاهر می‌شوند.
فسفین	۰/۳	از واکنش پوشش‌هایی که مانع زنگ زدن فلزات (زد زنگ‌ها) می‌شوند و تشعشع جوشکاری ایجاد می‌شوند.	اثرات حاد آن شامل تحریک و سوزش چشم‌ها و بینی است. به کلیه‌ها و دیگر ارگان‌ها نیز آسیب می‌رساند.

[1]TLV-TWA: Threshold Limit Value- Time Weighted Average
[2]STEL: Short Time Exposure Level
[3]TLV-C: ThresholdLimit Value-Ceiling

● ۹-۶ سایر اثرات جوشکاری بر سلامتی

■ ۹-۶-۱ اثرات پوستی

نیکل و کروم آزاد شده در حین جوشکاری ممکن است باعث ایجاد آماس تماسی آلرژیک شوند. پوست جوشکاران همچنین ممکن است در معرض اشعه ماورای‌بنفش قرار گیرد. قرمزشدن یا خارش پوست، مانند تکه‌ای از آفتاب‌سوختگی، شایع‌ترین مشکل پوستی است.

■ ۹-۶-۲ اثرات عصبی

مطالعات نشان می‌دهد که قرارگرفتن در معرض منگنز موجود در بخار جوشکاری فولاد نرم می‌تواند منجر به علائم عصبی مشابه بیماری پارکینسون شود. این علائم، شامل اختلالات گفتاری و تعادل است. مطالعات جدیدی در این زمینه در حال انجام است. حد مجاز منگنز قابل‌تنفس در حین جوشکاری ۰/۰۵ میلی‌گرم بر مترمکعب (میانگین وزن کل در ۸ ساعت) مناسب است؛ زیرا بیشتر منگنز موجود در بخارات، ذرات کوچکی است که به ریه عمیق می‌رسند (معروف به ذرات تنفسی). هنگامی که ذرات بخار منگنز به طور معمول در یک بازه زمانی تنفس می‌شوند، اثر بدنی ایجاد می‌کنند. این بدان معناست که منگنز می‌تواند از طریق مسیرهای مختلف جذب بدن شود و عوارض عصبی ایجاد کند. در بسیاری از فعالیت‌های جوشکاری بسیار محتمل است که حد مجاز درمعرض قرارگرفتن منگنز قابل‌تنفس فراتر رود، مگر اینکه کنترل‌های مؤثری در نظر گرفته شده و به‌درستی استفاده شوند. می‌توان بر میزان درمعرض قرارگیری نظارت کرد تا میزان رعایت حد مجاز مشخص شود.

■ ۹-۶-۳ ملانوم چشمی

این سرطان نادر چشم می‌تواند در اثر اشعه ماورای‌بنفش ناشی از جوشکاری ایجاد شود. احتمال رخداد این بیماری، نیاز به محافظت از چشم هنگام جوشکاری را به‌خوبی نمایان می‌سازد.

■ ۹-۶-۴ چشم قوس‌زده‌شده

چشم قوس‌زده‌شده، یک آسیب حاد در قسمت جلوی چشم (قرنیه) پس از قرارگرفتن در معرض اشعه ناشی از جوشکاری است. در این شرایط به طور معمول، چند ساعت پس از جوشکاری چشم دردناک و قرمز می‌شود. سایر قسمت‌های چشم نیز می‌توانند در اثر تابش اشعه تولید شده در جوشکاری آسیب ببینند. این امر نیز نیاز به محافظت از چشم هنگام جوشکاری را به‌خوبی نشان می‌دهد.

■ ۹-۶-۵ سروصدا و ارتعاش

۹-۶-۵-۱ ارتعاش

فرایندهای جوشکاری و برشکاری گرم معمولاً ارتعاشی با میزان مضر ایجاد نمی‌کنند. اما ممکن است برخی از کارهای مرتبط مانند سنگ‌زنی و غیره این ریسک را ایجاد نمایند.

۹-۶-۵-۲ سروصدا

به‌استثنای فرایند قوسی گاز تنگستن، سایر فرایندهای جوشکاری با قوس الکتریکی، سطوح مضری از سروصدا را ایجاد می‌کنند. این فرایندها خود سروصدا ایجاد می‌کنند، سایر وظایفی که معمولاً جوشکار انجام می‌دهد پُرسروصدا هستند و جوشکاری عموماً در محیطی پُرسروصدا انجام می‌شود. میزان سروصدا که در حین جوشکاری و برشکاری قوسی ایجاد می‌شود، بسته به نوع فرایند، متفاوت است. جدول ۹-۲، سطوح معمول میزان سروصدا برای انواع مختلف فرایندهای جوشکاری و کارهای مرتبط با آنها را ارائه می‌دهد.

میزان واقعی سروصدا به عوامل مختلفی بستگی دارد. به‌عنوان‌مثال، با افزایش قطر مصرفی و افزایش جریان، سروصدا افزایش می‌یابد. همچنین نوع فلز تحت جوشکاری، تأثیر خواهد داشت. به طور مثال، فولاد زنگ‌نزن نسبت به فولاد نرم، سروصدای بیشتری تولید می‌کند.

در مورد برشکاری، ضخامت مواد بریده شده بر سروصدای تولید شده تأثیر می‌گذارد و مواد ضخیم‌تر سروصدای بیشتری تولید می‌کنند.

برای فرایندهای با بلندترین صدا (برش پلاسما و شیارزنی قوسی کربن هوا)، منبع غالب صدا، هوای فشرده تحت‌فشار بالا است. طراحی نازل هوا می‌تواند تأثیر زیادی بر انتشار صدا داشته باشد و برخی از شرکت‌ها، تجهیزات «کاهش صدا» را ارائه می‌دهند.

جدول ۹-۲: سطوح معمول سروصدا برای انواع مختلف فرایندهای جوشکاری و کارهای مرتبط

فرایند	سطح معمول صدا
جوشکاری قوسی گاز تنگستن (GTAW)	تا ۷۵ dB(A)
جوشکاری قوسی الکترود دستی (SMAW)	۸۵-۹۵ dB(A)
جوشکاری قوسی گاز فلز (GMAW)	۹۵-۱۰۲ dB(A)
برشکاری قوسی پلاسما (برای اجرای دستی تا ۱۰۰ آمپر و تا ضخامت ۲۵ میلی‌متر)	۹۸-۱۰۵ dB(A)
شیارزنی شعله‌ای	۹۵ dB(A)
برشکاری شعله‌ای	تا ۱۰۰ dB(A) (معمولاً بالای ۹۰ dB(A) در برشکاری ضخامت‌های بالای ۴۰ میلی‌متر)
شیارزنی قوسی هوا کربن	۱۰۰-۱۱۵ dB(A)
براده‌برداری با قلم و چکش	۱۰۵ dB(A)
سنگ‌زنی	۹۵-۱۰۵ dB(A)

۹-۶-۵-۳ قرارگرفتن در معرض سروصدای معمولی

قرارگرفتن در معرض صدای روزانه شخصی هم به میزان شدت صدا و هم مدت‌زمان قرارگرفتن در معرض صدا در طول یک روز کاری بستگی دارد. هنگام ارزیابی مواجهه احتمالی با سروصدا، مهم است که مدت‌زمان عملیات جوشکاری را در نظر بگیرید. برای فرایندهای جوشکاری و برشکاری گرم، صدا تنها زمانی ایجاد می‌شود که قوس برقرار شده یا شعله روشن شود. زمان «قوس‌زنی» یک جوشکار در بخش تولید ممکن است تا ۸۰ ٪ از شیفت کاری باشد. یک جوشکار سازنده ممکن است بیشتر روز را برای تنظیمات کار قبل از شروع جوشکاری صرف کند. گاهی اوقات تنظیمات می‌تواند نسبتاً بی‌سروصدا باشد، به‌عنوان‌مثال: در هنگام علامت‌گذاری. در مواقع دیگر می‌تواند بسیار پُرسروصدا باشد، برای مثال: آماده‌سازی لبه قطعه با سنگ دستی. جوشکارها همچنین اغلب در محیط‌های پُرسروصدا کار می‌کنند و عملیات پُرسروصدای دیگری مانند سنگ‌زنی را انجام می‌دهند. جوشکار در حال کار، به‌احتمال زیاد، نه‌تنها تحت‌تأثیر سروصدای کار فردی خود است، بلکه تحت‌تأثیر همکاران نیز قرار می‌گیرد. هنگام ارزیابی خطر سروصدا باید همه این عوامل را در نظر بگیرید. دست‌کم‌گرفتن خطر صدا می‌تواند منجر به آسیب به شنوایی شود. اما برآورد بیش از حد قرارگرفتن در معرض سروصدا نیز می‌تواند منجر به هزینه‌های غیرضروری یا محافظت بیش از حد شود.

۹-۶-۵-۴ اقدامات کنترلی

کارفرمایان باید فرایند پُرسروصدا را تا آنجا که ممکن است حذف کنند (شاید با خرید مواد بریده شده با سایز موردنظر توسط تأمین‌کننده). اما جوشکاری و برشکاری حرارتی اغلب تنها روش عملی است، بنابراین تمرکز اصلی باید روی موارد زیر باشد:

- استفاده از روش‌های عملی برای کاهش سطح سروصدا برای فرایند موردنظر
- مدیریت خطرات با قیمانده با استفاده از گوش‌بند، گوش‌گیر یا سایر محافظ‌های شنوایی

به‌عنوان‌مثال، می‌توان به‌جای برشکاری پلاسمای دستی به سمت دستگاه برشکاری پلاسما خودکار زیر آب رفت. این مسئله می‌تواند سطح صدا را زیر ۸۰ dB(A) نگه دارد. دستگاه‌های برشکاری پلاسما تحت پوشش آب در دسترس هستند و ممکن است برای برخی از عملیات کاربردی باشند. سیستم‌های غوطه‌وری یا تحت پوشش آب، باعث کاهش انتشار گاز و همچنین صدا می‌شوند. برای هر روش جایگزین می‌توان عملی‌بودن جایگزین و سرمایه‌گذاری موردنیاز را در برابر مزایا (سلامتی، ایمنی، بهره‌وری و غیره) سنجید:

- به‌عنوان یک قاعده کلی، سروصدا ناشی از جوشکاری قوسی با قطر سیم جوش /الکترود و میزان جریان الکتریکی افزایش می‌یابد. استفاده از اندازه سیم جوش / الکترود و جریان مناسب برای کار (و بیش از حد نبودن آن)، به کاهش سطح سروصدا کمک می‌کند.
- با برشکاری پلاسما /شعله و شیارزنی قوسی، به‌طورکلی، میزان سروصدا با افزایش سرعت گاز افزایش می‌یابد. اطمینان از این که سرعت گاز تا حد ممکن پایین است (برای مثال با کاهش فشار خروجی در رگلاتور)، به‌طورکلی، میزان صدا را کاهش می‌دهد.

- جوشکاری در فضاهای بسته یا مناطق دیگر که ممکن است صدا منعکس شود (مانند گوشه کارگاه) می‌تواند میزان صدای بیشتری نسبت به زمانی که جوشکاری در فضای باز انجام می‌شود ایجاد کند. در صورت عدم امکان سازماندهی کار برای اجتناب از این شرایط، افزودن مواد جاذب صدا به سطوح بازتاب‌کننده صدا می‌تواند به کاهش تأثیر سروصدا جوشکاری بر سایر افرادی که در مجاورت آن کار می‌کنند، کمک کند.

۹-۶-۵-۵ حفاظت از شنوایی

انتخاب نوع حفاظت شنوایی باید بر اساس معیارهای زیر باشد:

- توانایی آن برای کاهش قرارگرفتن در معرض سروصدا؛
- سازگاری آن با سایر تجهیزات محافظ شخصی (ماسک‌های جوشکاری، کلاه ایمنی و غیره)؛
- راحتی؛
- مناسب‌بودن برای محیط کار و فعالیت؛
- استفاده از گوش‌بندها و گوشی‌ها همراه با نوار گردن به‌جای سربند ممکن است با ماسک‌های جوشکاری سازگارتر باشند؛
- اگر از محافظ شنوایی به‌عنوان کنترل اصلی در کاهش مواجهه با صدا استفاده می‌شود، کارگران باید در استفاده از آن آموزش ببینند. کارگران باید در تمام مدت زمانی که در منطقه‌ای پُرسروصدا هستند یا کارهای پُرسروصدا انجام می‌دهند، از این محافظ استفاده کنند. درصورتی‌که کارگران حتی مدت‌زمان کمی از محافظ استفاده نکنند، حفاظت از شنوایی به میزان قابل‌توجهی تأثیر خود را از دست می‌دهد.

مراجع

1- Health and Safety Executive, United Kingdom, https://www.hse.gov.uk/welding/health-risks-welding.htm, 9.5.2021.

۲- **محمدرضا حسن بیگی و محمدجواد جعفری، ایمنی و بهداشت در جوشکاری، انتشارات فدک ایساتیس، ۱۳۸۶.**

۳- **زیبا لوک‌زاده و منا تراب جهرمی، مخاطرات شغلی در صنعت جوشکاری، فصلنامه علمی تخصصی طب کار یزد، جلد ۵ (شماره ۳)، صفحات ۱۱۴-۹۵، ۱۳۹۲.**

۱۰

فصل دهم

شناخت عوامل زیان‌آور محیط کار در جوشکاری و برشکاری

شناخت عوامل زیان‌آور محیط کار در جوشکاری و برشکاری

برخی از خطرات احتمالی آشکار مربوط به ساخت‌وساز صنعتی، نگهداری و تعمیر جوشکاری و برشکاری به طور خلاصه در ادامه ذکر شده است.

۱۰-۱ پوشش‌ها

سطوح فولادی تقریباً همیشه برای محافظت در برابر خوردگی، پوشش داده می‌شوند. دستورالعمل‌های جوشکاری عموماً الزام می‌کنند که قبل از شروع جوشکاری، هرگونه پوشش در فاصله مشخصی از جوش (معمولاً حدود ۷۵ تا ۲۳۰ میلی‌متر) برداشته شود. این روش برای اجتناب از مخلوط‌شدن مواد پوشش و محصولات حاصل از تجزیه و/یا سوختن آنها با رسوب جوش، طراحی شده است.

بااین‌حال، غیرمعمول نیست که جوشکاران این روش را نادیده بگیرند و با ضربه‌زدن با الکترود (درحالی‌که الکترود در الکترودگیر است) رنگ کافی بریده شود تا الکترود بتواند یک مدار الکتریکی را تکمیل کند و قوس روشن شود. در این هنگام، جوشکار به‌سادگی اقدام به جوشکاری در امتداد اتصال می‌کند و گرمای ناشی از حوضچه جوش پیش‌رونده را می‌بیند که رنگ را در جلوی جوش می‌سوزاند. به طور مشابه، هنگام انجام عملیات جوشکاری یا برشکاری روی سطوح آبکاری شده نیز گاهی برطرف‌کردن پوشش‌های محافظ در برابر خوردگی مورد چشم‌پوشی قرار می‌گیرد.

این برطرف‌نکردن کامل پوشش‌ها قبل از جوشکاری، ممکن است مخاطرات ایمنی قابل‌توجهی به دنبال داشته باشد و لازم است که توجه ویژه‌ای به این مسئله شود.

۱۰-۲ فلز پایه

هنگام بررسی برگه‌های داده‌های ایمنی ماده برای فلزات تحت جوشکاری، به‌خاطر داشته باشید که اتصال فلزات غیرمتداول معمول است. در نتیجه، برگه‌های داده‌های ایمنی ماده برای هر دو قطعه‌ای که باید به هم متصل شوند باید بررسی شوند تا آلاینده‌های احتمالی نگران‌کننده مشخص شوند.

۱۰-۳ فلز پُرکننده

۱۰-۳-۱ فلز پُرکننده جدید

شناسایی اجزای خطرناک فلز پُرکننده جدید به‌راحتی با بررسی برگه داده‌های ایمنی ماده‌ها برای سیم جوش یا الکترودها انجام می‌شود.

۱۰-۳-۲ فلز پُرکننده قدیمی

هنگامی که یک قطعه، وسیله یا سازه تحت تعمیر قرار گرفته است، معمول است که کارفرما سوابق برخی از کارها در رابطه با این که توسط چه کسی و با چه روشی انجام شده است را حفظ کند. زمانی که نیاز به کار در مناطق تعمیر شده قبلی وجود دارد، برای شناسایی فلز پُرکننده که قبلاً استفاده شده است، به این سوابق ارجاع می‌شود. در صورت عدم وجود سوابق، روش معمول بعدی مشورت با پرسنلی است که در کار قبلی مشارکت داشته‌اند. تعمیر لوله کوره یک کار معمول است و نمونه‌ای از استفاده از فلزات پُرکننده متفاوت از فلز پایه است. اغلب از آلیاژهای فلزی خاصی در ساخت و تعمیر کوره‌ها استفاده می‌شود و برخی از آنها دارای حد مجاز در معرض قرارگرفتن نسبتاً پایینی هستند؛ بنابراین، نظارت بر وضعیت هوا و استفاده از اگزوز موضعی در حین انجام کارهای گرم تا زمانی که غلظت آلاینده‌های مرتبط با این عملیات بهتر مشخص شود، توصیه می‌شود.

۱۰-۴ باقی‌مانده محتویات مخازن

هنگام کار با تجهیزات صنعتی، طبیعی است که قبل از صدور مجوز کار روی تجهیزات، آنها را تا حد ممکن تخلیه کرده و شستشو دهند. متأسفانه، حتی دقیق‌ترین عملیات نظافت ممکن است مقداری مواد باقی‌مانده را در ظرف، مخزن یا لوله برای جوشکاری باقی بگذارد. این مواد باقیمانده و گازها و بخارات حاصل از آنها ممکن است بسیار خطرناک باشد و باید حتماً اقدامات ایمنی لازم در رابطه با آنها اتخاذ شود.

۱۰-۵ کارگران و فرایندهای در مجاورت کار

هنگامی که جوشکارها با هم کار می‌کنند، می‌توانند برخی خطرات احتمالی را برای یکدیگر ایجاد نمایند. جوشکاری به‌کاررفته تعمیر و نگهداری اغلب تحت محدودیت زمانی شدید انجام می‌شود و اختصاص چند جوشکار متناسب با اندازه فضا و پرسنل در دسترس، غیرمعمول نیست. هرچه فاصله آنها در محل کار کمتر باشد، بیشتر احتمال دارد که بر یکدیگر تأثیر بگذارند (به‌ویژه از نظر قرارگرفتن در معرض اشعه ماورای‌بنفش).

انجام جوشکاری به‌منظور تعمیر و نگهداری، به‌ندرت در غیاب دیگر کارهای انجام شده توسط سایر مشاغل صورت می‌گیرد. این فعالیت‌های دیگر نیز خطرات خود را ایجاد می‌نمایند.

صدور مجوز کار ممکن است متداول‌ترین روش برای توصیف و کنترل مواجهه با خطرات ناشناخته قبلی باشد که مربوط به چندین کار است که در مجاورت یکدیگر قرار می‌گیرند. با وجود این که تنوع قابل‌توجهی در بین وسیله‌های کار مختلف وجود دارد، شباهت‌های خاصی در نحوه عملکرد سیستم مجوز کار برای محافظت از جوشکاران و سایر کارگران در برابر خطرات مربوط به ساخت، نگهداری و تعمیر جوش وجود دارد.

۱۰-۶ بررسی جایگزین‌های جوشکاری و برشکاری

جوشکاری و / یا برشکاری حرارتی ممکن است لزوماً تنها راه انجام یک کار نباشد، حتی اگر «ما همیشه این کار را انجام داده باشیم». خطرات سلامتی و ایمنی را می‌توان با استفاده از فرایندهای جایگزین یا پیش عملیات سطوح قبل از شروع عملیات گرمایی بهتر مدیریت کرد. چند گزینه قبل از انجام مراحل جوشکاری و برشکاری عبارت‌اند از:

- پیش پاک‌سازی یا هیدروبلاست سطوح برای به‌حداقل‌رساندن انتشار آلاینده‌ها در حین کار داغ؛
- پیش پخت سطوح برای به‌حداقل‌رساندن انتشار آلاینده در حین کار گرم؛
- استفاده از برشکاری آب / آب ساینده برای ازبین‌بردن نیاز به قسمت زیادی از گرمایش؛
- در برخی موارد، تخریب را می‌توان با استفاده از قیچی‌های هیدرولیکی بسیار بزرگ که بر روی یک شلنگ (یک چاهک بزرگ در مسیرها) نصب شده است، انجام داد.

خواننده تشویق می‌شود خطرات سلامتی و ایمنی هرگونه جایگزین برای روش‌های جوشکاری و برشکاری را با همان دقت انجام دهد که برای عملیات جوشکاری استفاده می‌شود. یک مثال در زیر برای جایگزینی برشکاری آب / آب ساینده به‌جای برشکاری CAC-A ارائه شده است.

۱۰-۷ برشکاری با جت آب/آب ساینده

اگرچه برشکاری جت آب یک فرایند حرارتی نیست، اما به طور گسترده‌ای به‌عنوان جایگزینی برای فرایندهای برشکاری حرارتی، مورداستفاده قرار می‌گیرد. خطرات بهداشتی و ایمنی برشکاری با جت آب/ آب ساینده به طور خلاصه در جدول ۱۰-۱ گردآوری شده است.

جدول ۱۰-۱: خلاصه خطرات بهداشتی و ایمنی جت آب/آب ساینده

خطر	منابع
بریدگی و /یا قطع عضو	آب فشار قوی یا جت ساینده
سروصدا	فرایند برش
اسپری/ذرات در چشم	اسپری آب/ساینده

مرجع

1- M. K. Harris, Welding Health and Safety: A Field Guide for OEHS Professionals, AIHA Press (American Industrial Hygiene Association), 2002.

۱۱

فصل یازدهم

شناخت اصول ایمن حمل بار و انبارش در عملیات جوشکاری و برشکاری

شناخت اصول ایمن حمل بار و انبارش در عملیات جوشکاری و برشکاری

۱-۱۱ اصول ایمنی در حمل بار

برخی از مهم‌ترین مسائل ایمنی در حمل بار مطابق با آیین‌نامه حفاظتی حمل دستی بار در زیر ارائه شده است:

- حمل دستی بار به‌صورت انفرادی در موارد زیر ممنوع است:
  - الف) برای نوع کاری که انجام می‌گیرد سنگین باشد؛
  - ب) در جایی بسیار بلند یا کوتاه (خارج از حدود بین ران پا و شانه) قرار گرفته باشد به‌گونه‌ای که امکان بلندکردن ایمن آن وجود نداشته باشد؛
  - ج) بسیار بزرگ، حجیم و یا دارای شکلی بوده که امکان دسترسی به آن مشکل باشد و یا جلوی دید شخص را بگیرد؛
  - د) مرطوب، لغزنده و یا دارای لبه‌های تیز بوده به‌طوری‌که گرفتن آن مشکل باشد؛
  - هـ) بی‌ثبات بوده و مرکز ثقل آن به دلیل حرکت محتویات آن تغییر نماید.
- حمل دستی بار در صورت وجود شرایط نامناسب جوی، محیطی و کارگاهی که احتمال بروز حوادث و بیماری‌های ناشی از کار می‌رود، ممنوع است.
- کارگرانی که در فرایند شغلی خود به طور پیوسته یا ناپیوسته حمل دستی بار را انجام می‌دهند بایستی علاوه بر برخورداری از سلامت جسمی، روحی و روانی متناسب با نوع کار از نظر شرایط جسمانی نظیر قد و وزن و جنسیت نیز متناسب با وظیفه محوله باشند. به‌کارگیری کارگران مذکور منوط به انجام معاینات بدو استخدام و دوره‌ای به‌ویژه از نظر آسیب‌های اسکلتی ـ عضلانی مطابق قوانین کار و تأمین اجتماعی است.

- حمل دستی بار در صورتی مجاز است که امکان استفاده از وسایل یا تجهیزات مکانیکی مناسب و یا اصلاح شرایط کارگاهی نظیر چیدمان دستگاه‌ها و تجهیزات و ایستگاه‌های کاری مقدور نباشد.
- کارفرما مکلف است تدابیر لازم جهت ارزیابی چگونگی وضعیت حمل دستی بار در کارگاه و شناسائی خطرات مربوطه را اتخاذ نموده و با استفاده از راهکارهای فنی ـ مهندسی و علمی به اصلاح وضعیت حمل دستی بار از نظر ارگونومی و ایمنی مبادرت نماید.
- در حین حمل دستی بار انجام اعمال ناایمن مانند شوخی‌کردن دویدن، پریدن، پرتاب نمودن و نیز کلیه اعمالی که مغایر اصول ایمنی و بهداشتی باشد ممنوع است.
- کارفرما مکلف است وسایل حفاظت فردی متناسب با حمل دستی بار را برای کارگران مربوطه فراهم نماید.
- کارگران موظف‌اند به کلیه دستورالعمل‌ها و توصیه‌های بهداشتی و ایمنی در زمینه حمل دستی بار که از طرف کارفرما و مراجع ذی‌صلاح ارائه می‌گردد عمل کرده و از وسایل حفاظت فردی که توسط کارفرما بدین منظور تهیه شده استفاده کنند.
- کارفرما مکلف است ضمن تعلیم روش‌های صحیح و مناسب حمل دستی بار، کارگران خود را از خطرات احتمالی آگاه نموده و نظارت‌های لازم را در این زمینه‌ها اعمال نماید.
- در مواردی که کارگر مجبور به انجام فعالیت‌های خارج از حد توان فیزیولوژیکی باشد، کارفرما مکلف است با اعمال تمهیداتی مانند چرخش کار، زمان استراحت و طراحی ایستگاه‌های کار بسته‌بندی مناسب و رعایت اصول انبارداری نسبت به حذف یا کاهش آسیب‌های ناشی از حمل دستی بار اقدام کند.
- کارفرما مکلف است دستگیره‌های متناسب با نوع بار برای گرفتن بسته‌ها و بارهای بددست تعبیه کند.
- در فعالیت‌های حمل و جابه‌جایی بار در شرایط بهینه که به‌صورت یک‌نفره انجام می‌گیرد حداکثر بار مجاز به تفکیک گروه سنی و جنس کارگران باید مطابق آیین‌نامه حمل بار وزارت کار باشد.
- در اوزان بالاتر از حد مجاز، حمل و جابه‌جایی بار باید توسط وسایل مکانیکی مناسب و یا چندنفره صورت پذیرد.
- جهت حمل دستی مواد سمی و شیمیایی که مواجهه پوستی یا استنشاقی یا گوارشی با آن منجر به ایجاد آسیب یا مسمومیت می‌گردد استفاده از ظروف یا محفظه‌های مقاوم دربسته و محصور که امکان مواجه با مواد مذکور وجود نداشته و دارای برچسب حاوی مشخصات ماده شیمیایی یا سمی موردنظر باشد الزامی است.

۲-۱۱ اصول ایمنی انبارش کالا

برخی از مهم‌ترین مسائل ایمنی در حمل بار مطابق با آیین‌نامه ایمنی انبارهای کالا در زیر ارائه شده است:

- در موقع تحویل کالا به انبار باید مشخصات کامل کالا از نظر آتش‌سوزی، انفجار و حوادث مشابه که ایجاد خسارت‌های مالی یا صدمات جانی می‌کنند توسط مسئول انبار ثبت شود و همچنین مسئول انبار مکلف است به‌منظور حصول اطمینان کنترل لازم را در موقع تحویل گرفتن کالا معمول دارد.

