پودمان ۳
جوشکاری برق

این تصویر جوشکار را در حال جوشکاری پایهٔ نگهدارندهٔ شفت پروانهٔ شناور نشان می‌دهد.

پودمان ۳
جوشکاری برق

نوع درس: نظری-عملی
زمان آموزش: ۹۰ ساعت
بخش نظری: ۲۵ ساعت
بخش عملی: ۶۵ ساعت

اهداف کلی

۱- هنرجو باید پس از پایان این پودمان قادر باشد:
۲- تجهیزات و لوازم جوشکاری برق را بشناسد.
۳- تمامی روش‌های جوشکاری برق و انواع اتصالات آن را بشناسد.
۴- جوشکاری برق را فرا گیرد و بتواند انواع اتصالات را جوشکاری کند.
۵- نکات ایمنی قبل و در حین جوشکاری برق را رعایت کند.

روش تدریس پودمان

۱- عموماً در ابتدای درس و در جلسهٔ اول، به مقدماتی که در محتوای درس ارائه‌شده پرداخته می‌شود تا دانش‌آموز با موضوعات درسی درگیر شود.
۲- سعی شود تمامی نکات فنی و ایمنی، همراه با دلایل آن درکارگاه بررسی گردد و از هنرجویان خواسته شود در مباحث کلاسی و تمرینات کارگاهی شرکت کنند تا بتوانند این نکات را به خوبی فرا گیرد و برای همیشه به خاطر بسپارند.
۳- توصیه می‌شود هنرآموز برای تدریس بهتر این پودمان از روش تدریس **کلاس معکوس** استفاده کند. یعنی از هنرجویان بخواهد مطالب را در منزل از طریق اینترنت یا کتاب‌های مرتبط با جوشکاری برق دستی، مطالعه کنند و یاد بگیرند و در کلاس و کارگاه با هدایت هنرآموز تمرینات را پاسخ دهند.

۴- پیشنهاد می‌شود هنرآموز برای توضیحات تکمیلی مطالب پودمان، موارد ذکرشده در بخش‌های **دانش‌افزایی** را مورد توجه قرار دهد و هنگام آموزش آنها را به‌کار گیرد.
۵- توصیه می‌شود با هدف **تقویت مهارت‌های خوانداری و نوشتاری هنرجویان** و نیز **درک بهتر مطالب**، از آنان خواسته شود تحقیق وگزارش‌های خود را به‌صورت دست‌نویس ارائه دهند. واز کپی‌کردن مطالب اینترنت به‌صورت تایپ‌شده، آماده و خام خودداری کنند.
۶- فعالیت‌هایی از قبیل ((فکر کنید))، ((بحث کنید))، و غیره برای فعال‌کردن هنرجویان و به‌کارگیری اطلاعات، دانسته‌ها و تجربیات آنان است. سعی کنید این فعالیت‌ها به دقت اجرا شود و در پایان هر فعالیت، یک بحث کوتاه تکمیلی داشته باشید.
۷- از هنرجویان بخواهید تمامی فعالیت‌های کارگاهی را انجام دهند.

سؤال‌های پیشنهادی

۱- انواع جوشکاری برق را نام ببرید.
۲- مزایا و معایب استفاده از جریان AC و DC در جوشکاری را بگویید.
۳- تجهیزات جوشکاری کدامند؟ کاربرد هر یک را بگویید.
۴- خطرات احتمالی در جوشکاری برق را بگویید.
۵- نکات ایمنی در قبل و در حین جوشکاری برق را بگویید.
۶- مشخصات درج‌شده بر روی الکترودها چه اطلاعاتی را به ما می‌دهند؟
۷- عوامل مؤثر در سرعت حرکت الکترود را بگویید.
۸- حالت‌های حرکت الکترود را نام ببرید.
۹- روش‌های جلوگیری از وزش قوس را بگویید.
۱۰- انواع اتصالات جوشکاری را نام ببرید.
۱۱- مزایا و معایب جوشکاری تیگ و میگ را بگویید.

واحد یادگیری ۱: جوشکاری برق دستی

زمان آموزش	جمع: ۱۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

– شایستگی‌های فنی:

۱- انواع جوشکاری برق دستی را بشناسد.
۲- لوازم و تجهیزات جوشکاری با قوس الکتریکی و الکترود روپوش‌دار (**SMAW**) را بشناسد و روش کار و راه‌اندازی آنها را فراگیرد.
۳- نکات ایمنی قبل از شروع جوشکاری را رعایت کند.

– شایستگی‌های غیرفنی:

۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کار گروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط‌زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲- با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد گیرد.

میز کار جوشکاری

میز کار و کابین جوشکاری برای انجام جوشکاری‌های تعمیراتی و قطعات کوچک و مکان‌های آموزشی به‌کار گرفته می‌شود و دارای سطوح مشبک است که از زیر یا کنار توسط مکنده‌های مخصوص دودهای حاصل از جوشکاری به خارج هدایت می‌شود، این روش تهویه به طور عموم پس از عبور از فیلتر و جذب دود و گازهای مختلف، هوای تصفیه‌شده را دوباره به فضای آزاد برمی‌گرداند. برای کار در محیط‌های عمومی کارگاه از پاراون (دیوارهای جداکننده) متحرک برای محصور کردن فضای جوشکاری استفاده می‌شود.

وضعیت دهنده‌ها(Positioner)

بهترین حالت جوشکاری، اجرای عملیات جوشکاری سطحی است. در این وضعیت مذاب با کمک نیروی جاذبهٔ زمین راحت به کار منتقل می‌شود و انجام جوشکاری ساده است و با اشکال کمتر اجرا می‌شود. از طرف دیگر الکترودهای متنوّعی می‌توان به کار برد و به طور عموم سعی بر این است که جوشکاری در این وضعیت انجام شود. به همین دلیل برای جوشکاری تمام قسمت‌های یک مصنوع از وسیله‌ای به نام (وضعیت‌دهنده) استفاده می‌شود که با توجه به نوع مصنوع دارای شکل‌های متفاوت است.

کار روی این وضعیت‌دهنده قرار می‌گیرد و با بست‌های ساده محکم می‌شود و تحت هر زاویه‌ای به گردش درمی‌آید تا اجرای جوشکاری زیر دست و با دقت و راحتی کافی انجام پذیرد. وضعیت‌دهنده‌های خیلی بزرگ هم وجود دارد که حتی یک واگن راه آهن روی دو محور آن بسته می‌شود و با چرخش واگن همه جهات را در حالت زیر دستی یا سطحی جوشکاری می‌کنند.

ایمنی در جوشکاری

خطرات بهداشتی محیط کار:

به منظور ایجاد، حفظ و ارتقای بهداشت در عملیات جوشکاری، ابتدا ضروریست تمامی خطرات این عملیات شناسایی شود و سپس کنترل‌های ضروری برای کاهش خطرات مربوط مورد بحث قرار گیرد.

خطرات شیمیایی:

در هنگام جوشکاری فیوم‌های فراوانی تولید می‌شود که مخلوطی از ترکیبات فیوم‌های فلزی، سیلیکات‌ها، فلوروئیدها، کربن مونواکساید، ازن و غیره است. فیوم‌های جوشکاری معمولاً حاوی اکسیدهای فلزات جوشکاری شد و الکترودهای مورد استفاده است. اگر فلز در حال جوش دارای پوشش یا رنگ باشد، این مواد در اثر گرما تجزیه می‌شود و فیوم‌های مضاعفی تشکیل می‌گردد و هنگام کار در نزدیکی این فیوم‌ها، باید ملاحظات خاصی در نظرگرفته شود.

فیوم، دمه یا دود فلزی:

فیوم‌ها ذرات جامدی هستند که در اثر تراک بخارات فلزی پس از تصعید از مواد مذاب تولید می‌شوند. تولید آنها معمولاً با یک واکنش شیمیایی مانند اکسیداسیوان همراه است. این ذرات بسیار کوچک است (اندازهٔ قطر آنها در حدود ۲ میکرون است) و از این رو به سهولت استنشاق می‌شوند و خود را به قسمت‌های انتهایی دستگاه تنفس می‌رسانند.

تمامی روش‌های جوشکاری فیوم تولید می‌کنند، اما میزان آنها با توجه به نوع عملیات جوشکاری متفاوت است. خطرات فیوم‌ها برای سلامتی افراد به مواردی از جمله میزان فیوم تولید شده و حضور فلزات یا گازهای خاص در ناحیه قوس (نزدیک نوک الکترود) بستگی دارد.

مکانیسم اصلی تولید فیوم، تبخیر عناصر یا اکسیدهای ناشی از ناحیه قوس (نزدیک نوک الکترود) و کندانسه شدن سریع بخارات است.

فلز الکترود، مواد فلاکس و روکش‌ها، باقی‌مانده‌ها، روغن‌ها، زنگ زدگی‌ها، رنگ‌های با پایهٔ حلال، بتونه‌های(آسترهای) روی فلز اصلی از منابع اصلی فیوم به شمار می‌روند.

میزان تولید فیوم در روش‌های مختلف جوشکاری متفاوت است به نحوی که در عملیات جوشکاری با الکترود مصرفی، فیوم تولید شده ناشی از الکترود، روکش الکترود یا فلاکس است. فلز اصلی در حال جوش سهم اندکی در تولید این فیوم دارد، اما در عملیات جوشکاری با الکترود مصرف‌نشدنی نسبت به عملیات الکترود مصرف‌شدنی فیوم کمتری تولید می‌شود. فیوم تولید شده ناشی از فلز در حال جوش و میله پرکننده است.

اثر مواجهه با فیوم‌ها بر سلامت افراد:

تأثیرات اصلی فیوم‌ها بر سلامتی افراد را می‌توان به دو گروه تأثیرات کوتاه مدت و تأثیرات بلندمدت تقسیم کرده. تأثیرات کوتاه‌مدت، بلافاصله پس از مواجهه یا چند ساعت یا چند روز پس از مواجهه ظاهر می‌شوند.

الف) تأثیرات کوتاه‌مدت:

یکی ازتأثیرات کوتاه مدت بر سلامتی افراد تولید فیوم فلزی است.

ب) تأثیرات بلندمدت:

این تأثیرات ناشی از ویژگی‌های شیمیایی برخی از فیو مها است و شامل ایجاد بیماری‌هایی با انواع و شدت مختلف می‌باشد که بستگی به نوع فلز آلاینده در فیوم دارد.

