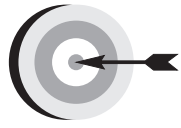
فصل اول



هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. چگونگی جوشکاری با قوس و الکترود روپوش‌دار را توضیح دهد.

۲. روش‌های مختلف تشکیل قوس را شرح دهد.

۳. جریان الکتریسیته مناسب برای جوشکاری‌های قوسی را معرفی کند.

۴. استفاده از قطب‌های جریان و خصوصیات آن‌ها را شرح دهد.

۵. پارامترهای مؤثر در قوس و نقش آن‌ها را بیان کند.

۶. رابطه‌ی پارامترهای قوس و تأثیر آن‌ها بر هم را توضیح دهد.

جوشکاری با قوس الکتریکی و الکترود درپوش‌دار
SMAW [1]

این فرآیند جوشـکاری ذوبی اسـت که لبه‌های کار در اثر حرارت قوس الکتریکی ذوب شـده و مذاب لبه‌ها به کمک مذاب الکترود با هم مخلوط شده و پس از انجماد قطعات به هم جوش می‌خورند.

۱- کاربرد جوشکاری با الکترود روپوش دار (SMAW):

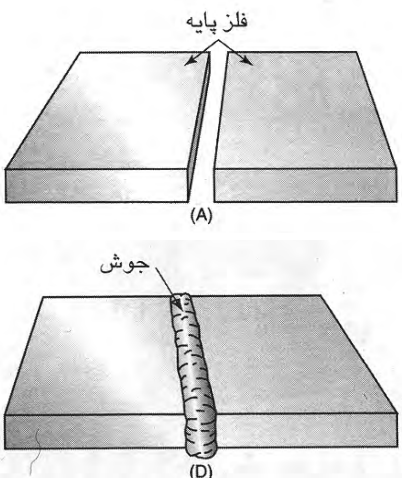
ابتـدا به وسـیله الکترود ذغالی و سـپس با الکترود فلزی لخت فرآیند جوشـکاری قوس شکل گرفت و در سـال ۱۹۰۵ میلادی الکترود روپوش‌دار کشف شد که باعث سادگی شروع کار و بهبود پایداری قوس و کیفیت جوش گردید و کاربرد آن روز به روز گسترش یافت پژوهش‌های مختلف توسط انجمن‌های جوشکاری از جمله انجمن جوشـکاری آمریکا AWS و انجمن مهندسـین آمریکا ASME صورت گرفته و کما کان ادامه دارد و با عنوان استانداردهای مختلف ارائه می‌گردد.

در این روش به دلیل روپوش الکترود امکان اتوماسـیون وجود ندارد و همواره یک روش دستی است.

از طرفـی به دلیـل قابلیت‌های زیاد از جمله حمل و نقل راحت و امکان اسـتفاده از کابلهای بلندتر در صورت نیاز و اسـتفاده از الکترودهای متنـوع از نظر آلیاژ در زمینه سـاخت و تعمیرات به کار گرفته می شـود. هم‌چنین به دلیل پایـداری قوس و امکان جوشـکاری در هـوای آزاد و در ارتفاع امروزه در سـاخت سـاختمان‌های فولادی،

۱ - Shild Metal Arewelding

پل‌های فلزی، کشتی‌سازی، سازه‌های دریایی، قالب‌های بتن و دریچه‌های سدها، دکل مخابرات، مخازن تحت فشار و... کاربرد فراوان دارد.



شکل ۱-۱

● چگونگی جوشکاری قوس الکتریکی و الکترود روپوش دار SMAW:

بیشترین اتصالات جوشی، با روش ذوب فلز مبنا در دو طرف خط اتصال ساخته می‌شود، فلز ذوب شده یک حوضچه مذاب بین دو قطعه ایجاد می‌کند[1] حوضچه مذاب جامد شده، پل فلزی پیوسته‌ای تولید می‌کند که قادر به انتقال نیرو بوده و آب بندی نیز می‌باشد شکل (۱-۱).

الکترود فلزی قوس را به وجود آورده و خود در گرمای قوس ذوب شده و روپوش الکترود هم سوخته و ذوب شده و به دلیل کمتر بودن جرم حجمی روی مذاب را می‌پوشاند و پس از انجماد «گل جوش» سرباره را تشکیل می‌دهد.

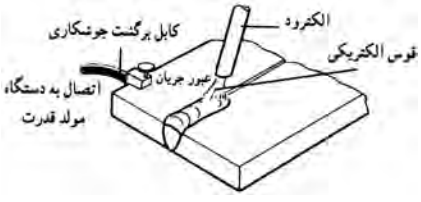
شکل ۲-۱

پس می‌توان گفت عوامل لازم برای جوشکاری یعنی انرژی حرارتی برای ذوب و محافظت از مذاب هر دو از طریق الکترود روپوش‌دار عملی می‌شود. (شکل ۲-۱)

بر این اساس این فرآیند را «جوشکاری قوس الکتریک و الکترود روپوش‌دار» گویند.[2]

۱-۱ قوس الکتریکی و چگونگی تشکیل آن

قوس الکتریکی در اثر تخلیه بار الکتریکی در فاصله هوایی بین دو قطب جریان به وجود می‌آید که با نور و حرارت همراه است. در حقیقت اگر دو قطب جریان را به هم تماس داده و سپس در فاصله کمی از یکدیگر قرار گیرند، جرقه‌هایی ایجاد می‌شود. این جرقه ها موجب یونیزه شدن[3] گاز بین دو قطب می شود. الکترون‌های جریان برق از فاصله هوایی بین آن دو قطب عبور می‌کنند. این عمل باعث گرم شدن نوک الکترود می‌شود و الکترون‌های آزادِ درون الکترود میل به خروج پیدا کنند. هم چنین با توجه به اینکه یون‌ها و الکترون‌ها سریعاً به طرف قطب‌های مخالف خود در قوس حرکت می‌کنند و با برخورد الکترون‌ها با اتم‌های گاز موجود بین دو قطب جریان، موجب افزایش یونیزاسیون و پایداری قوس می‌گردد. (شکل ۲-۱ الف)



شکل ۲-۱ الف

۱ - در صورت لزوم برای پر کردن مقطع جوش فلز اضافی نیز به آن افزوده می‌شود.

۲ - از روزهای اولیه استفاده این روش، در ایران به نام جوشکاری برق شناخته شده و هنوز هم متداول است.

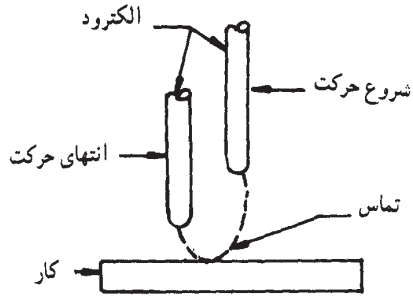
۳ - گازهای یونیزه دارای یونهای مثبت و الکترون آزاد هستند و هادی جریان الکتریسیته می باشند.