- انبارها باید در نقاطی احداث شوند که وسیله نقلیه مورد لزوم بتواند به‌سهولت به محوطه انبار وارد شود.
- دیوارها و سقف و سرپناه تمام انبارها بدون استثنا باید از مصالح غیرقابل‌اشتعال ساخته شود. به‌کاربردن چوب و تخته و پلاستیک و خرپاهای چوبی و تخته‌ای در ساختمان‌ها به‌کلی ممنوع است. اجزاء مقاوم با مصالح غیر قابل‌اشتعال نظیر خرپاها و تیرآهن و یا حمال‌های بتون‌آرمه باید به طریقی عایق‌کاری شوند که در برابر آتش‌سوزی برای مدت حداقل دو ساعت و ستون‌ها برای مدت سه ساعت مقاومت کنند.
- موقعیت ساختمان‌های انبار اعم از قسمت باز و سرپوشیده باید طوری باشد که وسایل نقلیه موتوری و غیرموتوری مورد لزوم بتوانند بدون برخورد با مانع تا جلوی ورودی انبار پیش بروند.
- کف تمام انبارها باید بتون یا آسفالت یا سنگ‌فرش شود و شیب و آبروی کف محوطه طوری باشد که آب در زیر کالاها جمع نشود.
- در داخل انبارها باید به نسبت وسعت آن بر حسب مورد دستگاه‌های هواکش نصب شود تا هوای انبار مرتباً تعویض گردد.
- محوطه داخل انبارها باید از پوشال و خاشاک خرده چوب و کاغذ و سایر مواد زائد قابل‌اشتعال پاک شوند.
- برای انبارهایی که عرض آنها کمتر از ۲۰ متر است، عرض راهرو و داخل انبار نباید کمتر از یک متر و نیم باشد. انبارهایی که عرض آنها بیشتر از ۲۰ متر باشد عرض راهرو کمتر از دو متر نخواهد بود و چنان چه انبار به وسایل مکانیکی یا موتوری حمل‌ونقل مجهز باشد، راهروهای متناسب با عبور وسایل مزبور منظور خواهد گردید. راهروی طولی باید تا انتهای انبار خالی از کالا بوده و با رنگ سفید از دو طرف خط‌کشی و مشخص‌شده‌باشد.
- انبارها باید از وسایل ضروری آتش‌نشانی برخوردار باشند.
- کلیه کارکنان انبارها باید تعلیمات مربوط به حفاظت و ایمنی و طرز کار با وسایل اولیه آتش‌نشانی را فراگیرند.
- انبار کالا باید در نقاطی احداث شود که در معرض خطر حریق نباشد.
- انبارها باتوجه‌به امکانات محل مجهز به وسایل ارتباطی کافی باشند.
- وسایل موتوری مخصوص رفت‌وآمد در داخل انبارها باید هر کدام مجهز به یک دستگاه کپسول آتش‌نشانی از نوع مناسب باشد.
- کپسول‌های آتش‌نشانی باید در نقاطی قرار داده شوند که از حرارت و نور آفتاب و برف‌وباران مصون باشند.
- در هر انبار باید حداقل یک دستگاه جعبه کمک‌های اولیه بهداشتی تعبیه و برای مواقع ضروری آماده و نگاهداری شود.
- شماره‌تلفن‌های آتش‌نشانی و مقامات انتظامی محل و بیمارستان‌های سوانح با خط درشت و خوانا در کنار کلیه تلفن‌های داخل انبار نصب گردد.
- در اطراف انبارها باید روشنایی مناسبی پیش‌بینی شود.

- بین سقف انبار و مرتفع‌ترین نقطه کالای چیده شده فاصله به شرح زیر باید موجود باشد: اگر ارتفاع کالای چیده شده ۴/۵ متر بیشتر باشد فاصله تا سقف یک متر و نیم، اگر ارتفاع کالای چیده شده بین ۲/۶۰ تا ۴/۵۰ متر باشد فاصله تا سقف یک متر، اگر ارتفاع کالای چیده شده کمتر از ۲/۶۰ متر باشد فاصله تا سقف ۴۰ سانتیمتر خواهد بود.
- در انبارهایی که عرض آن کمتر از ۳۵ متر باشد حداکثر سطح اشغال شده هر قسمت (پارتی) کالا ۲۵۰ مترمربع و فاصله آن با قسمت دیگر یک متر و چنان‌چه عرض انبار ۳۵ متر و بیشتر باشد حداکثر سطح اشغال شده هر قسمت کالا ۱۰۰۰ مترمربع و فاصله آن با قسمت دیگر حداقل ۲ متر خواهد بود.
- فاصله بین کالا تا دیوار انبار حداقل ۶۰ سانتیمتر خواهد بود مگر در مواردی که به علت وضع مخصوص بسته‌بندی کالا رعایت فاصله مزبور مقدور نباشد.
- آتش‌زدن چوب و تخته و کاغذهای باطله و نظایر آن در داخل انبارها مطلقاً ممنوع است.
- همه‌روزه در هنگام تعطیل کردن انبار باید تمام محوطه انبارها از نظر ایمنی به‌وسیله مسئول انبار دقیقاً بازدید و نتیجه در دفتر مخصوص ثبت شود.
- استعمال دخانیات در محوطه داخل و خارج انبار مطلقاً ممنوع و به تعداد کافی علایم استعمال دخانیات ممنوع است باید نصب شود.
- درصورتی‌که کف انبار فاقد شیب و آبرو باشد باید کالا حداقل ۵ سانتیمتر با سطح زمین فاصله داشته باشد.
- فاصله بین انبارهای محصور و مسقف با دیوارهای مجاور از هر چهار طرف نباید از شش متر کمتر باشد و این فاصله باید از هر نوع کالا خالی نگهداری شود به نحوی که اتومبیل‌های آتش‌نشانی بتوانند هر انبار را به‌سهولت دور بزنند.
- انبارها بر حسب نوع کالایی که در آنها نگاهداری می‌شود به چهارطبقه به شرح زیر تقسیم می‌گردد:
  - انبارهای ردیف ۱ – برای نگاهداری مواد و اجسامی که نمی‌سوزند؛ مانند آهن‌آلات صنعتی و ساختمانی – انواع پروفیل‌های فلزی – مس و برنج – حلبی و آهن ورق - قطعات فلزی – ماشین‌آلات، موتورآلات بدون لاستیک و سوخت، انواع پیچ‌ومهره و میخ و سیمان و امثال آنها.
  - انبارهای ردیف ۲ – برای نگاهداری مواد خشک و زغالی از قبیل چوب و تخته – انواع فیبر و سه‌لایی – کاغذ و مقوا – پنبه و پشم – غلات و حبوبات – و سایر فرآورده‌های کشاورزی و پارچه‌های نخی و پشمی، فرش، چتایی و کنف – اجناس خرازی و لوازم فلزی و وسایل الکتریکی و کالاهای مشابهی که در صندوق‌های چوبی یا کارتن‌های مقوایی یا لفاف بسته‌بندی شده باشند.
  - انبارهای ردیف ۳ – برای نگاهداری مواد شیمیایی و دارویی و مایعات قابل‌اشتعال: از قبیل نفت و مشتقات آن – الکل – رنگ، اسکاتیف، تربانتین – روغن‌های حیوانی و نباتی و خوراکی و صنعتی – پارافین مایع و جامد – داروهای شیمیایی و صنعتی - پیه و نظایر آن.
  - انبارهای ردیف ۴ – برای نگاهداری مواد لاستیکی و پلاستیکی از قبیل لاستیک رویی و تویی وسایل

نقلیه – لاستیک و پلاستیک ورق – اشیا ساخته شده از لاستیک – مواد خام لاستیک و پلاستیک و ظروف پلاستیکی و سایر اشیای ساخته شده از آنها.

- مقررات اختصاصی انبارهای ردیف ۱ و ۲:
  - در موقع چیدن آهن‌آلات در انبارهای ردیف ۱ باید دقت و مراقبت کامل به عمل آید که به‌هیچ‌وجه خطر غلتیدن و افتادن قطعات در بین نباشد و به نسبت هر صد مترمربع از یک دستگاه کپسول آب و گاز ده لیتری جهت آتش‌های خشک و جهت هر تابلوی برق یک دستگاه کپسول گاز دی‌اکسیدکربن ۶ کیلویی برای خاموش‌کردن آتش ناشی از برق نصب گردد.
  - انبارهای ردیف ۲ علاوه بر رعایت مقررات عمومی انبارها باید مجهز به لوله‌کشی آب به قطر یک و نیم اینچ (۳/۶۴ سانتیمتر) با فشار کافی و شیر اصلی و قرقره و شلنگ مخصوص آتش‌نشانی با جعبه قرقره و لوله از نوع برزنتی تو لاستیکی باشند.
  - لوله‌ها و قرقره‌های آتش‌نشانی باید حتی‌المقدور در کنار درها یا نقاطی نصب شوند که در صورت بروز حریق در دسترس باشد و به‌طورکلی از قراردادن ترازوها و صندوق‌های کالا در جلو و جوار شیرهای اصلی خودداری شود.
  - نصب تجهیزات اطفای حریق در انبارهای کالا اجباری است.
  - کالاهای انبارهای ردیف ۱ را می‌توان با رعایت مقررات مربوط به کالاهای مزبور در ردیف ۲ نیز نگاهداری نمود.
  - در این قبیل انبارها به نسبت هر صد مترمربع باید از دو دستگاه کپسول آب و گاز ده لیتری استفاده شود و همچنین انبار باید مجهز به شلنگ آتش‌نشانی با قطر یک و نیم اینچ ۳/۶۴ سانتیمتر و به طول ۲۰ متر (با فشار کافی) و سرلوله و قرقره و شلنگ مخصوص آتش‌نشانی باشد.
- مقررات اختصاصی انبارهای ردیف ۳ و ۴:
  - در انبارهای ردیف ۳ نگهداری سایر کالاها ممنوع است. اجناسی که در این انبارها نگاهداری می‌شود باید طبقه‌بندی شده و هر قسمت از انبار برای یک نوع کالا اختصاص داده شود.
  - وسعت انبارهای محصور و مسقف مایعات قابل‌اشتعال در نقاطی که دارای وسایل آتش‌نشانی مجهز باشد از یک‌صد مترمربع و در مناطقی که فاقد وسایل آتش‌نشانی مجهز است از سی مترمربع نباید تجاوز کند.
  - نگاهداری انواع مواد قابل‌اشتعال در ظروف سرباز یا قوطی و بشکه‌های نشتی ممنوع است.
  - برای نگاهداری شیشه‌ها و قوطی‌ها و ظروف محتوی مواد روغنی و مایعات قابل‌اشتعال باید قفسه‌بندی فلزی مناسب فراهم گردد که از واردآمدن فشار و شکستن آنها جلوگیری شود.
  - ساختمان کف انبارهای مایعات قابل‌اشتعال باید منحصراً سیمانی باشد و مرتباً شستشو گردد تا از آلوده‌شدن به مواد چربی و داروهای مختلف جلوگیری شود.

- انبارهای ردیف ۳ به نسبت هر صد مترمربع باید مجهز به دو دستگاه کپسول پودر گاز ۱۲ کیلویی و یک دستگاه کپسول پودر و گاز ۵۰ کیلویی باشد و همچنین به نسبت حجم انبارها تعدادی سطل مخصوص آتش‌نشانی درباز محتوی ماسه خشک الک شده در محل‌های مناسب گذاشته شود.
- شیرها و شلنگ‌های آتش‌نشانی در انبار مایعات قابل‌اشتعال باید در خارج انبار قرار داشته و موارد استفاده از آنها به کلیه کارکنان انبار آموزش داده شود.
- برای نگاهداری اشیای لاستیکی و پلاستیکی باید از انبارهای محصور و مسقف استفاده شود.
- کلیه مواد پلاستیکی باید از سایر انواع کالا مجزا و در انبارهای مخصوص نگاهداری شود و نگاهداری کالاهای ردیف ۲ و ۳ در انبارهای ردیف ۴ ممنوع است؛ ولی کالاهای ردیف یک را می‌توان با رعایت مقررات مربوط به نگهداری آنها در انبارهای ردیف ۴ نگاهداری کرد.
- فشار آب لوله‌های آب در انبارها نباید از شش اتمسفر کمتر باشد و در صورتی که فشار معمولی آب از این مقدار کمتر باشد باید با نصب و استفاده از موتورپمپ یا الکتروپمپ فشار آب را تا حد لازم بالا برد.
- در کنار و خارج هر یک از درهای ورودی انبارهای ردیف ۴ باید شیر اصلی آب و جعبه لوله مخصوص آتش‌نشانی با حداقل سی متر لوله برزنتی داخل لاستیکی و سرلوله کف‌ساز و دستگاه مربوطه حداقل صد لیتر داروی مولد کف موجود باشد که در صورت بروز آتش‌سوزی بتوان به‌سهولت از آنها استفاده کرد.
- در داخل انبارهای ردیف ۲ و ۳ و ۴ باید به نسبت وسعت آن دستگاه‌های هواکش نصب شود که هوای انبار مرتباً تعویض گردد.
- انبارهای ردیف ۴ باید به نسبت هر صد مترمربع به دو دستگاه کپسول پودر گاز ۱۲ کیلویی مجهز باشند و چنان چه وسعت انبار بیش از یک‌صد متر باشد علاوه بر کپسول‌های مذکور وجود یک دستگاه کپسول پودر گاز ۵۰ کیلویی الزامی است.
- در مورد انبارهای ردیف ۳ اجزای ساختمان (دیوارها – سقف – ستون و غیره) باید طوری محاسبه شوند که در برابر انفجار داخلی که فشار یکنواخت در تمام جهات وارد می‌نماید مقاومت نمایند و یا این که سطح در و پنجره به‌اندازه کافی منظور و طوری تعبیه گردد که بلافاصله پس از انفجار به خارج پرتاب و موجب کاهش فشار وارده به اجزاء ساختمان شوند.

مراجع

۱- آیین‌نامه حفاظتی حمل دستی بار، قانون کار جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۸۹.

۲- آیین‌نامه ایمنی انبارهای کالا، https://rc.majlis.ir/fa/law/show/96964?keyword، 19/8/1400.

۱۲

فصل دوازدهم

ملاحظات ایمنی خاص فرایندهای مختلف جوشکاری

ملاحظات ایمنی خاص فرایندهای مختلف جوشکاری

۱۲-۱ مقدمه

در این بخش، اقدامات احتیاطی و روش‌های منحصر به فرد در فرایندهای مختلف، مورد بحث قرار گرفته است.

۱۲-۲ ملاحظات ایمنی خاص فرایندهای جوشکاری

۱۲-۲-۱ جوشکاری و برشکاری گازی اکسی سوخت

استیلن، متیل استیلن-پروپادین (MPS)، گاز طبیعی، پروپان، پروپیلن و هیدروژن معمولاً در جوشکاری و برشکاری گازی اکسی سوخت استفاده می‌شوند.

تجهیزات اکسیژن:

تجهیزات اکسیژن، از جمله سیلندرها و خطوط لوله، نباید برای گاز دیگری استفاده شوند. عدم رعایت این مسئله ممکن است منجر به احتراق خودبه‌خود یا انفجار در نتیجه آلودگی دستگاه اکسیژن به مواد قابل احتراق شود.

مشعل‌ها:

فقط مشعل‌های جوشکاری و برشکاری که توسط نهادهای ذی‌صلاح تأیید شده‌اند می‌توانند در عملیات جوشکاری و برشکاری گازی اکسی‌سوخت استفاده شوند.

مشعل‌های گاز اکسی‌سوخت باید در شرایط خوبی نگهداری شوند و در فواصل منظم توسط سازنده یا تکنسین‌های واجد شرایط بررسی شوند. مشعل باید فقط با گاز سوختی که برای آن طراحی شده است استفاده شود. فشار گاز سوخت و اکسیژن باید به میزانی باشد که سازنده مشعل توصیه می‌کند. مشعل‌ها و اتصالات باید قبل از روشن‌شدن مشعل، از نظر نشتی بررسی شوند و زمانی که تجهیزات به‌گونه‌ای مورداستفاده قرار

گیرند که باعث ایجاد نشتی شود آزمایش نشتی باید به‌صورت مکرر انجام شود. برای به‌حداقل‌رساندن خطر سوختگی در دست و انگشتان، هنگام روشن و خاموش‌کردن مشعل، توصیه‌های سازنده باید رعایت شود. مشعل باید فقط با فندک اصطکاکی، شعله شمعک یا منابع احتراق مشابه روشن شود. کبریت، فندک سیگار یا قوس جوشکاری هرگز نباید به‌عنوان روشن‌کننده شعله استفاده شود. همچنین باید مشخصات سازنده در مورد توالی عملیات هنگام روشن‌کردن، تنظیم و خاموش‌کردن شعله مشعل رعایت شود.

◣ شلنگ‌ها:

فقط از شلنگ‌هایی که برای استفاده در سیستم‌های جوشکاری و برشکاری گازی اکسی سوخت تعیین شده‌اند، می‌توان استفاده کرد. شلنگ‌های مورداستفاده در خدمات گازی اکسی سوخت باید مطابق با استاندارد مربوطه ساخته شده باشند. شلنگ‌ها باید سالم و عاری از روغن و گریس باشند. شلنگ‌های فرسوده، دارای نشتی و معیوب باید تعمیر یا تعویض شوند. فقط باید از بوش‌ها و بست‌های مناسب برای محکم نگه‌داشتن شلنگ به اتصالات استفاده کرد. از زیاد بودن طول شلنگ باید اجتناب شود. برای جلوگیری از پیچ‌خوردن و گره‌خوردن، شلنگ اضافی باید پیچیده شود، اما هرگز نباید در حین استفاده آن را دور سیلندرها یا چرخ‌دستی‌های سیلندر پیچید.

■ ۱۲-۲-۲ جوشکاری و برشکاری قوس الکتریکی

خطرات احتمالی جوشکاری و برشکاری قوس الکتریکی، احتیاج به اقدامات لازم را دارد. خطرات احتمالی در جوشکاری و برشکاری قوس الکتریکی شامل شوک الکتریکی، خفگی، بخارات و گاز، اشعه مادون‌قرمز و اشعه ماورای‌بنفش، سوختگی، آتش‌سوزی، انفجار و سروصدا است. سطح صدا در حین عملیات برشکاری قوس می‌تواند بسیار زیاد باشد و قرارگرفتن طولانی‌مدت در آن می‌تواند باعث اختلال در شنوایی شود. برای اندازه‌گیری میزان در معرض قرارگرفتن در محل کار و دریافت توصیه‌های لازم، می‌توان از متخصصان ایمنی یا بهداشت صنعتی مشورت گرفت. هر زمان که لازم باشد، اپراتورها و سایر افراد حاضر در محل باید از محافظ گوش مورد تأیید، استفاده نمایند. برشکاری قوس پلاسما یک فرایند بسیار پُرسروصدا است و همچنین مقدار زیادی بخار از خود ساطع می‌کند. برای کنترل دود و سروصدا در برشکاری مکانیزه قوسی پلاسما، می‌توان از میز آب یا صداخفه‌کن آبی استفاده کرد.

■ ۱۲-۲-۳ جوشکاری مقاومتی

هنگام انتخاب تجهیزات جوشکاری مقاومتی، ایمنی پرسنل باید موردتوجه قرار گیرد. کلیه تجهیزات باید توسط پرسنل واجد شرایط و زیر نظر ناظر فنی مطابق با استاندارد برق ماشین‌آلات صنعتی نصب شوند. اپراتورها باید به‌درستی آموزش ببینند تا بتوانند با اطمینان کامل با تجهیزات جوشکاری مقاومتی کار کنند.

◣ حفاظت از ماشین‌آلات

از تجهیزاتی که شروع‌کننده عملیات جوشکاری مقاومتی هستند، مانند دکمه‌های فشاری، پدال‌ها و غیره، باید همیشه محافظت شود تا از فعال‌شدن سهوی جلوگیری شود. یک یا چند دکمه توقف اضطراری

باید در تمام دستگاه‌های جوشکاری تعبیه شود. همچنین باید اطمینان حاصل شود که نصب و استفاده از این دکمه‌های توقف اضطراری به‌خودی‌خود خطرات اضافی ایجاد نمی‌کند.

■ ۱۲-۲-۴ جوشکاری با فرکانس بالا

صدمات ناشی از قدرت جوشکاری با فرکانس بالا، به‌ویژه در محدوده بالای فرکانس‌های جوشکاری، باعث ایجاد آسیب‌های موضعی در بافت سطحی می‌شود. بااین‌حال، احتمالاً این آسیب‌ها کشنده نیستند، زیرا جریان فعلی کم‌عمق است و عمیقاً به بدن نفوذ نمی‌کند.

از سوی دیگر، ژنراتورهای جوشکاری با فرکانس بالا که ولتاژهای کشنده‌ای از ۴۰۰ ولت تا ۳۰ هزار ولت را در فرکانس پایین یا بالا منتشر می‌کنند، می‌توانند صدمات مهلکی را ایجاد کنند؛ بنابراین، هنگام کار بر روی ژنراتورهای جوشکاری با فرکانس بالا و سیستم‌های کنترل آنها باید اقدامات احتیاطی و ایمنی مناسبی انجام شود. ایستگاه‌های جوشکاری با فرکانس بالا اغلب صداهای بلند و مداوم را منتشر می‌کنند که می‌تواند باعث کاهش شنوایی دائمی شود. در این شرایط محافظت از گوش ضروری است.

■ ۱۲-۲-۵ جوشکاری با پرتو الکترونی

خطرات اولیه مرتبط با تجهیزات جوشکاری پرتو الکترون شامل شوک الکتریکی، تشعشع اشعه ایکس، بخارات و گازها و تشعشعات مرئی آسیب‌رسان است؛ بنابراین، همیشه باید اقدامات احتیاطی انجام شوند.

■ ۱۲-۲-۶ جوشکاری و برشکاری با پرتو لیزر

خطرات مربوط به عملیات لیزر شامل آسیب چشم (سوختگی قرنیه یا شبکیه یا هر دو)، سوختگی پوست، شوک الکتریکی، آسیب سیستم تنفسی در اثر مواد خطرناک ساطع شده در حین کار و خطرات شیمیایی از جمله تماس با خنک‌کننده‌های برودتی است. در همه موارد، باید از استانداردهای موجود دررابطه‌با استفاده ایمن از لیزرها پیروی کرد. علاوه بر این، یک مأمور ایمنی لیزر که مسئولیت حفاظت از پرسنل و اجرای مقررات ایمنی لیزر را بر عهده دارد باید در تمام تأسیساتی که جوشکاری و برشکاری لیزر را انجام می‌دهند، حضور داشته باشد. در صورت امکان، لیزرها باید در محفظه‌هایی مورداستفاده قرار بگیرند که پرتو را از پرسنل دور کند.

■ ۱۲-۲-۷ جوشکاری اصطکاکی

خطرات ناشی از جوشکاری اصطکاکی و جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی شامل خطرات مربوط به‌سرعت چرخش بالای اجزاء، ذرات پرنده، سطح سروصدای زیاد و گرما می‌شود. برای به‌حداقل‌رساندن خطر آسیب، دستگاه‌های جوشکاری اصطکاکی باید مجهز به گارد و محافظ مکانیکی مناسب باشند. آنها همچنین باید دارای سوئیچ‌های دودستی و قفل‌های برقی باشند تا از فعال‌شدن دستگاه در مواقعی که اپراتور یا دیگران به منطقه کار، درایو چرخشی یا سیستم نیرو دسترسی دارند، جلوگیری کنند. پرسنل اپراتور باید از محافظ‌های چشم و گوش و لباس ایمنی عمومی که معمولاً برای عملیات ماشین‌کاری و تراشکاری به کار می‌رود، استفاده نمایند. همچنین استانداردهای ایمنی و بهداشت شغلی مربوطه باید به‌شدت رعایت شود.

■ ۱۲-۲-۸ جوشکاری انفجاری

مواد منفجره و دستگاه‌های انفجاری بخش جدایی‌ناپذیر جوشکاری انفجاری هستند. اگر از این وسایل استفاده نادرست شود، می‌تواند باعث صدمه، مرگ، آسیب به اموال و تخریب شود. اگرچه این مواد ذاتاً خطرناک هستند، اما اقدامات ایمن می‌تواند خطرات مربوط به جابه‌جایی آنها را به حداقل برساند. به همین دلیل، مواد منفجره باید فقط توسط پرسنل آموزش‌دیده‌ای که در کار با آنها ایمن هستند استفاده شود. برای انجام فرایندهای انفجاری باید مجوزهای لازم اخذ شوند و استانداردهای مربوطه نیز رعایت شوند.

■ ۱۲-۲-۹ جوشکاری فراصوتی

جوشکاری فراصوتی ممکن است خطرات آسیب‌های مکانیکی، برق‌گرفتگی، گرما و سوختگی را به همراه داشته باشد. در تجهیزات فراصوتی با توان بالا، ولتاژهای بالایی در مبدل فرکانس، کلگی جوش و کابل کواکسیال که این اجزا را به هم متصل می‌کند وجود دارد؛ بنابراین، هنگامی که درهای پانل باز هستند یا روکش‌های محفظه برداشته شده است، تجهیزات نباید فعال شوند. ازآنجایی‌که کابل‌ها کاملاً محافظت شده‌اند، در صورت اتصال و نگهداری مناسب، هیچ خطری وجود ندارند.

به دلیل خطرات مربوط به نیروی گیره‌های قطعات، اپراتورها نباید هنگام کار با تجهیزات، دست یا بازو را در مجاورت سره جوشکاری قرار دهند. تجهیزات باید دارای دو دکمه برای کار دستی باشند. برای شروع چرخه جوش، این دو باید هم‌زمان فشار داده شوند و هر دو باید قبل از شروع چرخه بعدی آزاد شوند. برای سیستم‌های خودکار که چرخه جوشکاری با شکل‌های دیگری عمل می‌کنند، باید محافظ‌هایی برای محافظت از اپراتورها نصب شود.

■ ۱۲-۲-۱۰ جوشکاری ترمیت

جوشکاری ترمیت فرایندی است که از واکنش ترموشیمیایی بین اکسید فلز و آلومینیوم برای تولید گرما برای تشکیل جوش استفاده می‌کند. رطوبت موجود در مخلوط ترمیت، چه در انبار، چه در بوته و چه در قطعات کار می‌تواند به‌سرعت در طی واکنش شیمیایی جوشکاری ترمیت، بخار منتشر کند. این ممکن است باعث خروج فلز مذاب از بوته شود. برای به‌حداقل‌رساندن خطر تشکیل بخار، مخلوط ترمیت باید در یک مکان خشک ذخیره شود، بوته باید خشک باشد و اجازه ورود رطوبت به سیستم قبل یا در حین جوشکاری داده نشود. پیش‌گرمایش موردنیاز برای فرایند ترمیت باید با استفاده از اقدامات احتیاطی ایمنی مربوط به تجهیزات و عملیات گازی اکسی سوخت انجام شود. محل کار باید عاری از موادی باشد که ممکن است توسط جرقه یا ذرات کوچک فلز مذاب مشتعل شود. هوای محل کار نیز باید به‌خوبی تهویه شود تا از تجمع گازها و بخارات در واکنش ترمیت جلوگیری شود. پودرها و میله‌های جرقه‌زن شروع‌کننده واکنش باید در برابر احتراق تصادفی محافظت شوند. پرسنل باید از تجهیزات محافظ شخصی مناسب برای محافظت در برابر ذرات داغ یا جرقه استفاده کنند. باید از محافظ‌های کامل صورت دارای لنزهای فیلتر برای محافظت از چشم، سرپوش، دستکش و چکمه‌های ایمنی استفاده کرد. لباس نباید دارای جیب یا سرآستین باشد که ممکن است ذرات داغ داخل آنها گیر بیفتند.

● ۱۲-۳ ایمنی در عملیات جوشکاری رباتیک

یک سیستم جوشکاری رباتیک شامل یک بازوی اجراکننده، منبع تغذیه، مشعل قوس الکتریکی و لوازم جانبی، سیستم تغذیه الکترود، یک سیستم رهاکننده، مدار جوشکاری، کنترل حفاظتی و ارتباطی و سیستم اتصال زمین است.

خطرات احتمالی پرسنل ناشی از جوشکارهای رباتیک باید با استفاده از طراحی مناسب از بین بروند؛ در غیر این صورت باید از محافظت‌هایی مانند رویه‌های کاری و حفاظت در برابر خطرات استفاده شود. اگر خطری را نمی‌توان با طراحی یا محافظت از بین برد، باید در مورد آن خطر خاص هشدار داد. ویژگی‌های عملیاتی ربات‌ها می‌تواند تفاوت قابل‌توجهی با سایر ماشین‌آلات و تجهیزات داشته باشد. ربات‌ها قادر به حرکت با انرژی بالا در حجم وسیعی از فضا حتی فراتر از ابعاد اصلی ربات هستند (به شکل ۱۲-۱ مراجعه شود). درصورتی‌که محصول تحت عملیات و محیط ثابت نگه داشته شود، الگو و شروع حرکت ربات قابل‌پیش‌بینی است. هرگونه تغییر در محصول تحت عملیات یا محیط می‌تواند بر حرکات برنامه‌ریزی‌شده تأثیر بگذارد.