عوامل مؤثر بر میزان تولید فیوم:

عوامل متعددی بر میزان تولید فیوم در حین عملیات جوشکاری مؤثرند که عبارتند از:

- ولتاژ برق مصرفی: با افزایش ولتاژ، فیوم بیشتری تولید می‌شود.
- طول قوس الکتریکی: با افزایش طول قوس، فیوم بیشتری تولید می‌شود.
- شدت جریان الکتریکی: با افزایش شدت جریان الکتریکی، فیوم بیشتری تولید می‌شود.
- قطر الکترود: استفاده از الکترودهای با قطر کمتر باعث افزایش فیوم تولیدی می‌گردد.
- نوع قطبیت الکترود: در جریان جوشکاری با قطب مثبت یا (DC)، فیوم تولید شده ۳۸ درصد بیشتر از جوشکاری با قطب منفی یا (AC) است.
- گاز محافظ: ترکیب گاز محافظ به طور قابل ملاحظه‌ای می‌تواند بر میزان تولید فیوم اثرگذار باشد. مخلوط گاز آرگون و دی‌اکسیدکربن، فیوم کمتری (تا ۲۲ درصد) نسبت به گاز کربن دی اکسید به تنهایی، تولید می‌کند.
- تجربه و عملیات کاری جوشکار: هرچه فاصلهٔ بین قطعه کار و نوک الکترود افزایش یابد، فیوم بیشتری تولید می‌گردد.
- سرعت تغذیهٔ مفتول: هرچه سرعت تغذیه مفتول افزایش یابد، فلز بیشتری استفاده می‌شود و فیوم بیشتری نیز تولید می‌گردد.
- رطوبت: در محیط‌های مرطوب، به دلیل جذب آن توسط فلاکس، میزان تولید فیوم افزایش می‌یابد.
- موقعیت(وضعیت) جوش: موقعیت افقی تخت، فیوم کمتری را نسبت به موقعیت بالای سر یا عمودی تولید می‌کند.
- نوع عملیات جوشکاری، جنس قطعه کار، جنس روکش قطعه کار، دمای هوای محیط، دمای شعلهٔ جوشکاری در جوشکاری با گاز، مدت زمان و فرکانس جوشکاری و سایر عوامل با توجه به عوامل فوق مشاهده می‌گردد که تغییر در هر یک از آنها می‌تواند موجب افزایش یا کاهش میزان فیوم‌های تولیدی گردد؛ لذا ضروری است در طراحی پست کار، تدوین دستورالعمل‌های بهداشتی و آموزش کارکنان، اقدامات لازم جهت کنترل و کاهش میزان تولید فیوم‌ها مد نظر قرار گیرد.

ضمناً باید توجه داشت که غلظت کمتر فیوم‌ها می‌تواند نتیجه زیادتر بودن گازهای ازن یا دی اکسید نیتروژن باشد. همچنین برشکاری با قوس پلاسما فیوم‌های کمتری تولید می‌کند که این امر می‌تواند ناشی از برشکاری باریکی باشد که طی آن مواد کمتری از فلز اصلی خارج می‌سازد.

تحقیق کنید

چه روش‌های دیگری از جوشکاری برق وجود دارد؟

پاسخ:

انواع دیگر جوشکاری برق:

- جوشکاری اشعهٔ لیزر

- جوشکاری زیر آب
- جوشکاری لیزر
- جوشکاری اولتراسونیک
- جوشکاری مقاومتی

} نقطهٔ جوش / جرقه‌ای / شیاری

کار در کلاس

جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	مزایای جریان‌ها	
	AC	DC
۱	دستگاه‌های مولد جریان (AC) ساده‌تر و ارزان‌تر هستند.	قوس راحت‌تر تشکیل می‌شود و پایدارتر است.
۲	هزینهٔ نگهداری دستگاه‌ها کمتر است.	خطر شوک الکتریکی کمتر است.
۳	گرما در کار و الکترود به طور مساوی تقسیم می‌شود.	قوس آرام‌تر، و پاشش جرقه کمتر است.
۵	راندمان اقتصادی بالاتری دارد.	استفاده از همه نوع الکترودها امکان‌پذیر است.
۶	وزش قوس یا انحراف قوس ندارد.	امکان استفاده از هر دو قطب جریان وجود دارد.
۷		دو سوم گرمای قوس الکتریکی در قطب مثبت متمرکز است.
۸		جوشکاری در وضعیت‌های مختلف راحت‌تر است.

تحقیق کنید

معایب جریان‌های(AC) و (DC) در فرایند جوشکاری را بیابید.

پاسخ:

معایب جریان متناوب

- امکان تغییر قطب وجود ندارد.
- برای جوشکاری بعضی از فلزات مناسب نیست.
- استفاده از همه نوع الکترود روپوش‌دار میسر نیست.
- پایداری قوس کمتر است.
- در جوشکاری با آمپرهای کمتر، قوس دچار قطع وصل می‌شود.

معایب جریان مستقیم

در جوشکاری با جریان (DC) گاهی پدیده‌ای به نام وزش قوس یا دمش قوس (Arc Blow) وجود دارد که در جریان (AC) وجود ندارد.
وزش قوس یا انحراف قوس یعنی این که قوس الکتریکی به طرفی کشیده شود. این انحراف قوس به دلیل وجود حوزهٔ مغناطیسی است که در اطراف مسیر عبور جریان و عمود بر آن شکل می‌گیرد(شکل ۱). حوزهٔ مغناطیسی عمود بر الکترود جوشکاری و مسیر عبور جریان از محل اتصال به کابل اتصال تا محل تشکیل قوس شکل می‌گیرد و باعث انحراف قوس می‌شود. انحراف قوس باعث عیوب زیر می‌شود:

- حفره‌های گازی شکل
- نا موزون شدن گرده جوش
- پاشش زیادتر جرقه در انتهای جوش
- زیر برش یا سوختگی جوش
- ظاهر نامناسب جوش
- هزینهٔ خرید، تعمیر و نگهداری نسبت به دستگاه‌های (AC) بالاتر است.

کار در کلاس

جدول زیر را به کمک هنرآموز کامل کنید.

ردیف	مؤلفه جریان		شرح
	فارسی	انگلیسی	
۱	شدت جریان	Amper	به میزان جریان عبوری از الکترود گفته می‌شود.
۲	ولتاژ	Volt	میزان اختلاف سطح الکتریکی در مسیر جریان است که تعیین‌کنندهٔ میزان عبور الکترون‌ها است و هرچه این اختلاف بیشتر باشد، تخلیهٔ الکتریکی از فاصله دورتری صورت می‌گیرد.
۳	توان	Watt	حاصل ضرب آمپر در ولتاژ که میزان توان قوس جوشکاری است و عمق و پهنای جوشکاری را تعیین می‌کند.

کار در کلاس

جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	نوع تجهیز		شرح و کاربرد
	فارسی	انگلیسی	
۱	ترانسفورماتور کاهنده	Step-Down Transformer	دستگاهی است که برای کاهش ولتاژ و افزایش آمپر جریان، در فرایند جوشکاری، استفاده می‌شود.
۲	دستگاه تولید جریان (DC)	Inverter	این دستگاه که نوعی ترانسفورماتور است، برای تولید جریان مستقیم در فرایند جوشکاری کاربرد دارد.
۳	انبر الکترود	Electrod Holders	این ابزار برای نگه‌داشتن الکترود در هنگام جوشکاری استفاده می‌شود.
۴	انبر اتصال	Earth Clamp	از این ابزار برای متصل کردن یکی از قطب‌های جریان به قطعه کار استفاده می‌شود.
۵	ماسک جوشکاری	Welding mask	برای حفاظت چشم‌ها و صورت در حین جوشکاری استفاده می‌شود.
۶	دستکش جوشکاری	Welding Glove	برای حفاظت دست‌ها از سوختگی و برق‌گرفتگی احتمالی استفاده می‌شود.
۷	الکترود	Electrod	این قطعه در هنگام جوشکاری ذوب می‌گردد و باعث اتصال قطعات به همدیگر می‌شود.

تحقیق کنید

خطراتی که گازهای ذکر شده دارند، بیابید.

پاسخ:

گازها و بخارها:

کلمات گاز و بخار در برخی از اوقات به اشتباه به صورت مترادف به کار می‌روند.

اما گاز به ماده‌ای گفته می‌شود که در حرارت ۲۵ C° و فشار ۷۶۰ mmHg به صورت گاز باشد و بخار به ماده‌ای اطلاق می‌شود که در شرایط مذکور به صورت جامد یا مایع باشد. تمام پروسه‌های جوشکاری گازهای خطرناکی را تولید می‌کنند. بعضی از این گازها مرئی و بعضی از آنها نامرئی هستند. دمای حاصل از شعله و قوس، اشعهٔ فرابنفش حاصل از قوس، گازهایی از قبیل منو اکسیدکربن، دی اکسیدکربن، اکسید نیتروژن و ازن را تولید می کنند. سایرگازها و بخارها در اثر استفاده از مواد اولیه نامناسب و یا وجود مواد محلول روی فلزات، تولید می‌شوند. برخی از گازها نیز به عنوان محافظ قوس و سوخت استفاد می‌شوند.

مهم‌ترین ویژگی این گازها عوارض سمی و یا خفه‌کنندگی آنها است. این گازها یا در طول جوشکاری تشکیل می‌شوند و یا عناصر گاز محافظ هستند.

گازها در عملیات جوشکاری به دلایل زیر به وجود می‌آیند:

- تجزیهٔ گازهای محافظ یا فلاکس
- فعل و انفعال پرتو فرابنفش با گازهای هوا در دمای بالا
- گاز محافظ

گازهایی که در جریان عملیات جوشکاری تولید می‌شوند، شامل گازهای ازن مونوکسید کربن، دی اکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، کلرید هیدروژن، فسژن و برخی دیگر از گازها هستند که در ادامه برخی از آنها معرفی می‌گردند.

الف) ازن:

ازن در نتیجه یونیزاسیون اکسیژن توسط پرتوی فرابنفش حاصل از قوس جوشکاری، طبق فرمول زیر به وجود می‌آید.

$$UV + 3O_2 \rightarrow 2O_3$$

ازن گازی است ناپایدار، که رنگ آن متمایل به آبی و بوی آن شبیه بوی یونجه و یا بویی است که در هنگام جرقه الکتریکی در هوای آزاد استشمام می‌شود. ازن به عنوان گاز محرک ریه طبقه‌بندی می‌شود. به دلیل اینکه حلالیت ازن در آب کم است، معمولاً مجاری تنفسی تحتانی را درگیر می‌کند. در افراد سالمی که در معرض تماس با مقادیر نسبتاً کم ازن قرار دارند، تغییرات ناگهانی در آزمون‌های عملکرد ریه آنها ایجاد می‌شود. افراد در معرض تماس حاد با ازن از درد زیر جناغ سینه، سرفه و تنگی نفس شکایت می‌کنند. این گاز حتی در مقادیر کم (کمتر از یک پی پی ام) سرفه، درد پیشانی، تهوع، استفراغ، برونشیت، خستگی و خواب‌آلودگی ایجاد می‌کند. در غلظت‌های بالا این گاز می‌تواند قابلیت تحریک، ادم حاد و حتی مرگ را در پی داشته باشد.

ب) کربن مونوکسید:

کربن مونوکسید در طی عملیات جوشکاری به دلیل تاثیر پرتو فرابنفش بر کربن دی اکسید موجود در گاز محافظ، مطابق فرمول زیر به وجود می‌آید.

$$UV + 3CO_2 \rightarrow 3CO + O_3$$

کربن مونوکسید یکی از گازهای خفقان‌آور شیمیایی محسوب می‌شود. این گازها به دلیل داشتن اثر شیمیایی در فرایند تحویل اکسیژن و فرایند متابولیک، تداخل ایجاد می‌کنند و مانع جذب طبیعی اکسیژن توسط بافت‌ها می‌شوند. کربن مونوکسید گازی است بی‌رنگ و بی‌بو، بی‌مزه و بسیار سمی که از هوا سبکتر است. در افراد در معرض مواجهه علائم هشداردهنده‌ای وجود ندارد. نکته دیگر در مورد این گاز این است که علائم مسمومیت آن شبیه سایر بیماری‌هاست؛ یعنی فرد مصدوم از سردرد، تهوع و سرگیجه شکایت دارد. این علائم همانند علائم رایج سرماخوردگی، ناراحتی گوارشی و سایر بیماری‌های شایع است.