البته برای برقراری قوس ولتاژ بیشـتری لازم اسـت ولی ادامه قوس با ولتاژ کمتری عملی است.

۱-۱-۱ روش‌های تشکیل قوس الکتریکی

برای ایجاد قوس از روش‌های زیر استفاده می‌شود:

- تماس دو قطب جریان به هم (شکل ۲-۱)
- با استفاده از ولتاژ و فرکانس بالا
- روش دور کردن ترچ از کار (Life Arc)
- با استفاده از واسطه‌ی بین الکترود و کار



ایجاد قوس با پایین و بالا بردن الکترود (نوک زدن)

شکل ۲-۱

- در روش تماسی مانند جوشکاری با الکترود روپوش‌دار ابتدا الکترود را به کار تمـاس داده و به آرامی تا فاصله چند میلی‌متری کار دور می‌کنیم یا مانند نوک زدن پرندگان با الکترود به کار ضربه زده و جدا می‌کنیم تا قوس شـکل بگیرد. (شکل ۲-۱)

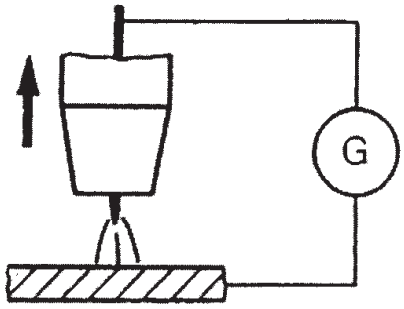
در ایـن روش ولتاژ مدار باز(O.C.V)[1] حدود ۸۰ وحداکثر ۹۰ ولت اسـت و در اثر شروع قوس و یونیزه شدن گازهای بین دو قطب به نصف یا کمتر هم خواهد رسید.

- شـروع قوس در جوشـکاری بـا گاز محافـظ و الکترود لخـت (GMAW یا MIG/MAG) نیز با رسیدن نوک الکترود به کار و ذوب شدن قسمتی از نوک سـیم و ایجاد گرمای زیاد، یونیزاسیون گاز محافظ اتفاق می‌افتد و قوس شکل می‌گیرد.
- هم‌چنین در روش SAW یا جوشکاری زیر پودری هم امروزه این روش متداول اسـت. در این روش الکترود به کار رسـیده و کمی برگشـت کرده تا قوس از طریق تماس الکترود به کار شکل گیرد.
- روش استفاده از واسطه بین الکترود و کار: در گذشته به ویژه در جوشکاری زیر پودری یا در روش سـرباره الکتریکی[2] متداول بوده در این روش با اسـتفاده از پشم فولادی بین الکترود و کار در لحظه شروع قوس به دلیل اتصال کوتاه، پشم فولادی بین دو قطب جریان ذوب و تبخیر و قوس پایدار تشکیل می‌گردد.

۱ - ولتاژ مدار باز (Open Circute Voltage): ولتاژ دو سر کابل‌های جوشکاری است زمانی که دستگاه روشن است ولی جوشکاری انجام نمی‌شود.

۲- روش سرباره الکتریکی یکی از روش‌های ذوبی برای جوشکاری قطعات ضخیم است.

- ایجاد قوس با ولتاژ و فرکانس بالا: در جوشکاری با الکترود تنگستن و گاز محافظ یعنی روش GTAW=TIG چون تماس الکترود با کار موجب خراب شدن نوک الکترود شده و از طرف دیگر امکان ورود فلز تنگستن به کار می‌رود، از روش فرکانس زیاد High Frequency استفاده می‌شود.

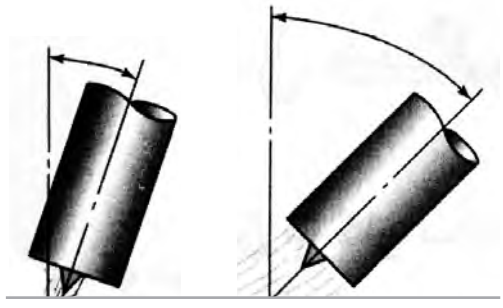


شکل ۳-۱

روش کار بـه این صورت اسـت که انـرژی الکتریکی در خازن ذخیره اسـت و با فشـار دکمه‌ای که روی ترچ است بدون تماس در فاصله حدود ۲ سانتی‌متری یا بیشتر الکترون‌ها از الکترود جدا شده و به سمت کار می‌روند این جهش موجب یونیزه شدن گاز آرگون شـده و قوس پایدار شـکل می‌گیرد. آنگاه ولتاژ و فرکانس اضافی حذف می‌شود. (شکل ۳-۱)

● روش دور کردن ترچ از کار Lift Arc

نحوه شروع قوس به این صورت است که الکترود تنگستن به کار تماس داده و دکمه مخصوص قطع و وصل روی ترچ جوشـکاری را فشـار داده ولی هیچ اتفاقی نمی‌افتد. اگر به آرامی نوک الکترود تنگستن را از کار جدا کنیم (بهتر است به طور مایل) قوس در همان لحظه شـکل می‌گیرد، چون گازهای محافظ راحت یونیزه می‌شـوند. (شکل ۴-۱)


شکل ۴-۱

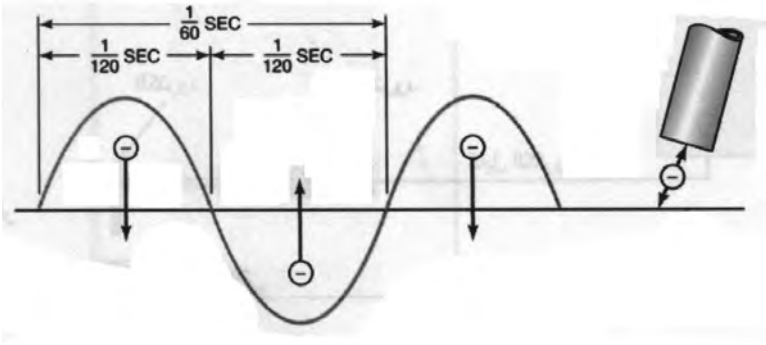
۲-۱ جریان مناسب در جوشکاری‌های قوسی

هر دو جریان AC و DC در جوشـکاری‌های قوسـی مورد اسـتفاده واقع می‌شود و مواردی انحصاری هم وجود دارد که جریان AC یا DC جواب‌گوی نیاز جوشـکاری است.

آیا تفاوت این دو جریان را به خاطر دارید و می‌دانید که حرکت الکترون‌ها در یک هادی چگونه است.