ممکن است برخی از پرسنل تعمیر و نگهداری و برنامه‌نویسی ملزم باشند که در محدوده حرکتی محدود شده قرار داشته باشند، درحالی‌که فعال‌کننده‌های حرکت دارای جریان برق هستند. محدوده حرکتی محدود شده ربات می‌تواند با قسمتی از محدوده حرکتی محدود سایر ربات‌ها یا مناطق کار دیگر ماشین‌آلات صنعتی و تجهیزات مربوطه هم‌پوشانی داشته باشد؛ بنابراین، یک کارگر ممکن است در هنگام کار روی یک ربات دیگر مورد اصابت قرار گیرد، بین آنها یا تجهیزات جانبی گیر بیفتند، یا توسط اجسام پرتاب شده توسط گیره مورد اصابت قرار گیرد.

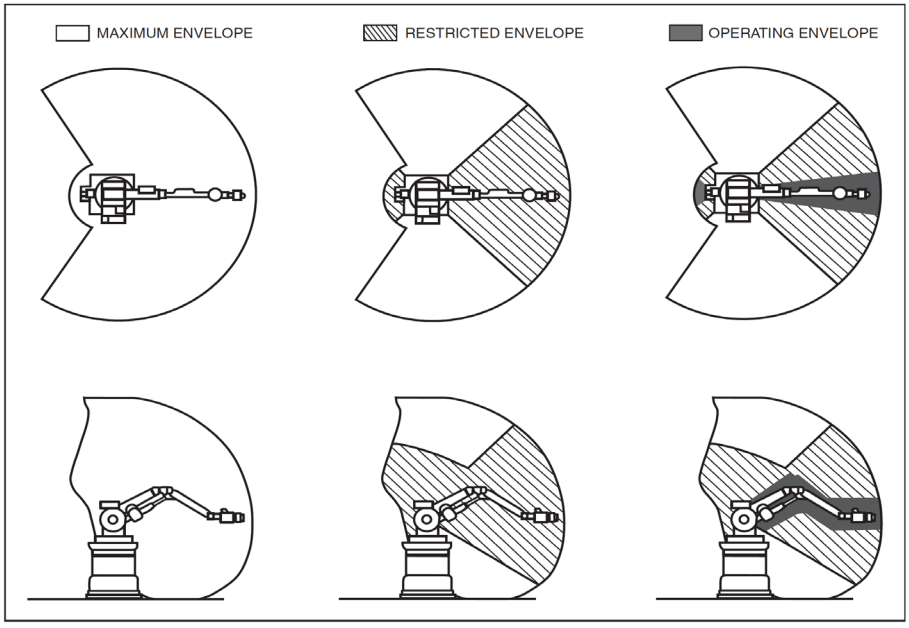
یک ربات با دو یا چند برنامه مختلف می‌تواند برنامه عملیات فعلی را به‌اشتباه با فراخوانی برنامه دیگری با پارامترهای عملیاتی مختلف مانند سرعت، شتاب افزایشی یا کاهشی و یا مکانی در محدوده حرکتی محدود ربات جایگزین کند. وقوع این امر توسط پرسنل تعمیر و نگهداری یا برنامه‌نویسی که با ربات کار می‌کنند قابل‌پیش‌بینی نیست. نقص در قطعات نیز می‌تواند باعث حرکت و /یا سرعت بازوی غیرقابل‌پیش‌بینی ربات شود. خطرات اضافی نیز می‌تواند ناشی از سوء عملکرد یا اشتباه در رابط کاربری یا برنامه‌دهی سایر فرایندها یا تجهیزات جانبی باشد. تغییرات عملیاتی با فرایند در حال انجام یا خرابی نقاله‌ها، سازوکارهای گرفتن قطعه، یا حسگرهای فرایند می‌تواند باعث واکنش متفاوت ربات شود.

تصادفات و حوادث رباتیک را می‌توان در چهار گروه دسته‌بندی کرد: بازوی رباتیک یا ابزار کنترل شده باعث حادثه می‌شود یا فردی را در شرایط خطرناک قرار می‌دهد؛ لوازم جانبی قطعات مکانیکی ربات خراب می‌شود، یا منابع تغذیه ربات کنترل نشده است؛ تصادفات ناشی از برخورد یا گیرافتادن در نتیجه حرکات پیش‌بینی نشده؛ نقص در اجزاء یا تغییرات برنامه پیش‌بینی نشده مربوط به بازو یا تجهیزات جانبی ربات رخ می‌دهند.

اگر اندام‌ها یا بخشی از بدن کارگر بین بازوی ربات و سایر تجهیزات جانبی گیر بیفتد، ممکن است تصادف با له‌شدن و به دام انداختن همراه شود، یا ممکن است فرد به‌صورت فیزیکی به داخل کشیده شود و توسط سایر تجهیزات جانبی مورد برخورد قرار بگیرد.

تصادفات قطعات مکانیکی ممکن است ناشی از خرابی اجزای محرک ربات، ابزارآلات یا پرداخت‌کنندگان نهایی، تجهیزات جانبی یا منبع تغذیه آن باشد. رهاشدن قطعات، خرابی سازوکار گیربکس یا خرابی ابزارهای پرداخت‌کاری مانند چرخ‌های سنگ‌زنی و غیره، جزو انواع خرابی مکانیکی هستند.

تصادفات دیگر نیز می‌تواند ناشی از کار با ربات‌ها باشد. تجهیزاتی که توان و کنترل ربات را تأمین می‌کند، خطرات بالقوه الکتریکی و سیالات تحت‌فشار را نشان می‌دهد. پارگی خطوط انتقال هیدرولیک نیز می‌تواند خطراتی را ایجاد نماید. حوادث محیطی ناشی از جرقه قوس، پاشش فلز، گردوغبار، تداخل فرکانس رادیویی یا الکترومغناطیسی نیز ممکن است رخ دهد. علاوه بر این، تجهیزات و کابل‌های برق روی زمین نیز خطرات بالقوه‌ای را ایجاد می‌کنند.



شکل ۱۲-۱: محدوده کاری یک ربات

مرجع

1- Sinnes K. (Editor), Welding handbook Vol. 1 (Welding and cutting science and technology). 10th Ed. ,AWS, 2018

۱۳

فصل سیزدهم

ملاحظات ایمنی مربوط به جوشکاری و برشکاری در شرایط خاص

ملاحظات ایمنی مربوط به جوشکاری و برشکاری در شرایط خاص

● ۱۳-۱ مسائل ایمنی مربوط به جوشکاری در فضاهای بسته

■ ۱۳-۱-۱ آیین‌نامه ایمنی کار در فضای بسته وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی

فصل اول ـ کلیات

الف) هدف و دامنه کاربرد: مقررات این آیین‌نامه به استناد ماده (۸۵) و تبصره (۱) ماده (۸۶) قانون کار جمهوری اسلامی ایران به‌منظور صیانت از نیروی انسانی و منابع مادی کشور و باهدف پیشگیری از وقوع حوادث ناشی از کار و رعایت ایمنی در کارگاه‌های مشمول قانون کار دارای فضای بسته تدوین شده است.

ب) تعاریف: در این آیین‌نامه اصطلاحات زیر در معانی مشروح ذیل به کار می‌روند:

۱. فضای بسته: فضایی با معیارهای زیر است که بر حسب شرایط ایمن نیازمند یا بدون نیاز به مجوز ورود می‌باشد.

۱-۱. به‌اندازه کافی بزرگ باشد به‌طوری‌که بدن یا نیمتنه بالای شخص در آن قرار گیرد تا بتواند وظایف محوله را انجام دهد؛

۱-۲. برای حضور و کار مستمر اشخاص طراحی نشده و برای اموری نظیر بازرسی، تعمیر و نگهداری وارد آن می‌شوند؛

۱-۳. دارای ورودی و خروجی‌های محدود باشد؛ به صورتی که امکان فرار در وضعیت اضطراری به‌سادگی مقدور نباشد؛

۱-۴. از تهویه طبیعی مطلوبی برخوردار نباشد و به دلیل خطر حبس هوا در این فضاها، فشار اتمسفری داخل با بیرون متفاوت بوده و یا دارای اتمسفر سمی و خطرناک باشد.

۲. فضای بسته بی‌نیاز به مجوز ورود: فضای بسته‌ای که بر اساس ارزیابی ریسک، فاقد خطرات منجر به مرگ یا جراحت فیزیکی شدید (نقص‌عضو) و یا سایر صدمات به کارگر باشد.

۳. فضای بسته نیازمند مجوز ورود: فضای بسته‌ای که بر اساس ارزیابی ریسک شامل یک یا چند ویژگی زیر است:

۳-۱. حاوی یک اتمسفر خطرناک یا قابلیت ایجاد یک اتمسفر خطرناک است؛

۳-۲. شامل ماده‌ای است که امکان غوطه‌وری یا فرورفتن شخص در آن وجود دارد؛

۳-۳. شکل داخلی آن به‌واسطه وضعیت دیوارها یا کف شیب‌دار، می‌تواند منجر به گیرافتادن شخص شود؛

۳-۴. دارای حداقل یکی از مخاطرات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، الکتریکی یا مکانیکی باشد.

۴. برنامه عملیات اجرایی: عبارت است از برنامه‌ریزی، اجرا، نظارت و پایش حضور عوامل اجرایی در محیط، ورود شخص مجاز، انجام کار و خروج وی از فضای بسته، تغییر نوبت‌کاری، حفاظت از اشخاص در برابر خطرات این فضا و کنترل و اتخاذ تدابیر ایمنی.

۵. مجوز ورود: به معنای سند مکتوبی است که توسط کارفرما یا نماینده وی تهیه می‌شود و برای ورود، انجام فعالیت و تعیین شرایط کار می‌باشد و باید به نام شخص مجاز و عنوان شغلی وی بوده و مشخص‌کننده‌ی محل فضای بسته، هدف ورود، تاریخ، مدت‌زمان و نوع انجام کار، شرایط ورود و خروج قابل‌قبول، مخاطرات فضا و نام ناظر و شخص مسئول باشد.

۶. شرایط ورود و خروج قابل‌قبول: وضعیت حاکم بر فضای بسته که ورود، خروج و فعالیت اشخاص مجاز در آن به‌صورت ایمن انجام گیرد.

۷. کارفرما: شخص حقیقی یا حقوقی است که یک یا تعدادی کارگر به دستور و حساب وی، به‌کار گمارده می‌شوند.

۸. پیمانکار اصلی: شخص حقیقی یا حقوقی دارای صلاحیتی است که بر اساس اسناد و مدارک پیمان به‌عنوان مجری اصلی موضوع پیمان شناخته می‌شود.

۹. پیمانکار فرعی یا پیمانکار جزء: شخص حقیقی یا حقوقی دارای صلاحیتی است که پیمانکار اصلی با وی برای انجام بخشی از امور، قرارداد منعقد نموده و پیمانکار مربوطه ملزم به اجرای تعهدات بر اساس اسناد و مدارک موضوع پیمان می‌باشد.

۱۰. ناظر: شخصی است که توسط کارفرما یا نماینده وی برای نظارت بر شرایط ایمن محیط کار، عملکرد اشخاص مسئول و اجرای صحیح برنامه عملیات اجرایی معرفی گردیده که می‌تواند خود کارفرما، سرپرست بخش و یا سرپرست واحد باشد.

۱۱. شخص مسئول: شخصی است که در خارج از فضای بسته مستقر و بر شرایط ایمن عملیات اجرایی کار در فضای بسته، ورود و خروج و عملکرد اشخاص مجاز نظارت می‌نماید. همچنین در صورت نیاز و در شرایط اضطراری می‌تواند به این فضا وارد شود.

۱۲. شخص مجاز: شخصی است که با داشتن مجوز ورود می‌تواند وارد فضای بسته شود، این شخص باید آموزش‌های مرتبط با نوع فعالیت در فضای بسته را گذرانده باشد.

۱۳. آزمایشگر: شخصی است که از دانش و توانایی و مهارت لازم برای انجام آزمایشات و تشخیص و پیش‌بینی مخاطرات فضای بسته برای انجام اقدامات اصلاحی یا حذف آن‌ها برخوردار است.

۱۴. عوامل اجرایی: اشخاصی که تحت نظارت ناظر و هماهنگی شخص مسئول، فعالیت‌های مرتبط با خارج از فضای بسته را انجام می‌دهند.

۱۵. اتمسفر خطرناک: اتمسفری است که قرارگیری اشخاص در معرض آن می‌تواند منجر به مرگ، آسیب و عدم توانایی در خروج از فضای بسته شود و دارای شرایط زیر است:

۱۵-۱. گاز، بخار یا گردوغبار قابل‌اشتعال و احتراق با غلظتی برابر یا بیشتر از ۱۰ درصد حد پایین اشتعال؛

۱۵-۲. غلظت اکسیژن هوا کمتر از ۱۹/۵ (نوزده و نیم) درصد و یا بالاتر از ۲۳/۵ (بیست و سه و نیم) درصد؛

۱۵-۳. تغییرات غلظت مواد موجود در فضای بسته، در مواردی که محدوده مجاز آنها در آخرین ویرایش حدود مجاز مواجهه شغلی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی ـ طبقه‌بندی مواد سمی و خطرناک مشخص شده است.

۱۵-۴. هر شرایط اتمسفری دیگر که برای زندگی و سلامت فرد خطرناک باشد.

۱۶. وضعیت اضطراری و خطرناک: شرایط یا وضعیتی که بتواند مخاطراتی برای عوامل اجرایی یا اشخاص مجاز ایجاد نماید.

۱۷. شرایط ممنوع: وقوع شرایط یا وضعیت غیر ایمن که مخاطراتی برای شخص مجاز ایجاد نماید.

۱۸. غوطه‌وری و فرورفتن: محاصره و دربرگرفتن یک شخص توسط مایعات یا ذرات ریز جامد قابل‌حرکت و جابه‌جایی که بتواند به‌واسطه ازکارانداختن سیستم تنفسی و یا اعمال فشار به بدن باعث آسیب یا مرگ شود.

۱۹. خنثی‌سازی: عملی است که طی آن یک گاز بی‌اثر غیرقابل‌احتراق و غیرآلاینده و واکنش‌ناپذیر (مانند نیتروژن) جایگزین گاز یا بخارات موجود در اتمسفر قابل‌اشتعال گردد به‌گونه‌ای که اتمسفر فضای بسته، غیر قابل‌اشتعال و واکنش‌ناپذیر شود.

۲۰. جداسازی: فرایندی است که تمام یا بخشی از فضای بسته را برای پیشگیری از آزادشدن انرژی یا ورود مواد به داخل آن از مدار خارج می‌نماید. این کار از طریق جدا نمودن لوله‌ها، مسدودنمودن دوطرفه، جدا نمودن اتصالات مکانیکی، قفل‌کردن و مسدودنمودن تمامی منابع انرژی انجام می‌شود.

۲۱. پایش: آزمایشاتی است که برای شناسایی و ارزیابی خطرات و تعیین میزان تغییرات شرایط ایمن فضای بسته به‌صورت دوره‌ای و مداوم در مدت انجام فعالیت شخص مجاز در فضای بسته انجام می‌شود.

۲۲. گروه امدادی: افراد معین آموزش‌دیده و دارای صلاحیتی هستند که وظیفه آن‌ها رفع خطر و نجات اشخاص حادثه‌دیده از فضای بسته می‌باشد.

۲۳. تجهیزات امداد و نجات: به تجهیزاتی مانند طناب نجات، حمایل‌بند (هارنس)، جلیقه نجات، کپسول اطفای حریق، تجهیزات حفاظت فردی، کپسول اکسیژن و دیگر لوازمی که برای امداد و نجات اشخاص حاضر در فضای بسته نیاز است، اطلاق می‌شود.

۲۴. آزمایش: این فرایند شامل آزمون‌ها و اقداماتی برای شناسایی خطرات فضای بسته است که اشخاص مجاز در هنگام ورود یا کار ممکن است با آن روبرو شوند.

۲۵. مدارک و مستندات: به‌تمامی برنامه‌ها، مجوزها، گواهی‌نامه‌ها و تأییدیه‌های کار در فضای بسته که به‌صورت مکتوب یا الکترونیکی است، اطلاق می‌شود.

۲۶. کالیبراسیون (واسنجی): عبارت است از مقایسه یک دستگاه اندازه‌گیری با یک استاندارد و تعیین میزان خطای این وسیله نسبت به آن و در صورت لزوم تنظیم آن در مقایسه با استانداردهای مربوطه.

۲۷. ماسک فرار: ماسک قابل‌حمل است که در هنگام وقوع حوادث غیرمترقبه ناشی از انتشار گازهای سمی به‌راحتی توسط اشخاص مورداستفاده قرار گیرد.

۲۸. مدیریت ریسک: فرایند شناسایی، ارزیابی، تحلیل و رفع عوامل خطرساز است که می‌تواند با کنترل خطرات احتمالی از حوادثی که ممکن است در مدت اجرای یک طرح (پروژه) رخ بدهد، پیشگیری نماید.

فصل دوم ـ مقررات عمومی

۱. کارفرما مکلف است قبل از شروع هرگونه فعالیت و ورود اشخاص مجاز به فضای بسته، نسبت به اجرای صحیح مدیریت ریسک اقدام نماید. نتایج حاصل از آن باید منجر به شناسایی و ارزیابی و حذف و کنترل کلیه مخاطرات و اصلاح فرایندها شود.

۲. کارفرما باید برنامه عملیات اجرایی و دستورالعمل‌های مربوط به آن شامل آزمایش‌های لازم، شناسایی مخاطرات غوطه‌وری و فرورفتن، شرایط ورود و خروج قابل‌قبول، انجام کار به روش ایمن، عملیات امداد و نجات، ایمن‌سازی پس از خروج و اتمام عملیات را تهیه، تدوین، اجرا، بازنگری و به‌روزرسانی نماید.

۳. کارفرما مکلف است برنامه عملیات اجرایی و دستورالعمل‌های مربوط به آن را قبل از ورود هر یک از اشخاص اعم از ناظر، شخص مسئول، شخص مجاز، آزمایشگر به فضای بسته به‌صورت مکتوب تهیه و ابلاغ نموده و بر اجرای آن نظارت نماید.

۴. کارفرما مکلف است در زمان انجام فعالیت‌های مربوط به فضای بسته؛ با نصب علائم خطر، هشداردهنده یا بازدارنده مانند «خطر»، «ورودممنوع» یا جملات مشابه از ورود اشخاص غیرمجاز به فضای مذکور جلوگیری به عمل آورد. علائم هشداری باید محل خطر و نوع آن را مشخص نماید.

۵. قبل از ورود به فضای بسته و به‌منظور اطمینان از ایمن بودن شرایط باید بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی ریسک، عملیات گازسنجی توسط آزمایشگر و به‌وسیله دستگاه کالیبره شده (واسنجی شده) برای تعیین مقدار اکسیژن و گازها و بخارات قابل‌اشتعال و سمی انجام شود. ورود مجدد منوط به تجدید گازسنجی است و نتایج باید قبل از هر نوبت‌کاری در دسترس اشخاص قرار گیرد.

۶. باز شدن پوشش یا دریچه فضای بسته، منوط به حذف یا کنترل شرایط ناایمن بوده و باید توسط مانع یا حفاظ موقت از سقوط اتفاقی افراد یا اجسام خارجی به داخل فضای بسته پیشگیری شود.

۷. فضای بسته قبل از ورود افراد باید از سرویس خارج شده و با روش حذف، مهار یا کنترل، از آزادشدن انرژی یا ورود مواد به داخل آن به طور کامل ممانعت به عمل آید.

۸. ورود اشخاص به فضای بسته تا زمان حذف تمامی مخاطرات موجود در این فضا و صدور مجوز ورود، ممنوع است.

۹. تهویه مکانیکی دائمی فضای بسته باید محل استقرار و فعالیت اشخاص مجاز را از اتمسفر خطرناک تا زمان خروج آخرین فرد، ایمن نگه دارد.

۱۰. جایگزینی هوای آلوده فضای بسته با هوای سالم و قابل استنشاق الزامی است و باید به‌گونه‌ای انجام شود که امکان ورود مجدد هوای آلوده خروجی به داخل فضای بسته وجود نداشته باشد.

۱۱. کارفرما باید برای شناسایی مخاطرات و جلوگیری از تجمع اتمسفر خطرناک و اطمینان از عملکرد صحیح تهویه مکانیکی، هوای فضای بسته را در طول مدت کار، توسط آزمایشگر پایش نماید.

۱۲. استفاده از تجهیزات الکتریکی برای تهویه‌ی اتمسفر قابل‌اشتعال یا انفجار فضای بسته، ممنوع است مگر اینکه این هواکش‌ها از نوع ضد جرقه بوده و مجهز به سیستم اتصال زمین باشند.

۱۳. کارفرما مکلف است در صورت واگذاری انجام کار به‌صورت مقاطعه‌کاری، ضمن رعایت مفاد ماده (۱۳) قانون کار نسبت به رعایت قوانین و مقررات ایمنی و حفاظتی اقدام نماید.

۱۴. کارفرما مکلف است در صورت شناسایی اتمسفر خطرناک یا تغییر شرایط ایمن فضای بسته، در تمامی مراحل ورود یا انجام کار، سریعاً اشخاص را از فضای بسته خارج و علت و میزان انتشار اتمسفر خطرناک یا تغییر شرایط را ارزیابی نماید. ورود مجدد اشخاص به این فضا با رعایت اقدامات حفاظتی و تأیید کتبی مجاز است.

۱۵. کارفرما باید مدارک مکتوب مربوط به حذف خطرات فضای بسته را همراه با زمان و مکان آن فضا تهیه نماید و این مدارک همواره در دسترس باشد.

۱۶. فضای بسته‌ای که تمامی خطرات منجر به مرگ، آسیب یا سایر صدمات آن بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی ریسک حذف گردیده، می‌تواند با تأیید کتبی به فضای بسته بی‌نیاز به مجوز ورود تغییر نماید.

۱۷. کارفرما مکلف است در صورت تغییر شرایط ایمنی فضای بسته بی‌نیاز از مجوز ورود، بلافاصله دستور خروج تمام اشخاص حاضر در این فضا را صادر کرده و فضای بسته مذکور را مجدداً ارزیابی نماید و در صورت لزوم آن را به فضای بسته نیازمند مجوز ورود تغییر دهد.

۱۸. کارفرما مکلف است قبل از ایمن‌سازی فضای بسته، از ورود تمامی اشخاص و انجام هرگونه فعالیت ممانعت به عمل آورد.

۱۹. پیمانکار باید در تمام مراحل عملیات اجرایی و در مدت فعالیت در مجاورت کارگران کارفرما و یا سایر پیمانکاران، بر رفتار ایمن کارگران تحت پوشش خود نظارت نماید.

۲۰. پیمانکار باید شروع و پایان عملیات اجرایی را با هماهنگی و مجوز کتبی کارفرما انجام دهد و گزارش حوادث و اتفاقات رخ‌داده قبل، حین و یا بعد از عملیات در فضای بسته را به کارفرما ارائه دهد.

۲۱. کارفرما مکلف است گزارش عملیات و مخاطرات حین کار را از پیمانکار فضای بسته اخذ و در صورت نیاز، نسبت به بازنگری برنامه عملیاتی اجرایی اقدام لازم را به عمل آورد.

۲۲. کارفرما باید اشخاص ناظر، مسئول، مجاز، آزمایشگر و گروه امدادی داخل کارگاه را مشخص نماید و ضمن ابلاغ شرح وظایف آن‌ها، بر اجرای دقیق و ایمن آن وظایف نظارت نماید و آموزش‌های لازم را قبل از شروع کار، به آن‌ها ارائه دهد.

۲۳. پیش‌بینی و تهیه برنامه عملیات امداد و نجات در شرایط اضطراری و ثبت و نگهداری مستندات آن در کارگاه، توسط کارفرما الزامی است.

۲۴. کارفرما مکلف است قبل از شروع به کار اشخاص در فضای بسته، هماهنگی لازم با گروه امدادی خارج از کارگاه را برای اطلاع از شرایط موجود و حضور احتمالی برای عملیات امداد و نجات را به عمل آورد.

۲۵. برگه اطلاعات ایمنی یا دیگر اطلاعات مربوط به موادی که اشخاص مجاز در اثر آن آسیب‌دیده‌اند باید در اختیار گروه امدادی و گروه پزشکی معالج قرار گیرد تا برای مداوای فرد مصدوم استفاده شود.

۲۶. پیمانکار مکلف است قبل از انجام فعالیت در فضای بسته، اطلاعات موردنیاز در خصوص مخاطرات و عملیات اجرایی بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی ریسک را از کارفرما دریافت نماید.

۲۷. پیمانکار مکلف است قبل از ورود به فضای بسته، نسبت به انطباق برنامه عملیات اجرایی با برنامه‌ها و دستورالعمل‌های حفاظت فنی و ایمنی اقدام نماید. شروع عملیات منوط به رعایت و اجرای این دستورالعمل‌ها است.

۲۸. هرگاه کارفرما اجرای عملیات کار در فضای بسته را به طور کامل از ابتدا تا پایان کار، به یک پیمانکار محول نماید، در این صورت پیمانکار مسئول اجرای مقررات مرتبط با حفاظت فنی و ایمنی در کارگاه خواهد بود.

۲۹. هرگاه کارفرما اجرای عملیات کار در فضای بسته را به‌صورت پیمان به پیمانکاران مختلف محول نماید، هر پیمانکار در محدوده پیمان خود، مسئول اجرای مقررات حفاظت فنی و ایمنی بوده و کارفرما به‌منظور جلوگیری از تداخل کاری و بروز خطرات یا حوادث احتمالی مسئول ایجاد هماهنگی و نظارت بر عملکرد بین آن‌ها می‌باشد.

۳۰. هرگاه پیمانکار اصلی با موافقت کارفرما اجرای قسمت‌های مختلف عملیات پیمان را به پیمانکاران جزء واگذار نماید؛ هر پیمانکار جزء در محدوده پیمان خود مسئول اجرای مقررات حفاظت فنی و ایمنی است و پیمانکار اصلی مسئول نظارت و ایجاد هماهنگی بین پیمانکاران جزء خواهد بود.

۳۱. هرگاه کارفرما اجرای عملیات کار در فضای بسته را به پیمانکار واگذار نماید؛ ولی تأمین وسایل، تهیه لوازم اجرای کار، تجهیزات آزمایش، تهویه، وسایل ارتباطی، امداد و نجات، حفاظ‌ها و حصارها بر عهده کارفرما باشد در این صورت فقط انجام عملیات اجرایی واگذار شده و پیمانکار مکلف به تأمین نیروی انسانی آموزش‌دیده در زمینه کار در فضای بسته و نظارت بر رعایت موازین ایمنی در حین انجام کار کارگران خود می‌باشد. در این روش از واگذاری، کارفرما باید تجهیزات و وسایل سالم و ایمن را در اختیار آنان قرار داده و بر عملکرد ایمن پیمانکار و کارگران تحت امر او نظارت عالیه داشته باشد.

۳۲. کارفرما باید تمرینات عملیات امداد و نجات در فضای بسته را حداقل یک‌بار در طی ۱۲ ماه انجام دهد و مدارک و مستندات مربوطه را درکارگاه و در دسترس نگهداری نماید.

فصل سوم ـ برنامه عملیات اجرایی

۱. کارفرما باتوجه‌به نوع فعالیت کارگاه باید برنامه عملیات اجرایی در فضای بسته را با اولویت رعایت ایمنی تهیه و در دوره‌های زمانی مشخص به‌روزرسانی نماید.

۲. کارفرما مکلف است برای تأمین ایمنی اشخاص مجاز در فضای بسته، نسبت به مشخص نمودن فضای بسته، جداسازی، پاک‌سازی، خنثی‌سازی و یا تهویه فضای مذکور و شرایط ورود و خروج قابل‌قبول و دسترسی بر اساس نتایج آزمایشات اقدام نماید.

۳. کارفرما باید برای حفاظت عوامل اجرایی و اشخاص مجاز، محل عبور افراد و ماشین‌آلات را مشخص نموده و با ایجاد موانع و حفاظ‌گذاری، آن‌ها را از مخاطرات محافظت نماید.