میل ترکیب کربن مونوکسید با هموگلوبین ۲۲۰ مرتبه بیشتر از اکسیژن است. ترکیب کربن مونوکسید با هموگلوبین در خون، کمپلکسی به نام کربوکسی هموگلوبین را تشکیل می‌دهد. یکی از تأثیرات مهم تشکیل این کمپلکس، کاهش ظرفیت هموگلوبین در حمل اکسیژن است. در این گونه موارد اندام‌هایی که به اکسیژن بیشتری نیاز دارند (نظیر مغز و قلب) بیشتر صدمه می‌بینند. علائم زودرس، غیراختصاصی است و مربوط به کاهش اکسیژن‌رسانی مغز است. این علائم شامل سردرد، تهوع، بی‌حالی، ضعف، گیجی و اختلال بینایی است. کاهش تیزبینی و تیزهوشی، سردرد، احساس فشار در پیشانی، ضعف و تهوع، تیرگی دید و ضربان شدید قلب از علائم مسمومیت با این گاز است که در صورت معالجه نکردن و غلظت زیاد گاز می‌تواند منجر به مرگ گردد. به دلیل خواص این گاز سمی، فردی که در معرض مسمومیت با آن قرارمی‌گیرد، به هیچ عنوان متوجه مسمومیت خود نمی‌شود و به همین دلیل مرگ ناشی از آن را مرگ خاموش می‌نامند.

پ) کربن دی‌اکسید:

کربن دی‌اکسید در اثر تجزیه فلاکس تولید می‌شود. و در گروه گازهای خفقان‌آور ساده طبقه‌بندی می‌شود. گازهای خفقان‌آور ساده، گازهایی هستند که از نظر فیزیولوژیک بی‌اثر هستند و باعث توقف برون‌ده قلبی و یا تغییر عملکرد هموگلوبین نمی‌شوند. اما در غلظت‌های زیاد باعث کاهش غلظت اکسیژن هوای تنفسی می‌شوند و فشار نسبی مورد نیاز برای برقراری اشباع خون از اکسیژن برای تنفس بافت‌ها را کاهش می‌دهند.

کربن دی‌اکسید گازی بی‌رنگ و بی‌بو با مزهٔ نسبتاً ترش است. در صورتی که غلظت تنفسی آن به۷ تا۱۰ درصد برسد، در عرض چند دقیقه و در غلظت تنفسی بیش از ۱۰ درصد در کمتر از یک دقیقه، ممکن است سبب از دست رفتن هوشیاری فرد در معرض تماس شود. استنشاق کربن دی‌اکسید، مرکز تنفس را تحریک می‌کند.

ت) اکسیدهای نیتروژن:

اکسیدهای نیتروژن در عملیات جوشکاری در اثر گرم شدن نیتروژن جو (در حضور پرتو فرابنفش) ایجاد می‌گردد. اکسیدهای نیتروژن معمولاً شامل نیتروژن دی‌اکسید (NO_2) و نیتروژن اکسید (NO) هستند. نیتروژن دی‌اکسید، گاز غالب در فیوم

است. که در هوای سرد به رنگ زرد، در درجه حرارت معمولی اتاق، سرخ قهوه‌ای و در موقع گرم شدن، به رنگ شکلاتی است. در غلظت‌های کم (۱۰ تا ۲۰ پی پی ام) باعث سردرد، وزوز کردن گوش‌ها، سرفه، تپش قلب، تنگی نفس، سیانوز، سوزش چشم‌ها، بی‌قراری و بی‌خوابی می‌شود. افرادی که به مدت کوتاه با ۵۰ پی پی ام اکسید نیتروژن مواجهه دارند، در معرض ایجاد مشکلات حاد تنفسی هستند. به دلیل حلالیت نسبتاً کم اکسیدهای نیتروژن در آب، برای دهان و حلق، زیان‌آور نیستند، از این رو افراد ممکن است ندانسته این مواد را به مدت طولانی استنشاق کنند و مجاری تنفسی تحتانی آنها بدون آنکه هیچ‌گونه نشانه‌ای داشته باشد، دچار آسیب شود. اکسیدهای نیتروژن با آب موجود در مجاری تنفسی تحتانی ترکیب می‌شوند و نیتریک اسید تولید می‌کنند. نیترات‌ها و نیتریت‌هایی که از تجزیهٔ اسید نیتریک حاصل می‌شوند، می‌توانند مستقیماً باعث التهاب و تخریب بافت موضعی شوند. افراد در معرض تماس با اکسیدهای نیتروژن ممکن است ظرف ساعت‌ها تا روزها به درجات مختلفی از تنگی نفس، سرفه مداوم همراه با خلط خونی، احساس خفگی و ضعف مفرط دچار شوند، نیتروژن دی‌اکسید در غلظت‌های بالا منجر به ادم ریوی می‌شود.

ث) هیدروژن کلرید و فسژن:

این گازها در اثر واکنش بین پرتو فرابنفش و بخارهای ناشی از هیدروکربن‌های کلرینه حلال‌ها به وجود می‌آیند.

هیدروژن کلرید، اسیدی است بسیار محلول در آب که می‌تواند باعث آسیب مخاط ملتحمه و راه‌های هوایی فوقانی شود. تماس حاد با کلریدهای هیدروژن ممکن است منجر به تحریک غشاهای خاری چشم و راه‌های هوایی فوقانی گردد. در تماس با مقادیر بیش از حد مجاز و تماس‌های شدید با کلرید هیدروژن، علائم تنفسی به صورت سرفه و تنگی نفس ظاهر می‌شود. به طور خلاصه، کلرید هیدروژن محرک را ه هوایی فوقانی و مخاط ملتحمه است مواجهه با این مواد ممکن است سبب علائم تحریکی حاد و عملکرد ریوی انسدادی قابل برگشت شود.

فسژن یا کربونیل کلراید گازی است بی‌رنگ، سنگین‌تر از هوا، با محلولیت کم در آب و بوی خاصی که به بوی یونجه و علف تازه چیده‌شده تشبیه شده است. فسژن به دلیل حلالیت کم در آب، فقط به طور خفیف باعث تحریک چشم‌ها و راه‌های هوای فوقانی می‌شود. زمانی‌که فسژن در ریه‌ها رسوب کند، به طور آهسته به اسید هیدروکلریک و دی اکسیدکربن هیدرولیز می‌شود. افراد در معرض تماس، ممکن است تحریک فوری چشم‌ها و گلو را که معمولاً خفیف و خود محدود شونده است، تجربه کنند. به دلیل ایجاد علائم خفیف، تماس با این گاز غالباً ادامه می‌یابد. چندین ساعت بعد از تماس (۸ساعت) ممکن است تنگی نفس، احساس کوفتگی قفسهٔ سینه و سرفهٔ خشک، ایجاد شود.

بحث کلاسی

تجهیزات ایمنی در برابر گاز و دود موجود در کارگاه را ذکر کنید.

دستگاه تهویهٔ هوا و تخلیهٔ گازهای سمی- در برخی فضاهای بسته نیاز به ماسک متصل به لوله اکسیژن – ماسک‌های مخصوص جوشکاری برای جلوگیری از برخورد دود و گاز به صورت جوشکار

تحقیق کنید

خطرات دیگر ناشی از جوشکاری برق را بررسی کنید.

پاسخ:

خطرات فیزیکی:

گروه دیگر از انواع خطرات فعالیت جوشکاری، خ رات ناشی از عوامل فیزیکی محیط کار است. جوشکاران بعضاً در مواجهه با عوامل زیان‌آور فیزیکی زیرهستند.

- صدا
- پرتوها
- میدان‌های الکترومغناطیسی
- سرما یا گرمای شدید

صدا:

در برخی از عملیات جوشکاری، نظیر جوشکاری و برشکاری با پلاسما، صدای زیادی تولید می‌شود (بیش از ۸۵dBA) که از این لحاظ، باید اقدامات لازم به منظور جلوگیری از آسیب به افراد صورت پذیرد. در سایر انواع جوشکاری، صدا معمولاً ناشی از عملیات جانبی نظیر چکش‌کاری فلز قطعه کار است.

صدای زیاد در محیط کار ممکن است در درازمدت، موجب آسیب به سیستم شنوایی گردد، همچنین مواجهه با صدا عامل ایجاد استرس، فشار خون و بیماری‌های قلبی، ایجاد خستگی، حالت‌های عصبی و بی‌حوصلگی فرد است.

اگر افرادی در یک محیط دارای تراز فشار صدای بالا کار می‌کنند، کارفرما باید از روش‌ها و حدود تماس شغلی(تعیین شده توسط کمیتهٔ فنی بهداشت حرفه‌ای کشور) برای ارزشیابی میزان مواجهه با صدا و تعیین میزان زمان مواجهه مجاز استفاد کند.

اگر تراز فشار صدا به طور متوسط در هشت ساعت به ۸۵ دسی بل می‌رسد، کارفرما باید ضمن تلاش برای حذف یا کاهش تراز فشار صدا در محیط کار، روشی مناسبی را برای فرد جوشکار تهیه و به وی ارائه کند و سالانه او را تحت معاینات دوره‌ای پزشکی قرار دهد.

به منظور اندازه‌گیری میزان مواجهۀ فرد با صدا، می‌توان از صداسنج‌هایی که تراز فشار صوت را در شبکه (A) اندازه‌گیری می‌نمایند، استفاده کرد. علاوه بر اندازه‌گیری تراز فشار صوت، باید اطلاعاتی را در مورد نحوۀ مواجهه و مدت زمان مواجهۀ فرد به‌دست آورد و سپس نسبت به ارزشیابی و تعیین مجاز یا غیرمجاز بودن مواجهۀ فرد اقدام کرد.

ضمناً از دزیمترها نیز می‌توان برای اندازه‌گیری میزان مواجهۀ فرد با صدا استفاده کرد. دزیمتری قابل اعتمادترین روش برای اندازه‌گیری مواجهۀ کارگر با صدا است، زیرا در تمام طول شیفت کاری دزیمتر متصل‌شده به کارگر، مقدار مواجهۀ واقعی را اندازه‌گیری می‌کند و در پایان شیفت، دز دریافتی واقعی صدا را نشان می‌دهد.

لازم به ذکر است که قبل از اندازه‌گیری صدا باید از کالیبر بودن صداسنج، اطمینان حاصل نمود. استاندارد کشور ایران که تمامی کارفرمایان ملزم به رعایت آن هستند، توسط کمیتۀ فنی بهداشت حرفه‌ای کشور مقدار ۸۵ دسی بل برای ۸ ساعت کار تعیین شده است.