جریان مستقیم (DC)[1] یعنی این که الکترون‌ها در یک جهت حرکت می‌کنند (یک‌سو هستند) به عبارت دیگر یکی از قطب‌ها مثبت و دیگری قطب منفی است علامت جریان DC (=) است.

جریان متناوب (AC)[2] یعنی جهت حرکت الکترون‌ها دو سویه یا رفت و برگشتی و جای قطب‌های جریان در هر ثانیه ۵۰ تا ۶۰ بار عوض می‌شود و علامت جریان AC (~) است. (شکل ۵-۱)



شکل ۵-۱

جریان الکتریسیته دارای دو عامل مؤثر است یعنی شدت جریان و فشار الکتریکی عامل سوم به مسیر عبور جریان بستگی دارد که مقاومت الکتریکی معروف است.

این عامل‌ها را یادآوری کرده و تعریف کاربردی آن‌ها هم برایتان شرح خواهیم داد.

۱-۲-۱ مزایا و معایب جریان AC

جریان AC مطابق آن‌چه که در شکل (۵-۱) مشاهده می‌کنید دارای یک موج سینوسی است و در هر ثانیه ۵۰ تا ۶۰ بار جای قطب‌ها عوض می‌شود و لحظه‌هایی هم به صفر می‌رسد در این لحظه قوس قطع می‌شود و دوباره شکل می‌گیرد در بعضی از دستگاه‌های جوشکاری ولتاژ به سمت ولتاژ مدار باز افزایش می‌یابد که باعث دوباره روشن شدن قوس می‌گردد.

۱- DC (Direct Current)

۲- AC (Alternative Current)

● مزایا

دستگاه‌های تولید کننده جریان AC یا ترانسفورماتورهای جوشکاری:

- ساده‌تر و ارزان‌تر هستند.
- هزینه نگهداری دستگاه‌ها کمتر است.
- گرما در کار و الکترود به طور مساوی تقسیم می‌شود.
- راندمان اقتصادی بالاتری دارد.
- وزش قوس یا انحراف قوس ندارد.[1]

● محدودیت‌ها

- 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.

۲-۲-۱ مزایا و معایب جریان DC

- قوس راحت‌تر تشکیل می‌شود و پایدارتر است.
- خطر شوک الکتریکی کمتر است.
- قوس آرام‌تر بوده و پاشش جرقه کمتر است.
- استفاده از همه نوع الکترودها امکان‌پذیر است.
- امکان استفاده از هر دو قطب جریان وجود دارد[2].
- دو سوم گرمای قوس الکتریکی در قطب مثبت متمرکز است
- جوشکاری در وضعیت‌های[3] مختلف راحت‌تر است

---

۱ - توضیح بعداً خواهد آمد.

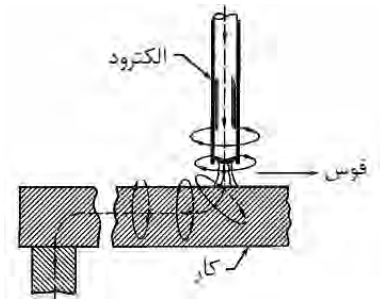
۲ - در صفحه‌های بعد به آن می‌پردازیم.

۳ - جوشکاری سربالا، افقی یا سقفی

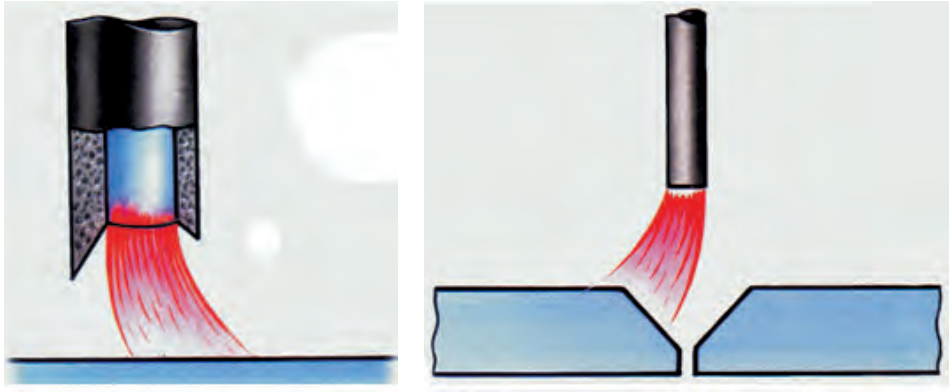
● معایب

در جوشــکاری با جریــان DC گاهی پدیده‌ای به نام (وزش قــوس) یا دمش قوش (Arcblow) وجود دارد که در جریان AC وجود ندارد.

وزش قوس یا انحراف قوس یعنی این‌که قوس الکتریک به طرفی کشیده شود، این انحراف قوس به دلیل وجود حوزه مغناطیســی اســت که در اطراف مسیر عبور جریان و عمود بر آن شــکل می‌گیرد به شــکل (۶-۱) توجه کنید حوزه مغناطیســی عمود بر الکترود جوشــکاری و مسیر عبور جریان از محل اتصال به کابل اتصال تا محل تشکیل قوس شکل می‌گیرد و باعث انحراف قوس می‌شود به شکل (۷-۱) توجه کنید.



شکل ۶-۱



شکل ۷-۱

انحراف قوس باعث بروز حفره‌ی گازی در جوش می‌شود هم‌چنین موجب ناموزون شدن گرده جوش شده و فلز جوش به یک طرف کشیده می‌شود و جوشکاری را دچار مشــکل می‌کند. جرقه و پاشش زیادتر می شود و احتمال سوختگی در کناره جوش و ظاهر نا مناسب جوش را موجب می‌شود.