۴. کارفرما مکلف است علاوه بر تهیه لوازم اجرای کار، تجهیزات موردنیاز برای انجام آزمایش، نظارت، تهویه، حفاظت فردی، وسایل ارتباطی، امداد و نجات و حفاظ‌ها و حصارهای موردنیاز را تهیه نموده و آموزش لازم برای استفاده و نگهداری مناسب از آن‌ها را به اشخاص ارائه و بر استفاده صحیح از آن‌ها نظارت نماید.

۵. روشنایی فضای بسته باید به‌گونه‌ای باشد که شخص مجاز بتواند وظایف خود را به‌صورت ایمن انجام دهد و در شرایط اضطراری برای ترک این فضا کافی باشد.

۶. روشنایی فضای بسته باید بر اساس شرایط محیطی و اتمسفر موجود در آن فضا تأمین گردد. در صورت احتمال وقوع اشتعال یا انفجار، باید از تجهیزات روشنایی ضد جرقه (۲۴ ولت) استفاده نمود و در غیر این صورت، می‌توان از تجهیزات روشنایی معمولی بهره برد.

۷. تجهیزات روشنایی باید متناسب با شرایط فضای بسته باشد. در فضاهایی که احتمال اشتعال یا انفجار در آن وجود دارد باید این تجهیزات ضد جرقه و مقاوم در برابر آتش باشند.

۸. انجام آزمایش‌های مداوم برای شناسایی مخاطرات و اطمینان از ایمن بودن عملیات اجرایی در فضاهای بسته‌ای که باتوجه‌به تولید پیوسته و جریان مداوم فرایند، امکان جداسازی کامل وجود ندارد، الزامی است.

۹. انجام آزمایش برای شناسایی خطرات اتمسفری در فضای بسته با اولویت اندازه‌گیری میزان اکسیژن و گازها و بخارات قابل‌اشتعال و انفجار و گازها و بخارات سمی الزامی است و این نتایج باید قبل از ورود، در اختیار اشخاص مجاز قرار گیرد.

۱۰. کارفرما مکلف است نسبت به استقرار و حضور دایمی حداقل یک شخص مسئول در خارج از فضای بسته به‌منظور نظارت بر عملکرد شخص مجاز و شرایط ایمن فضای بسته اقدام نماید. ارجاع امور متفرقه به شخص مسئول ممنوع است.

۱۱. کارفرما بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی ریسک، باید نسبت به تهیه دستورالعمل‌های اجرایی شامل: دستورالعمل‌های صدور مجوز ورود، کار هم زمان چند عامل اجرایی، فراخوان گروه امدادی، اقدام در شرایط اضطراری و ابطال مجوز ورود به فضای بسته، اقدام نماید.

۱۲. کارفرما باید بر اساس اطلاع شخص ناظر یا مسئول یا مجاز مبنی بر وجود نقص و ایراد در روند برنامه عملیات اجرایی، از ادامه فعالیت جلوگیری نماید و سپس برنامه مذکور را مورد بازنگری قرار داده و اقدامات اصلاحی برای رفع مخاطرات را انجام دهد.

۱۳. کارفرما به‌منظور بازنگری برنامه عملیات اجرایی برای محافظت اشخاص از خطرات باید دلایل لغو مجوزهای صادر شده و مخاطرات ثبت شده در مجوزهای پایان‌یافته را در فاصله زمانی یک‌ساله از زمان صدور هر مجوز مورد بررسی قرار دهد.

فصل چهارم ـ مجوز ورود

۱. کارفرما باید مجوز ورود به فضای بسته را به‌صورت مکتوب صادر نماید. ورود شخص مجاز به فضای بسته، منوط به داشتن مجوز با امضای شخص ناظر و شخص مسئول می‌باشد.

۲. صدور مجوز ورود باید به نام شخص مجاز و با درج عنوان شغلی وی باشد. نام و امضای اشخاص ناظر و مسئول و هدف از ورود، تاریخ ورود، مدت‌زمان و نوع انجام کار، شرایط ورود و خروج قابل‌قبول و مخاطرات فضای بسته باید در آن ذکر شده باشد.

۳. مجوز ورود باید منطبق بر نتایج حاصل از مدیریت ریسک باشد. همچنین شامل ارزیابی و اقدامات کنترلی برای جداسازی فضای بسته و روش‌های حذف یا کنترل خطرات، قبل از ورود به آن و شرایط خروج در وضعیت اضطراری باشد.

۴. مجوز ورود باید روش و نحوه دسترسی به گروه امدادی، تجهیزات حفاظت فردی، نتایج آزمایشات، روش‌های ارتباطی و هشدار را مشخص نماید.

۵. مجوز ورود باید مشخص‌کننده‌ی نوع و روش ارتباط بین شخص مسئول و شخص مجاز باشد.

۶. کارفرما باید مدارک مربوط به صدور، لغو یا پایان مجوز ورود به فضای بسته را برای بازنگری و اصلاح و بهبود روش‌ها حداقل به مدت یک سال نگهداری نماید.

فصل پنجم ـ وظایف اشخاص

بخش اول ـ وظایف ناظر

۱. ناظر باید اطلاعات و آگاهی لازم از مخاطرات عملیات ورود، خروج و حین کار را داشته باشد و بر اساس مجوز ورود بر شرایط ایمن محیط کار، عملکرد اشخاص مسئول و اجرای صحیح برنامه عملیات اجرایی نظارت نماید.

۲. ناظر باید برنامه حضور و انجام عملیات گروه امدادی را تأیید نماید.

۳. ناظر باید بر فرایند انجام کار و شرایط محیطی خارج فضای بسته، نظارت نماید و بر اساس گزارش‌ها شخص مسئول، گزارش نهایی را تهیه و به کارفرما ارائه نماید.

۴. ناظر موظف است در صورت وجود چند فضای بسته، بر عملکرد اشخاص مسئول هر فضای بسته نظارت نموده و هماهنگی لازم بین آن‌ها را به عمل آورد.
۵. ناظر باید مجوز ورود را بر اساس گزارش شخص مسئول در پایان عملیات اجرایی و یا در صورت پدیدآمدن شرایط اضطراری و خطرناک در داخل فضای بسته یا در نزدیکی آن، لغو نماید.

بخش دوم ـ وظایف شخص مسئول

۱. شخص مسئول باید بر اساس برنامه عملیات اجرایی بر تغییر نوبت‌کاری نظارت و ایمن بودن شرایط کاری قبل از ورود را تأیید نماید.
۲. شخص مسئول باید اطلاعات و آگاهی لازم از روند انجام کار و خطرات مربوط به عملیات ورود، خروج و حین کار شخص مجاز را داشته باشد و از تعداد و مشخصات دقیق اشخاص مجاز حاضر در فضای بسته مطلع باشد. شخص مسئول باید به‌صورت تمام‌وقت در محل انجام کار خود مستقر و دارای ارتباط دایمی با اشخاص مجاز بوده تا از سلامت آن‌ها اطمینان حاصل نماید.
۳. شخص مسئول باید در صورت ناتوانی برای انجام امور محوله، قرارگیری شخص مجاز در شرایط خطرناک، شناسایی وضعیت اضطراری در خارج از فضای بسته و یا شناسایی شرایط ممنوع به‌نحوی که باعث به‌خطرافتادن جان اشخاص گردد سریعاً عملیات اجرایی را متوقف نموده و دستور خروج اشخاص مجاز از فضای بسته را صادر نماید.
۴. شخص مسئول موظف است در صورت نیاز اشخاص مجاز داخل فضای بسته به کمک، سریعاً برای نجات آن‌ها اقدام نموده و از گروه امدادی درخواست کمک نماید.
۵. شخص مسئول موظف است از انجام امور مغایر با شرح وظایفش خودداری نماید و در هنگام انجام فعالیت در فضای بسته، از حضور و ورود افراد غیرمجاز به این فضا جلوگیری به عمل آورد.
۶. شخص مسئول موظف است در هنگام بروز حادثه یا رخداد پیش‌بینی نشده در شرایط فضای بسته یا محوطه اطراف آن، از حضور، تجمع و دخالت افراد غیرمجاز برای شرکت در عملیات امداد و نجات جلوگیری نماید.
۷. شخص مسئول باید علاوه بر کنترل مجوز ورود شخص مجاز، از مجهز بودن آن‌ها به تجهیزات حفاظتی متناسب با انجام کار اطمینان حاصل نماید.
۸. شخص مسئول باید بر محصور بودن محوطه فضای بسته و نصب علائم هشداردهنده نظارت نموده و در صورت مشاهده هر گونه نقص یا ایراد ضمن متوقف نمودن کار، مراتب را به ناظر گزارش نماید.
۹. شخص مسئول باید از مراحل انجام کار در داخل فضای بسته مطلع باشد و نسبت به ثبت و ضبط گزارش فرایند اجرایی کار و ارائه به ناظر اقدام نماید.

بخش سوم ـ وظایف شخص مجاز

۱. شخص مجاز باید از سلامت لازم و توانایی جسمی انجام کار در فضای بسته برخوردار بوده و ضمن آگاهی از مخاطرات فضای بسته، دستورالعمل‌های تدوین شده توسط کارفرما در حیطه وظایف خود را به طور صحیح و کامل اجرا نموده و قبل از ورود به این فضا مجوز ورود را از شخص مسئول دریافت نماید.

۲. شخص مجاز باید دوره‌های آموزش ایمنی مرتبط با نوع فعالیت در فضای بسته را گذرانده و مهارت لازم برای به‌کارگیری و استفاده صحیح از تجهیزات ارتباطی، فنی و حفاظت فردی را داشته باشد.
۳. شخص مجاز در صورت قرارگرفتن در وضعیت خطرناک و یا مواجهه و شناسایی شرایط ممنوع، باید سریعاً فضای بسته را ترک نماید و شخص مسئول را از این شرایط آگاه نماید.
۴. شخص مجاز به‌محض فعال‌شدن هشدار تخلیه و یا صدور دستور تخلیه توسط شخص مسئول؛ باید سریعاً و به شکل ایمن از فضای بسته خارج شود.
۵. ورود اشخاص مجاز به داخل فضای بسته، بدون حضور و تأیید شخص مسئول ممنوع است.
۶. شخص مجاز باید در زمان ورود به فضای بسته، به تجهیزات امداد و نجات مجهز شود تا در صورت وقوع خطر، گروه امدادی بتوانند به‌سهولت عملیات امداد و نجات را انجام دهند. اگر با تأیید کارفرما، استفاده از این تجهیزات باعث ایجاد مخاطره گردد و یا کمکی به عملیات نجات نکند، انجام آن الزامی نیست.
۷. شخص مجاز در صورت الزام به استفاده از تجهیزات تنفسی، باید به جلیقه تمام بدن متصل به طناب نجات، مجهز باشد

بخش چهارم ـ وظایف آزمایشگر

۱. آزمایشگر باید از دانش، تخصص و مهارت لازم در به‌کارگیری تجهیزات آزمایش، حفاظت فردی، ارتباطی مخابراتی و فنی در انجام آزمون‌های موردنیاز برای فضای بسته برخوردار باشد.
۲. آزمایشگر باید بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده از تجهیزات اندازه‌گیری سالم و کالیبره شده (واسنجی شده) استفاده نماید و در صورت نقص یا کالیبره نبودن تجهیزات، مراتب را به شخص مسئول و کارفرما اطلاع دهد.
۳. آزمایشگر موظف است ضمن آلاینده سنجی فضای بسته، مخاطرات فضای بسته را شناسایی و نسبت به اجرای صحیح و کامل دستورالعمل‌های مربوط به خود اقدام نماید و در صورت قرارگرفتن در وضعیت خطرناک یا مواجهه یا شناسایی شرایط ممنوع در حین آزمایش، باید سریعاً از آن فضا خارج و مراتب را به شخص مسئول اعلام نماید.
۴. آزمایشگر باید همواره در تمام مراحل انجام عملیات کار در فضای بسته در دسترس باشد و آمادگی لازم برای انجام مجدد آزمایشات را داشته باشد همچنین نتایج آزمون را در مجوز ورود ثبت و امضا نماید.

بخش پنجم ـ وظایف گروه امدادی

۱. گروه امدادی باید آگاهی و آمادگی در زمینه انجام عملیات امداد و نجات و کار با دستگاه‌ها و تجهیزات و انجام سایر وظایف محوله در فضای بسته را داشته باشند.
۲. گروه امدادی باید برای برنامه‌ریزی و اجرای عملیات، اجازه دسترسی به‌تمامی قسمت‌های لازم کارگاه و فضاهای بسته را داشته باشند.
۳. گروه امدادی داخل کارگاه باید در دوره‌های آموزشی کاربردی امداد و نجات مرتبط با فضای بسته شرکت نمایند و گواهی‌نامه معتبر و کتبی از مرجع دارای صلاحیت اخذ نمایند.

فصل ششم ـ آموزش

۱. کارفرما مکلف است قبل از شروع به کار اشخاص مجاز، آموزش‌های مبتنی بر دانش و مهارت برای انجام ایمن وظایف محوله در فضای بسته را توسط مراجع دارای صلاحیت به آن‌ها ارائه نماید.

۲. آموزش‌های عمومی و تخصصی ایمنی اشخاص مجاز و گروه امدادی، باید توسط مراجع دارای صلاحیت انجام پذیرد و گواهی‌نامه با مشخصات شخص آموزش‌دیده، عنوان دوره، تاریخ آموزش، مهر و تأیید مرجع آموزشی صادر و در کارگاه در دسترس باشد.

۳. کارفرما باید پیمانکار را ملزم به به‌کارگیری کارگرانی نماید که آموزش‌های متناسب با کار در فضای بسته را گذرانده باشند.

۴. پیمانکار مکلف است قبل از شروع کار، مدارک و مستندات مرتبط با آموزش‌های ایمنی کارگران خود را به کارفرما ارائه نماید.

فصل هفتم ـ سایر مقررات

۱. کارفرما مکلف است برای انجام تعمیرات، سرویس و سایر فعالیت‌ها در فضای بسته، با جداسازی از طریق حفاظ‌گذاری اجزای متحرک و گردنده نسبت به ایمن نمودن آن فضا اقدام نماید.

۲. کارفرما مکلف است کلیه تجهیزات و ماشین‌آلات الکتریکی مانند کلیدها، موتورها و توربین‌ها را به شکل ایمن قفل نماید تا به طور ناگهانی یا اتفاقی در حین عملیات کار در فضای بسته، راه‌اندازی نشود.

۳. استفاده از اکسیژن خالص برای تأمین هوای موردنیاز و یا تهویه فضای بسته، ممنوع است.

۴. قراردادن مخزن یا کپسول تأمین‌کننده هوا برای تهویه در داخل فضای بسته ممنوع است.

۵. پمپ‌های هوادهی باید به تأسیسات برق اضطراری مجهز باشند.

۶. گازسنجی مستمر برای پایش میزان غلظت اکسیژن و مواد سمی در فضاهای بسته‌ای که احتمال تغییر شرایط اتمسفری به دلیل برهم‌خوردن لجن یا نشت مواد از تجهیزات یا واحدهای مجاور وجود دارد، الزامی است.

۷. کارفرما مکلف است اشخاص مجاز را برای مقابله با مخاطرات احتمالی و امکان فرار در مواقع اضطراری، مجهز به ماسک فرار نماید.

۸. محل کار شخص مجاز در فضای بسته باید به‌گونه‌ای باشد که به لحاظ گرما، سرما از شرایط قابل‌تحمل برخوردار باشد و یا به لباس کار متناسب با دمای آن فضا مجهز شود.

۹. استعمال دخانیات، ایجاد شعله باز و همراه‌داشتن موبایل، کبریت، فندک و نظایر آن در فضای بسته‌ای که احتمال احتراق، اشتعال و انفجار در آن وجود دارد ممنوع است.

۱۰. اجرای مفاد آیین‌نامه به استناد مواد (۸۵) و (۹۱) قانون کار برای تمامی کارفرمایان، کارگران مشمول قانون کار لازم‌الاجرا بوده و مسئولیت اجرای آن در محیط کار برعهده کارفرمای کارگاه می‌باشد.

■ ۱۳-۱-۲ جوشکاری در فضاهای بسته

پرسنل جوشکاری که در فضاهای بسته کار می‌کنند، در معرض خطرات جدی بهداشتی و ایمنی، مانند اتمسفرهای خفه‌کننده یا قابل‌اشتعال هستند. اتاق‌های کوچك، کوره‌ها، محفظه‌های کشتی، مخازن را آکتور و تانک‌های ذخیره‌سازی، نمونه‌هایی از فضاهای بسته هستند. تهویه در فضاهای بسته باید وجود میزان اکسیژن کافی برای محافظت از زندگی را تضمین کند. علاوه بر این، باید آلاینده‌های موجود در هوا را در اتمسفرهای تنفسی در حد توصیه شده یا کمتر از حد مجاز نگه دارد و از تجمع مخلوط‌های قابل‌اشتعال جلوگیری کند. همچنین باید در صورت لزوم از تهویه برای جلوگیری از وقوع اتمسفرهای غنی شده با اکسیژن و یا با اکسیژن کم استفاده کرد، زیرا سطح اکسیژن باید بین ۱۹/۵ ٪ و ۲۳/۵ ٪ (به‌صورت حجمی) باقی بماند. به‌عنوان مرجع، هوای طبیعی حاوی تقریباً ۲۱ درصد حجمی اکسیژن است. فقط هوای تمیز و قابل‌تنفس باید برای تهویه استفاده شود. استفاده از اکسیژن خالص، سایر گازها یا مخلوط گازها برای اهداف تهویه ممنوع است. بدون تأمین غلظت مناسب اکسیژن، جوشکاران ممکن است خفه شوند، بیهوش شوند و احتمالاً بدون علائم هشداردهنده ظاهری بمیرند. لازم به ذکر است که در مناطق بسته، اتمسفرهای غنی شده با اکسیژن، به‌ویژه آنهایی که بیش از ۲۵ درصد اکسیژن دارند، خطرات دیگری نیز در بردارند که اغلب به دلیل افزایش خطر احتراق سریع و آتش‌سوزی است. بنابراین، ممکن است لباس‌ها به‌شدت بسوزند، لباس‌ها یا پارچه‌های آغشته به روغن یا چربی خودبه‌خود آتش بگیرند و کاغذ شعله‌ور شود، که همگی این موارد می‌توانند باعث سوختگی شدید یا حتی کشنده شوند. مناطق بسته باید به‌منظور بررسی گازها و بخارات سمی یا قابل‌اشتعال و حضور مداوم سطوح کافی اکسیژن، قبل از ورود و در حین قرارگیری در محل آزمایش شوند. این آزمایشات باید با ابزارهای مورد تأیید مراجع ایمنی انجام شود. همچنین توصیه می‌شود که از یك سیستم نظارت مداوم با هشدارهای صوتی استفاده شود. توجه به این نکته، ضروری است که همین اقدامات احتیاطی ایمنی در سایر مناطق نیز اعمال می‌شود. به‌عنوان‌مثال، گازهایی که از هوا سنگین‌تر هستند، مانند آرگون، متیل استیلن-پروپادین (MPS) ، پروپان و دی‌اکسیدکربن ممکن است در گودال‌ها، کف مخازن، مناطق کم‌ارتفاع و طبقات نزدیك تجمع پیدا کنند. همچنین به‌عنوان‌مثال، گازهایی که از هوا، هلیوم و هیدروژن سبک‌تر هستند، ممکن است در بالای مخازن، مناطق مرتفع و نزدیك سقف تجمع کنند. هر زمان که در کار گرم در فضای بسته، امکان قرارگرفتن در معرض مواد زیر وجود داشته باشد، الزام است که از تهویه اگزوز خروجی موضعی مناسب یا محافظ تنفسی با تأمین هوا استفاده شود:

۱. ترکیبات فلوئور (فالکس‌ها و پوشش‌ها)؛
۲. کروم (فولاد زنگ‌نزن، سخت‌کاری سطحی)؛
۳. روی ؛
۴. سرب؛
۵. کادمیوم؛
۶. جیوه؛
۷. برلیم (اگزوز خروجی موضعی و هوای تأمین‌شده، مورد نیاز است).

اگر نمی‌توان از تهویه مناسب اطمینان حاصل کرد، پرسنل فاقد آموزش مناسب و تجهیزات حفاظت فردی هرگز نباید وارد محل کار بسته شوند. جوشکاران، برشکارها و سایر پرسنلی که در چنین مناطقی کار میکنند، باید از دستگاه تنفسی تأییدشده با فشار مثبت هوا استفاده کنند.

آنها همچنین باید یك منبع هوای اضطراری برای مدت حداقل پنج دقیقه، در صورت ازکارافتادن منبع اصلی هوا داشته باشند. فرد دیگری که از تجهیزات ایمنی مشابه استفاده می‌کند نیز باید حضور داشته باشد. هنگامی که کار در مناطق بسته در اتمسفرهایی که به‌سرعت برای زندگی و سلامتی خطرناك است انجام می‌شود، افراد حاضر آگاه دررابطه‌با روش‌های نجات باید در خارج از منطقه مستقر شوند. هر فرد حاضر باید دستگاه تنفس مستقل خود را داشته باشد.

علاوه بر آزمایش شرایط اتمسفر، کارگران حاضر در فضای بسته باید اقدامات احتیاطی بیشتری را انجام دهند. ازآنجایی‌که ممکن است از سیلندرهای گاز فشرده، گازها یا مواد فرار نشت نماید، باید این سیلندرها در خارج از مناطق بسته قرار بگیرند. منابع برق جوشکاری نیز باید در خارج از هر فضای بسته‌ای قرار بگیرد تا خطر برق‌گرفتگی و خفگی ناشی از اگزوز موتور کاهش یابد. پرسنل باید سریعاً بتوانند در مواقع اضطراری خارج شوند. کسانی که از کمربند ایمنی و طناب نجات استفاده می‌کنند باید اطمینان حاصل کنند که این تجهیزات به‌درستی پوشیده شده باشند تا در هنگام خروج از آن، دچار گره‌خوردن یا گیرکردن نشوند.

عملکرد کوره‌های لحیم‌کاری نیز خطرات بالقوه‌ای دارد. این کوره‌ها که نوعی فضای بسته هستند، از اتمسفرهای مختلفی از جمله خلأ، گاز بی‌اثر، گاز قابل‌اشتعال یا محصولات احتراق گاز قابل‌اشتعال استفاده می‌کنند. بنابراین، خطرات، شامل تجمع بخارات یا گازهای خطرناك در محل کار، ایجاد مخلوط‌های انفجاری از هوا و گاز قابل‌اشتعال و خفگی پرسنل می‌باشند.

● ۱۳-۲ مسائل ایمنی مربوط به جوشکاری زیر آب

این بخش شامل اقدامات احتیاطی و روش‌های ایمنی است که در تمام مراحل جوشکاری و برشکاری زیر آب اعمال می‌شود. موارد ایمنی غیرعمومی، به طور جداگانه در بخش‌های مربوط به جوشکاری و برشکاری زیر آب موردبحث قرار گرفته‌اند. همچنین برای استفاده از هرگونه روش جوشکاری یا برشکاری در حین تعمیر یا نجات محفظه‌ها و سازه‌های دارای حفرات یا محفظه‌ای که حاوی گازهای قابل‌انفجار یا حاوی مواد خطرناک است، احتیاط‌های خاصی را باید رعایت کرد. این مسئله مهم است که اقدامات ایمن هم در بالای آب و هم در زیر آن اعمال شود. تصادفات بالای آب می‌تواند برای پرسنل موجود در آب خطرناک باشد. هر کاری که می‌تواند منجر به سقوط اجسام شود نباید در منطقه‌ای که در آن ممکن است غواص در حال کار، ورود یا خروج از آب باشد، مجاز باشد.

■ ۱۳-۲-۱ دستورالعمل‌های عملی و ایمن

هر پیمانکاری که در فعالیت‌های غواصی جوشکاری زیر آب مشارکت دارد، باید یک دفترچه راهنمای شیوه‌ها و عملیات ایمن را که حداقل همه مقررات قانونی مربوط به محل کار خاص خود را منعکس کند، تهیه و نگهداری نماید. این دفترچه راهنما باید در محل غواصی در دسترس هر یک از اعضای تیم غواصی قرار گیرد. این دفترچه راهنمای عملیات باید علاوه بر روش‌های ایمنی غواصی، شامل روش‌هایی برای استفاده از ابزارهای دستی و تجهیزات جوشکاری و برشکاری حرارتی باشد.

■ ۱۳-۲-۲ ارتباطات دوطرفه

هنگام انجام جوشکاری یا برشکاری زیر آب، ارتباطات صوتی دوطرفه بین غواص و ناظر یا پیمانکار کنترل تجهیزات باید حفظ شود.

■ ۱۳-۲-۳ تجهیزات الکتریکی

تمام تجهیزات الکتریکی زیر آب که از قسمت بالایی تغذیه می‌شوند باید مجهز به قطع‌کننده خطای زمین، بین منبع تغذیه و ابزار باشند. مدارهای جریان متناوب (AC) هرگز نباید برای فعالیت‌های جوشکاری یا برشکاری دستی یا همراه با غواصی در زیر سطح آب استفاده شوند. فریم‌های دستگاه جوشکاری باید به طور ایمنی متصل به زمین شوند. کابل‌های جوشکاری و برشکاری، نگهدارنده الکترود و اتصالات باید به‌درستی عایق‌بندی شده و بتوانند حداکثر جریان مورد نیاز برای کار را حمل کنند. مدارهای الکتریکی جوشکاری و برشکاری حرارتی باید دارای کلید قطع مثبت باشند. همیشه به جز در هنگام جوشکاری یا برشکاری واقعی، سوئیچ باید باز باشد. هنگامی که از یک سوئیچ الکتریکی برای فعال کردن مدار معمولی استفاده می‌شود، یک قطع اضطراری دستی باید در دسترسی آسان کسی که سوئیچ را نگه می‌دارد، باشد.

■ ابزارهای برقی دستی:

همه ابزارهای برقی دستی باید با الزامات بخش تجهیزات الکتریکی بالا مطابقت داشته باشند. همه ابزارهای برقی هیدرولیک و پنوماتیک باید دارای یک سوئیچ یا کنترل فشار ثابت باشند که باعث می‌شود ابزار پس از آزادشدن کلید یا کنترل متوقف شود.

■ ۱۳-۲-۴ تجزیه‌وتحلیل خطرات شغلی

پیش از هرگونه کار غواصی، قبل از استفاده از ابزارهای برقی دستی و قبل از انجام جوشکاری یا برشکاری حرارتی، باید تجزیه‌وتحلیل خطرات شغلی انجام شود. باید به جوشکار تأکید شود که مدار باید قبل از لمس یا تعویض هر الکترود باز شود. کلیه تجهیزات موردنیاز باید قبل از استفاده مورد بررسی قرار گیرند تا از سالم‌بودن در شرایط عملکرد، اطمینان حاصل شود. کلیه دستگاه‌های الکتریکی و سیستم‌های آمبلیکال باید قبل از شروع عملیات به‌دقت بازرسی شوند و از ساییدگی یا بریدگی توسط لبه‌های تیز در حین کار جلوگیری شود. مدارهای قطع‌کننده خطای زمین باید از قبل و همین‌طور در فواصل منظم در طول عملیات، آزمایش شوند. همه ابزارها و تجهیزات الکتریکی دستی، از جمله تجهیزات الکتریکی دستی در داخل اتاقک‌های غواصی، قبل از قرارگرفتن در آب یا بیرون آوردن از آب، باید در سطح آب خاموش شوند.

هنگام انجام جوشکاری و برشکاری زیر آب، غواص باید دستکش عایق بپوشد. دستکش‌های عایق را باید در هنگام دست‌زدن به هرگونه تجهیزات الکتریکی یا کابل‌ها در زیر آب (از جمله اجزای بدون جریان الکتریکی) نیز استفاده کرد. قبل از برشکاری حرارتی یا جوشکاری روی محفظه‌های بسته، سازه‌ها یا لوله‌هایی که حاوی بخار قابل‌اشتعال هستند یا زمانی که بخار قابل‌اشتعال در اثر عملیات بر روی آنها ایجاد می‌شود، باید تخلیه شوند، آبگیری شوند یا با مخلوطی از گازها که احتراق را پشتیبانی نمی‌کنند جایگزین شود (این کار برای عملیات انشعاب‌گیری گرم اجباری نیست). اتاقک‌های زیر آب باید به طور مستمر از نظر وجود مقادیر بیش از حد گازهای سمی، خفه‌کننده، مخدر و مواد منفجره کنترل شوند. به‌عنوان‌مثال، اینها شامل آرگون و دی‌اکسیدکربن (مورداستفاده در روش جوشکاری)، هلیوم (از گاز تنفسی مخلوط)، نیتروژن (هنگامی که برای جبران فشار جزئی در اتاقک استفاده می‌شود)، بخارات جوشکاری (شامل مونوکسید کربن حاصل از فرایند جوشکاری)، هیدروژن و اکسیژن (مواد منفجره احتمالی) می‌شوند.