برای کنترل صدا در محیط کار، امروزه روش‌های پیچیده‌ای ابداع شده و استفاد می‌شود. برخی از این روش‌ها عبارتند از:

- بهره‌گیری از کنترل‌های مدیریتی نظیر دور کردن جوشکاران از نواحی دارای صدای غیرمجاز به منظور کاهش تراز فشار صدای دریافتی
- بهره‌گیری از کنترل‌های مهندسی مثل جایگزینی عملیات دارای صدای بالا، با تجهیزات و عملیات کم‌صدا
- کاهش ارتعاش سطوح مرتعش
- استفاده از مواد جاذب صدا در محیط کار
- استفاد از حصارهای صوتی
- استفاده از سپرها یا موانع صوتی
- استفاده از وسایل حفاظت فردی مانند روش‌های ایمنی روگوشی و توگوشی.

پرتوها:

پرتوهایی که در عملیات جوشکاری وجود دارند، شامل دو نوع ماوراء بنفش و مادون قرمز هستند. پرتو ماوراء بنفش بیشتر در جوشکاری قوس الکتریکی به وجود می‌آید. در حالی‌که پرتوهای مادون قرمز بیشتر در جوشکاری با اکسی سوخت به وجود می‌آید. پرتوهای ماوراء بنفش و مادون قرمز بیشتر از پرتوهای الکترومغناطیسی هستند. که انرژی آنها برای یونیزاسیون ماده کافی نیست، لذا به این پرتوها، پرتوهای غیریونساز می‌گویند.

الف) پرتو ماوراء بنفش (UV):

پرتو ماوراء بنفش شامل پرتوهای الکترومغناطیسی با طول موج ۱۰۰ تا۴۰۰ نانومتر می‌شو و دارای طول موج کوتاه‌تری (فرکانس بیشتر) نسبت به نور مرئی، و طول موج بلندتر(فرکانس کمتر) نسبت به پرتوهای (X) است. پرتو ماوراء بنفش

بر حسب طول موج، به سه بخش (UV-A)، (UV-B) و (UV-C) تقسیم می‌شود.
پرتوی فرابنفش دارای تأثیرات حاد و مزمن به شرح زیر است:
تأثیرات حاد:
الف) آفتاب‌سوختگی:
اصطلاح پزشکی آفتاب‌سوختگی، اریتما است. در این عارضه، پوست قرمز می‌شود و در موارد شدید تاول می‌زند و پوسته‌پوسته می‌شود. از سه باند موجود در پرتو ماوراء بنفش، باند (UV-B) مؤثرترین بخش ایجادکنندهٔ آفتاب‌سوختگی است.
پوست برای حفاظت خود در برابر پرتوهای ماوراء بنفش، حالت برنزه پیدا می‌کند؛ بدین صورت که تولید رنگ‌دانه‌های پوست، افزایش می‌یابد و پوست تیره‌تر می‌شود. مواجهه رولانیتر با پرتوهای ماوراء بنفش منجر به رخی شدا لایه خارجی پوست می‌شود. به دلیل کمتر بودن میزان رنگ‌دانه‌ها در افراد دارای پوست، مو و چشم‌های روشن، این افراد به پرتو ماوراء بنفش حساس‌تر هستند.
ب) برق‌زدگی چشم:
به این عارضه برف‌کوری نیز می‌گویند و اصطلاح پزشکی آن فتوکراتوکنژونکتیوت (التهاب ملتحمه چشم) است. این عارضه سوزس دردناک قرنیه و ملتحمه (غشاء وصل‌کنندهٔ کرهٔ چشم به پلک داخلی) را به همراه دارد. در این عارضه فرد احساس می‌کند در چشمش چیزی مانند شن وجود دارد و چشم وی به نور حساس می‌شود.
میزان
حساسیت چشم به پرتو ماوراء بنفش از پوست بیش‌تر است، زیرا چشم فاقد لایه خارجی شاخی و رنگ‌دانه‌های حفاظتی است.
علائم معمول حدود ۶-۴ ساعت پس از مواجهه بروز می‌کند و ۲۴ ساعت پس از مواجهه فروکش می‌کند و در صورتی که مواجهه شدیدی رخ نداده باشد، آسیب دائمی به چشم وارد نمی‌شود.
تأثیرات مزمن:
از تأثیرات مزمن پرتو ماوراء بنفش می‌توان به پیری زودرس و سرطان پوست اشار کرد. بیشترین میزان پرتوهای ماوراء بنفش در جوشکاری با قوس پلاسما، جوشکاری با قوس فلزی گازی و جوشکاری با قوس فلزی با گاز محافظ است و کمترین میزان پرتوهای ماوراء بنفش در جوشکاری با قوس تنگستن ایجاد می‌شود.
در مکانی که جوشکاری قوس الکتریکی به‌طور منظم در نزدیکی دیوارهای رنگ‌شده انجام می‌شود، دیوارها باید با یک پرداخت و صیقل‌کاری نهایی که انعکاس کمی برای تابش ماوراء بنفش دارند، رنگ‌آمیزی شوند. مادهٔ پرداخت‌کنندهٔ باید حاوی رنگ‌دانه‌های معینی مثل دی اکسید تیتانی یا اکسید روی باشد. این رنگ‌دانه‌ها انعکاس کمی برای تابش ماورای بنفش دارند. رنگ‌دانه‌های رنگی اگر انعکاس را افزایش ندهند، می‌توانند به کار بروند. رنگ‌دانه‌های پودری یا رنگ‌دانه‌های با پایه ذرات فلزی توصیه نمی‌شوند، زیرا این نوع رنگ‌دانه‌ها تابش ماوراء بنفش را منعکس می‌کنند.

ب) پرتو مادون قرمز: (IR)
پرتو مادون قرمز بیشتر در جوشکاری با گاز ایجاد می‌شود. پرتوهای مادون قرمز دارای تأثیرات ملایم‌تری نسبت به پرتوهای ماوراء بنفش است و عوارض آنها نیز کمتر است.
اثرات پرتو مادون قرمز:
مهم‌ترین اثر پرتو مادون قرمز، افزایش دمای بافت‌های بدن، پس از جذب پرتو است. پرتو مادون قرمز به‌طور عمده توسط پوست و چشم جذب می‌شود. اثر این پرتو روی عدسی چشم، باعث ایجاد بیماری آب مروارید (کاتاراکت) می‌گردد که آب مروارید شیشه‌سازان نیز نامیده می‌شود، ولی در حال حاضر این عارضه در کارگران ذوب فلزات و کارگران کوره‌ها نیز مشاهده می‌شود. علت ایجاد آب مروارید، تأثیرات گرمایی حاصل از این پرتو است و چون عدسی چشم فاقد عروق خونی است، به همین دلیل نمی‌تواند گرمای جذب‌شده را دفع کند؛ در نتیجه به تدریج آسیب می‌بیند. دورهٔ نهفته این عارضه در حدود ۲۰ -۱۵ سال تعیین شده است. تابش پرتو به میزان زیاد روی چشم، سبب سوختگی شبکیه می‌شود.
- حفاظت در برابر پرتو ماوراء بنفش:
اقدامات کنترلی زیر در صورت اثربخشی می‌تواند برای جلوگیری از مواجهه بیش از حد کارگران با پرتو ماوراء بنفش مفید باشد:
- آموزش: جوشکاران را باید در مورد ماهیت پرتو ماوراء بنفش، خطرها و نحوهٔ حفاظت از خود در برابر آن آموزش داد.
- محصورسازی: پرتو ماوراء بنفش باید تا آنجایی که امکان دارد در منطقه محصور-شده‌ای محدود یا حفظ شود. پرتو ماوراء بنفش را به آسانی می‌توان توسط مواد مات نظیر مقوا یا چوب محصور نمود و از انتشار آن جلوگیری کرد. مواد شفاف نظیر شیشه، پی وی سی، فلکسی گلاس‌ها و پلاستیک‌های شفاف با درجات مختلفی جلوی عبور پرتو ماوراء بنفش را می‌گیرند. معمولاً پلاستیک‌های کربناته، حفاظت کافی در برابر پرتو ماوراء بنفش را فراهم می‌سازند. برخی از انوع شیشه‌های شفاف (شامل برخی از انواع شیشه‌های پنجره و شیشه‌های عینک) مقادیر قابل توجهی از پرتو ماوراء بنفش (باند A) را عبور می‌دهند؛ بنابراین با ایجاد مانع مناسب، به خصوص در محل جوشکاری باید افراد دیگر را از پرتوها محافظت کرد. برای این کار می‌توان از پرده‌ای از جنس پلی وینیل کلراید (که به پاراون معروف است) استفاده کرد. به دلیل اینکه رنگ پرده اهمیت ویژه‌ای دارد، بنابراین رنگ پرده نباید بازتاب‌دهندهٔ پرتو باشد و مناسب‌ترین رنگ، رنگی است که در آن از اکسید روی و اکسید تیتانیوم استفاده شده باشد. ماده حفاظتی دیگر برای محصورسازی، شیشه‌هایی است که طول موج خطرناک پرتو را جذب می‌کند.
- محدودیت مواجهه کارگر: مواجهه کارگر با پرتو ماوراء بنفش باید محدود گردد و سایر کارگران نیز در فاصلهٔ دورتری نسبت به محل جوشکاری قرار گیرند.

قانون عکس مجذور فاصله در مورد پرتو ماوراء بنفش نیز صادق است؛ به نحوی که شدت پرتو با عکس مجذور فاصله از منبع کاهش می‌یابد.
- استفاد از وسایل حفاظت فردی: کارگر باید از وسایل حفاظت فردی مناسب، مانند نقاب صورت (ماسک جوشکاری)، عینک مخصوص، دستکش جوشکاری و پی‌بند چرمی در هنگا م جوشکاری استفاده کند. معمولاً استفاده از لباس فلانل بر نوع چرمی آن برتری دارد.

گرما:
گرمای شدید و جرقه‌های ناشی از جوشکاری ممکن است باعث سوختگی بخش-هایی از بدن کارگر در حین جوشکاری شود. جراحات چشمی نیز از تماس با خاکستر داغ، تراشهٔ فلزات، جرقه‌ها و الکترودهای داغ حاصل می‌شود. به‌علاوه، تماس طولانی‌مدت با گرما منجر به استرس حرارتی در فرد خواهد گردید.
جوشکاران باید از علائم گرمازدگی همچون خستگی، سرگیجه، کم‌اشتهایی، تهوع، درد ناحیهٔ 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.
خطرات ارگونومیکی:
بسیاری از آسیب‌ها و جراحات جوشکاران در نتیجه کشیدگی، دررفتگی، و یا تغییر شکل عضلات آنها است. جوشکاران اغلب مجبورند که:

- وسایل و تجهیزات سنگین را بردارند یا حرکت دهند.
- به مدت طولانی در موقعیت نامناسب کار کنند.
- ابزار سنگین جوشکاری را به مدت طولانی در دست نگهدارند.