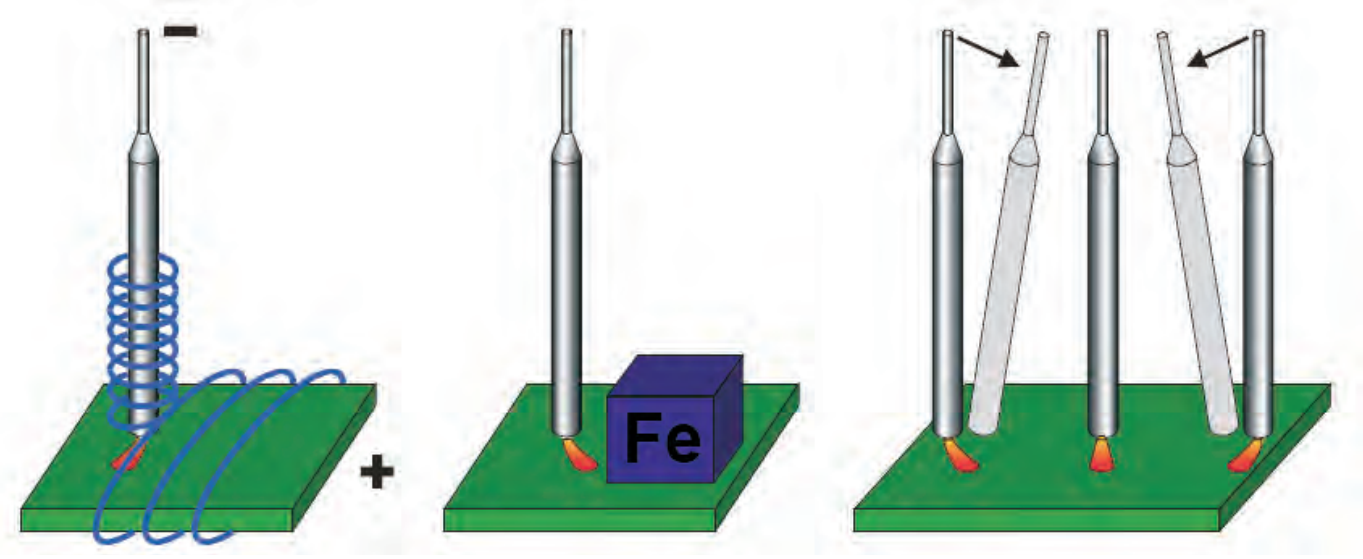
● راه‌های جلوگیری از وزش قوس

- به حداقل رساندن طول قوس
- کاهش آمپر جوشکاری
- انجام جوشکاری به طرف قسمتی که قبلاً جوشکاری شده (تغییر جهت جوشکاری)
- دور کردن محل اتصال کابل به قطعه کار

■ قرار دادن قطعه کار در وسط حلقه‌ای که توسط کابل انبر یا کابل اتصال درست کرده‌ایم به منظور ایجاد حوزه‌ی مغناطیسی جدید و خنثی کردن اثر وزش قوس

■ تغییر جریان از DC به AC

در شکل (۸-۱) نحوه‌ی مقابله با وزش قوس توسط جوشکاری با تغییر زاویه الکترود مشاهده می‌شود.



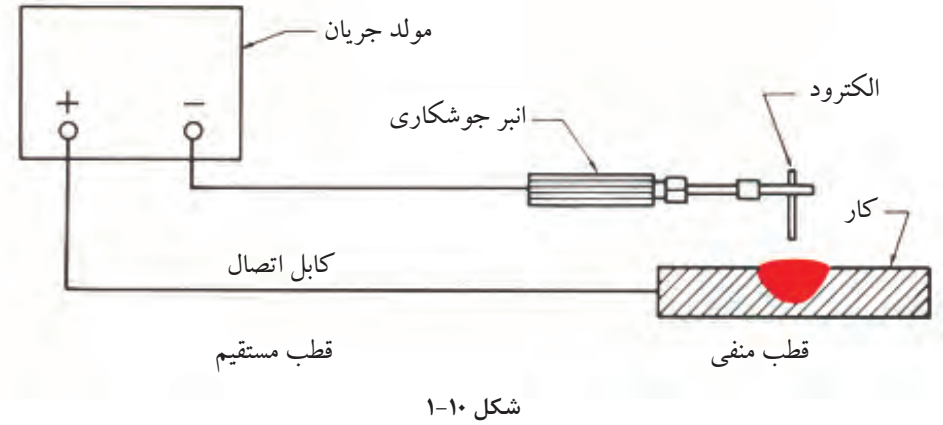
شکل ۸-۱

۳-۱ قطب‌های مستقیم و معکوس در جوشکاری

هر دو جریان AC و DC در جوشکاری با الکترود روپوش‌دار مورد استفاده قرار می‌گیرد با این تفاوت که وقتی با جریان متناوب AC کاری کنیم قطب مثبت و قطب منفی وجود ندارد و انبر جوشکاری به هر کدام از کابل‌های خروجی دستگاه جوش وصل شود نتیجه کار یکسان خواهد بود گرما در الکترود و کار به طور مساوی توزیع می‌شود به دلیل این که در جریان متناوب AC در هر ثانیه ۵۰ بار جای قطب‌ها عوض می‌شود، قوس پایداری کمتری دارد و مواردی که ضرورت دارد با آمپر کمتر کار کنیم جوشکاری مشکل‌تر می‌شود مانند جوشکاری افقی عمودی و سقفی و جوشکاری ورقهای نازکتر.

در به کارگیری جریان مستقیم DC که توسط دستگاه رکتی‌فایر یا دینام جوشکاری تأمین می‌شود و انتخاب قطب در اختیار جوشکار است.

۱- کابل انبر الکترود گیر را به قطب منفی دستگاه و کابل اتصال را به قطب مثبت دستگاه وصل کنیم. شکل (۱۰-۱)

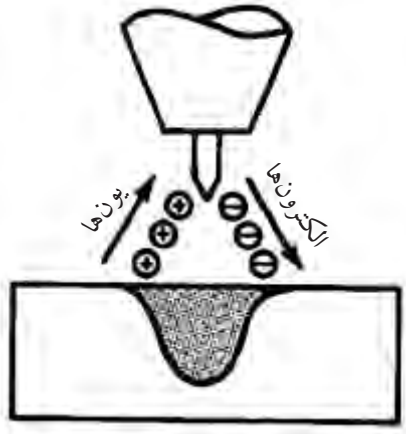


شکل ۱۰-۱

این حالت را جوشکاری با قطب مستقیم (DC SP)[۱] و یا (DC EN)[۲] گویند.

همان‌طور که در شکل (۱۰-۱) مشاهده می کنید جهت حرکت الکترون‌ها از الکترود به کار است و الکترون‌ها با سرعت زیاد به کار برخورد می کنند و به دلیل بمباران الکترونی گرمای زیادی در کار (قطب مثبت) به وجود می‌آید.

در جوشکاری قوس با الکترود تنگستن الکترود تنگستن به قطب منفی دستگاه وصل است گرما بیشتر در کار یعنی $\frac{۲}{۳}$ در کار و $\frac{۱}{۳}$ در الکترود توزیع می‌شود (شکل ۱۱-۱) و این امر از ذوب شدن الکترود تنگستن جلوگیری می کند.



شکل ۱۱-۱

در جوشکاری با الکترود روپوش‌دار هم گرما در قطب مثبت بیشتر از قطب منفی است ولی به علت وجود روپوش و بخارات و گازهای حاصل از آن گرما متعادل‌تر توزیع می‌شود.