■ ۱۳-۲-۵ اجرای کار

ابزارهای برقی دستی فقط در صورت درخواست غواص باید از محل غواصی تغذیه شوند. یک سوئیچ تغذیه جریان الکتریکی برای قطع جریان جوشکاری یا الکترود برشکاری حرارتی باید توسط یکی از اعضای تیم غواصی در ارتباط صوتی با غواصی که جوشکاری یا برشکاری را انجام می‌دهد، نگه داشته شود و در موقعیت باز باقی بماند مگر زمانی که غواص برای اجرای جوشکاری یا برشکاری، درخواست بسته‌شدن مدار سوئیچ را ارائه دهد.

جهت فعالیت در اعماق بیش از ۹ متر انجام عملیات جوشکاری باید در محفظه کیسون (Caisson) صورت گیرد. این محفظه اتاقکی است فلزی که از طرف پایین تقریباً باز بوده و آن را با کمک جرثقیل در آب قرار می‌دهند و سپس هوای فشرده را وارد آن می‌کنند و وقتی زیر آب یا کف دریا قرار داده شود، کارگران می‌توانند در آن به عملیات کار در زیر آب بپردازند.

جهت کار در اعماق بیش از ۹ متر بایستی به‌منظور پیشگیری از بروز عوارض ناشی از ظهور نیتروژن در خون و نسوج، از اتاقک‌های مخصوص افزایش و یا کاهش تدریجی فشار موسوم به ساس (SAS) استفاده شود.

استفاده از البسه عایق آب و یا لباس غواصی جهت پیشگیری از تأثیر مداوم آب بر روی بدن ضروری است. استفاده از ماسک‌های هوارسان (فشار مثبت) نوع کپسول سرخود و یا شلنگی جهت اعماق زیاد و استفاده از لوله‌های تنفسی در اعماق کم به‌منظور تأمین هوا و یا اکسیژن موردنیاز جهت تنفس فرد در اعماق آب ضروری است.

■ ۱۳-۲-۶ بازرسی‌ها و آزمون‌ها

رویه‌های آزمون رادیوگرافی باید جنبه‌های ایمنی کنترل و استفاده از منابع رادیواکتیو را پوشش دهد. تجهیزات مورداستفاده برای محافظت و دربرگرفتن از منابع باید مطابق با استانداردهای نظارتی قابل‌اجرا برای استفاده در محیط زیر آب، طراحی و ساخته شوند. از استفاده از جریان متناوب برای انجام آزمون‌های همراه

با غواصی باید اجتناب شود. در جایی که از آنها استفاده می‌شود، مدارهای جریان متناوب باید کاملاً ایزوله شوند تا از احتمال برق‌گرفتگی جلوگیری شود.

■ ۱۳-۲-۷ پرسنل پشتیبانی

تجهیزات غواصی و لباس غواصی برای پرسنل نظارت و پشتیبانی، رویه‌های غواصی عمومی و اضطراری و اقدامات ایمنی باید مطابق با الزامات استانداردها و قوانین مربوطه باشند.

● ۱۳-۳ مسائل ایمنی مربوط به جوشکاری و برشکاری در ارتفاع

مهم‌ترین مسائل ایمنی مربوط به کار در ارتفاع، بر اساس آیین‌نامه ایمنی کار در ارتفاع وزارت کار، در ادامه آمده است:

- کارفرما مکلف به رعایت موارد زیر است:
  - نسبت به شناسایی و ارزیابی مخاطرات و ایمن‌سازی محیط کار اقدام نماید؛
  - با استفاده از سامانه‌های انجام ایمن کار در ارتفاع متناسب با نوع کار، ایمنی افرادی که در ارتفاع بیش از ۱/۲ متر (یک متر و بیست سانتی‌متر) نسبت به سطح‌مبنا مشمول کار می‌باشند، تأمین نماید؛
  - نسبت به تهیه لوازم و تجهیزات استاندارد و متناسب با نوع کار در ارتفاع که دارای لوح شناسایی حاوی اطلاعات فنی بوده و در محل مناسبی از تجهیزات قابل رویت نصب شده است را اقدام و در اختیار کارگران قرار دهد؛
  - در شرایط جوی نامساعد یا معیوب و ناقص بودن سازه و تجهیزات یا نقص در روش‌های ایمن کار در ارتفاع، از فعالیت کارگران شاغل در ارتفاع جلوگیری به عمل آورد.
- کلیه واردکنندگان، تولیدکنندگان فروشندگان، عرضه‌کنندگان و بهره‌برداران از ابزارآلات، دستگاه‌ها و تجهیزات مربوط به عملیات کار در ارتفاع مکلف به رعایت استاندارد تولید و موارد ایمنی و حفاظتی فوق‌الذکر می‌باشند.
- نردبان اجزاء داربست، تجهیزات کار با طناب و سایر تجهیزات و دستگاه‌های کار در ارتفاع باید قبل از هر بار استفاده توسط عامل کار در ارتفاع بازدید شده و در صورت فرسوده یا معیوب‌بودن، موضوع را به کارفرما یا نماینده وی گزارش نماید.
- کارفرما مکلف است پس از اطلاع از فرسوده و معیوب‌بودن لوازم و تجهیزات کار در ارتفاع با برچسب «خطرناک است – استفاده نشود» آنها را از دسترس کارگران خارج و پس از تعمیرشدن، تأیید توسط شخص ذی‌صلاح مجدداً به محل کار منتقل نماید.
- انجام کلیه امور نصب، راه‌اندازی، بهره‌برداری، سرویس، تعمیر و نگهداری تجهیزات دستگاه و ماشین‌آلات کار در ارتفاع باید مطابق با دستورالعمل شرکت سازنده صورت پذیرد.

- کلیه متعلقات داربست، نردبان، تجهیزات، ابزار و وسایل کار در ارتفاع باید قبل از شروع و پس از اتمام کار توسط کارگران و در فواصل معین دوره‌ای بازرسی و کنترل گردد و مجوز شروع به کار صادر شود.
- کلیه لوازم و تجهیزات کار در ارتفاع باید توسط شخص ذی‌صلاح به‌صورت دوره‌ای مورد بازرسی دقیق قرار گرفته و در صورت مشاهده نقص و یا فرسودگی برای ازرده‌خارج نمودن به کارفرما اعلام نماید.
- کلیه مجریان ذی‌صلاح که عملیات اجرایی آنها در ارتفاع انجام می‌گیرد موظف هستند در هنگام انجام کار از کارگران دارای گواهینامه مهارت از سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور یا سایر مراجع ذی‌صلاح استفاده کنند.
- عامل کار یا شخص ذی‌صلاح باید دارای گواهینامه مهارت فنی لازم از مراکز ذی‌صلاح بوده و توانایی انجام کار مربوطه را داشته باشد.
- کارفرمایان، مجریان، پیمانکاران و سایر عوامل اجرایی در محدوده کارگاه و عملیات خود مکلف به جلوگیری از ورود افراد متفرقه هستند ضمناً نصب علایم هشداری برای کارگران و افراد متفرقه «مطابق آیین‌نامه علایم ایمنی در کارگاه‌ها» به‌نحوی که به‌سهولت قابل رویت باشد و مانع انجام کار نگردد الزامی است.
- حمل‌ونقل، نصب جمع‌آوری، انبار نمودن و کار با دستگاه‌ها ماشین‌آلات و تجهیزات کار در ارتفاع باید به‌گونه‌ای باشد که خطری را برای کارگران و افراد متفرقه ایجاد نکند.
- پرتاب‌کردن و رها نمودن هر گونه شیء ابزار، لوازم، تجهیزات و مصالح در حین کار ممنوع است.
- طناب‌ها و کابل‌ها باید در برابر هر گونه سایش، مواد خورنده، گرما و شعله مستقیم مقاوم باشند.
- رعایت آیین‌نامه‌های مربوط به خطوط برق‌دار در انجام هر گونه عملیات کار در ارتفاع که افراد و تجهیزات مربوطه در حریم تجهیزات و خطوط برق‌دار قرار می‌گیرند.
- در لبه سقف‌های شیب‌دار باید تجهیزات مناسب و کافی جهت جلوگیری از لغزش و سقوط کارگر و یا ابزار کار پیش‌بینی شود.
- کارگرانی که بر روی سقف‌های شیب‌دار با شیب بیش از ۲۰ درجه کار می‌کنند باید مجهز به سامانه محدودکننده و یا متوقف‌کننده گردند و در صورت امکان تورهای حفاظتی در زیر محل کار آنها نصب گردد.
- حضور فرد دوم روی سطح‌مبنا در هنگام انجام کار روی جایگاه‌های کار آویزان، بالابرهای سیار، برجی الزامی است.
- کارفرما مکلف است نسبت به تهیه و در اختیار قراردادن وسیله ارتباطی مناسب با فرد ثانوی در زمان انجام عملیات در ارتفاع اقدام نماید.
- کارفرما مکلف است نسبت به نصب تابلو با محتوای موضوعی «قابل‌استفاده یا عدم استفاده» سامانه از قبیل داربست، متوقف‌کننده، بالابر سیار، جایگاه کار آویزان و سایر موارد مشابه اقدام نماید.
- هنگام کار در ارتفاع فرد مستقر در جایگاه کار باید متناسب با نوع کار مجهز به وسایل حفاظت فردی از قبیل لباس کار، هارنس، کلاه و کفش ایمنی و سایر لوازم حفاظت فردی گردد.

- استفاده از کمربند ایمنی برای عملیات کار در ارتفاع ممنوع بود، فقط در صورتی مجاز است که به‌عنوان سامانه محدودکننده مورداستفاده قرار گیرد و فرد نباید در وضعیت سقوط قرار گیرد.

جزئیات مربوط به ایمنی نردبان، جایگاه کار، داربست، سامانه‌های متوقف‌کننده و محدودکننده سقوط، روش دسترسی با طناب، تور ایمنی، بالابرهای سیار نیز باید مطابق موارد ارائه شده در آیین‌نامه کار در ارتفاع قانون کار جمهوری اسلامی ایران، رعایت شوند.

● ۱۳-۴ جوشکاری و برشکاری روی خطوط لوله و تجهیزات در سرویس

■ ۱۳-۴-۱ راهنمای ایمنی در عملیات جوشکاری و برشکاری شرکت ملی نفت ایران

مطابق با راهنمای ایمنی در عملیات جوشکاری و برشکاری شرکت ملی نفت ایران، الزامات ذیل باید جهت انجام عملیات جوشکاری یا انشعاب گیری گرم[1] به روش ایمن روی خطوط لوله یا تجهیزات در سرویس مورداستفاده قرار گیرد:

- عملیات انشعاب‌گیری گرم، جهت سوراخ‌کردن و نصب لوله به طریق بی‌خطر برای تجهیزاتی که محتوی نفت و گاز هستند، می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد. در این حالت چون مواد قابل‌اشتعال و خطرناك در معرض هوا نیستند امکان کمتری برای ایجاد حریق یا انفجار ناشی از مواد هیدروکربنی وجود دارد. جهت انجام عملیات انشعاب‌گیری گرم باید قبل از کار، مجوز کار گرم اخذ شده و تمامی موارد لازم جهت ایمنی کار در آن قید شده باشد.
- جنس موادی که دستگاه انشعاب‌گیری گرم از آن ساخته شده است و همچنین جنس آب‌بندها باید با محتویات لوله یا مخزن و ظروف سازگار بوده و توسط واحد بازرسی فنی مورد تأیید قرار گیرد.
- دستگاه انشعاب‌گیری گرم باید برای فشار، دما و تنش‌های مکانیکی که ممکن است در حین عملیات پیش آید مقاوم باشد.
- جنس قطعه برشکاری باید برای نفوذ مؤثر در فلز موردنظر مناسب باشد.
- جوشکاری هرگز نباید درحالی‌که فشار و حرارت تجهیز مافوق فشار و حرارت متعارف دستگاه بوده و یا اینکه تحت خلأ باشد انجام گیرد.
- قبل از شروع کار دستگاه انشعاب‌گیری گرم و متعلقاتش باید مورد بازرسی قرار گیرند تا اطمینان حاصل شود که برای کار مناسب هستند.
- رویه جوشکاری (WPS) می‌بایست توسط بازرسی فنی مشخص شده باشد.
- مشکلاتی که برای جوشکاری روی تجهیزات در سرویس ممکن است پیش آید عبارت‌اند از سوختگی

1- Hot Tap

داخلی[1] و ترک‌خوردگی[2]. ترک‌خوردگی، نتیجه سردشدن سریع جوش است. سردشدن می‌تواند به دلیل حذف سریع حرارت از محتویات داخل لوله نیز باشد.

- جهت جلوگیری از وقوع سوختگی داخلی باید میزان انتقال حرارت در زمان جوشکاری مورد ملاحظه قرار گیرد.
- باید یك ارزیابی دقیق در مورد میزان سردشدن جوش صورت‌گرفته تا حرارت ورودی موردنیاز جهت جلوگیری از ترک‌خوردگی تعیین شود.
- ظروف و خطوط لوله باید از نظر داشتن ضخامت کافی و دیگر عیوب قبل از کار بازرسی گردند.
- برای جوشکاری‌های ویژه مثل فولادهای با تنش کششی بالا برای جلوگیری از ترک‌خوردگی عملیات پیش‌گرم لازم است.
- در بعضی از موارد مانند خطوط لوله مشعل‌ها که کمبود جریان ممکن است باعث به‌وجودآمدن مخلوط قابل‌اشتعال گردد، لازم است بخار آب تحت‌فشار یا گاز غیر قابل‌اشتعال از آن خط عبور داده شود. این جریان باید تا پایان عملیات جوشکاری ادامه داشته باشد.
- حداقل ضخامت لازم برای عملیات باید در مستندات ثبت شود. حداقل ضخامت پیشنهادی برابر ۴/۸ میلی‌متر می‌باشد. حداقل ضخامت واقعی که تابعی است از ضخامت موردنیاز برای افزایش قدرت و فاکتور ایمنی ۲/۴ میلی‌متر می‌باشد که از وقوع سوختگی داخلی جلوگیری می‌نماید. به‌جز ضخامت‌های اشاره شده در بالا ممکن است باتوجه‌به فشار عملیاتی، متالورژی فلز و ضخامت لازم توسط متخصصین سازمان مربوطه ارائه گردد.
- جوشکاری نباید روی خطوط و تجهیزاتی که دمای مایع یا فلز از ۴۵ درجه سانتی‌گراد کمتر است انجام شود مگر اینکه قبل از جوشکاری حرارت داده شود.
- عملیات انشعاب‌گیری گرم نباید روی تجهیزاتی که تحت خلأ هستند، انجام پذیرد. مگر آنکه یك دستورالعمل ایمن انجام کار با ارزیابی دقیق نوشته شود.
- جوشکاری و عملیات انشعاب‌گیری گرم نباید روی تجهیزاتی که حاوی شرایط ذیل هستند، انجام پذیرد:
  - الف) مخلوط هوا / بخار یا اکسیژن /بخاری که نزدیك محدوده اشتعال هستند و حرارت جوشکاری ممکن است باعث اشتعال و انفجار مخلوط گردد؛
  - ب) هیدروژن، آلیاژهای فولاد کربنی و فریت برای حمله هیدروژنی در دمای بالا مستعد هستند؛
  - ج) پراکسید، کلرن و دیگر مواد شیمیایی که احتمال دارند در طی عملیات تجزیه شوند؛
  - د) مواد سوزآور، آمین‌ها و اسیدها اگر دما و غلظت آنها به حدی باشد که نیازمند عملیات پیش‌گرم باشند ممکن است باعث ترک‌خوردگی در سطح جوش یا تأثیر حرارتی گردند.

1- Burn Through
2- Cracking

- پیش از اجرای عملیات انشعاب‌گیری گرم یا جوشکاری باید یك دستورالعمل اجرایی روش انجام کار به صورت مکتوب، شامل موارد ذیل نوشته شود:
  - الف) روش طراحی اتصالات؛
  - ب) روش انجام عملیات انشعاب‌گیری گرم ؛
  - ج) جزئیات روش جوشکاری، میزان حرارت ورودی ؛
  - د) موارد مربوط به ایمنی، بهداشت، پیشگیری از آتش‌سوزی، عکس‌العمل شرایط اضطراری و دیگر موارد موردنیاز .
- جوشکاران باید مورد تأیید بوده و در عملیات انشعاب‌گیری گرم دارای تجربه و مهارت کافی باشند. فقط افراد ماهر باید دستگاه را نصب یا سرهم نمایند. این مهارت در نتیجه آموزش‌های تئوری و آموزش‌های ضمن کار به دست می‌آید.
- آزمایشات نشان می‌دهد که تماس طولانی‌مدت یا تکراری با مایعات یا بخارات ممکن است باعث ایجاد جراحت و آسیب در افراد گردند؛ لذا باید انواع موادی که در ناحیه جوشکاری ممکن است بوجود آید شناسایی گردند.
- اطلاعات لازم در ارتباط با خطرات بهداشتی مواد تشکیل شده باید از طریق مسئولین ذی‌ربط در اختیار کاربران قرار گیرد. اگر احتمال تماس افراد با مواد سمی وجود دارد باید اقدامات کنترلی ذیل صورت گیرد:
  - الف) مشخص کردن میزان تماس از طریق ارزیابی و آنالیز ؛
  - ب) رساندن حداقل تماس پوستی و تنفس بخارات یا دودها از طریق روش‌های مهندسی، مدیریتی و یا استفاده از وسایل استحفاظی.
- جهت عملیات انشعاب‌گیری گرم یا جوشکاری روی مخازن در سرویس موارد ذیل باید موردتوجه قرار گیرد:
  - الف) فاصله ایمن از محل هواکش مخزنی که احتمال دارابودن بخارات قابل‌اشتعال در آن می‌باشد باید مورد بررسی قرار گیرد، زیرا احتمال دارد که بخارات مربوطه به محل جوشکاری رسیده و باعث انفجار و اشتعال گردند؛
  - ب) در طول مدتی که کار توأم با حرارت ادامه دارد نباید مبادرت به تخلیه یا پر کردن مخزن یا برهم‌زدن محتویات مخزن نمود .کلیدهای دستگاه به هم زننده باید قطع شده و از اتصال جریان جدا شود؛
  - ج) کلیه شیرهای متصل به خطوط لوله را در محل اتصال به مخزن باید بسته و روی آن برچسب زده‌شود؛
  - د) هنگام جوشکاری یا انشعاب گیری گرم روی مخازن دارای سقف مخروطی شکل باید سطح مایع حداقل یك متر بالاتر از محل جوشکاری نگهداری شود؛
  - ه) عمل جوشکاری روی مخزن سقف شناور را می‌توان به‌شرط آنکه پائین‌تر از سطح مایع باشد در هر جایی از بدنه انجام داد. هرگز نبایستی روی سقف یا روزنه‌های موجود اقدام به کار گرم کرد.

- درصورتی‌که کار توأم با حرارت در محلی پائین‌تر از سطح زمین اجرا گردد باید موارد ذیل در نظر گرفته شود:
  - الف) باید قسمتی از زمین خاک‌برداری شود تا رفت‌وآمد سریع کارکنان تأمین گردد؛
  - ب) باید راه‌های خروجی و فرار قابل‌دسترسی تعبیه گردد؛
  - ج) باید از وجود اتمسفر در گودال یا فضای بسته برای ورود جهت کار گرم، آزمایش میزان اکسیژن، مواد سمی قابل‌اشتعال مطلع گشت. اگر اکسیژن کم است و فضای حاوی مواد قابل‌اشتعال یا سمی است باید با استفاده از وسایل مناسب اقدام به تهویه نمود. همچنین باید از وسایل تنفسی مناسب جهت کار استفاده نمود. دستگاه پایش مستمر میزان اکسیژن هوا نیز باید در طول عملیات جهت آگاهی از وضعیت وجود داشته باشد.
- چنانچه یك خط لوله از داخل لوله جداری حفاظی عبور نماید باید اطمینان حاصل شود که جوشکاری روی خط اجرا شود نه روی لوله جداری؛
- قبل از انجام عملیات انشعاب گیری گرم یا جوشکاری باید موارد ذیل در نظر گرفته شود:
  - الف) یك فرد متخصص باید در هنگام عملیات در آنجا حضور داشته باشد؛
  - ب) ناحیه‌ای که اتصال می‌خواهد انجام شود، باید شناسایی شده و به طور فیزیکی علامت‌گذاری گردد؛
  - ج) ضخامت فلز باید مورد تأیید قرار گرفته و هر نقصی که ممکن است باعث ایجاد مشکلاتی در جوشکاری گردد مورد بررسی قرار گیرد؛
  - د) یك طرح باید برای پایش و کنترل متغیرهای فرایند که لازم است در هنگام عملیات محدود باشند، وجود داشته باشد؛
  - ه) همه آزمایش‌های لازم برای بخارات قابل‌اشتعال، اکسیژن و گازهای سمی باید انجام شود تا از شرایط ایمن کار مطمئن شویم و با بخش ایمنی و بهداشت هماهنگی لازم جهت اخذ مجوزهای مربوطه صورت پذیرد؛
  - و) خطرات ایمنی و بهداشتی کار باید ارزیابی گردد و همچنین تجهیزات حفاظتی فردی و وسایل اطفای حریق مناسب در محل فراهم شود و یك فرد به همراه کپسول پودر خشك یا سایر امکانات مناسب باید در محل مستقر گردد؛
  - ز) علائم و موانع باید جهت آگاهی‌سازی و جداسازی سایت کاری جهت جلوگیری از ورود افراد غیرمجاز در محل نصب شود؛
  - ط) رویه و روش کار جهت جداسازی محیط کار در صورت وقوع شرایط اضطراری باید فراهم گردد؛
  - ظ) افراد باید در ارتباط با عملیات انشعاب گیری گرم آموزش‌دیده و تبحر کافی داشته باشند.
- تمام اتصالات را بعد از جوشکاری بازرسی نمایید. جهت تست روش رنگ نفوذکننده، مافوق‌صوت و یا مغناطیسی استفاده نمایید. اگر این کار بعد از پاس اول انجام شود، برای ادامه جوشکاری باید سطح آن را از هر گونه ماده خارجی پاك کنید.

- این روش نباید جایگزین تست هیدروستاتیک یا پنوماتیک شده و فقط به آن اعتماد نمود. برای اتصال دستگاه انشعاب گیری گرم باید مراحل ذیل طی شود:
  - الف) شیر مورداستفاده باید دارای سایز مناسب بوده و جنس آن نیز متناسب با نوع کار باشد .این شیر باید برای نشتی‌ها قبل از نصب تست شود؛
  - ب) زمانی که ماشین برشکاری بر روی شیر نصب گردید باید اتصال کوچك هواگیری که روی ماشین تعبیه شده باز شود .تیغه برشکاری باید چندین دفعه از داخل دهانه عبور داده شود تا معلوم گردد که تیغه برشکاری در داخل آن گیر نمی‌کند .حرکت تیغه برشکاری خصوصاً در مورد لوله‌های با ضخامت کم باید بادقت بسیار زیاد محاسبه شود تا طرف مقابل لوله بریده نشود؛
  - ج) ضامن سوراخ‌کننده و نقطه دخول مته باید تنظیم گردد. وقتی مته پیشاهنگ در داخل دستگاه نفوذ پیدا می‌کند شیر هواگیر ماشین برشکاری باید بسته شود؛
  - علاوه بر ضامن دستگاه، انجام کار برشکاری را می‌توان از مقاومت دسته گرداننده‌هایی که با دست چرخانده می‌شود و یا از زیادشدن سرعت حرکت ماشین که با نیروی هوا یا آب کار می‌کند فهمید؛
  - د) دستگاه برشکاری باید به عقب برگردانده شود و شیر بسته شود و قسمت آزادکننده فشار باز شود درصورتی‌که قطعه بریده‌شده گم شود نباید برای پیداکردن و درآوردن آن اقدام نمود .در بعضی موارد لازم می‌شود که برای پیداکردن قطعه بریده شده فوراً دستگاه متوقف گردد.
- اتصالات جوش و دستگاه انشعاب گیری گرم باید با یك روش مناسب قبل از شروع عملیات برشکاری تست شوند:
  - الف) چک کردن محکم‌بودن پیچ‌ومهره‌ها، آب‌بندها، مهره‌های آب‌بندها؛
  - ب) اگر دمای موجود خط یا ظروف اجازه هیدرو تست را دهد باید این کار انجام شود.
- فشار اعمال شده در تست فشار باید حداقل مساوی فشار خط یا ظرف باشد .اما این فشار به‌منظور جلوگیری از فروپاشی داخلی لوله یا ظرف نباید از حدود ۱۰ درصد فشار داخلی بیشتر شود. اگر دما برای هیدروتست مناسب نباشد از هوا یا نیتروژن با محلول صابون باید برای تست استفاده گردد. در صورت استفاده از هوا به‌منظور جلوگیری از تشکیل مخلوط قابل‌اشتعال باید ارزیابی دقیقی صورت پذیرد.

■ ۱۳-۴-۲ طبقه‌بندی شاغلین مرتبط با فرایند جوشکاری در احداث خطوط لوله انتقال گاز و مسائل ایمنی مربوط به هر طبقه

شاغلین مرتبط با فرایند جوشکاری در احداث خطوط لوله انتقال گاز به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

- جوشکار فول پاس (Full Pass): جوشکاری در بیرون لوله صورت می‌گیرد.
- جوشکار فیلینگ (Filling): جوشکاری در بیرون لوله صورت می‌گیرد.
- جوشکار فیلینگ کپ (Filling Cap): جوشکاری در بیرون لوله صورت می‌گیرد.

- جوشکار بک‌ولد (Back Welding): جوشکاری در داخل لوله انجام می‌گیرد و به همین علت این نوع فعالیت به‌عنوان فضای بسته در نظر گرفته می‌شود.
- سنگ‌زن: به‌عنوان کمک‌کننده جوشکاران بوده و مسئولیت سنگ‌زنی قسمت‌های جوشکاری شده را دارد.
- فیتر: تنظیم و جفت‌کردن دو لوله (Fit Up) به یکدیگر را به عهده دارد.
- کمک فیتر: در عملیات Fit Up به فیتر کمک می‌کند.
- فورمن: مسئولت هماهنگی‌ها و نظارت بر فعالیت جوشکاران و کارکنان دیگر را دارند.

بیشترین ریسک از نظر مواجهه جوشکاران با عوامل زیان‌آور در فرایند جوشکاری متوجه گروه بک‌ولدکاران بوده و جوشکاران فیلینگ، فیلینگ کپ و فول پاس ریسک مشترکی دارند. قابل‌ذکر است کمترین ریسک مواجهه متعلق به فورمن، فیتر و کمک‌فیتر می‌باشد. باتوجه‌به ریسک مشترك برخی از مشاغل، مشاغل مزبور در چهار گروه به شرح ذیل تقسیم‌بندی‌شده و مقررات HSE برای گروه‌های مزبور به تفکیک در ادامه آمده است:

گروه A: فیلینگ، فیلینگ کپ و فول پاس
گروه B: بک‌ولدکار
گروه C: سنگ‌زن
گروه D: فورمن، فیتر و کمک فیتر

الف) راهنمای ایمنی در عملیات جوشکاری اختصاصی گروه A:

موارد زیر به‌عنوان اقدامات اختصاصی شاغلین گروه A مشخص گردیده و جوشکاران موظف به رعایت این موارد می‌باشند:

۱. استفاده از پوشش‌های نسوز در هنگام جوشکاری به دلیل ریزش جرقه، سرباره یا مواد مذاب از بالا بر روی بدن الزامی است.
۲. هرگز برای خنک‌کردن الکترودها نبایستی آن را وارد آب نمایید.
۳. هرگز الکترود با دست لخت یا دستکش خیس تعویض نگردد.
۴. کابل‌های جوشکاری روی بدن و به‌دور بدن پیچانده نشوند.
۵. جوشکار نباید در محلی که احتمال انعکاس نور در ماسک جوشکاری وجود دارد، کار کند.
۶. جوشکار باید از روش‌های کاری مرتبط با شغل خود و احتیاط‌ها و موارد ایمنی مربوطه اطلاع داشته و موازین مربوطه را رعایت نماید.
۷. شیشه عینک و ماسک جوشکاری باید سالم و بدون شکستگی باشد.
۸. از به‌کارگیری شیشه عینک و ماسک جوشکاری "دست‌ساز" خودداری شود.
۹. تا حد ممکن خود را از دود، بخارات و فیوم‌های جوشکاری دور نگه دارد.
۱۰. در مواقعی که جوشکاری متوقف می‌شود، جوشکار باید کلید اصلی دستگاه را خاموش کرده و مدار را قطع نماید.