جوشکاری شغلی است که می‌تواند باعث کار در وضعیت‌های بدنی نامطلوب و حمل تجهیزات سنگین گردد. در حین جوشکاری معمولاً فشار زیادی روی بازو و شانه فرد وارد می‌گردد.
از جمله عوامل مستعدکنندهٔ عوارض اسکلتی – عضلانی مرتبط با کار (WMSDs) در عملیات جوشکاری وضعیت‌های بدنی نامطلوب به‌خصوص در قسمت مچ دست و کمر، بلند کردن تجهیزات سنگین، انجام فعالیت استاتیک، یکنواختی کار و غیره است.
مهم‌ترین پیامدهای ناشی از نامناسب بودب وضعیت کاری را می‌توان به شرح ذیل بیان کرد:

- کاهش بهره‌وری و کیفیت
- غیبت از کار به دلیل صدمه یا بیماری
- هزینه‌های مربوط به درمان و جایگزینی جوشکاران

خطرات اسکلتی- عضلانی رایج در عملیات جوشکاری:
در بین جوشکاران شکایت از بیماری های اسکلتی- عضلانی نظیر صدمات در ناحیه فوقانی پشت، درد شانه، کاهش قدرت ماهیچه‌ها، درد مچ، سفید شدن انگشتان و بیماری ناحیه زانو بیشتر دیده شده است. وضعیت فرد هنگام کار کردن (مخصوصاً هنگام قرار گرفتن قطعه در بالای سر، وجود ارتعاش در حین کار و حمل بارهای سنگین) در بروز اختلالات و بیماری‌های فوق مؤثر است.
روش‌های مناسب برای ارتقای ارگونومی در جوشکاری:
برای حذف و یا کاهش عوارض ارگونومیک ناشی از حمل اشیای سنگین در حین عملیات جوشکاری می‌توان از روش‌های زیر استفاده کرد:

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

برای حذف و یا کاهش عوارض ارگونومیک ناشی از وضعیت‌های بدنی نامناسب درحین عملیات جوشکاری می‌توان از روش‌های زیر استفاده کرد:

- قرار دادن قطعه کار در ارتفاع کمر در صورت امکان؛
- استفاده از میزهای بالابر (میز با قابلیت تنظیم ارتفاع)؛
- استفاده از تفنگ‌های جوشکاری دارای قابلیت حرکت و طراحی شده به صورتی که با هر دو دست بتوان با آن کار کرد؛
- استفاده از میزکاری و حفظ وضعیت بدنی ایمن‌تر به منظور کاهش خم شدن کمر در حین انجام جوشکاری روی زمین:
- به منظور طراحی مناسب صندلی و میزکار جوشکاری می‌توان از راهنمای ارائه شده در شکل زیر استفاده کرد.

واحد یادگیری۲: ایجاد قوس الکتریکی و گرده جوش

زمان آموزش	جمع: ۲۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

– شایستگی‌های فنی:

۱- انواع الکترودها را بشناسد و کاربرد آنها را بداند.
۲- روش‌های ایجاد قوس الکتریکی را فرا گیرد و انجام دهد.
۳- بتواند یک خال جوش را ایجاد کند.
۴- نکات ایمنی را در قبل و حین جوشکاری رعایت کند.

– شایستگی‌های غیرفنی:

۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کار گروهی، مسئولیت‌پذیری،توجه به محیط‌زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲- با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد گیرد.

دانش‌افزایی

شناسایی الکترودها

هنگام انتخاب الکترود، اولین اصل گزینش، مطلع شدن از مشخصات فلز جوش است؛ به نحوی که اطمینان حاصل شود که کیفیت فلز جوش الکترود انتخابی مشابه و یا بهتر از فلز پایهاست. حالت جوش ونیز نوع اتصال آن از سایر عوامل مؤثر در انتخاب الکترود است.
اطلاعات کلی دربارهٔ تأثیر نوع روکش الکترود بر خواص، سرعت و کیفیت فلز جوش

الکترودهای روتیلی:

تقریباً دارای صددرصد جایگزینی است. به سهولت قابل استفاده است و برای جوش‌هایی با اتصالات کوتاه، فولادهای نرم، جوش‌های نوار مانند، ورق‌های فولادی و هم چنین اتصال شکاف‌های عمیق مناسب است. جوش حاصل از این الکترودها کامل میزان آنها بسیار کم و سرعت جوشکاری نیز مناسب است.
برای جوشکاری فولادهایی با میزان استحکام کششی بیش از ۴۴۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع معمولاً الکترودهای روتیلی بدون آلیاژ توصیه نمی‌شود. الکترودهای روتیلی در مقابل رطوبت غالباً بدون واکنش هستند.

الکترودهای روتیلی با درصد روتیل زیاد:

این نوع الکترودها معمولاً دارای سرعت جوشکاری زیاد هستند و نرخ رسوب‌گذاری را تا حدود ۱۴۰ گرم در دقیقه افزایش می‌دهند. این الکترود به سهولت قابل استفاده است و سربارهٔ آن به راحتی جدا می‌گردد. شکل و حالت جوش شکیل و مناسب برای جوش‌های عمودی و افقی است. فلز جوش این الکترود چنان استحکام کششی بالایی دارد که حتی می‌توان گفت بیش از فلز جوش الکترودهای قلیایی بدون آلیاژ است، اما در برابر ترک و کشیدگی استحکام کمتری نسبت به آنها دارد. صافی و مسطح بودن جوش و جذب پیوسته آن به فلز پایه باعث یکپارچگی کامل اتصالات می‌شود. کیفیت جوش این نوع الکترودها حداقل معادل کیفیت الکترودهای قلیایی است که به ماشین‌کاری نیاز ندارد. الکترودهای روتیلی بدون آلیاژ از لحاظ میزان دوام و گذشته از کارایی‌های آن برای جوشکاری فولادهای نرمی که استحکام کششی آنها تا حدود ۴۴۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع است، توصیه می‌گردد. این الکترودها از نظر استحکام کششی می‌توانند برای جوشکاری فولادهایی که استحکام کمی بیشتر از ۴۴۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع را نیز دارند، به‌کار روند، اما به عنوان یک قانون کلی، فقط الکترودهایی که حاوی هیدروژن پایین از قبیل الکترودهای قلیایی یا سیلکون قلیایی هستند، باید برای جوشکاری فولادهایی با استحکام بالاتر از ۴۴۰ نیوتن به میلی‌متر مربع استفاده شوند.

الکترود اسیدی:

الکترودهای اسیدی بدون پودر آهن در پوشاندن سطح جوش راحت‌تر از الکترودهای قلیایی عمل می‌کنند ولی نسبت به الکترودهای روتیلی دشوارتر هستند. سرعت جوشکاری در این الکترودها متوسط و سطح خارجی جوش حالت صاف و براق دارد. سربارهٔ آن درشت است و به سهولت زدوده می‌شود. این الکترودها در مقایسه با الکترودهای روتیلی مقاومت کمتر و کشش‌پذیری بیشتری دارند، ولی دارای کشیدگی و استحکام تماس بیشتری هستند. الکترودهای اسیدی که قبلاً بازار را قبضه کرده بودند، به تدریج جای خود را به الکترودهای روتیلی و قلیایی دادند که اولی برای جوشکاری سطوح مسطح و دومی برای سایر حالات جوشکاری به‌کار می‌روند. الکترودهای اسیدی بدون آلیاژ برای جوشکاری فولادهایی مناسب است که استحکام کشش تا حدود ۴۴۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع را دارند.

الکترودهای اسیدی با کارایی بالا:

این نوع الکترودها سرعت جوشکاری فوق‌العاده زیادی نسبت به الکترودهای معمولی دارد. به نحوی که با این الکترودها می‌توان حداکثر تا ۱۲۰ گرم در دقیقه فلز جوش ایجاد کرد. سطح جوش این الکترودها هموار و براق و سربار آن درشت است و به سهولت قابل زدودن است. این نوع الکترود برای اتصالات کنگره‌ای و جوش‌های فیلت مانند در حالت افقی بسیار مناسب است. استقامت فلز جوش این نوع الکترودها مانند استحکام الکترودهای اسیدی معمولی است؛ و لذا کاربرد آنها نیز مشابه است.

الکترودهای قلیایی بدون آلیاژ:

این الکترودها در سطوح مسطح سرعت جوشکاری متوسطی دارند، ولی در حالت عمودی رو به بالا نسبت به سایر الکترودها دارای سرعت بیشتری هستند. از این جهت الکترودهای قلیایی می‌توانند در حالت عمودی نسبت به دیگر الکترودها از شدت جریان بیشتری استفاده کنند. علاوه بر این، میزان جایگزینی فلز جوش این الکترودها به ازای هر الکترود نیز بیشتر از سایر انواع الکترودهاست. علی‌رغم این که معمولاً سربارهٔ الکترودهای قلیایی همانند الکترودهای اسیدی و روتیلی به راحتی قابل زدودن نیست، ولی باز هم می‌توان آن را در دستهٔ الکترودهایی با سربارهٔ آسان‌زدا قرار داد. سربارهٔ الکترودهای قلیایی در مقایسه با الکترودهای روتیلی یا اسیدی نقطهٔ ذوب پایین‌تری دارند؛ لذا هنگام استفاده از الکترودهای قلیایی احتمال نفوذ سرباره در فلز جوش کمتر است؛ حتی اگر ذرات بین دو جوش در یک جوشکاری طولانی کاملاً زدوده نشده باشد. فلز جوش الکترودهای قلیایی حاوی هیدروژن ناچیزی است و در درجهٔ حرارت پایین هم معمولاً از استحکام بالایی برخوردار است. احتمال ترک سرد یا گرم در فلز جوش الکترودهای قلیایی در مقایسه با سایر الکترودها بسیار کمتر است. از این لحاظ، برتری این نوع الکترود هنگام جوشکاری فولادهایی با آلیاژ منگنزدار از قبیل دیگ‌های بخار فولادی و

ورقه‌های بدنهٔ کشتی که استحکام کشش ۴۹۰ تا ۵۳۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع و فشار تسلیم ۲۹۰ تا ۳۹۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع را دارند، نمایان می‌شود. هرچه فولاد سخت‌تر باشد، استفاده از الکترودهای قلیایی ضرورت بیشتری پیدا می‌کند و البته نباید فراموش کرد که کاهش رطوبت روکش در این الکترودها الزامی است.

شکل۱

الکترودهای سیلکون- قلیایی با قابلیت بالا:

این نوع الکترودها بیش‌ترین سرعت جوشکاری را دارند و ترجیحاً در سطوح مسطح جوشکاری می‌شوند. این نوع الکترودها همانند الکترودهای قلیایی بدون آلیاژ به‌کار می‌روند.

الکترودهای روتیلی- قلیایی با قابلیت بالا:

این نوع الکترودها تلفیقی از مزیت‌های الکترودهای روتیلی و قلیایی را فراهم می‌کنند؛ لذا بهترین نوع الکترود برای جوش‌های فیلت‌مانند افقی و عمودی در فولادهای با استحکام بالا هستند که معمولاً این امکان با جوشکاری الکترودهای روتیلی فراهن نمی‌گردد.

الکترودهای سلولزی:

این نوع از الکترودها برای تمام حالات جوشکاری مخصوصاً جوشکاری عمودی و بالای سر که خواص مکانیکی فلز جوش از بیشترین درجهٔ اهمیت برخوردار است و شرایط رادیوگرافی باید کاملاً بر فلز جوش حاکم باشد، مناسب و به راحتی قابل استفاده است. ضخامت الکترود انتخابی در جوشکاری عمودی و بالای سر در مقایسه با الکترودهایی با سایر پوشش‌ها مستلزم استفاده از یک سایز بالاتر است. فولاد نرم را بدون گرمایش و حرارت‌دهی اولیه جوش می‌دهند، ولی پیشنهاد می‌شود فولادهای با استحکام بالا با حرارت‌دهی اولیه همچنین ایجاد گرمایش در طول جوشکاری انجام گردد؛ همچنان که برای جوشکاری با الکترودهای با هیدروژن کم عمل می‌شود.