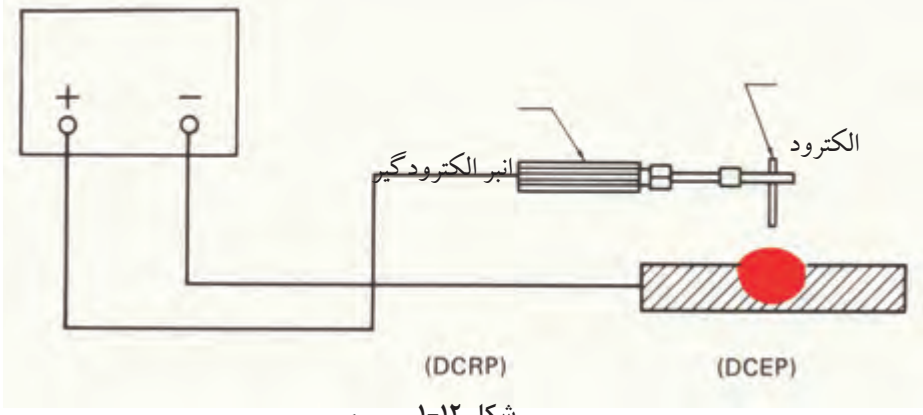
۲- در به کارگیری قطب معکوس (DC RP)[۳] یا الکترود مثبت + = (DC EP)[۴] در جوشکاری گرما بیشتر در الکترود توزیع می‌شود در نتیجه سرعت ذوب الکترود بیشتر است در روش GMAW یا MIG/MAG و زیر پودری الکترود به قطب مثبت وصل است زیرا سرعت ذوب بالاتر و راندمان بیشتر لازم است.

هم‌چنین آن دسته از الکترودها هم که روپوش دیر ذوب‌تر دارند با این قطب

۱- Direct Current Straight Pdarity
۲- Direct Current Electrod Negative
۳- Direct Current Revers Polavity
۴- Direct Current Electrod Positive

جوشــکاری می‌شوند مثل الکترود قلیایی[1] در جوشــکاری با این قطب (DCRP) عمل تمیزکاری قوس (Arc Cleaning) وجود دارد.

یعنی چون الکترون‌ها از کار جدا شــده و یون‌ها از الکترود به کار برخورد می‌کنند اکســیدهای فلزی در محل تشکیل قوس خرد شــده و یا به صورت یک‌پارچه تشکیل نمی‌شوند و برای جوشکاری فلزاتی که اکسید دیر ذوب و یک‌پارچه تشکیل می‌دهند مثل آلومینیوم و منیزیم بسیار مناسب است. (شکل ۱۲-۱)

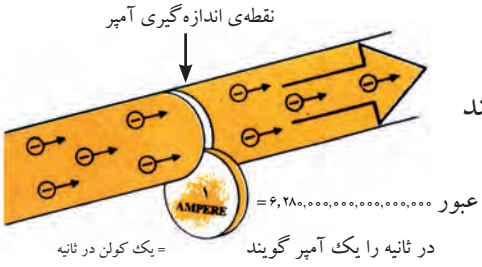


شکل ۱۲-۱ جریان مستقیم الکترود + قطب معکوس

۱-۴ شدت جریان جوشکاری

تعــداد الکترون‌های عبوری در واحــد زمان از یک نقطه از مدار را شــدت جریان گویند و به حرف (I) نشان می‌دهند.

چنان‌چه تعــداد $۶/۲۸\times۱۰^{۱۸}$ الکترون در یک ثانیه از یک نقطــه از مدار عبور کند شدت جریان یک آمپر است که معادل یک کولن در ثانیه است شکل (۱۳-۱).



شکل ۱۳-۱ نماد عبور الکترون

۱-۵ فشار الکتریکی یا اختلاف پتانسیل

در جریان برق اختلاف سطح الکترون موجب جاری شدن الکترون‌ها در سیم شده و هر چه این اختلاف سطح بیشتر باشد فشار الکتریکی هم بیشتر است همان‌طور که می‌دانیم برق فشــار قوی در شبکه بین شهرها جاری است برق شهر ۲۲۰ ولت و برق صنعتی بین دو فاز ۳۸۰ ولت اختلاف پتانســیل دارد برق باطری اتومبیل ۱۲ ولت مســتقیم است که

۱- Basic Eletrod

توسط پلاتین قطع و وصل شده به جریان متناوب تبدیل می‌شود و با عبور از کویل ولتاژ افزایش یافته و از طریق چکش برق و وایر در سر شمع‌های اتومبیل جرقه ایجاد می‌شود همین‌طـور در فندک اجاق گاز خانگی با اسـتفاده از ولتاژ بالا جرقه ایجاد می‌شـود.

هرچه ولتاژ بین دو قطب جریان زیادتر باشد تخلیه الکتریکی (جهش الکترون‌ها) بین دو قطب از فاصله دورتر انجام می‌شود.

برای این که موقع جوشکاری گرما پخش نشود و حفاظت از حوضچه مذاب راحت‌تر باشد. همچنین الکترود نزدیک به کار ذوب شده و انتقال مذاب به کار راحت‌تر و قابل کنترل باشـد. (در ضمن جوشـکاری با ولتاژ پایین از نظر ایمنی مناسـب‌تر اسـت). از جریان الکتریسـیته یا ولتاژ کمتر و شـدت جریان زیاد[1] اسـتفاده می کنیم که هم طول قوس بلند نباشـد و هم انرژی لازم برای قوس[2] فراهم آید و سـرعت جوشکاری کافی باشـد انرژی مصرفی در جوشکاری از حاصل ضرب اختلاف پتانسیل در شدت جریان به دست می‌آید.

$$W = V.I \quad \text{توان الکتریکی}$$

توان الکتریکی(W) بر حسـب وات (W)، اختلاف پتانسیل(V) بر حسب ولت (V) و شدت جریان (I) بر حسب آمپر (A).

۶-۱ مقاومت الکتریکی

چنان‌چه مسیر برای عبور الکترون‌ها در یک هادی (سیم مسی) باز باشد و یا در مقابل عبور الکترون‌ها مانعی نباشد می گوییم مقاومت الکتریکی کم و هدایت الکتریکی زیاد اسـت فلزات هادی خوبی برای جریان الکتریسـیته هستند انبر الکترود گیر و کابل‌های حامل جریان به راحتی شـدت جریان‌های زیاد را از خـود عبور می‌دهند بدون آن‌که گرم شـوند ولی سیم اجاق و بخاری برقی مقاومت الکتریکی زیاد دارند و در اثر عبور جریان گرم می‌شوند. شکل (۱۴-۱)

شکل ۱۴-۱

در یک مدار الکتریکی رابطه زیر برقرار است:

$$V = I.R$$

---

۱ - شدت جریان ۲۵ تا ۳۰۰ آمپر

۲ - گرمای ورودی ۵/۰ تا ۱۵ کیلو ژول در ثانیه

واحد مقاومت الکتریکی (R) اهم اســت: اگر شــدت جریان یک آمپر از سیمی که مقاومت آن یک اهم اســت عبور کند اختلاف پتانســیل دو سر سیم یک ولت خواهد بــود در فرآیند نقطه جوش و ســایر جوش‌های مقاومتــی از مقاومت الکتریکی فلزات استفاده می‌شود.