۱۱. جوشکار باید از وسایل حفاظت فردی خود به‌خوبی نگهداری کند.
۱۲. وسایل حفاظت فردی، وسایل شخصی هستند، هرگز از وسایل دیگران استفاده نکنید.
۱۳. برای جلوگیری از خطرات فیوم‌ها و گازهای ناشی از فرایند جوشکاری از ماسک‌های نوع A ترجیحاً مجهز به فیلتر FFP۲ استفاده نمایید.
۱۴. اگر بوی آلاینده را احساس می‌کنید و یا گلو و ریه شما تحریک می‌شود، زمان تعویض ماسک است. آن را با ماسک نو جایگزین کنید.
۱۵. به تاریخ اعتبار و انقضای فیلتر ماسک‌ها توجه کنید.
۱۶. لباس کار خود را همیشه تمیز و سالم نگهدارید، تا از خطر آتش‌سوزی و درماتیت پوستی در امان باشید.
۱۷. هر روز قبل از شروع کار، وسایل حفاظت فردی خود را بازرسی کنید.
۱۸. در صورت استفاده از نردبان، قسمت بالا و پایین نردبان را به‌جای محکمی ببندید تا نردبان سر نخورد و نلغزد.
۱۹. همیشه قانون ۴ به ۱ را در نردبان رعایت کنید: به‌ازای هر ۴ متر ارتفاع، ۱ متر پایه‌های نردبان را به عقب بکشید (شکل ۱۳-۱).
۲۰. از بشکه و صندوق به‌عنوان نردبان استفاده نکنید.
۲۱. همیشه قبل از بالارفتن از نردبان کف کفش خود را از هرگونه آلودگی از قبیل گل، روغن، گریس و غیره پاك کنید.
۲۲. هنگام استفاده از نردبان در داخل جیب‌های خود از ابزار تیز مانند الکترود قرار ندهید.
۲۳. از نردبان فلزی بر روی سطوح فلزی استفاده نکنید؛ زیرا با کاهش اصطکاك احتمال سُرخوردن زیاد می‌شود.
۲۴. در مکان‌هایی که احتمال برق‌گرفتگی وجود دارد از نردبان‌های نارسانا استفاده نمایید.

شکل ۱۳-۱: موقعیت کاری روی نردبان

ب) راهنمای ایمنی در عملیات جوشکاری مختص گروه B (بک‌ولدکاران):

کار در فضاهای بسته، نیازمند طی مراحل هشت‌گانه‌ای است که با اجرای دقیق آنها می‌توان اطمینان پیدا کرد که فرد یا افراد به طور ایمن وارد فضای بسته شده و پس از انجام کار به‌سلامت از درون فضا خارج شوند. این مراحل عبارت‌اند از:

۱. شناسایی فضاهای بسته‌ای که کار در آنها نیازمند اخذ مجوز ورود است؛
۲. شناسایی خطرات موجود در این فضاها؛
۳. تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی برای ایمن‌سازی فضایی که افراد به درون آن وارد خواهند شد؛
۴. حذف یا کنترل خطرات موجود در فضای بسته؛
۵. برقراری و اجرای دستورالعمل‌های دقیق ورود به درون فضای بسته؛
۶. آموزش کارگران در مورد نحوه‌ی ورود ایمن به درون فضای بسته؛
۷. حصول اطمینان از آگاهی کارگران از وظایف و مسئولیت‌های خود؛
۸. برنامه‌ریزی برای واکنش در شرایط اضطراری.

نکات ایمنی ورود به فضاهای بسته:

بک‌ولدکاران دارای بالاترین رتبه ریسک بوده و به همین علت در فعالیت بک‌ولد رعایت موارد زیر به‌عنوان اقدامات اختصاصی فعالیت مزبور نیز الزامی می‌باشد:

- اخذ مجوز برای ورود به داخل لوله و جوشکاری؛
- ممنوعیت ورود سایر افراد به داخل لوله؛
- برقراری تهویه دمشی؛
- مکشی در لوله؛
- استفاده از ماسک‌های هوارسان در صورت عدم برقراری سیستم تهویه.

همچنین پس از ورود افراد به درون فضای بسته و در تمام مدتی که افراد در داخل فضای بسته مشغول به کارند، باید نکات زیر مدنظر قرار گرفته و به‌دقت اجرا شوند:

- برای اطمینان از عدم تجمع آلاینده‌ها و افزایش غلظت آنها در اتمسفر فضای بسته، باید در تمام مدتی که افراد در درون فضای بسته مشغول به کارند، تهویه صورت گیرد و به‌منظور اطمینان از حفاظت کامل بک‌ولدکاران علاوه بر سیستم تهویه توصیه می‌شود کارگران از ماسک‌های نوع A مجهز به فیلتر FFP2 استفاده نمایند؛
- افراد غیرمجاز و تجهیزات غیرضروری می‌بایست از اطراف فضای بسته دور شوند؛
- چیدمان تجهیزات و وسایل مورداستفاده در درون فضای بسته نبایستی موجب انسداد مسیرهای خروج و امدادرسانی گردند؛
- تاحدامکان تجهیزات و لوازم موردنیاز را بیرون از فضای بسته قرار دهید؛

- تا زمانی که از وجود یک فرد آموزش‌دیده و مجهز به وسایل امداد و نجات بیرون از فضای بسته اطمینان حاصل نکرده باشید، وارد نشوید. نگهبان باید در طول مدتی که فرد وارد فضای بسته شده است، ارتباط کلامی خود را با آنان حفظ نماید؛
- سیلندرهای گاز و دستگاه‌های جوشکاری بایستی همواره خارج از فضاهای بسته و محدود مستقر گردد؛
- لوله‌های مورداستفاده برای تهویهٔ گازهای خروجی ناشی از جوشکاری در فضاهای بسته و محدود باید از مواد غیر قابل‌اشتعال ساخته شده باشد.

ج) راهنمای ایمنی در عملیات جوشکاری مختص گروه C (سنگ‌زن):

رعایت موارد زیر به‌عنوان اقدامات اختصاصی فعالیت سنگ‌زنی نیز الزامی می‌باشد:

- کابل برق دستگاه بایستی حتماً دوشاخه داشته باشد؛
- همیشه از سنگ فرز متناسب با نوع کار استفاده شود؛
- قبل از شروع به کار سنگ فرز ازنقطه‌نظر وجود ترك کنترل شده و در صورت داشتن ترك استفاده نگردد؛
- در هر شرایطی حفاظ دور سنگ نمی‌بایست حذف گردد؛
- کلیه کارگران سنگ‌کار باید در زمان کار از لباس کار، عینک ایمنی، ماسک، شیلد صورت، گوشی حفاظتی و دستکش ایمنی، متناسب با نوع کار استفاده نمایند؛
- سرپوش حفاظتی سنگ سمباده باید متناسب با سطوح سنگ بوده و کلیه اجزاء آن از مقاومت مناسب برخوردار باشد؛
- حفاظ سنگ سمباده قابل‌حمل، باید طرف بیرونی صفحه سنگ سمباده را به طور کامل بپوشاند؛
- محور سنگ‌های سمباده باید دارای مقاومت کافی بوده و لرزش نداشته باشد؛
- جهت دنده‌های پیچ‌ومهره دو طرف سنگ سمباده در روی محور باید به‌گونه‌ای باشد که مهره‌های طرفین سنگ در جهت گردش سنگ محکم شود؛
- سرعت سنگ‌ها باید کاملاً واضح و خوانا روی سنگ نوشته شده باشد و بکار بردن سنگ‌هایی که سرعت مجاز روی آنها نوشته نشده ممنوع است؛
- برای جلوگیری از شکستن انواع مختلف سنگ‌های سمباده نباید آنها را با ضربه یا فشار روی محور خود سوار نمود؛
- در زمان کار با دستگاه تاحدامکان آن را از بدن خود دور نگه داریم؛
- تعمیر دستگاه فقط توسط افراد متخصص صورت پذیرد؛
- سنگ با ضخامت ۶ میلیمتر فقط برای صیقل‌دادن باید مورداستفاده قرار گیرد؛
- استفاده از تجهیزات حفاظت از چشم‌ها یا صورت در زمان سنگ‌زنی الزامی است؛
- قبل از نصب صفحه سنگ بر روی دستگاه سنگ دستی، به‌دقت آن را بررسی نمود و جهت اطمینان از

سالم و بدون ترك بودن آن با یک ابزار غیرفلزی سبک به‌آرامی به صفحه سنگ ضربه زد. درصورتی‌که صدا ترك و شکستگی به گوش رسید استفاده از آن صفحه ممنوع است؛

- جهت پیشگیری از شکستن صفحه، بایستی صفحه سنگ به‌راحتی بر روی محور دستگاه قرار گیرد و به میزان مناسب محکم گردد؛
- ممکن است صفحه سنگ در حین روشن نمودن دستگاه خرد شود، لذا قبل از شروع سنگ‌زنی یا برش‌کاری اجازه دهید سنگ به دورکاری خود برسد. همچنین در زمان شتاب گرفتن دستگاه و رسیدن کامل به‌سرعت کاری نبایستی هیچ یک از نفرات در مقابل دستگاه سنگ قرار داشته باشند؛
- هرگز فشار بیش از حد به سنگ وارد نکنید، زیرا باعث خردشدن و متلاشی‌شدن صفحه سنگ می‌شود
- سنگ‌های خراب و آسیب‌دیده را به کار نگیرید؛
- هنگام کار مراقب باشید که پلیسه، جرقه و ذرات به‌سوی همکاران و سایر کارگران که نزدیک شما کار می‌کنند پرتاب نشوند؛
- سنگ فرز را در آب و یا در محل خیس و مرطوب قرار ندهید؛
- هنگام خاموش‌کردن، ابتدا دگمه اصلی روی دستگاه را در وضعیت off گذاشته و سپس سیم آن را از برق جدا کنید؛
- هنگام روشن‌کردن، همیشه از خاموش بودن دگمه سنگ فرز مطمئن شوید، سپس دوشاخه را به برق وصل کنید؛
- در صورت پرتاب پلیسه به چشم فوراً به چشم‌پزشک مراجعه کنید؛
- هرگز سعی نکنید با گوشه اسکناس، کاغذ، دستمال‌کاغذی و غیره پلیسه را از چشم بیرون آورید، زیرا این کار باعث آسیب به قرنیه می‌شود؛
- تا توقف کامل سنگ فرز آن را جابه‌جا و بلند نکنید؛
- صفحه سنگ‌های مستعمل را در ظروف مخصوص جمع‌آوری نمایید؛
- سیم برق دستگاه فرز روزانه قبل از شروع کار از نظر بریدگی و لخت شدگی بررسی شود؛
- افزودن خودسرانه طول سیم برق دستگاه فرز ممنوع است؛
- برای تعمیر دستگاه فرز از یک برق‌کار متخصص کمک بگیرید؛
- با دستگاه فرز با همکاران خود شوخی نکنید؛
- برای جلوگیری از خطرات فیوم‌ها و گازهای ناشی از فرایند جوشکاری از ماسک‌های نوع A ترجیحاً مجهز به FFP2 استفاده نمایید.

د) راهنمای ایمنی در عملیات جوشکاری مختص گروه D (فورمن، فیتر و کمک‌فیتر):

رعایت موارد زیر به‌عنوان اقدامات اختصاصی فعالیت گروه D نیز الزامی است:

- فورمن:

اینکه فورمن به‌عنوان سرپرست کارگران عملیاتی به‌حساب می‌آید، در صورت قرارگرفتن وی در موقعیت هر کدام از گروه‌های کاری، رعایت موارد اختصاصی گروه مزبور نیز الزامی است.

- فیتر و کمک‌فیتر:
  - راننده ساید بوم در جابه‌جایی لوله‌ها باید آموزش کافی را دیده باشند؛
  - فقط افرادی که آموزش‌دیده و دارای مهارت کافی هستند مجازند در امور لوله‌گذاری و Fit Up فعالیت کنند؛
  - فیتر و کمک‌فیتر می‌بایست آگاهی کامل با ریسک‌های شغلی خود مانند سقوط از ارتفاع، افتادن اجسام روی پا و غیره داشته باشند؛
  - هنگام قراردادن لوله‌ها حتماً زیر آنها از تکیه‌گاه استفاده شود؛
  - فیتر و کمک فیتر باید مراقب افتادن، در رفتن و سرخوردن لوله‌ها باشند؛
  - فیتر هنگام استفاده از قرقره زنجیر به ظرفیت مجاز آن توجه کند؛
  - همیشه اطراف محل می‌بایست از وسایل اضافه، چوب، تخته، قطعات بریده شده لوله، ضایعات و غیره پاك گردد؛
  - برای ارتباط با راننده ساید بوم از تجهیزات الکترونیکی مانند بی‌سیم استفاده کنند؛
  - -همیشه ارتباط چشمی خوبی با راننده ساید بوم داشته و راننده را ببینند؛
  - از علامت دستی واضح و قابل‌درک برای راننده استفاده کنند؛
  - فیتر درهرحال نسبت به لوله مسلط و دید کافی داشته باشد؛
  - مطمئن شوید راننده ساید بوم به‌خوبی علامت شما فهمیده و درك کرده باشد؛
  - افراد متفرقه را از محل دور کنید و اطراف محل کار تابلو ایمنی و نوار خطر قرار دهید؛
  - خطراتی نظیر کانال‌ها و مناطق گودبرداری شده را کنترل کنید؛
  - فیتر و کمک‌فیتر از وسایل حفاظت فردی مناسب مانند کفش و کلاه، دستکش ایمنی، جلیقه شبرنگ‌دار و سوت استفاده کنند؛
  - قلاب ساید بوم روی مرکز لوله قرار داده و لوله را به‌آرامی بلند کنید؛
  - برای کنترل حرکات لوله از طناب مهار استفاده کنید؛
  - هرگز لوله را روی سر نفرات جابه‌جا نکنید؛
  - در شرایط جوی نامناسب مانند بادوباران شدید، برف و غیره عملیات باید متوقف شود؛
  - تا حد ممکن سعی شود ارتباط دوستانه و صمیمی با راننده ساید بوم داشته باشید؛

- نسبت به کار خود مسئولیت داشته و پاسخگو باشند؛
- از نزدیک‌شدن بیش از حد ساید بوم به لبه کانال جلوگیری شود و برای این کار از موانع یا فرد راهنما کمک گرفته شود؛
- برای جلوگیری از خطرات فیوم‌ها و گازهای ناشی از فرایند جوشکاری از ماسک‌های نوع A ترجیحاً مجهز به فیلتر FFP2 استفاده نمایید.

مراجع

1- Sinnes K. (Editor), Welding handbook Vol. 4 (Materials and Applications, Part 1). 9th Ed., AWS, 2011.
۲- راهنمای ایمنی در عملیات جوشکاری و برشکاری، شرکت ملی نفت ایران، مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست، ۱۳۹۵.
۳- آیین‌نامه ایمنی کار در ارتفاع، شورای عالی حفاظت فنی، وزارت کار و تأمین اجتماعی، ۱۳۸۹.
۴- آیین‌نامه ایمنی کار در فضای بسته، وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی، ۱۴۰۱.
۵- مقررات ایمنی جوشکاری، برشکاری و ساخت سازه های فلزی، شرکت مهندسی توسعه گاز ایران، ۱۳۹۲.

۱۴

فصل چهاردهم

اصول تهویه در جوشکاری و برشکاری

اصول تهویه در جوشکاری و برشکاری

۱-۱۴ مقدمه

قسمت اعظم بخارات ساطع شده در حین جوشکاری و برشکاری از ذرات ریز تشکیل شده است که برای مدت زمان قابل‌توجهی در جو معلق می‌مانند. غلظت بخارات در یک منطقه بسته می‌تواند در طی زمان ایجاد شود (با افزایش غلظت گازهایی که در حین فرایند ایجاد شده یا استفاده می‌شود). بسیاری از ذرات در نهایت روی دیوارها و کف می‌نشینند. با این حال، از آنجایی‌که بخارات بسیار سریع‌تر از ته‌نشین شدن، تولید می‌شوند، غلظت بخارات باید با تهویه کنترل شود.

هوای پاک برای عملیات جوشکاری توسط سیستم‌های تهویه‌ای که معمولاً از سیستم‌های اگزوز خروجی موضعی و سیستم‌های اگزوز خروجی عمومی تشکیل شده‌اند، تأمین می‌شود. کارآمدترین روش کنترل آلاینده‌ها در منطقه اجرای جوشکاری در کارگاه، تهویه موضعی اگزوز خروجی است که آلاینده‌ها را در مکان یا در نزدیکی منبع آنها جذب می‌کند. هیچ سیستم تهویه موضعی اگزوز خروجی، ۱۰۰٪ در جذب بخارات مؤثر نیست. در مواردی‌که استفاده از تهویه موضعی ممکن است به دلیل اندازه یا متحرک‌بودن ناحیه جوش امکان‌پذیر نباشد، تهویه عمومی برای رقیق کردن آلاینده‌هایی که توسط سیستم تهویه موضعی جذب نشده‌اند مورد نیاز است.

تهویه مناسب و با توزیع یکنواخت، کلیدی برای جلوگیری یا به‌حداقل‌رساندن خطرات و آسیب‌های تنفسی است. تهویه مناسب باید برای کلیه عملیات‌های جوشکاری، برشکاری، لحیم‌کاری و عملیات مربوطه فراهم شود. تهویه مناسب، تهویه‌ای است که با استفاده از آن، پرسنل در معرض غلظت‌های خطرناک آلاینده‌های موجود در هوای کمتر از حد مجاز تعیین‌شده توسط مقامات بررسی کننده نباشند.

جوشکارها باید همیشه اقدامات احتیاطی را انجام دهند تا ناحیه تنفسی خود را دور از بخارات نگه دارند؛ حتی زمانی که نمونه‌برداری از اتمسفر نشان می‌دهد که غلظت آلاینده‌ها از حد مجاز فراتر نیست، حرکت هوا باید همیشه از دو طرف جوشکار به صورت جانبی جریان داشته باشد. جریان هوای جانبی باعث می‌شود جوشکار راحت‌تر از مسیر بخارات حفظ شود و بخارات و گازها از کلاه جوشکاری دور نگه داشته شوند. هوا نباید به سمت صورت یا پشت جوشکار دمیده شود زیرا ممکن است بخارات را وارد ناحیه تنفس کند.

روش‌های تهویه بسیاری در دسترس هستند؛ از همرفت طبیعی گرفته تا دستگاه‌های موضعی، مانند کلاه‌های جوشکاری با تهویه هوا. سایر روش‌های تهویه شامل تهویه طبیعی، تهویه مکانیکی منطقه عمومی، هود اگزوز خروجی بالای سر، دستگاه‌های اگزوز خروجی موضعی قابل‌حمل، جریان رو به پایین، جریان متقاطع، میزهای آب و استخراج‌کننده‌های تعبیه شده در تجهیزات جوشکاری.

● ۲-۱۴ تهویه عمومی

تهویه عمومی در فضای باز، به طور طبیعی و در زیر سقف، زمانی که درها و / یا پنجره‌های کارگاه باز هستند اتفاق می‌افتد. در بیشتر موارد، تهویه عمومی برای حفاظت از پرسنل در مناطق مجاور، مؤثرتر است تا برای حفاظت از جوشکارهای قرار گرفته در موضع جوشکاری. در صورت برقراری همه شرایط زیر، تهویه طبیعی اغلب غلظت آلاینده‌ها را در حد مجاز نگه می‌دارد:

۱. فضای کاری بیش از ۲۸۴ متر مکعب برای هر جوشکار فراهم شده باشد؛
۲. ارتفاع سقف بیشتر از ۴/۹ متر باشد؛
۳. جوشکاری در یک فضای بسته انجام نشود؛
۴. ناحیه عمومی جوشکاری عاری از پارتیشن، بالکن، یا سایر موانع ساختاری که به طور قابل‌توجهی مانع تهویه متقاطع می‌شود، باشد؛
۵. مواد سمی دارای حد مجاز در معرض قرار گرفتن کم، عمداً به عنوان اجزای تشکیل‌دهنده حضور نداشته باشند (کارفرما باید به برگه داده‌های ایمنی مواد مراجعه کند).

هنگامی که تهویه طبیعی کافی نیست، ممکن است از فن‌ها برای هدایت کردن مقدار مورد نیاز هوا استفاده شود. اثربخشی تهویه عمومی، چه طبیعی و چه با استفاده از فن، به طراحی سیستم بستگی دارد. تهویه‌ای که هوای تازه وارد می‌کند و هوای آلوده را خارج می‌کند باید در محل کار به گونه‌ای تعبیه شود که بخارات و گازهای جوشکاری را دور نماید (نه اینکه در مناطق مرده متمرکز شوند). در برخی موارد، منبع هوای تازه ممکن است طوری قرار بگیرد که هوای تازه ورودی، حفاظت لازم را برای جوشکارها و پرسنل حاضر در منطقه عمومی فراهم کند. اگر این مسئله امکان‌پذیر نباشد، ممکن است به تهویه مکانیکی عمومی برای تکمیل تهویه موضعی نیاز باشد تا سطح آلاینده‌های موجود در هوا، در سطوح قابل قبول حفظ شود.

● ۳-۱۴ تهویه موضعی

اگرچه تهویه عمومی می‌تواند به کنترل سطوح آلودگی در محل کار کمک کند، اما معمولاً تهویه موضعی کافی برای محافظت از پرسنل فراهم نمی‌کند. تهویه موضعی اگزوز خروجی معمولاً مؤثرترین راه برای ایجاد حفاظت در ایستگاه‌های کاری است. تهویه موضعی که کنترل کارآمد و مقرون به صرفه بخارات را فراهم می‌کند، میتواند با روش‌های مختلفی از جمله موارد زیر انجام شود:

۱. هود باز یا بسته ثابت؛
۲. هود متحرک با یک مجرای انعطاف پذیر؛
۳. میز با جریان رو به پایین یا جریان متقاطع؛
۴. میز آب؛
۵. تجهیزات حذف بخارات نصب شده بر روی گان جوشکاری.

هود باز یا بسته ثابت حداقل دارای یک بخش بالای و دو بخش کناری است. هود باید از جریان هوا و سرعت کافی برای نگه داشتن سطوح آلاینده در حد مجاز یا کمتر از حد مجاز برخوردار باشد. این هود باید به جریان هوای کافی اجازه دهد تا حداکثر سرعت ۳۰ متر بر دقیقه، در ناحیه جوش ایجاد شود. در صورت استفاده از نرخ جریان گاز محافظ کافی، سرعت هوای ۳۰ متر بر دقیقه در حین جوشکاری، محافظت گازی جوشکاری‌های با گاز محافظ را مختل نمیکند. سرعت هوای بالاتر ممکن است محافظت گازی را مختل کرده و آن را کم اثر کند. این روش ارائه تهویه موضعی، در شکل ۱۴-۱ نشان داده شده است.

شکل ۱۴-۱: هودهای متحرک در نزدیکی قوس‌های جوشکاری قرار گرفته‌اند

الزامات جریان هوا از ۴/۲ مترمکعب بر دقیقه در زمانی که هود در فاصله ۱۰۰ میلی‌متر تا ۱۵۰ میلی‌متر از محل جوش قرار می‌گیرد، تا ۱۷ متر مکعب بر دقیقه در زمانی که هود در فاصله ۲۵۰ میلی‌متر تا ۳۰۰ میلی‌متر از محل جوشکاری می‌باشد، متغیر است. این الزامات به‌ویژه برای کارهایی که روی میز کار انجام می‌شوند قابل استفاده است، ولی ممکن است برای هر مکان دیگری نیز استفاده شود (مشروط بر اینکه هود در صورت لزوم جابجا شود).

یک شرکت اخیراً سیستم تهویه‌ای را معرفی کرده است که یک ناحیه فشار منفی ایجاد می‌کند که به طور قابل‌توجهی فاصله جذب ذرات جوش را افزایش می‌دهد. این فناوری علاوه بر کشیدن هوا به داخل بازوی مکنده، هوای تصفیه شده تمیز را با یک زاویه تقریباً ۹۰ درجه از بازو خارج می‌کند که یک ناحیه فشار منفی بزرگ ایجاد می‌نماید. این ناحیه فشار منفی نوعی پرده را تشکیل می‌دهد که ذرات بخارات جوش را به سمت مرکز بازو هدایت می‌کند و جذب را به حداکثر می‌رساند و ناحیه جذب را تا عمق ۱/۵ متر و عرض ۱/۲ متر افزایش می‌دهد.

یکی دیگر از روش‌های دستیابی به تهویه موضعی، میز جریان متقاطع یا رو به پایین است. میز جریان متقاطع، یک میزکار جوشکاری با هود اگزوز خروجی برای کشیدن هوا به صورت جانبی در سراسر میز است. میز جریان رو به پایین، دارای یک شبکه به عنوان سطح کار و یک هود اگزوز خروجی در زیر است که هوا را به سمت پایین می‌کشد و از سر جوشکار دور می‌کند.

میز آب یکی دیگر از تکنیک‌های مورد استفاده برای تهویه موضعی محل کار است. این میز برشکاری که عمدتاً برای عملیات‌های برشکاری گازی اکسی‌سوخت و قوس پلاسما استفاده می‌شود، با آب قرار گرفته در نزدیکی سطح زیرین یا در تماس با سطح زیرین قطعه‌کار، پُر می‌شود. مقدار زیادی از بخاری که از برشکاری خارج می‌شود، توسط آب جذب می‌شود.

تجهیزات حذف دود و بخارات نصب شده بر روی گان جوشکاری، که اغلب برای جوشکاری قوسی توپودری خود محافظ استفاده می‌شود، بخارات را در نقطه جوش می‌مکد و سطح دود و بخارات را به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌دهد. نرخ اگزوز خروجی باید طوری تنظیم شود که با الگوی گاز محافظ ارائه شده توسط فرایند جوشکاری تداخلی نداشته باشد. مشعل استخراج دود برای جوشکاری قوسی فلز گاز، در شکل ۱۴-۲ نشان داده شده است.

شکل ۱۴-۲: مشعل استخراج بخارات GMAW

هنگامی که گازها و ذرات خطرناک به اندازه کافی حذف شده باشند، ممکن است بتوان بخشی یا تمام هوای پاک شده را دوباره به گردش درآورد تا هزینه‌های گرمایش و سرمایش را کاهش داد. با این حال، برخی از پاک‌کننده‌های هوا، گازها را حذف نمی‌کنند؛ بنابراین باید هوای فیلتر شده اتاق، تحت کنترل قرار گیرد تا از تجمع غلظت گازهای مضر جلوگیری شود.

● ۴-۱۴ جوشکاری در فضای بسته

فضاهای بسته شامل بخش‌هایی از مکان‌های فعالیت صنعتی همچون گودال‌ها، کشتی‌ها، مخازن، طاق‌ها، حفره‌های ورود انسان، قیف‌ها و غیره می‌شود. فضاهای بسته به فضاهایی گفته می‌شود که برای سکونت مداوم انسان طراحی نشده‌اند، وسایل خروج محدودی دارند و به اندازه‌ای بزرگ هستند که یک کارگر بتواند با بدن وارد آن شود و کار را انجام دهد.

یک فضای بسته نیازمند مجوز، علاوه بر یک یا چند مورد از ویژگی‌های زیر، تمام ویژگی‌های یک فضای بسته ذکر شده در بالا را دارد:

۱. حاوی یا دارای پتانسیل شناخته شده برای در برداشتن یک اتمسفر خطرناک است؛

۲. حاوی یک ماده با پتانسیل غرق کردن فرد وارد شونده است؛

۳. دارای یک پیکربندی داخلی به گونه‌ای است که یک فرد وارد شونده ممکن است توسط دیوارهای همگرا به داخل، یا کفی که به سمت پایین شیب دارد و به سطح مقطع کوچک‌تری منتهی می‌شود، به دام افتاده یا خفه شود؛
۴. حاوی هرگونه خطر جدی ایمنی یا سلامتی شناخته شده دیگری باشد.