طبقه‌بندی الکترودها بر حسب استاندارد (AWS.A 5.1)

انجمن جوشکاری آمریکا (AWS) با طبقه‌بندی انواع الکترودهای جوشکاری، تسهیلات خاصی را به منظور کاربرد و نحوهٔ استفاده بهینه از آنها در اختیار جوشکاران قرار می‌دهد. با این پیش‌زمینه، به این سیستم و طریقهٔ استفاده مطلوب از آن می‌پردازیم. پیشوند E نمایانگر الکترود جوشکاری است. دو رقم اول از چهار رقم و سه رقم اول از پنج رقم نشانگر استحکام کششی است. به عنوان مثال E- 6010 یعنی استحکام کششی شصت هزار پوند بر اینچ مربع و E- 10018 هم یعنی استحکام کششی فلز جوش صد هزار پوند بر اینچ مربع است. از رقم بعدی تا آخرین رقم هم نمایانگر حالت جوشکاری است. رقم ۱ نشانگر انجام جوشکاری در تمامی حالات است. رقم ۲ صرفاً برای سطوح مسطح افقی، و رقم ۳ نشان‌دهندهٔ کاربرد در سطوح مسطح افقی و عمودی و رو به پایین است. دو رقم آخر، با هم یعنی نوع پوشش و قطبیت یا جریانی که باید با آن جوشکاری کرد.

جدول ۲

نوع پوشش و شدت جریان	حالات	استحکام کشش	الکترود
10	1	60	E

جدول ۳

رقم	نوع پوشش	جریان جوشکاری
10	سلولز و سدیم بالا	مستقیم
11	پتاسیم و سلولز بالا	مستقیم یا متناوب
12	تیتانیوم و سدیم بالا	مستقیم یا متناوب
13	تیتانیوم و پتاسیم بالا	مستقیم یا متناوب
14	تیتانیوم و پودر آهن	مستقیم یا متناوب
15	سدیم و هیدروژن پایین	مستقیم
16	پتاسیم و هیدروژن پایین	مستقیم یا متناوب
27	پودر آهن و اکسید آهن	مستقیم یا متناوب
18	هیدروژن پایین و پودر آهن	مستقیم یا متناوب
20	اکسید آهن بالا	مستقیم یا متناوب
22	اکسید آهن بالا	مستقیم یا متناوب
24	تیتانیوم و پودر آهن	مستقیم یا متناوب
28	پودر آهن و پتاسیم هیدروژن پایین	مستقیم یا متناوب

یک جوشکار برای هر کار جوشکاری الکترود خاص استفاده می‌کند و دستگاه جوش مستقیم (DC) قوس صاف و جوش مناسب‌تری ایجاد می‌کند. برخی از الکترودها فقط با دستگاه برق مستقیم کار می‌کند، ولی الکترودهای جوشکاری با برق متناوب قابلیت کاربرد با دستگاه جوش مستقیم را هم دارند. در این جا متداول‌ترین الکترودها و نحوهٔ کاربرد آنها ارائه می‌شود.

متداول‌ترین الکترودها:

الف) E- 6010

فقط با جریان جوش مستقیم کار می‌کند و مختص جوشکاری لوله است. نفوذ قوس جوش در این نوع الکترود بیشتر از همه الکترودهاست. بهترین الکترود برای نفوذ در زنگ‌زدگی، چربی، رنگ و کثیفی است. در تمام حالات قابل جوشکاری است، به طوری که جوشکاران مبتدی معمولاً کار با آن را دشوار می‌دانند، ولی بسیار مورد علاقه جوشکاران خطوط لوله در سراسر دنیاست.

ب) E- 6011

این الکترود برای تمام حالات جوشکاری به‌کار می‌رود. جوش آن با برق متناوب است و ویژه زنگ‌زدگی، چربی و فلزات کهنه است. هنگام دسترسی نداشتن به برق مستقیم، اولین انتخاب برای امور تعمیر و نگهداری است و دارای قوس جوش عمیق و نافذ است.

پ) E- 6013

در تمام حالات قابل جوشکاری است. برق آن متناوب است و در جوش‌های تمیز و کم‌پاشش و ورق‌های فلزی نو و تازه کاربرد دارد. قوس مسطح آن، پاشش‌کم و نفوذی متوسط دارد و سربار آسان‌زدا است.

ت) E- 7018

الکترودی است با قابلیت جوشکاری در تمام حالات. با برق مستقیم کار می‌کند و هیدروژن آن کم است؛ به ویژه وقتی کیفیت جوش مطرح باشد و فلز مورد جوشکاری، سخت جوش باشد، استفاده می‌شود. دارای قابلیت جوش منظم و نیز مقاومت به ضربه مناسب در دمای زیر صفر درجه است.

ث) E- 7024

این الکترود معمولاً مختص درز جوش‌های بزرگ است و با برق متناوب کار می‌کند در ورقه‌هایی با ضخامت بیشتر از ۶ میلی‌متر مورد استفاده قرار می‌گیرد، ولی بیشتر برای ورقه‌هایی با ضخامت ۱۲ میلی‌متر به بالا است.

تحقیق کنید

روش‌های ایجاد قوس الکتریکی چیست؟

پاسخ:
برای ایجاد قوس از روش‌های زیر استفاده می‌شود:
- تماس دو قطب جریان به هم
- با استفاده از ولتاژ و فرکانس بالا
- با استفاده از واسطهٔ بین الکترود و کار
- در روش تماسی مانند جوشکاری با الکترود روپوش‌دار، ابتدا الکترود را به کار تماس می‌دهیم و به آرامی تا فاصلهٔ چند میلی‌متری کار دور می‌کنیم یا مانند نوک زدن پرندگان با الکترود به کار ضربه می‌زنیم و جدا می‌کنیم تا قوس شکل بگیرد. در این روش ولتاژ مدار حدود ۸۰ تا ۹۰ ولت است و در اثر شروع قوس و یونیزه شدن گازهای بین دو قطب به نصف یا کمتر هم خواهد رسید.

بحث کلاسی

عیوبی که در اثر انحراف قوس الکتریکی در جوشکاری ایجاد می‌شود، چیست؟

پاسخ:
انحراف قوس باعث عیوب زیر می‌شود:
- حفره‌های گازی‌شکل
- ناموزون شدن گرده جوش
- پاشش زیادتر جرقه در انتهای جوش
- زیر برش یا سوختگی جوش

تحقیق کنید

روش‌های دیگر جلوگیری از ایجاد وزش قوس چیست؟

پاسخ:
راه‌های جلوگیری از وزش قوس
- انجام جوشکاری به طرف قسمتی که قبلاً جوشکاری‌شده (تغییر جهت جوشکاری)
- قرار دادن قطعه کار در وسط حلقه‌ای که توسط کابل انبر یا کابل اتصال درست کرده‌ایم؛ یعنی این که در صورت امکان کابل اتصال به دور قطعه کار پیچیده شود (به منظور ایجاد حوزهٔ مغناطیسی جدید و خنثی کردن اثر وزش قوس).
- تغییر جریان از (DC) به (AC)

واحد یادگیری۳: جوشکاری انواع اتصالات

زمان آموزش	جمع: ۵۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

- شایستگی‌های فنی:

۱- انواع اتصالات جوشکاری را بشناسد.
۲- علائم و نشانه‌های انواع اتصالات جوشکاری را بشناسد.
۳- بتواند گرده جوش ایجاد کند.
۴- جوشکاری به‌صورت سپری و شیاری را انجام دهد.
۵- نکات ایمنی را در حین جوشکاری رعایت کند.

- شایستگی‌های غیرفنی:

۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کار گروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط‌زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
۲- با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد گیرد.

جوشکاری انواع اتصالات

نقش اتصالات جوش انتقال تنش و تقسیم آن بین اعضای سازهٔ جوش داده‌شده (weldment) است و نیروها و بارهای وارد شده به سازه را به قسمت‌های مختلف جوش منتقل می‌کند. تنش‌ها به سطح مقطع جوش وارد می‌گردد، لذا باید مقادیر آن با استفاده از محاسبات و تجربهٔ کاری برآورده گردد. نوع بار و سرویس‌دهی سازه‌ها از عواملی است که در طراحی اتصالات جوش باید در نظر گرفته شود.

فرایندهای متداول جوشکاری

به دلیل استفادهٔ گسترده از روش (SMAW)در ایران بحث ما دربارهٔ این روش است.

انواع جوش:

الف) جوش شیاری (Groove)

ب) جوش گوشه (Fillet)

پ) جوش کام (Slot)

ت) جوش انگشتانه (Pluge)

جوش گوشه متداول‌ترین نوع جوش در سازهٔ فولادی است. بعد از آن جوش شیاری قرار دارد و جوش انگشتانه و کام به موارد مخصوصی که در آن مقاومت جوش انجام‌شده در لبه‌ها به حد کافی نباشد، محدود می‌شود.

جوش شیاری: جوشی است که در درز بین دو قطعه رسوب می‌کند و در دو نوع با نفوذ کامل و با نفوذ نسبی اجرا می‌شود.

جوش گوشه: جوشی است که بر وجوه جانبی دو قطعه مجاور هم رسوب می‌کند.

جوش کام: جوشی است که درون یک شکاف به صورت توپر داده می‌شود.

جوش انگشتانه: جوشی است که درون یک سوراخ به صورت توپر داده می‌شود.

انواع اتصال جوشی:

الف) اتصال لب به لب

ب) اتصال پوششی (روی‌هم)

پ) اتصال سپری

ت) اتصال گونیا

ث) اتصال پیشانی

جزئیات جوش شیاری با نفوذ کامل:

این جوش عمدتاً برای متصل ساختن قطعات ورقی است که در یک سطح و یک امتداد قرار گرفته‌اند. این جوش باید از مقاومتی هم‌اندازه با مقاومت قطعات

متصل‌شونده برخوردار باشد. در این خصوص باید به امتزاج کامل ریشهٔ جوش توجه خاص داشت. برای رسیدن به این هدف دو روش زیر را در پیش داریم:

الف) استفاده از پشت‌بند و انجام عبور ریشه به نحوی که پشت‌بند در عبور ریشه با فلز جوش و فلز پایه ممزوج شود. مشخصات تسمه پشت‌بند باید در حد فلز پایه باشد. این تسمه‌ها پس از جوشکاری در جای خود می‌مانند و جزئی از اتصال می‌شوند. برای تثبیت این تسمه‌ها قبل از جوشکاری از خال جوش‌های متناوب استفاده می‌شود که در هر دو طرف تسمه به صورت چپ و راست داده می‌شوند تا تنش‌های اضافی ایجاد نکند. در ضمن این خال جوش‌ها نباید درست در مقابل یکدیگر قرار گیرند. تسمه‌های پشت‌بند باید کاملاً به زیر ورق بچسبند؛ وگرنه باعث به وجود آمدن تفاله جوشکاری در ناحیهٔ ریشهٔ جوش می‌شوند. ضمناً وقتی از تسمه پشت‌بند استفاده می‌شود، دیگر نباید ضخامت ریشه را در نظر گرفت.

ب) انجام جوش پشت. بدین نحو که پس از پر شدن شیار با جوش از یک طرف، ریشه از سمت پشت کار سنگ می‌خورد و یک عبور جوش انجام می‌شود.