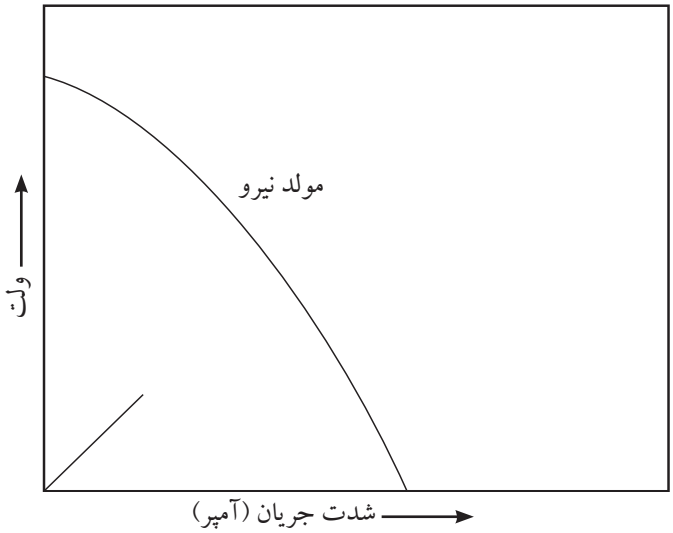
در جوشــکاری SMAW با وجود یونیزه شــدن قوس باز هم مقاومت زیادی جهت عبور جریان وجــود دارد و گرمای زیادی بین $^{\circ}C$ ۶۰۰۰ – $^{\circ}C$ ۵۰۰۰ درجه‌ی ســانتی‌گراد تولید می‌شود ولی در اتصالات کابل به دستگاه و کابل به انبر و به الکترود نباید مقاومت الکتریکی زیادی وجود داشته باشد زیرا باعث افت ولتاژ در قوس می‌شود.

هم‌چنین شدت جریان برای هر الکترود روپوش‌دار محدوده مشخص دارد که توسط سازنده الکترود تعیین می‌شود و باید رعایت شود تا از حدّ مجاز بیشتر نباشد در غیر این صورت الکترود مصرف شدنی سرخ شده و روپوش آن آسیب می‌بیند.

● نمودار ولت آمپر قوس الکتریکی

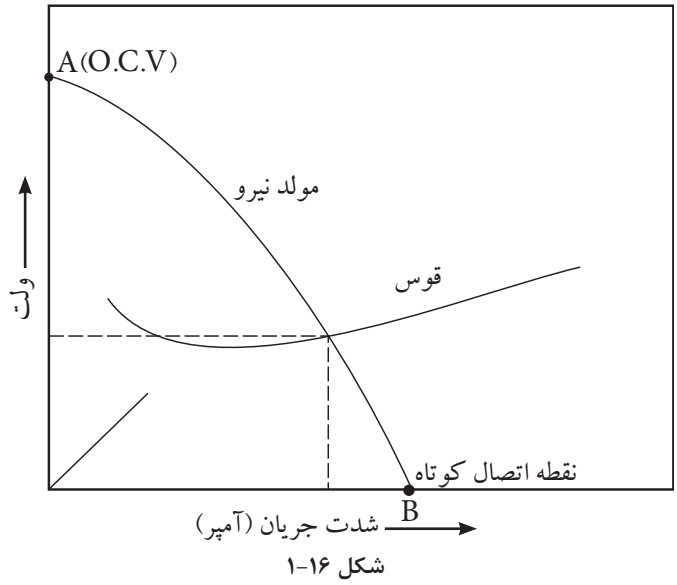
زمان اســتفاده از قوس، جوشکار سرعت پیشــروی را برای ایجاد جوش یکنواخت تنظیم می‌کند و نیاز به قوس الکتریکی با ولتاژ و شــدت جریان ثابت دارد چون ولتاژ و شدت جریان با هم ارتباط دارند، بازاء مقادیر مختلف جریان این رابطه به صورت یک منحنی شکل می‌گیرد که به منحنی قوس معروف است.

اگر منحنی ولت آمپر با توجه به قانون اهم $V = I.R$ ترسیم شــود که در آن با افزایش جریان به صورت تابع خطی ولتاژ افزایش یابد منحنی به شــکل خط صاف در می‌آمد ولی شیب منحنی نمودار قوس الکتریکی تابعی از نــوع فلز الکترود و آتمســفر موجود در فضای گازی قوس الکتریکی می‌باشد به شکل (۱۵-۱) توجه کنید.



شکل ۱۵-۱

اگر نمودار شـدت جریـان و ولتاژ خروجـی مولد قدرت ترسیم شـود مطابق شـکل (۱۶-۱) یعنی روی ستون عمودی ولتاژ مدار با بازو سـتون افقی شـدت جریان‌های جوشکاری علامت‌گذاری شـوداین منحنی با منحی قـوس در نقطه‌ای به هم می‌رسـند که آن نقطه شدت جریان و ولتاژ جوشکاری را نشان می‌دهد.

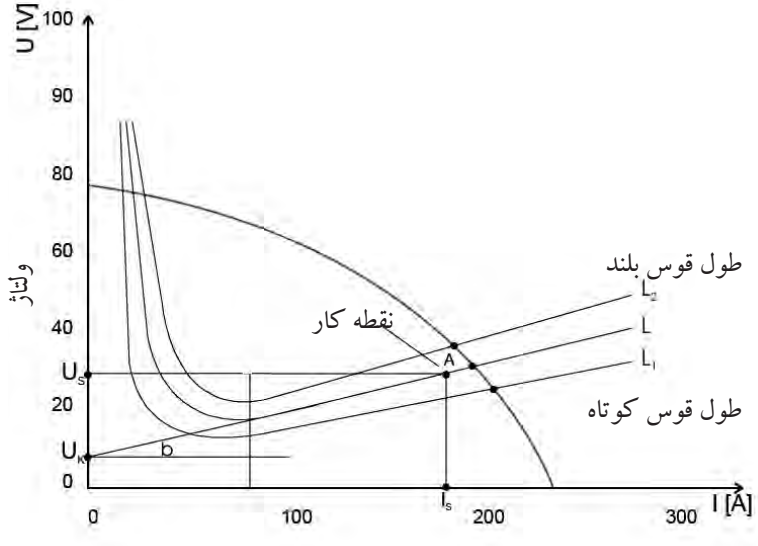


شکل ۱۶-۱

زمانی که شدت جریان حداکثر اسـت یعنی اتصال کوتاه بین الکترود و کار برقرار شده ولتاژ بین الکترود و کار به صفر نزدیک است ادامه این اتصال کوتاه باعث سوختن دستگاه تأمین قدرت خواهد شد.