فضای بسته به عنوان فضای کوچک یا محدودی که در آن به دلیل اندازه یا شکل فضا، ممکن است تهویه ضعیفی وجود داشته باشد نیز تعریف شده است. پرسنل جوشکاری که در فضاهای بسته کار می‌کنند، در معرض خطرات جدی بهداشتی و ایمنی، مانند اتمسفرهای خفه‌کننده یا قابل‌اشتعال هستند. اتاق‌های کوچک، کوره‌ها، محفظه‌های کشتی، مخازن راکتور و تانک‌های ذخیره‌سازی، نمونه‌هایی از فضاهای بسته هستند.

تهویه در فضاهای بسته باید وجود میزان اکسیژن کافی برای محافظت از زندگی را تضمین کند. علاوه بر این، باید آلاینده‌های موجود در هوا را در اتمسفرهای تنفسی در حد توصیه شده یا کمتر از حد مجاز نگه دارد و از تجمع مخلوط‌های قابل‌اشتعال جلوگیری کند. همچنین باید در صورت لزوم از تهویه برای جلوگیری از وقوع اتمسفرهای غنی شده با اکسیژن و یا با اکسیژن کم استفاده کرد، زیرا سطح اکسیژن باید بین ۱۹/۵٪ و ۲۳/۵٪ (به صورت حجمی) باقی بماند. به عنوان مرجع، هوای طبیعی حاوی تقریباً ۲۱ درصد حجمی اکسیژن است. فقط هوای تمیز و قابل‌تنفس باید برای تهویه استفاده شود. استفاده از اکسیژن خالص، سایر گازها یا مخلوط گازها برای اهداف تهویه ممنوع است.

بدون تأمین غلظت مناسب اکسیژن، جوشکاران ممکن است خفه شوند، بیهوش شوند و احتمالاً بدون علائم هشداردهنده ظاهری بمیرند. لازم به ذکر است که در مناطق بسته، اتمسفرهای غنی شده با اکسیژن، به ویژه آنهایی که بیش از ۲۵ درصد اکسیژن دارند، خطرات دیگری نیز دربردارند که اغلب به دلیل افزایش خطر احتراق سریع و آتش‌سوزی است. بنابراین، ممکن است لباس‌ها به شدت بسوزند، لباس‌ها یا پارچه‌های آغشته به روغن یا چربی خودبه‌خود آتش بگیرند و کاغذ شعله‌ور شود، که همگی این موارد می‌توانند باعث سوختگی شدید یا حتی کشنده شوند.

مناطق بسته باید به منظور بررسی گازها و بخارات سمی یا قابل‌اشتعال و حضور مداوم سطوح کافی اکسیژن، قبل از ورود و در حین قرارگیری در محل آزمایش شوند.

این آزمایشات باید با ابزارهای مورد تأیید مراجع ایمنی انجام شود. همچنین توصیه می‌شود که از یک سیستم نظارت مداوم با هشدارهای صوتی استفاده شود. توجه به این نکته ضروری است که همین اقدامات احتیاطی ایمنی در سایر مناطق نیز اعمال می‌شود. به عنوان مثال، گازهایی که از هوا سنگین‌تر هستند، مانند آرگون، متیل استیلن-پروپادین (MPS)، پروپان و دی‌اکسید کربن ممکن است در گودال‌ها، کف مخازن، مناطق کم ارتفاع و طبقات نزدیک تجمع پیدا کنند. همچنین به عنوان مثال، گازهایی که از هوا، هلیوم و هیدروژن سبک‌تر هستند، ممکن است در بالای مخازن، مناطق مرتفع و نزدیک سقف تجمع کنند.

هر زمان که در کار گرم در فضای بسته، امکان قرار گرفتن در معرض مواد زیر وجود داشته باشد، لازم است که از تهویه اگزوز خروجی موضعی مناسب یا محافظ تنفسی با تأمین هوا استفاده شود:

۱. ترکیبات فلوئور (فلاکس‌ها و پوشش‌ها)؛
۲. کروم (فولاد زنگ‌نزن، سخت‌کاری سطحی)؛
۳. روی؛
۴. سرب؛
۵. کادمیوم؛
۶. جیوه؛
۷. برلیم (اگزوز خروجی موضعی و هوای تأمین شده، مورد نیاز است).

اگر نمی‌توان از تهویه مناسب اطمینان حاصل کرد، پرسنل فاقد آموزش مناسب و تجهیزات حفاظت فردی هرگز نباید وارد محل کار بسته شوند. جوشکاران، برشکارها و سایر پرسنلی که در چنین مناطقی کار می‌کنند، باید از دستگاه تنفسی تأییدشده با فشار مثبت هوا استفاده کنند.

آنها همچنین باید یک منبع هوای اضطراری برای مدت حداقل پنج دقیقه، در صورت ازکارافتادن منبع اصلی هوا داشته باشند. فرد دیگری که از تجهیزات ایمنی مشابه استفاده می‌کند نیز باید حضور داشته باشد. هنگامی که کار در مناطق بسته در اتمسفرهایی که به سرعت برای زندگی و سلامتی خطرناک است انجام می‌شود، افراد حاضر آگاه در رابطه با روش‌های نجات باید در خارج از منطقه مستقر شوند. هر فرد حاضر باید دستگاه تنفس مستقل خود را داشته باشد.

علاوه بر آزمایش شرایط اتمسفر، کارگران حاضر در فضای بسته باید اقدامات احتیاطی بیشتری را انجام دهند. از آنجایی‌که ممکن است از سیلندرهای گاز فشرده، گازها یا مواد فرّار نشت نماید، باید این سیلندرها در خارج از مناطق بسته قرار بگیرند. منابع برق جوشکاری نیز باید در خارج از هر فضای بسته‌ای قرار بگیرد تا خطر برق‌گرفتگی و خفگی ناشی از اگزوز موتور کاهش یابد. پرسنل باید سریعاً بتوانند در مواقع اضطراری خارج شوند. کسانی که از کمربند ایمنی و طناب نجات استفاده می‌کنند باید اطمینان حاصل کنند که این تجهیزات به درستی پوشیده شده باشند تا در هنگام خروج از آن، دچار گره خوردن یا گیر کردن نشوند.

عملکرد کوره‌های لحیم‌کاری نیز خطرات بالقوه‌ای دارد. این کوره‌ها که نوعی فضای بسته هستند، از اتمسفرهای مختلفی از جمله خلأ، گاز بی‌اثر، گاز قابل‌اشتعال یا محصولات احتراق گاز قابل‌اشتعال استفاده می‌کنند. بنابراین، خطرات، شامل تجمع بخارات یا گازهای خطرناک در محل کار، ایجاد مخلوط‌های انفجاری از هوا و گاز قابل‌اشتعال و خفگی پرسنل می‌باشند.

● مرجع

1- Sinnes K. (Editor), Welding handbook Vol. 1 (Welding and cutting science and technology). 10th Ed. ,AWS, 2018.

۱۵

فصل پانزدهم

شناخت اصول مدیریت بحران و واکنش در شرایط اضطراری در عملیات جوشکاری و برشکاری

شناخت اصول مدیریت بحران و واکنش در شرایط اضطراری در عملیات جوشکاری و برشکاری

۱۵-۱ مقدمه

جای تعجب نیست که بدانیم در بین فرایندهای صنعتی و تولیدی، عملیات جوشکاری خطرات قابل‌توجهی را نه تنها برای کارکنان بلکه برای اموال، تجهیزات و سایر دارایی‌های فیزیکی به همراه دارد. طبق گزارش اداره ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا، سالانه بیش از نیم میلیون کارگر در معرض خطرات رایج در حرفه جوشکاری قرار می‌گیرند که اغلب منجر به صدمات، ایجاد هزینه و کاهش بهره‌وری می‌شود. در مواجهه با احتمال آسیب جدی یا حتی کُشنده در محل کار، چگونگی جلوگیری از صدمات ناشی از جوشکاری از اهمیت خاصی برخوردار است.

۱۵-۲ تعریف بحران

بحران هر رویداد برنامه‌ریزی نشده‌ای است که می‌تواند منجر به مرگ یا جراحات قابل‌توجه شود، باعث تعطیلی شود، در فعالیت‌ها اختلال ایجاد کند، باعث آسیب فیزیکی یا زیست‌محیطی شود و یا اعتبار مجموعه را تهدید کند. بحران‌های زیادی وجود دارد اما به طور کلی عبارتند از:

۱. آتش؛
۲. حادثه مواد خطرناک؛
۳. سیل؛
۴. طوفان؛
۵. گردباد؛
۶. کولاک زمستانی؛

۷. زلزله؛
۸. قطع ارتباطات؛
۹. حادثه تشعشعات رادیولوژیکی؛
۱۰. اغتشاش مدنی؛
۱۱. ازدست‌دادن خدمات کمک‌رسانی؛
۱۲. انفجار؛
۱۳. انتشار عامل بیولوژیکی (بیوتروریسم).

یک فاجعه، یک وضعیت بحرانی در مقیاس بزرگ است. حتی یک بحران کوچک مدیریت نشده نیز ممکن است به یک فاجعه تبدیل شود.

● ۱۵-۳ مراحل مدیریت بحران

هر مدیریت بحرانی باید با جمع‌آوری فهرستی از خطرات و ارزیابی مواجهه با این خطرات شروع شود. پیامدهای زیرساختی احتمالاً به عنوان مواردی که بیشترین خطر را ایجاد می‌کنند دیده می‌شوند. مراحل کلیدی در مدیریت بحران عبارتند از:

۱. تعدیل (پیشگیری)؛
۲. آمادگی؛
۳. واکنش؛
۴. بازیابی.

تعدیل یا پیشگیری به عنوان اقدام مستمری که خطرات درازمدت برای افراد و اموال ناشی از خطرات طبیعی و اثرات آنها را کاهش می‌دهد یا از بین می‌برد، تعریف می‌شود. تعدیل، تلاش مداوم برای کاهش تأثیر بلایای طبیعی بر مردم و دارایی است. تعدیل شامل فعالیت‌هایی مانند اجتناب از ساخت‌وساز در مناطق پُرخطر مانند دشت‌های سیلابی، احداث ساختمان‌های مهندسی برای مقاومت در برابر باد و زلزله و غیره است.

آمادگی، به زبان ساده، تهیه‌دیدن برای یک موقعیت بحرانی قبل از وقوع آن است. بدیهی است که نه تنها برنامه‌ریزی، بلکه آماده‌سازی نیز مهم است. کلید مدیریت مؤثر بحران، آماده‌بودن برای ارائه پاسخ سریع اضطراری است. آمادگی، شامل آموزش و تمرین و همچنین تدارکات است. همه باید آماده باشند.

واکنش، شامل واکنش به شرایط بحرانی است. پرسنل آموزش‌دیده و مجهز برای مقابله با هر موقعیت بحرانی موردنیاز خواهند بود.

بازیابی، فرایند بازگشت به حالت عادی است. نجات، ازسرگیری فرایندهای کسب و کار، و تعمیر، از وظایف معمول بازیابی محسوب می‌شوند.

۱۵-۴ خطرات بهداشتی و ایمنی در محل کار جوشکاری

در بخش تولید، رویه‌های کاربرد حرارت بالا مانند جوشکاری، لحیم‌کاری و برشکاری پلاسما را می‌توان در سراسر صنایع یافت. این فرایندها نه تنها برای کارگران بلکه برای مجموعه‌ای که در آن کار می‌کنند نیز خطرات احتمالی قابل‌توجهی را دربر خواهد داشت. چهار خطر رایج سلامت و ایمنی مرتبط با جوشکاری عبارتند از:

شوک الکتریکی - در بسیاری از عملیات‌های جوشکاری از تجهیزات جوشکاری قوس الکتریکی استفاده می‌شود که ولتاژ بالایی را به اجزای درحال‌اتصال می‌رساند. اتصال ضعیف الکترودها یا شرایط مرطوب می‌تواند منجر به برق‌گرفتگی جدی یا حتی مرگبار شود.

قرار گرفتن در معرض گازها و بخارات - عملیات جوشکاری گازها و بخارات را به محیط اطراف آزاد می‌کند. جوشکارانی که در معرض این گازهای مضر هستند ممکن است بیماری‌های تنفسی شدیدی را تجربه کنند و در معرض خطر بیشتری برای ابتلا به سرطان‌های خاص باشند.

خطرات فیزیکی - جوشکاران می‌دانند که خطرات فیزیکی در حین عملیات جوشکاری قابل‌توجه است. این خطرات شامل سوختگی، آسیب به چشم و گوش و صدمات مربوط به سقوط تجهیزات یا قطعه کار می‌شود.

آتش‌سوزی و انفجار - تجهیزات جوشکاری و برشکاری با نگهداری نامناسب یا وجود مواد قابل‌اشتعال در داخل و اطراف محل کار، اغلب منجر به آتش‌سوزی یا انفجار می‌شود. این خطرات را نمی‌توان نادیده گرفت، زیرا در صورت وقوع آتش‌سوزی، کل تأسیسات در خطر است.

۱۵-۵ مدیریت خطرات مرتبط با عملیات جوشکاری

صاحبان و مدیران تأسیسات تولیدی در مورد آسیب‌های محل کار مرتبط با عملیات جوشکاری، ریسک بزرگی را متقبل می‌شوند. بنابراین، مدیریت این خطرات به سنگ بنای ایمنی کلی محل کار تبدیل می‌شود. عوامل متعددی در برنامه مدیریت خطرات جوشکاری وجود دارد که به محافظت از کارگران و اموال در برابر ضرر کمک می‌کند.

در ابتدا ارزیابی خطرات محل کار باید جدی گرفته شود. شناسایی خطرات احتمالی قبل از اینکه منجر به آسیب یا حادثه آتش‌سوزی شود، پایه‌ای است که بر اساس آن برنامه مدیریت خطر ساخته می‌شود. هنگام بررسی خطرات احتمالی، روی موارد زیر تمرکز نمایید:

۱. تعمیر و نگهداری تجهیزات جوشکاری، برشکاری و لحیم‌کاری؛
۲. وجود مواد قابل‌اشتعال در ناحیه جوشکاری؛

۳. وجود یا عدم وجود سیستم‌های تهویه مناسب؛
۴. خطر لغزش و سقوط یا زمین‌خوردن در محل کار؛
۵. وجود یا عدم وجود خروجی‌های اضطراری مشخص؛
۶. وجود یا عدم وجود تجهیزات اطفای حریق در نزدیکی ایستگاه‌های جوشکاری.

برای محافظت از کارگران، وجود تجهیزات محافظ شخصی برای یک محل کار ایمن، حیاتی است. تجهیزات محافظت شخصی برای جوشکارها می‌تواند شامل لباس‌ها یا پیش‌بندهای ضدحریق، محافظ‌های صورت، محافظ‌های چشم و شنوایی، دستکش‌های ضخیم و کفش‌های کاری با پنجه فولادی باشد. اینها فقط چند مورد از تعداد زیاد تجهیزات محافظ شخصی که معمولاً در محل‌های کار جوشکاری یافت می‌شود، هستند. در برخی از عملیات‌ها ممکن است کارگران مجبور به پوشیدن ماسک تنفسی شوند؛ به‌ویژه زمانی که بخارات و گازهای خطرناک در طول فرایندهای تولید آزاد می‌شوند. در اکثر عملیات‌های جوشکاری، سیستم‌های تهویه ساختمان (که قرار گرفتن کارگران در معرض مواد خطرناک را کاهش می‌دهند) باید جزو تجهیزات حفاظت فردی در نظر گرفته شوند.

آموزش و بازآموزی کارگران یکی دیگر از اجزای حیاتی استراتژی مدیریت خطر است. آموزش کارکنان در مورد رویه ها و فرایندهای ایمنی‌محور تنها بخشی از آموزش است. تجهیزات و آموزش تخصصی نیز باید در کانون توجه قرار گیرد. فرهنگ ایمنی در محل کار با آموزش آغاز می‌شود و با درگیرکردن همه ذینفعان در این فرایند، شانس آسیب‌های مربوط به محل کار به طور چشمگیری کاهش می‌یابد.

با انجام این مراحل مدیریت خطر، پاسخگویی به این سئوال که «چگونه از صدمات ناشی از جوشکاری جلوگیری می‌کنید؟» آسان‌تر از همیشه می‌شود. عملیات‌های جوشکاری و برشکاری ذاتاً خطرناک هستند، اما با توجه کردن به بهبود ایمنی، تأسیسات تولیدی می‌توانند از مزایای بهره‌وری مداوم و کاهش صدمات کارگران بهره‌مند شوند.

● مراجع

1- U.S. Risk, Risk Management for Welding Operations. https://www.usrisk.com/2019/10/risk-management-for-welding-operations, Last access: 17.11.2021.

2- University of Mary Washington, Emergency Management. https://students.umw.edu/safety/emergency-management, Last access: 17.11.2021.

۱۶

فصل شانزدهم

مدیریت ریسک در عملیات جوشکاری و برشکاری و چک‌لیست ایمنی

مدیریت ریسک در عملیات جوشکاری و برشکاری و چک لیست ایمنی

۱۶-۱ کلیاتی در رابطه با مدیریت ریسک

استاندارد ISO 31000 دستورالعمل‌ها، اصول، چارچوب و فرایند مدیریت ریسک را فراهم کرده و هر سازمان بدون توجه به‌اندازه، فعالیت یا بخش خود می‌تواند از آن استفاده کند. از سوی دیگر، استاندارد ISO 31010 بیانگر تکنیک‌های ارزیابی ریسک بوده و به سازمان‌ها کمک می‌کند تا از طریق تکنیک‌های ارزیابی ریسک مخاطرات فرایندهای خود را کنترل کرده و به تصمیمات بهتری دست یابند.

قبل از واردشدن به بحث ارزیابی ریسک در صنعت جوشکاری و برشکاری، لازم است با برخی از تعاریف، مفاهیم و اصطلاحاتی که مبتنی بر استاندارد سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (ISO 45001) است آشنا شویم:

- خطر (Hazard): منبع با پتانسیل ایجاد جراحت و بیماری؛
- مخاطره (Danger): قرارگرفتن در معرض یک خطر؛
- رویداد (Incident): واقعه مرتبط با کار که در آن جراحت، بیماری یا مرگ اتفاق افتاده یا می‌توانست رخ بدهد؛
- حادثه (Accident): رویدادی است که منجر به جراحت، بیماری یا مرگ شود؛
- شبه‌حادثه (Near-miss): رویدادی است که در آن جراحت، بیماری یا مرگ رخ ندهد، اما پتانسیل آن را داشته باشد؛
- جراحت (Injury) و بیماری (Illness): اثر نامطلوب بر وضعیت فیزیکی (Physical)، ذهنی (Mental) و شناختی (Cognitive) یک فرد؛
- ریسک (Risk): اثر عدم قطعیت؛

- ریسک ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (OHS Risk) : ترکیب احتمال وقوع یک رویداد خطرناک مرتبط با کار یا مواجهه و شدت جراحت یا بیماری که می‌تواند از رویداد یا مواجهه ناشی شود؛
- شناسایی خطر (Hazard Identification): فرایند شناسایی وجود یک خطر و تعیین مشخصات آن؛
- آنالیز ریسک (RiskAnalysis): فرایند تعیین پارامترهای (احتمال و شدت) ریسک و تخمین ریسک؛
- ارزشیابی ریسک (Risk Evaluation): فرایند ارزشیابی ریسک ناشی از خطرات، باتوجه‌به کفایت هرگونه کنترل‌های موجود و تصمیم‌گیری در خصوص اینکه آیا ریسک قابل‌قبول است یا خیر؛
- ارزیابی ریسک (RiskAssessment): فرایندی است شامل شناسایی خطر، آنالیز ریسک و ارزشیابی ریسک؛
- ریسک قابل‌قبول (Acceptable Risk) : ریسکی که به سطحی کاهش‌یافته باشد که باتوجه‌به مقررات قانونی و خط‌مشی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای برای سازمان قابل‌تحمل باشد؛
- ایمنی (Safety): میزان یا درجه دور بودن از خطرات و یا در امان بودن از ریسک غیرقابل‌قبول یک خطر.

۲-۱۶ جایگاه شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک در استاندارد ISO 45001

یکی از مهم‌ترین عناصر و الزامات استاندارد سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (ISO 45001)، انجام شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک است و به عنوان قلب سیستم یاد می‌شود. واژه قلب بدین معنا است که این عنصر به سایر عناصر سیستم ورودی می‌دهد. به عنوان مثال، یکی از مهم‌ترین ورودی‌ها برای فرایند تدوین اهداف ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، نتایج حاصله از ارزیابی ریسک است و یا در تعیین نیازهای آموزشی کارکنان، افراد در معرض ریسک از اولویت بالاتری قرار دارند. طبق این الزامات، سازمان باید فرایندی برای انجام شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک به‌صورت پیوسته (Ongoing) و با رویکرد کنشی (Proactive) تدوین و اجرا نماید.

فرایند شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک باید حداقل فعالیت‌های معمول و غیرمعمول شامل خطرهای ناشی از موارد زیر را مدنظر قرار دهد:

۱- زیرساخت ها، تجهیزات، مواد و شرایط فیزیکی محیط کار؛

۲- طراحی، تحقیق، توسعه، بازرسی، تولید، مونتاژ، ساخت، ارائه خدمات، نگهداری و تعمیرات؛

۳- عوامل انسانی؛

۴- چگونگی انجام کار.

مطابق الزامات قانونی و همچنین الزامات استاندارد سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، انجام شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک در کلیه فعالیت‌ها و فرایندها در محیط کار الزامی است. علاوه بر این، انجام آن در موارد ذیل ضروری است:

- بازنگری ایمنی برای شروع پروژه‌ها جهت اطمینان از رعایت الزامات ایمنی در فاز طراحی؛
- شناسایی و تجزیه‌وتحلیل خطر در جهت تدوین و بازنگری دستورالعمل‌های ایمنی؛
- بازنگری ایمنی قبل از شروع به‌کار تجهیزات و فرایند تولید؛
- بازنگری الزامات ایمنی به‌ویژه پس از وقوع رویداد.

مناسب‌ترین زمان جهت شروع ارزیابی ریسک در فاز طراحی است. بااین‌وجود، ارزیابی ریسک مداوم به‌عنوان اولویت مهم در طول چرخه حیات هر سیستم است. ارزیابی ریسک یک پیش‌نیاز اساسی، قبل از انجام هرگونه تغییر در محیط کار، فرایند، تجهیزات، مواد، روش کار و غیره است.

۱۶-۳ روش‌ها و تکنیک‌های مختلف ارزیابی و مدیریت ریسک

روش‌های مختلف ارزیابی ریسک را می‌توان مطابق جدول زیر به سه گروه روش‌های کیفی، روش‌های کمی و نیمه‌کمی و روش‌های ترکیبی مطابق جدول ۱۶-۱ تقسیم بندی کرد:

جدول ۱۶-۱: برخی روش‌ها و تکنیک‌های مختلف ارزیابی و مدیریت ریسک

روش‌های کیفی	روش‌های کمی و نیمه کمی	روش‌های ترکیبی
Checklist (چک‌لیست)	QRA	FTA
What it (چه چیزی)	CREA	ETA
SafetyAudit (ممیزی ایمنی)	Frank & Morgan	CCA
TaskAnalysis (آنالیز وظیفه)	William Fine	HEAT HFEA
Step Techniques (تکنیک‌های مرحله‌ای)	3D melbourne	P&P JHP
Hazop	Nigel Bauer	FMEA
PHA	QADs	FMECA
PHL	WRA	JHA
SSHA	DMRA	ERBA
SHA	PRAT	
O&SHA		
HHA		
SRCA		
SWSA		

● ۴-۱۶ ارزیابی ریسک با تکنیک آنالیز حالات بالقوه شکست و آثار آن (FMEA)[1]

تکنیک FMEA یک روش استقرایی از جزء به کل است که جهت ارزیابی اثرات حالت‌های نقص بالقوه بر روی سیستم‌ها، اجزا، وظایف و عملکردها به‌کار می‌رود و یک تکنیک مهندسی به منظور مشخص‌کردن و حذف خطاها، مشکلات و اشتباهات بالقوه موجود سیستم، فرایند تولید و ارائه خدمات، قبل از وقوع می‌باشد. این روش می‌کوشد تا حد ممکن خطرات بالقوه موجود در محدوده‌ای که در آن ارزیابی ریسک انجام می‌گیرد و نیز علل و اثرات مرتبط با آن خطرات را شناسایی و اولویت‌بندی نماید. یکی از عوامل موفقیت FMEA زمان اجرای آن است. این تکنیک برای آن طرح‌ریزی شده است که «یک اقدام قبل از واقعه باشد» نه «یک تمرین بعد از آشکار شدن مشکلات». به بیانی دیگر، یکی از تفاوت‌های اساسی FMEA با سایر تکنیک‌ها این است که FMEA یک اقدام کنشی است، نه واکنشی. این تکنیک اگر درست و به‌موقع اجرا شود، فرایندی زنده و همیشگی است؛ یعنی هر زمان که قرار است تغییرات بنیادی در طراحی محصول انجام گیرد باید به‌روز شود و لذا همواره ابزاری پویاست که در چرخه بهبود مداوم به‌کار می‌رود. هدف از اجرای FMEA جستجوی تمام مواردی است که قبل از اینکه محصول به مرحله تولید برسد و یا فرایند آماده تولید شود، باعث شکست یک محصول می‌شود.

یک فرایند مدیریت و ارزیابی ریسک به روش FMEA شامل دو مرحله است: تکمیل فرم FMEA و سپس ادغام نتایج فرم FMEA در اجرای پروژه.

مرحله اول دارای سه‌گام اساسی است که هرکدام شامل تکمیل ستون‌های مختلف در فرم مربوطه است.

گام اول – شناسایی حالات خرابی: حالت‌های شکست معادل رویدادهای خطر خرابی تجهیز و ریسک دارایی هستند.

گام دوم – برآورد احتمال وقوع هر ریسک: این گام شامل شناسایی علل و احتمال آن‌ها است.

گام سوم – تعیین نحوه تشخیص وقوع حالات خرابی: درواقع اطمینان از امکان تشخیص زودهنگام بسیار مهم است.

پس از تکمیل شناسایی ریسک، تیم FMEA باید سه جنبه از هر ریسک شناسایی‌شده را به‌صورت کمی با استفاده از اختصاص‌دادن عددی از ۱ تا ۱۰ طبق جدول مشخص کند:

۱. شدت اثر؛
۲. احتمال وقوع؛
۳. توانایی تیم در تشخیص رویداد.

آخرین مرحله ارزیابی ریسک به روش FMEA یافتن عدد اولویت ریسک (RPN)، برای هر اثر است که به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

تشخیص هر شکست × وقوع آن × شدت اثر = عدد اولویت ریسک (RPN)

1. Failure Modes & Effects Analysis

عدد به‌دست‌آمده به‌تنهایی معنا و مفهومی ندارد؛ بلکه این عدد باید در مقایسه با سایر اعداد مورد بررسی قرار گیرد. سپس، نتایج به ترتیب نزولی RPN مرتب می‌شوند. خطرات با بالاترین RPN، تأثیر منفی بالایی دارند و با احتمال زیاد رخ می‌دهند و تشخیص آن‌ها دشوار خواهد بود.

۱۶-۵ مطالعات موردی ارزیابی ریسک در عملیات جوشکاری

در ادامه، نتیجه ارزیابی ریسک به روش FMEA در دو مطالعه موردی مرتبط با جوشکاری ذکر شده است:

الف) ارزیابی و تحلیل عوامل خطر در کارگاه‌های جوشکاری در شهرستان زابل:

نتیجه این ارزیابی ریسک که توسط قلع‌جهی و نجاری صورت پذیرفت، در جدول ۱۶-۲ گردآوری شده است.