نکته

۱- وقتی که جوشکاری از یک طرف باشد و فاصلهٔ لبه‌ها نیز زیاد باشد، از تسمه‌های پشت‌بند استفاده می‌شود. این تسمه‌ها پس از عملیات جوشکاری در جای خود باقی می‌مانند و جزئی از اتصال می شوند.

۲- تسمه‌های فاصله‌دهنده اغلب در درزهای جناغی دورو (X) استفاده می‌شوند؛ در این حالت قبل از جوشکاری طرف دوم، سنگ زدن ریشه نیاز است.

۳- وقتی لبه درز در محل ریشه تیز باشد، برای سوختن و ریزش خیلی مستعد است؛ مخصوصاً اگر فاصلهٔ لبه زیاد باشد، برای همین برای ریشه ضخامت در نظر می‌گیرند.

واحد یادگیری۴: جوشکاری با گازهای محافظ (Gas Metal Arc Welding) GMAW

زمان آموزش	جمع: ۱۰ ساعت

اهداف جزئی واحد یادگیری:

- شایستگی‌های فنی:

۱- با جوشکاری تیگ آشنا شود.

۲- با جوشکاری میگ آشنا شود.

۳- ابزار و تجهیزات جوش تیگ و میگ را بشناسد.

- شایستگی‌های غی فنی:

۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کار گروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط‌زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.

۲- با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد بگیرد.

دانش‌افزایی

جوشکاری با گازهای محافظ (GMAW)

وسایلی که در فرایند جوشکاری (GMAW) استفاده می‌شوند، عبارتند از:
منبع نیرو (تأمین‌کنندهٔ انرژی برای ذوب الکترود)
دستگاه تغذیهٔ سیم جوش
کابل جوشکاری
مشعل جوشکاری (انبر جوشکاری)
قسمت تأمین‌کننده گاز محافظ

جوشکاری تیگ

انواع الکترودها در (TIG):

۱- الکترود تنگستن خالص (سبزرنگ) برای جوش آلومینیوم استفاده می‌شود و حین جوشکاری پِت‌پِت می‌کند
۲- الکترود تنگستن توریم‌دار که دو نوع است: الف) ۱٪ توریم‌دار که قرمزرنگ است؛ ب) ٪ ۲ توریم‌دار که زردرنگ است.
۳- الکترود تنگستن زیرکونیم‌دار که علامت مشخصه آن رنگ سفید است.
۴- الکترود تنگستن لانتان‌دار که مشکی‌رنگ است
۵- الکترود تنگستن سزیم‌دار که طلایی‌رنگ است
این دو نوع آخر به تازگی در بازار عرضه می‌شود.
چند نکته در مورد مزایای تنگستن:
۱- افزایش عمر الکترود
۲- سهولت در خروج الکترون‌ها در جریان(DC)
۳- ثبات و پایداری قوس را بیشتر می‌کند.
۴- شروع قوس راحت‌تر است.

نوع قطبیت مناسب در جوشکاری(TIG):

جریان(DCEN) برای جوشکاری چدن- مس- برنج- تیتانیوم- انواع فولادها
جریان(AC) برای جوشکاری آلومینیوم و منیزیوم و ترکیبات آن

تحقیق کنید

معایب جوشکاری تیگ چیست؟

پاسخ:
۱- وسایل و تجهیزات این فرایند جوشکاری پیچیده‌تر است، و در نتیجه حمل و نقل مشکل خواهد بود.

۲- تجهیزات این فرایند گران است و هزینهٔ تعمیر و نگهداری دستگاه‌های آن بالا است.
۳- دستگاه گان (gun) کوتاه دارد.
۴- تنوع در انواع الکترود یا سیم جوش وجود ندارد.
۵- قوس به حفاظت در مقابل باد نیاز دارد، زیرا باد باعث منحرف کردن گاز پوششی یا محافظت‌کننده از قوس می‌گردد.
۶- گان جوشکاری باید نزدیک به قطعه کار باشد؛ در نتیجه کاربرد این فرایند در بعضی موارد نسبت به انواع جوشکاری‌های دیگر مشکل است.
۷- سرعت سرد شدن جوش به دلیل نبود لایهٔ سرباره، سریع‌تر از روش‌های قوسی با محافظت سرباره است؛ در نتیجه ممکن است خواص متالورژیک و مکانیک فلز جوش را تغییر دهد.

جوشکاری میگ

بحث کلاسی

سیستم جوشکاری میگ را تشریح کنید.

پاسخ:
در فرایند (MIG) برای محافظت از فلز جوش و مذاب معمولاً از گازهای آرگون و هلیوم و یا مخلوطی از این گازها و گازهای بی‌اثر (Inert) و غیره استفاده می‌شود. فرایند جوشکاری (MIG) برای جوشکاری فلزاتی مانند فولاد زنگ‌نزن، آلومینیوم، نیکل و مس استفاده می‌شود. چگونگی انتقال فلز پرکن مذاب به حوضچهٔ جوش از ویژگی‌های مهم فرایند جوشکاری (MIG) است. فیزیک انتقال فلز به درستی مشخص نیست اما متخصصین می‌گویند که دو نیروی اصلی جاذبه زمین (ثقل) و نیروی ناشی از اثر پینچ (Pinch Effect) عامل انتقال فلز به حوضچه هستند.
نیروی جاذبه: حین جوشکاری نیروی جاذبه از جمله عواملی است که باعث حرکت قطرات مذاب به سمت حوضچه می‌گردد. چنانچه جرم قطره مذاب افزایش بیابد، این نیرو نیز افزایش پیدا می‌کند. هنگامی که نیروی جاذبه یا همان ثقل بیشتر از نیرویی باشد که قطرهٔ مذاب را روی الکترود نگه داشته است (نیروی کشش سطحی و نیروی اینرسی)، انتقال قطرات مذاب به راحتی انجام می‌گیرد.
اثر پینچ: هنگامی که جریان الکتریسیته از یک هادی فلزی عبور نماید، میدان مغناطیسی در اطراف آن ایجاد می‌شود که شدت این میدان مغناطیسی به دانسیته جریان عبوری از قطعه بستگی دارد. در جوشکاری (MIG) الکترود نقش این هادی فلزی را ایفا می‌کند. این میدان مغناطیسی القایی باعث ایجاد نیروی مغناطیسی می‌گردد که نیروی پینچ نامیده می‌شود. نیروی پینچ با توان دوم جریان الکتریسیتهٔ

عبوری از قطعه (در اینجا الکترود) نسبت مستقیم دارد؛ لذا با دو برابر شدن جریان الکتریسیته، نیروی پینچ چهار برابر می‌شود.
وقتی که قطر انتهایی الکترود به اندازهٔ کافی کوچک شود، نیروی پینچ مستقل از نیروی ثقل عامل سقوط قطرات مذاب به حوضچهٔ جوش است.

تحقیق کنید

معایب جوشکاری میگ چیست؟

پاسخ:
همانند جوشکاری تیگ

تحقیق کنید

در مورد انواع دیگر جوشکاری‌های برق تحقیق کنید؟

پاسخ:
جوشکاری با لیزر:
به طور عمده از دو نوع لیزر در جوشکاری و برشکاری استفاده می‌شود: لیزرهای جامد مثل (Ruby) و (ND: YAG) و لیزرهای گاز مثل لیزر(CO_2). در زیر اصول کار لیزر (Ruby) (یک نوع اکسید آلومینیوم است که ذرات کرم در آن پخش شده‌اند) که در جوشکاری کاربرد دارد، توضیح داده می‌شود. این سیستم لیزر از یک کریستال استوانه‌ای‌شکل تشکیل شده است. دو سر آن کاملاً صیقلی و آینه‌ای شده و در یک سر آن یک سوراخ ریز برای خروج اشعهٔ لیزر وجود دارد. در اطراف این کریستال لامپ گزنون قرار دارد که برای کار در سرعت حدود ۱۰۰۰ فلاش در ثانیه طراحی شده است.
لامپ گزنون با استفاده از یک خازن که حدود ۱۰۰۰ بار در ثانیه شارژ و تخلیه می‌شود، فلاش می‌زند و هنگامی که کریستال(Ruby) تحت تأثیر این فلاش‌ها قرار بگیرد، اتم‌های کرم داخل شبکه کریستالی تحریک می‌شوند و در اثر این تحریک امواج نور از خود سطح می‌کنند. با بازتابش این اشعه‌ها در سطوح صیقلی و تقویت آنها اشعهٔ لیزر شکل می‌گیرد. اشعهٔ لیزر شکل‌گرفته از سوراخ ریز خارج می‌شود و سپس به وسیله یک عدسی بر روی قطعه کار متمرکز می‌گردد که بر اثر برخورد انرژی بسیار زیادی در سطح کوچکی آزاد می‌کند که باعث ذوب و بخار شدن قطعه و انجام عمل ذوب می‌شود.
محدودیت لیزر (Ruby) پیوسته نبودن اشعهٔ آن است، در حالی‌که انرژی خروجی آن بیشتر از لیزرهای گاز مانند لیزر (CO_2) است که در آنها اشعهٔ حاصل پیوسته

است. از لیزر (CO_2) بیشتر به منظور برش استفاده می‌شود و از لیزر (ND: YAG) بیشتر برای جوشکاری آلومینیوم استفاده می‌شود.
از آنجا که در این روش مقدار اعظمی از انرژی مصرف‌شده به گرما تبدیل می‌شود، باید به یک سیستم خنک‌کننده مجهز باشد.
در جوشکاری لیزر دو روش عمده برای جوشکاری وجود دارد: یکی حرکت دادن سریع قطعه زیر اشعه است تا که یک جوش پیوسته شکل بگیرد و دیگری که مرسوم‌تر است، جوش دادن با چند سری پرتاب اشعه است.در جوشکاری لیزر تمامی عملیات ذوب و انجماد در چند میکروثانیه انجام می‌گیرد و به خاطر کوتاه بودن این زمان هیچ واکنشی بین فلز مذاب و اتمسفر انجام نخواهد شد و از این رو گاز محافظ لازم ندارد.
طراحی اتصال در جوشکاری لیزر: بهترین طرح اتصال برای این نوع جوشکاری طرح اتصال لب به لب است و با توجه به محدودیت ضخامت در آن می‌توان از طرح اتصال‌های (T) یا اتصال گوشه نیز استفاده کرد.
جوشکاری با پرتو الکترونی:
فرایند جوشکاری با پرتو الکترونی یک فرایند اتصال ذوبی است که در طی آن قطعه کار توسط جریانی متراکم از الکترون‌های دارای سرعت بالا بمباران می‌شود 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. این جوشکاری معمولاً در یک محفظهٔ خلأ با استفاده از یک سیستم تولید و تمرکز پرتو الکترونی انجام می‌شود.
مهم‌ترین صنایعی که از این فرایند استفاده می‌کنند، صنایع هوا فضا، صنایع هسته-ای ، صنایع الکترونیک و پزشکی، صنایع خودروسازی و جوشکاری پلاسما هستند که به تناسب کاربرد دستی و خودکار، پلاسما پیشنهادهای سودمند زیادی در تولید در مقیاس کوچک و دقت جوش، حجم زیاد فلز و در مجموع تجهیزات دارد. از سال ۱۹۶۴ که مقدمه‌ای برای صنعت جوشکاری بود، جوشکاری پلاسما بر اساس مزایای اصلی، کنترل و دقت با تولید جوش‌هایی با کیفیت بالا و با استفاده از الکترودهای بادوام در کارهایی با حجم زیاد توسعه یافت. اکنون از پلاسما برای جوشکاری هر چیزی استفاده می‌شود:
از وسایل جراحی و آشپزخانه از طریق صنایع غذایی گرفته تا تعمیر پره‌های موتور جت. در واقع پلاسما گازی است که در دمای خیلی زیاد، گرم و یونیزه می‌شود، به‌طوری‌که هادی جریان الکتریکی می‌شود. فرایند جوشکاری قوسی پلاسما شبیه GTAW (جوشکاری با الکترود تنگستنی به همراه گازمحافظ) است که از پلاسما برای انتقال جریان الکتریکی لازم برای ایجاد قوس به قطعه کار استفاده می‌شود. قطعه کار بر اثر گرمای شدید قوس، گداخته و ذوب می‌شود. انواع فلزاتی که می-توانند توسط پلاسما جوش داده شوند، عبارتند از: فولاد ضدزنگ، فلزات دیرگداز و و دیگر فولادها: تیتانیم، تانتالیم، مس، برنج، طلا، نقره، آلیاژی از آهن و نیکل و