و زمانی دستگاه روشن است و جوشکاری انجام نمی‌شود ولتاژ حداکثر است که به ولتاژ مدار باز یا (O.C.V)[۱] معروف است.

با افزایش طول قوس ولتاژ افزایش یافته و شـدت جریان کاهش می‌یابد و بر عکس. (شکل ۱۷-۱)



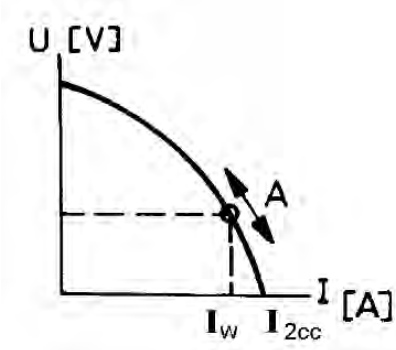
شکل ۱۷-۱

۱- Open Circuit Voltage

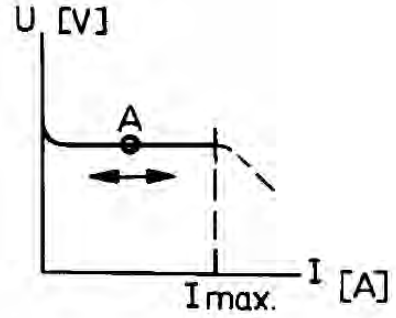
ولتاژ قوس و شـدت جریان مصرفی زمانی اسـت که قوس برقرار است و در شکل (۱-۱۷) مشـاهده می‌شـود و ولت‌متر در حدود نصف ولتاژ مدار باز را نشان می‌دهد و آمپر متر میزان آمپر مصرفی را.

دسـتگاه‌های مولد قدرت با این نوع خروجی به عنوان نمودار نزولی یا دستگاه‌های «جریان ثابت» می‌نامند ولی این نام‌گذاری کاملاً دقیق نیسـت زیرا جریان خروجی در اثر تغییر شـدت جریان جزئی تغییر ولتاژ را نشـان می‌دهد در جوشـکاری SMAW و GTAW دستگاه مولد قدرت این گونه‌اند.

در فرآیند زیر پودری SAW و جوشکاری با گاز محافظ و الکترود مصرفی GMAW دسـتگاه مولد قدرت دارای سیستم ولتاژ ثابت است و جوشکار با تغییرات ولتاژ توسط کلید گردان سرعت ذوب را کم و زیاد می‌کند و با تغییرات سرعت سیم شدت جریان به میزان لازم کاهش یا افزایش می‌یابد. (شکل ۱-۱۸)



نمودار دستگاه جریان ثابت



نمودار دستگاه ولتاژ ثابت

شکل ۱-۱۸

۱-۷ اثر پارامترهای متفاوت در ولتاژ قوس فرآیند SMAW

پارامترهای شـدت جریان و ولتاژ قوس با توجه به نوع پوشـش، ضخامت پوشـش، جنس فلز الکترود و طول قوس در ارتباط است.

مطابـق قانون اهم شـدت جریان و ولتاژ عکس یکدیگرند این موضوع در دسـتگاه جوشـکاری صادق است ولی در قوس ممکن اسـت بر خلاف قانون اهم اتفاق افتد و طبق رابطه زیر خواهد بود.

$$ur = k + \frac{L \times d}{10 \times S} \times I$$

ur = ولتاژ قوس (ولت)　　K = ضریب ثابت ماده

L = طول قوس (میلی متر)　　I = شدت جریان (آمپر)

d = قطر الکترود (میلی متر)　　S = سطح مقطع (بر حسب میلی متر مربع)

ضریب K به جنس الکترود و میزان افت ولتاژ در کاتد (-) یا آند (+) بسـتگی دارد و برای فولادها در این روش عدد ۱۲ منظور می‌شود.

۱- در این فرمول چنان‌چه پارامترها ثابت باشد و فقط جریان افزایش پیدا کند ولتاژ هم افزایش می‌یابد.

۲- چنان‌چه فقط قطر الکترود افزایش یابد ولتاژ قوس کاهش می‌یابد.

۳- چنان‌چه طول قوس افزایش یابد ولتاژ قوس هم افزایش می‌یابد.

مثال: در جوشـــکاری با الکترود $d = ۴mm$ شـــدت جریان ۱۵۰ آمپر و طول قوس ۳/۰۰ میلی‌متری باشد. مطلوبست؟

الف. ولتاژ قوس را حســـاب کرده و با ولتاژ حاصل از فرض‌های (ب،ج ود) مقایسه کنید.

ب. شدت جریان را ۲۰۰ فرض کنید

ج. قطر الکترود $d = ۵mm$ آمپر فرض شود

د. طول قوس ۴ میلی‌متر فرض کنید

سؤالات پایانی فصل اول

۱- یکی از مشکلاتی که روپوش الکترود به وجود می‌آورد کدام است؟

الف) عایق بودن
ب) سبک‌تر بودن از مذاب
ج) مانع اتوماسیون شدن
د) فاصله کم دست تا حوضچه مذاب

۲- در کدام روش شروع قوس الکترود با کار اتصال برقرار نمی‌کند؟

الف) تماس
ب) استفاده از فرکانس بالا
ج) روش دور کردن ترچ از کار
د) با استفاده از واسطه بین الکترود و کار

۳- ولتاژ مدار باز یعنی ولتاژ بین انبر الکترودگیر و انبر اتصال وقتی که ..... .

الف) الکترود به انبر اتصال وصل شده است
ب) دستگاه خاموش است
ج) در حال جوشکاری هستیم
د) وقتی دستگاه روشن و جوشکاری انجام نمی‌شود

۴- به غیر از شدت جریان و فشار الکتریکی عامل سوم که در عبور جریان از هادی نقش دارد کدام است؟

الف) نوع جریان
ب) فرکانس جریان
ج) مقاومت الکتریکی هادی
د) سیکل جریان

۵- جا به جا کردن کابل انبر و اتصال در کدام دستگاه تفاوتی ایجاد نمی‌کند؟

الف) رکتی‌فایر
ب) ترانسفورماتور
ج) دینام کارگاهی
د) دینام جوش سیار

۶- شدت جریان مناسب برای هر الکترود توسط ..... تعیین می شود.

الف) کارخانه سازنده الکترود
ب) فروشنده الکترود
ج) جوشکار
د) ضخامت قطعه جوش دادنی

۷- چرا استفاده از طول قوس بلند در جوشکاری مطلوب نیست؟

پاسخ:.....

.....

.....