جدول ۱۶-۲ عدد اولویت ریسک انواع خطرات در کارگاه‌های جوشکاری زابل

شماره کارگاه	جزء دستگاه	حالت شکست بالقوه	اثر شکست بالقوه	شدت اثر (S)	علل شکست بالقوه	احتمال وقوع	درجه‌ی شناسایی	RPN	اقدام اصلاحی
۱	سنگ فرز	شکستن صفحه	احتمال آسیب به دست	۳	وارد کردن فشار زیاد	۴	۴	۴۸	سرویس به موقع دستگاه
	قیچی ورق‌بری	کند شدن قیچی	وارد شدن فشار زیاد به دست برای برش	۳	کند شدن تیغه به علت برش ورق‌های قبلی ضخیم	۵	۴	۶۰	سرویس به موقع- تیز کردن تیغه
۲	ترانس جوش	سوختن سیم‌پیچ	از کار افتادن دستگاه- احتمال آتش‌سوزی	۷	گرمای محیط کار دائم روشن بودن دستگاه	۵	۳	۱۰۵	تهویه‌ی مناسب- خاموش کردن دستگاه برای سرد شدن
	اره‌ی آتیشی	شکستن تیغه	احتمال پرت شدن تراشه به سمت چشم و صورت	۶	فشار آوردن زیاد به دستگاه	۵	۵	۱۵۰	سرویس به موقع- تجهیزات ایمنی
۳	سنگ فرز	سوختن موتور الکتریکی	از کار افتادن دستگاه	۲	استفاده برای برش بیش از توان دستگاه	۴	۴	۳۲	استفاده برای برش‌های در حد توان دستگاه
	دریل	شکستن مته	احتمال آسیب دیدن دست کارگر	۳	استفاده از مته‌ی نامناسب	۶	۵	۹۰	استفاده از مته‌های مناسب برای دریل
۴	اره‌ی برقی	سوختن موتور الکتریکی	از کار افتادن دستگاه	۵	گیر کردن تیغه در آهن در حال برش	۳	۴	۶۰	سرویس به موقع دستگاه و تعویض تیغه
	قیچی دستی	رها شدن دسته‌ی قیچی	احتمال آسیب به بدن کارگر	۳	عدم رعایت اصول ایمنی	۴	۵	۶۰	رعایت اصول ایمنی در حین استفاده از دستگاه
۵	تراش جوش	سوختن سیم‌پیچ	احتمال آتش‌سوزی- عدم عملکرد دستگاه	۷	عدم سرویس به موقع- گرمای زیاد محیط	۴	۵	۱۴۰	سرویس به موقع- تهویه‌ی مناسب- استفاده از تجهیزات حفاظتی
	سنگ فرز	شکستن صفحه	آسیب به دست عدم عملکرد دستگاه	۳	عدم سرویس به موقع	۴	۳	۳۶	سرویس به موقع- استفاده از دستکش

ب) ارزیابی خطرات بالقوه پالایشگاه شیراز:

نتیجه این ارزیابی ریسک که توسط ابراهیم‌زاده و همکارانش صورت پذیرفت، در جدول ۱۶-۳ گردآوری شده است.

جدول ۱۶-۳ شناسایی و ارزیابی خطرات بالقوه جوشکاری در پالایشگاه شیراز و عدد RPN قبل و بعد از اقدامات اصلاحی

ردیف	فعالیت	خطرات	اثر خطرات	علت	شدت	احتمال وقوع	قابلیت کشف	RPN قبل	اقدامات کنترلی فعلی	اقدامات کنترلی پیشنهادی	اقدامات کنترلی انجام شده	شدت	احتمال وقوع	قابلیت کشف	RPN بعد
۱	جوشکاری	مواجهه تشعشعات (برق زدگی چشم)	مصدومیت	استفاده نکردن از ماسک و عینک	٦	٥	٤	۱۲۰	استفاده از ماسک	آموزش و بازرسی	-	٦	۳	۲	۳٦
۲	جوشکاری	آتش سوزی	جانی - مالی	عدم پاک سازی محیط پیش از شروع کار	٦	٤	۳	۷۲	-	پاک سازی محیط و نصب کپسول اطفاء حریق	پاک سازی محیط و نصب کپسول اطفاء حریق	٦	۲	۲	۲٤
۳	جوشکاری	انتقال ابزار دستی	مصدومیت	نبودن امکانات کافی	٤	٥	۳	٦۰	-	استفاده از چرخهای مخصوص	استفاده از چرخهای مخصوص	٤	۳	۲	۲٤
٤	جوشکاری	مواجهه با مواد سمی و شیمیایی	مسمومیت	استفاده نکردن از ماسکهای مخصوص	٤	٤	۳	٤۸	-	استفاده از ماسکهای مخصوص	استفاده از ماسکهای مخصوص	٤	۳	۲	۲٤

۱۶-۶ چک‌لیست ارزیابی ایمنی جوشکاری و برشکاری

چک‌لیست ایمنی جوشکاری ابزاری است که برای ارزیابی ایمنی کارگران در کل فرایندهای جوشکاری، برشکاری و لحیم‌کاری استفاده می‌شود. این امر به اطمینان از انطباق با استانداردهای نظارتی از جمله در پوشیدن تجهیزات حفاظت فردی مناسب، استفاده از تجهیزات جوشکاری و بازرسی ماشین‌آلات کمک می‌کند.

در این بخش، نمونه‌ای از چک‌لیست ارزیابی ایمنی جوشکاری ارائه شده است (جدول ۱۶-۴). لازم به ذکر است که می‌توان چک‌لیست‌های متفاوتی را برای هر یک از فرایندهای جوشکاری و برشکاری به صورت مجزا و اختصاصی تهیه کرد.

جدول ۱۶-۴ چک‌لیست ارزیابی ایمنی جوشکاری و برشکاری

ردیف	شرح	بله	خیر	غیر قابل کاربرد	توضیحات
۱	آیا افرادی به‌عنوان مسئول و سرپرست جوشکاری و برشکاری در محیط‌های پُرخطر وجود دارند؟				
۲	آیا همه برشکارها، جوشکارها و سرپرستان نسبت به نحوه انجام کار ایمن و استفاده صحیح از تجهیزات آموزش‌های لازم را دیده‌اند؟				
۳	آیا تجهیزات حفاظت در برابر حریق و تجهیزات آتش‌نشانی وجود دارند و در دسترس هستند؟				
۴	آیا سیلندرهای گاز در حالت مطمئن به طور ایستاده قرار گرفته‌اند؟				
۵	آیا کلاهک شیر هنگامی که سیلندرها در حال استفاده نیستند، در جای خود قرار دارند؟				

ردیف	شرح	بله	خیر	غیر قابل کاربرد	توضیحات
۶	آیا آچار مخصوص در مواقع موردنیاز کار با سیلندرها وجود دارد؟				
۷	آیا سیلندرهای اکسیژن و استیلن در فاصله ۶ متر (۲۰ فوت) از یکدیگر و یا با دیوار حائل بین آنها نگهداری می‌شوند؟				
۸	آیا در مواقعی که سیلندرها مورداستفاده قرار نمی‌گیرند، شیرها بسته شده و تجهیزات تخلیه می‌شوند؟				
۹	آیا سیلندرها در مکانی قرار گرفته‌اند که جرقه‌ها، خاکسترهای داغ و شعله نتواند به آنها برسد و یا سپرهای مقاوم در برابر آتش فراهم شده‌اند؟				
۱۰	آیا سیلندرها به‌عنوان بخشی از مدار الکتریکی قرار نمی‌گیرند؟				
۱۱	آیا سیلندرها مطابق الزامات استاندارد ساخت‌وساز و نگهداری هستند؟				
۱۲	آیا منیفولدهای گاز و اکسیژن به‌وضوح و به‌صورت پایدار بر اساس محتوای آنها علامت‌گذاری شده‌اند؟				
۱۳	آیا شلنگ‌های گاز و اکسیژن قابل‌تعویض با هم نیستند؟				
۱۴	آیا شلنگ‌های گاز و اکسیژن به‌راحتی قابل‌تشخیص از یکدیگر بوده و جابه‌جانمی‌شوند؟				
۱۵	آیا شلنگ‌ها در شروع نوبت‌کاری مورد بازرسی قرار می‌گیرند؟				
۱۶	آیا فقط پرسنل آموزش‌دیده مجاز اجازه دارند که از وسایل جوشکاری، برشکاری و لحیم‌کاری استفاده کنند؟				
۱۷	آیا هر اپراتور یک نسخه از دستورالعمل‌های عملیاتی متناسب با کار خود را در اختیار دارد و به پیروی از این دستورالعمل‌ها موظف شده است؟				
۱۸	آیا رگلاتورهای فشارشکن فقط برای گاز در نظر گرفته شده‌اند و متناسب با فشار در نظر گرفته شده هستند؟				
۱۹	آیا از سیستم تهویه در مکان‌هایی که جوشکاری یا برشکاری انجام می‌شود بازرسی‌های لازم صورت می‌گیرد؟				
۲۰	آیا فقط از تجهیزات تأییدشده (مشعل‌ها، رگلاتورها، شیرهای فشارشکن، مولدهای استیلن و مانیفولدها) استفاده می‌شوند؟				
	علامت‌گذاری تجهیزات				
۲۱	آیا شلنگ‌های قرمز برای استیلن (یا گازهای سوختنی دیگر)، سبز برای شلنگ اکسیژن و سیاه برای گاز خنثی و هوا استفاده شده است؟				
۲۲	سیلندرهای گاز فشرده خالی به‌صورت اختصاصی علامت‌گذاری شده و شیرهای آنها بسته شده‌اند؟				
	مدیریت سیلندرهای گاز فشرده				
۲۳	آیا سیلندرهای گاز فشرده مرتباً برای علائم بارزی نظیر ترک، زنگ‌زدگی عمیق یا نشتی تست می‌شوند؟				
۲۴	آیا برای پیشگیری از خراب‌شدن شیرهای ایمنی و شیرهای فشارشکن درزمان جابه‌جایی و انبارکردن سیلندرها، مراقبت‌های لازم لحاظ شده است؟				

ردیف	شرح	بله	خیر	غیر قابل کاربرد	توضیحات
۲۵	آیا شیرهای گازهای مایع در زمان نگهداری و یا در حمل‌ونقل در وضعیت بسته بوده و با سرپوش محافظت شده‌اند؟				
۲۶	آیا قبل از اینکه رگلاتور برداشته شود شیر بسته شده و گاز از رگلاتور خارج شده است؟				
۲۷	آیا سیلندرها، شیر سیلندرها، کوپلینگ‌ها، رگلاتورها، شلنگ‌ها و سایر تجهیزات از مواد روغنی و گریس محافظت شده‌اند؟				
۲۸	آیا استفاده از سیلندرها به‌عنوان غلتک یا حائل ممنوع شده است؟				
۲۹	آیا محل نگهداری سیلندرها دور از آسانسورها، پلکان‌ها یا راهروها است؟				
۳۰	آیا سیلندرهای محتوی گاز سوختی و اکسیژن زمانی که در انبار هستند به‌وسیله‌ی حائل‌های ضدحریق از هم مجزا شده و فاصله گرفته‌اند؟				
۳۱	آیا سیلندرها از افتادن یا ضربه محافظت شده‌اند؟				
۳۲	آیا قبل از جابه‌جایی سیلندرها، رگلاتورها برداشته شده و کلاهک‌های حفاظتی شیرها در جای خود قرار می‌گیرند و سیلندرها فقط با کامیونت‌های ویژه جابه‌جا می‌شوند؟				
۳۳	آیا سیلندرهای بدون چرخ‌دستی ثابت‌کننده وقتی که در سرویس هستند دارای کلید، دسته یا آچارهای غیرقابل‌تنظیم روی شیرها هستند؟				
۳۴	آیا سیلندرهای گاز فشرده خالی به طور ویژه علامت‌گذاری شده‌اند و شیرهای آنها در وضعیت بسته است؟				
	انتشار آلاینده‌های هوا				
۳۵	آیا محیط‌هایی که عملیات جوشکاری با انتشار آلاینده‌های خطرناك در هوا همراه است، به طور مناسب علامت‌گذاری شده است؟				
۳۶	آیا از سیستم‌های تهویه یا اگزاست فن برای نگه‌داشتن گازها و فیوم آلاینده به زیر حد مجاز استفاده شده است؟				
۳۷	آیا از پرده یا پاراوان جوشکاری در جایی که موردنیاز است استفاده می‌شود؟				
۳۸	آیا کابل‌های جوشکاری در شرایط خوبی هستند و به‌خوبی عایق‌کاری شده‌اند؟				
۳۹	آیا وسایل و تجهیزات بر اساس استانداردهای مرتبط است؟				
۴۰	آیا انبرهای نگهداری الکترود برای جوشکاری و برشکاری قوس الکتریکی به‌خوبی عایق هستند؟				
۴۱	آیا کابل‌ها و اتصالات جوشکاری عایق‌کاری شده‌اند و می‌توانند حداکثر جریان را منتقل کنند؟				
۴۲	آیا کابل‌ها بدون عیب هستند و در صورت داشتن طولی برابر با حداکثر ۳ متر (۱۰ فوت) دارای عایق‌کاری با کیفیت مناسب هستند و اتصالات کابل‌ها نیز عایق‌کاری شده اند؟				
۴۳	آیا بدنه دستگاه‌های جوشکاری یا برشکاری قوس الکتریکی دارای اتصال زمین هستند؟				

ردیف	شرح	بله	خیر	غیر قابل کاربرد	توضیحات
۴۴	آیا کارگرانی که برای جوشکاری قوس الکتریکی و یا جوشکاری گاز در نظر گرفته شده‌اند آموزش‌های لازم را دریافت کرده‌اند و کاملاً توجیه هستند؟				
۴۵	آیا از پوست کارگران توسط لباس یا دیگر وسایل محافظت می‌شود؟				
۴۶	آیا اپراتورهای جوشکاری قوس الکتریکی و برشکاری توسط سپرهای محافظ یا اتاق ایزوله از اشعه مستقیم قوس الکتریکی محافظت می‌شوند؟				
۴۷	آیا تهویه مناسب و یا تجهیزات حفاظت تنفسی ضمن فعالیت‌های جوشکاری و برشکاری وجود دارد؟				
۴۸	آیا تجهیزات اطفا حریق ضمن عملیات جوشکاری و برشکاری در دسترس هستند؟				
۴۹	آیا آزمون‌های پایش محیط کار در هنگام کارکردن در محفظه‌های محصور انجام می‌شود و تجهیزات مناسب برای بیرون آوردن جوشکار در موارد اضطراری فراهم شده است؟				
۵۰	آیا ولتاژ مدار باز (بدون بار) ماشین‌های جوشکاری یا برشکاری با قوس الکتریکی در کمترین حد ممکن بوده و از حد توصیه تجاوز نمی‌کند؟				
۵۱	آیا سیستم اتصال زمین بدنه ماشین جوشکاری و اتصالات زمین ماشین‌های قابل‌حمل به‌صورت ادواری کنترل می‌شود؟				
	تجهیزات حفاظت فردی				
۵۲	آیا تجهیزات حفاظت فردی متناسب با شغل موردنظر بوده و به نحو مناسب نگهداری می‌شوند؟				
۵۳	آیا همه کارکنان در هنگام حمل مواد شیمیایی ملزم به استفاده از تجهیزات و البسه حفاظت فردی (دستکش، حفاظ چشم، ماسک تنفسی و غیره) شده‌اند؟				
۵۴	آیا کارکنان در مواجهه با خطرات ایجاد شده توسط عملیات جوشکاری، برشکاری و لحیم‌کاری با تجهیزات حفاظت فردی و لباس کار محافظت شده‌اند؟				
۵۵	آیا وسایل حفاظت فردی مناسب فراهم شده‌اند و کارکنان ملزم به استفاده از PPE ضروری جهت حافظت در مقابل آسیب‌های چشم و صورت شده‌اند؟				
۵۶	آیا هر جا که خطر پرتاب ذرات یا خطر تماس با مواد خورنده وجود دارد، عینک‌های حفاظتی یا محافظ‌های صورت تهیه شده و استفاده می‌شوند؟				
۵۷	آیا در محیط‌هایی که خطر بروز آسیب‌های چشمی وجود دارد از قبیل سوراخ‌کاری، سایش، ضربه یا سوختگی، استفاده مداوم از عینک‌های ایمنی به‌عنوان یک الزام تلقی می‌گردد؟				
۵۸	آیا عینک‌های ایمنی مناسب و حفاظ‌های صورت در زمان به‌کارگیری ابزارآلات یا تجهیزات دستی که ممکن است خطر پرتاب اجرام و یا شکستن اشیا را ایجاد نمایند، استفاده می‌شوند؟				

ردیف	شرح	بله	خیر	غیر قابل کاربرد	توضیحات
۵۹	آیا کارکنانی که از لنزهای اصلاحی (عینک و لنز تماسی) استفاده می‌کنند و در محیط کاری که مواجهه‌های مضر وجود دارد به استفاده از عینک ایمنی، عینک‌های محافظتی تأیید شده یا استفاده از روش‌های مراقبتی تأیید شده پزشکی ملزم شده‌اند؟				
۶۰	آیا استفاده از تجهیزات حفاظت از پا در جایی که خطر آسیب‌های پا وجود دارد الزامی شده است؟				
۶۱	آیا تجهیزات حفاظت از دست‌ها در جایی که خطر آسیب‌های دست وجود دارد الزامی شده است؟				
۶۲	آیا کلاه مناسب در جاهایی که خطر سقوط اشیا وجود دارد در نظر گرفته شده و پوشیده می‌شود؟				
۶۳	آیا کلاه‌ها از نظر صدمات پوسته و سیستم تعلیق به‌صورت ادواری بازرسی می‌شوند؟				
۶۴	آیا احتیاطات و مراقبت‌های لازم برای پیشگیری از مخلوط‌شدن هوا یا اکسیژن با گازهای قابل‌اشتعال به جز در مشعل استاندارد بکار گرفته شده است؟				
۶۵	آیا علائم هشداردهنده نظیر خطر سیگارکشیدن، کبریت یا شعله نیفروزید یا معادل آن‌ها در محل جوشکاری وجود دارد؟				
۶۶	آیا تمهیداتی به‌منظور جلوگیری از نزدیک‌شدن شیر سیلندر گاز سوختنی به منابع تولید جرقه در نظر گرفته شده است؟				
۶۷	آیا سیلندرهای گاز فشرده از منبع گرمازا دورنگه داشته شده‌اند؟				
۶۸	آیا زمانی که جوشکاری روی دیوارهای فلزی انجام می‌شود احتیاطات لازم برای محافظت از مواد قابل‌احتراق در طرف دیگر انجام می‌شود؟				
۶۹	آیا مخازن، بشکه‌ها، تانک‌ها و دیگر ظروف قبل از شروع کار گرم کاملاً تمیز می‌شوند به‌نحوی‌که هیچ‌گونه موادی باقی نماند که بتواند منفجر شود، مشتعل گردد یا بخارات سمی تولید کند؟				
۷۰	اگر گازهای جوشکاری انبار شده از نوع اکسیژن و استیلن هستند و آیا توسط یک حائل غیرقابل‌اشتعال اندازه ۱/۵ متر (۵ فوت) از هم جدا شده‌اند؟				
۷۱	آیا مواد زائد و ضایعات قابل‌احتراق به‌صورت ایمن انبار شده‌اند و دراسرع‌وقت از محیط کار خارج می‌شوند؟				
۷۲	آیا زمانی که جوشکاری یا برشکاری در مکان‌هایی انجام می‌شود که امکان توسعه حریق وجود دارد، مأمورین آتش‌نشانی به‌صورت آماده‌باش به‌کار گمارده می‌شوند؟				
۷۳	آیا محیط‌هایی که برای جوشکاری و برشکاری در نظر گرفته شده‌اند، از نظر احتمال وقوع حریق مورد بررسی قرار گرفته‌اند؟				
۷۴	آیا در صورت امکان خطر حریق از فرد آماده برای اطفای حریق استفاده می‌شود؟				
۷۵	آیا عملیات جوشکاری و برشکاری به شعاع ۱۰/۷ متر (۳۵ فوت) از مواد قابل‌اشتعال فاصله دارد؟				

ردیف	شرح	بله	خیر	غیر قابل کاربرد	توضیحات
	سیستم‌های هشداردهنده حریق				
۷۶	اگر سیستم هشداردهنده حریق بدون نظارت فرد است و آیا حداقل هر دو ماه یکبار مورد آزمایش قرارمی گیرد؟				
۷۷	اگر از سیستم هشداردهنده با نظارت اپراتور استفاده می‌شود، آیا این سیستم به‌صورت سالیانه آزمایش می‌شود؟				
	خاموش کننده‌های قابل حمل				
۷۸	آیا خاموش‌کننده‌ها طوری نصب، جانمایی و مشخص شده‌اند که به‌آسانی در دسترس کارکنان باشند؟				
۷۹	آیا همه خاموش‌کننده‌ها مرتباً بازرسی و شارژ مجدد شده‌اند و در برچسب شارژ آنها، تاریخ شارژ قید شده است؟				
۸۰	آیا خاموش‌کننده‌های قابل‌حمل به تعداد کافی و از نوع مناسب انتخاب شده‌اند؟				
	راهرو / رفت‌وآمد				
۸۱	آیا راهروها علامت‌گذاری شده‌اند؟				
۸۲	آیا عرض راهروها نگهداری و حفظ شده‌اند؟				
۸۳	آیا راهروها در وضعیت مناسبی هستند؟				
۸۴	آیا محیط کار تمیز است؟				

مراجع

۳- کتابچه آموزش شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک برای مسئولین ایمنی کارگاه‌ها مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار، ۱۳۹۹.

۴- مریم قلع‌جهی و فریده نجاری، "ارزیابی و تحلیل عوامل خطر در کارگاه‌های جوشکاری به روش FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) در شهرستان زابل"، مجله دانش پزشکی زابل، دوره ۴، شماره اول، بهار ۱۴۰۰، صفحات ۱۳-۷.

۵- مهرزاد ابراهیم‌زاده، غلامحسین حلوانی، مرتضی مرتضوی، رضیه سلطانی گردفرامرزی، "ارزیابی خطرات بالقوه پالایشگاه شیراز با روش تجزیه و تحلیل حالات خطر (FMEA) و اثرات ناشی از آن"، فصلنامه علمی تخصصی طب کار، دوره سوم، شماره دوم، تابستان ۹۰، صفحات ۲۳-۱۶.

۶- مقررات ایمنی جوشکاری، برشکاری و ساخت سازه‌های فلزی، شرکت مهندسی توسعه گاز ایران، ۱۳۹۲.

۱۷

فصل هفدهم

برخی از استانداردهای معتبر مربوط به ایمنی در جوشکاری و برشکاری

برخی از استانداردهای معتبر مربوط به ایمنی در جوشکاری و برشکاری

۱-۱۷ استانداردهای آمریکایی

انجمن جوشکاری آمریکا[1] (AWS) استانداردهای گوناگونی در رابطه با ایمنی جوشکاری ارائه کرده است که در ذیل آمده‌اند:

- ANSI Z49.1:2021، ایمنی در جوشکاری، برشکاری و فرایندهای وابسته
- D16.1M/D16.1:2018، مشخصات ایمنی جوشکاری قوسی رباتیک
- D16.3M/D16.3:2017، راهنمای ارزیابی ریسک برای جوشکاری قوسی رباتیک
- F1.1M:2018، روش‌هایی برای نمونه‌برداری از بخارات و گازهای تولیدشده توسط جوشکاری و فرایندهای وابسته
- F1.2:2013، روش آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری نرخ تولید بخارات و مجموع انتشار بخارات جوشکاری و فرایندهای وابسته
- F1.3:2006، راهنمای استراتژی نمونه‌برداری برای ارزیابی آلاینده‌ها در محیط جوشکاری
- F1.6:2017، راهنمای تخمین انتشارات جوشکاری برای گزارش EPA و مجوز تهویه
- F2.2:2001 (R2019)، انتخابگر شماره تیرگی لنز
- F2.3M:2011 (R2019)، مشخصات استفاده و عملکرد صفحات جداکننده و پرده‌های جوشکاری شفاف
- F3.2M/F3.2:2018، راهنمای تهویه برای بخارات جوشکاری
- F4.1:2017، روش‌های ایمن برای آماده‌سازی محفظه ها و لوله‌ها برای جوشکاری، برشکاری و فرایندهای وابسته
- F4.2:2020، دستورالعمل‌های ایمنی برای انتخاب مناسب کابل‌های جوشکاری

1- American Welding Society

۲-۱۷ استانداردهای اروپایی و بین‌المللی

سازمان بین‌المللی استانداردسازی[1] (ISO) و کمیته استانداردسازی اروپا[2] (CEN) نیز استانداردهای گوناگونی در رابطه با ایمنی جوشکاری ارائه نموده‌اند که در ذیل آمده است:

- EN 1598 و اصلاحیه A1، سلامت و ایمنی در جوشکاری و فرایندهای وابسته - پرده‌ها، نوارها و صفحات جداکننده شفاف جوشکاری برای فرایندهای جوشکاری قوس الکتریکی
- EN ISO 10882-1:2001، سلامت و ایمنی در جوشکاری و فرایندهای وابسته - نمونه‌برداری از ذرات معلق در هوا و گازها در منطقه تنفسی اپراتور – قسمت ۱: نمونه‌برداری از ذرات معلق در هوا
- EN ISO 10882-2، سلامت و ایمنی در جوشکاری و فرایندهای وابسته - نمونه‌برداری از ذرات معلق در هوا و گازها در منطقه تنفسی اپراتور – قسمت ۲: نمونه‌برداری از گازها
- EN ISO 15011-1، سلامت و ایمنی در جوشکاری و فرایندهای وابسته – روش آزمایشگاهی برای نمونه‌برداری از بخارات و گازهای تولید شده توسط جوشکاری قوس الکتریکی – قسمت ۱: تعیین نرخ انتشار و نمونه‌برداری برای تجزیه‌وتحلیل بخار ذرات
- EN ISO 15011-2، سلامت و ایمنی در جوشکاری و فرایندهای وابسته – روش آزمایشگاهی برای نمونه‌برداری از بخارات و گازهای تولید شده توسط جوشکاری قوس الکتریکی – بخش: ۲ تعیین نرخ انتشار گازها، به جز اُزن
- EN ISO 15011-3، سلامت و ایمنی در جوشکاری و فرایندهای وابسته – روش آزمایشگاهی برای نمونه‌برداری از بخارات و گازهای تولید شده توسط جوشکاری قوس الکتریکی – بخش: ۳ تعیین غلظت اُزن با استفاده از اندازه‌گیری‌های نقطه ثابت
- EN ISO 15011-4، سلامت و ایمنی در جوشکاری و فرایندهای وابسته – روش آزمایشگاهی برای نمونه‌برداری از بخارات و گازها – بخش ۴: برگه‌های اطلاعات بخارات
- CEN/ISO TS 15011-5، سلامت و ایمنی در جوشکاری و فرایندهای وابسته – روش آزمایشگاهی برای نمونه‌برداری از بخارات و گازها – قسمت ۵: شناسایی بخارات و گازهای تولید شده در حین جوشکاری و برشکاری از طریق محصولاتی که به طور کامل و جزئی از مواد آلی تشکیل شده‌اند
- EN ISO 10512-1، سلامت و ایمنی در جوشکاری و فرایندهای وابسته – الزامات، آزمایش علامت‌گذاری تجهیزات برای فیلتراسیون هوا – قسمت ۱: آزمایش راندمان جداسازی برای بخارات جوشکاری
- EN ISO 15012-2، سلامت و ایمنی در جوشکاری و فرایندهای وابسته – الزامات، آزمایش و علامت‌گذاری تجهیزات برای فیلتراسیون هوا – قسمت ۲: تعیین حداقل میزان جریان حجم هوا در نازل‌ها و هودهای محبوس کننده

1- International Organization for Standardization
2- European Committee for Standardization

- ISO17846، جوشکاری و فرایندهای وابسته - بهداشت و ایمنی - برچسب‌های احتیاطی بدون کلمات برای تجهیزات و مواد مصرفی مورد استفاده در جوشکاری و برشکاری قوس الکتریکی

مراجع

1- A Howe, *European and International Standards on health and safety in welding*, Journal ofPhysics:ConferenceSeries 151 (2009) 012052.
2- AWS, *2021 Products and Services Catalog*, American Welding Society, 2021.

Safety in Welding and Cutting Operations for Labor Inspectors and Safety Officer

ISBN : 978-600-6203-52-2