کبالت (kovar، Inconel و zircall) قوس جوشکاری (TIG / GTAW چپ) و پلاسما(راست) در مشعل جوشکاری پلاسما الکترود تنگستنی در یک نازل مسی که در نوک آن دریچهٔ کوچکی وجود دارد، قرار می‌گیرد. شعلهٔ قوس ابتدا میان مشعل الکترود و نوک نازل به‌وجود می‌آید و سپس قوس ایجادشده به قطعه کار منتقل می‌شود. گاز پلاسما و قوس در یک مسیر با یک منفذ محدودشده با هم برخورد می‌کنند و مشعل یک گرمای فشرده و متمرکز با دمای بالا به قسمت کوچکی اعمال می‌کند. با این فرایند تجهیزات جوش پلاسما کارایی بالایی دارد که قادر است جوش‌هایی با کیفیت خیلی خوب تولید کند. در جوشکاری موادی که در زمانی که گرم می‌شوند تمایل به خروج گاز دارند، الکترودهایی که محافظت می‌شوند، کمتر در معرض آلودگی و فساد قرار می‌گیرند. این امر باعث طولانی‌تر شدن عمر الکترود و افزایش زمان نگهداری آن می‌گردد.

گاز پلاسما معمولاً از گاز آرگون است و مشعل نیز از گاز دومی(آرگون، آرگون/ هیدروژن و یا هلیوم) برای کمک در محافظت حوضچهٔ جوش استفاده می‌کند تا اکسیداسیون را کاهش دهد. سوراخ نازل با در نظر گرفتن اندازهٔ مهره جوش انتخاب می‌شود تا قطر و ضخامت قوس بر اساس آن کنترل شود. تجهیزات اضافی لازم برای جوشکاری پلاسما شامل موارد زیر است:

۱- منبع قدرت

۲- Consol پلاسما(درونی یا بیرونی)

۳- دستگاه گردش آب(درونی یا بیرونی)

۴- مجموعه مشعل فرعی جوش پلاسما

نوک‌ها، سرامیک‌ها، گیره و دستگاه اندازه‌گیری نصب الکترود شروع و انتقال قوس پلاسما آرام و پیوسته و یکنواخت است که این امر در جوش صفحات نازک و سیم‌های باریک و اجزای کوچک مناسب است. شکل و طول قوس و توزیع حرارت پلاسما، فاصله بحرانی گریز جوش را نسبت به حالت (GTAW) کمتر می‌کند. تقریباً در تمام کاربردها به کنترل خودکار ولتاژ (AVC) نیازی نیست. پایداری بالای قوس در طی جوشکاری از وزش و انحراف قوس می‌کاهد و اپراتور را قادر می‌سازد از وسایل شروع‌کننده قوس در نزدیکی و مجاورت محل اتصال جوش برای نفوذ بهتر حرارت استفاده کند. چگالی انرژی قوس در پلاسما در حدود ۳ برابر انرژی قوس (GTAW) است که از شکستگی و تغییر شکل جوش و از (Z.H.A) می‌کاهد که این امر باعث ریزدانه شدن جوش و افزایش سرعت جوشکاری می‌شود (این جوش در کمتر از ۰۰۵/. ثانیه کامل می‌شود). جریان اولیهٔ کمتر از۱ آمپر می‌تواند دقت جوشکاری اجزای کوچک و کنترل بهتر جوش را در جوشکاری لبه‌ای شیب‌دار را به‌همراه داشته باشد. در هنگام شروع قوس منبع قدرت پلاسما، کمترین صدا را تولید می‌کند و پلاسما می‌تواند از تجهیزات کنترل عددی(NC) بدون دخالت الکتریکی استفاده کند.این امر همچنین در درزگیری با جوش اجزای

الکترونیک برخلاف فرایند (GTAW) که با دخالت الکتریکی ممکن است آسیب-هایی به اجزای حساس الکترونیک درونی وارد کند، استفاده می‌شود. منبع پلاسما دامنهٔ وسیعی از فرکانس برای کاربردهای پالسی در اختیار ما قرار می‌دهد که گاهی اوقات این فرکانس‌ها به بالاتر از 10 Khz می‌رسد. جوشکاری پلاسما کاربردهای فراوان و گوناگونی دارد. به‌طور کلی برش و تعمیر قالب‌ها در صنعت با استفاده از پلاسما در حال رشد است.

منبع قدرت میکروقوس این توانایی را دارد که قوسی با جریان پایین ایجاد کند و راهی مؤثر برای تعمیر و شکاف‌های کم و جزئی و گودی‌های ناشی از استفاده نادرست و فرسودگی و تعمیر اصولی و عملیات حرارتی داشته باشد. برای جوش لبه‌های بیرونی فرایند پلاسما به استفاده از طول قوسی بلندتر و پایدار که به مهارت زیادی در کنترل حوضچه نیاز ندارد، توصیه می‌کند. در مواجهه با گوشه‌های درونی شکاف‌ها، الکترود تنگستنی (GTAW/TIG) می‌تواند انجام فرایند جوش را بهتر کند. در جوشکاری تسمه‌ها توسط پلاسما انتقال قوس به قطعه کار با کار کردن بر روی لبه‌های اتصال به‌طور پیوسته صورت می‌گیرد. در کاربردهای خودکار در جوش‌های طویل و بلند نیازی به کنترل فاصله نیست و این فرایند نیاز کمتری به تعمیر اجزای مشعل دارد. تیوب و لوله از نورد تیوب و به‌وسیله رول‌های شکل‌دهندهٔ مواد و جوشکاری لبه‌ای در محل جوش تولید می‌شوند. کارایی و بازده نورد تیوب به سرعت جوشکاری و مجموع زمان‌های صرف‌شده در آن بستگی دارد. جوشکاری پلاسما ویژگی‌های مهم و سودمندی دارد، برای مثال، افزایش سرعت جوشکاری تیوب، جوش‌هایی با کیفیت مناسب به‌خاطر پایداری و ثبات قوس و افزایش عمر نوک الکترود را می‌توان نام برد.

جوشکاری فراصوتی:

جوشکاری فراصوت یا التراسونیک (Ultrasonic Welding) علاوه بر اتصال قطعات پلاستیکی، به منظور اتصال فلزات به پلاستیک‌ها و مغزی دادن فلز در داخل پلاستیک پس از قالب‌گیری و اتصال مواد غیرهم‌جنس به یکدیگر، استفاده می‌شود. در جوشکاری التراسونیک، با قرار دادن قطعات در معرض حرکت ارتعاشی با فرکانس ثابت در حدود ۴۰-۱۰ کیلوهرتز حرارت تولید می‌شود. دامنهٔ این حرکت ارتعاشی عموماً بین ۴۰-۲۰ میکرومتر تغییر می‌کند.

ولتاژ و فرکانس توسط یک منبع نیرو افزایش داده می‌شود. خروجی آن به یک مبدل را ترانسدیوسر (Transducer) متصل می‌گردد. ترانسدیوسر شامل یک یا چند لایه از صفحات پیزوالکتریک است که در بین چند قطعه فلزی قرار گرفته‌اند. با برقراری ولتاژ در دیسک پیزوالکتریک، ارتعاشاتی به صفحات فلزی منتقل می‌گردد. در واقع خاصیت این صفحات پیزوالکتریک آن است که انرژی الکتریکی را به ارتعاش تبدیل می‌کنند. بعد از ایجاد ارتعاشات در مبدل، امواج تولیدی به یک تقویت‌کننده (Booster) منتقل می‌شوند تا دامنهٔ ارتعاش آنها افزایش یابد. در نهایت امواج تقویت‌شده از طریق یک دماغه یا سونوترود (Sonotrode) به قطعه

هدایت می‌شود. مطابق شکل سه جزء مبدل، تقویت‌کننده و دماغه، ستون التراسونیک نامیده می‌شوند که حین جوشکاری به صورت عمودی نگه داشته شده‌است و نوک دماغه با یکی از قطعاتی که قرار است جوش داده شود، تماس دارد. حرارت در جوشکاری فراصوت از ارتعاشات تقویت‌شده ناشی می‌شود. این انرژی ارتعاشی در سطح مشترک قطعاتی که قرار است به‌هم جوش داده شوند، متمرکز می‌شود. در نتیجهٔ این کار، حرارت لازم برای ذوب پلاستیک از طریق اصطکاک ناشی از ارتعاش یک سطح روی سطح دیگر در محل اتصال ایجاد می‌شود؛ لذا حرارت تنها در موضع اتصال ایجاد می‌شود و بقیهٔ قسمت‌های قطعه سرد باقی می‌ماند.

ارزشیابی شایستگی جوشکاری برق

شرح کار:
شناسایی تجهیزات جوشکاری برق
ایجاد قوس الکتریکی
جوشکاری انواع اتصالات
جوشکاری با گاز محافظ

استاندارد عملکرد:
هنرجویان با جریان مورد استفاده در جوشکاری، ایجاد قوس الکتریکی، و روش‌های مختلف جوشکاری برق آشنا می‌شوند و نحوهٔ جوشکاری پلیت‌ها با شیوه‌های مختلف را می‌آموزند.

شاخص‌ها:
- تنظیم و استفادهٔ صحیح از دستگاه جوشکاری
- جوشکاری پلیت‌ها به روش‌های مختلف و با رعایت کامل نکات ایمنی

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
شرایط: کارگاه جوشکاری با شرایط تهویهٔ مناسب و نور کافی
ابزار و تجهیزات: پلیت، دستگاه جوشکاری، الکترود و تجهیزات ایمنی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	شناسایی تجهیزات جوش کاری برق	۲	
۲	ایجاد قوس الکتریکی	۲	
۳	جوشکاری انواع اتصالات	۱	
۴	جوشکاری با گاز محافظ	۱	
شایستگی‌های غیرفنی: ۱- ایمنی قبل و در حین جوشکاری ۲- رعایت نکات زیست محیطی ۳- اخلاق حرفه ای		۲	
میانگین نمرات			*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۳ است.