۸- در جوشکاری‌های قوسی بالاترین تغییر حالت فلز کدام است؟

الف) گرم شدن و افزایش حجم　　ب) بخار شدن

ج) ذوب شدن　　د) یونیزه شدن

۹- در جوشکاری آلومینیوم از کدام گزینه استفاده می شود؟

الف) AC/DC　　ب) DCRP

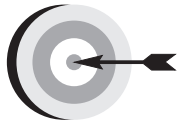
ج) DCSP　　د) DCEN

۱۰ - دستگاه جوشکاری با الکترود روپوش دار دارای کدام نوع منحنی است؟

الف) نزولی　　ب) خطی با زاویه 45°

ج) خطی و افقی　　د) همه موارد

فصل دوم



هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. مخاطرات اصلی در جوشکاری با قوس الکتریکی را نام ببرد.

۲. اشعه‌های و تأثیرات سوء هر کدام را تشریح کند.

۳. گازها و بخاراتی که برای جوشکار زیان‌بار است نام ببرد.

۴. روش‌های مختلف تهویه گازهای حاصل از جوشکاری را نام ببرد.

۵. مزایای رعایت دستورالعمل‌های ایمنی را تشریح کند.

۲- ایمنی در جوشکاری

در سال گذشته در خصوص ایمنی عمومی و ایمنی در خصوص جوشکاری با شعله گاز مطالبی یادآور شـدیم در این بخش در مورد جوشکاری با قوس الکتریک مطالبی فرا خواهید گرفت.

جوشـکاری هم مانند سایر عملیات که در صنایع فلزی به کار گرفته می‌شود دارای مخاطراتی مربوط به خود است که اگر مورد مطالعه و توجه نباشد برای خود جوشکار و کارگرانی که در مجاورت او به کار اشتغال دارند تهدید جدی وجود دارد سرپیچی از تدابیر ایمنی و بی توجهی به مقررات خطراتی را در بر خواهد داشـت و حتی ممکن است منجر به از دست دادن جان انسان‌ها شود.

حـوادث حیـن کار موجب خسـارات مادی یا جانی شـده و عواقـب و پیامدهای ناگواری را به همراه دارد، به طور کلی جوشکاری حرفه مخاطره آمیزی نیست ولی به شرط این‌که همیشه اقدامات احتیاطی و ضروری معمول گردد مزایای توجه به مقررات ایمنی عبارتند از:

● برای کارگران

۱- کاهش فشار

۲- کاهش جراحات و صدمات

۳- کاهش حوادث

۴- افزایش راحتی

۵- افزایش رفاه و تندرستی

۶- افزایش بهداشت کار

۷- افزایش روحیه

● برای کارفرما

۱- افزایش کیفیت محصول

۲- افزایش کارآیی کارکنان

۳- استفاده بهتر از نیروی انسانی

۴- کاهش حوادث

۵- کاهش خطاها

۶- کاهش مخارج درمانی

۷- کاهش مخارج تولید

۱-۲ مخاطرات اصلی در جوشکاری با قوس الکتریکی عبارتند از:

۱- شوک الکتریکی

۲- تشعشع پرتوها

۳- استشمام دود و گاز

۴- پاشیدن جرقه از مذاب

۱-۱-۲ شوک الکتریکی

شوک الکتریکی زمانی حادث می‌شود که جریان الکتریسیته از بدن انسان بگذرد و یک واکنش ماهیچه‌ای را باعث شود.

به طور کلی عبور بیشتراز یک میلی‌آمپر که با یک شوک احساس می‌شود.

عبور جریان‌های بالاتر از ۲۵ میلی آمپر از بدن باعث از کار افتادن قلب می شود.

جوشـــکار نباید با ولتاژی که بتواند جریانی بیشتر از یک میلی‌آمپر از بدن عبور دهد کار کند.

برق جوشـــکاری دارای ولتاژ پایین اســـت و از نظر برق گرفتگی هم کم خطر است

ولی کابل‌های ورودی به دستگاه دارای ولتاژ بالا تا ۴۱۵ ولت هستند که بسیار خطرناک بوده و باید کاملاً محافظت شوند تا در تماس با اجسام داغ، تیز و بُرنده نباشند.

ولتاژ مدار باز دستگاه‌های جوشکاری به طور معمول باید زیر ۹۰ ولت باشند. دستگاه‌های جوشکاری امروزی طوری طراحی شده‌اند که وقتی روشن می‌شوند ابتدا ولتاژ کمی در دو سر کابل وجود دارد و موقع تماس الکترود به کار ولتاژ مدار باز مناسب به طور اتومات جریان می‌یابد.

به نکات زیر توجه و در اجرا به آن عمل کنید:

۱- اتصال کابل تغذیه دستگاه و تابلو برق باید توسط کلید و فیوز مناسب انجام شده باشد.

۲- اطمینان حاصل کنید که کابل ورودی به دستگاه دارای عایق‌بندی خوب بوده و برای ولتاژ تا ۴۱۵ ولت مناسب باشد.

۳- مطمئن شوید که دستگاه به سیستم اِرت و اتصال به زمین مجهز باشد.

۴- هنگام کار با دست کش خشک کار کنید.

۵- هنگام جوشکاری از کفش‌های مناسب که دارای کف عایق بوده و یا از یک عایق زیر پا مانند تخته‌چوب استفاده کنید.

۶- توجه داشته باشید تجهیزات برق‌رسانی و سیم‌کشی برق قادر به عبور جریان لازم برای کار مورد نظر باشد.

۷- هنگام برق گرفتگی به شخص برق گرفته دست نزنید و کلید اصلی برق ورودی را قطع کنید.

۸- وصل کابل‌های جوشکاری باید زمان خاموش بودن دستگاه صورت گیرد.

۹- تعویض الکترود خصوصاً در ارتفاع باید با دست‌کش انجام شود.

در جداول (۱-۲) و (۲-۲) مخاطرات جریان برق در کارگاه جوشکاری را ملاحظه کنید.

جدول ۱-۲ مخاطرات جریان برق در جوشکاری مدارهای ولتاژ بالا (کابل برق ورودی و مدارهای مربوط به آن)

خطا یا اشتباه	مخاطرات
۱- نصب و راه‌اندازی غلط	آتش‌سوزی، شوک الکتریکی، خط مرگ، آسیب دیدن تجهیزات
۲- استفاده از فیوز با ظرفیت بالا	بالا رفتن درجه حرارت وسایل و تجهیزات، آسیب رسیدن به تجهزات و آتش‌سوزی
۳- نداشتن اتصال زمین دستگاه جوشکاری و سیستم مربوط	شوک الکتریکی، در شرایط حاد سوختگ یا مرگ

جدول ۲-۲ مدارهای ولتاژ کم جریان خروجی دستگاه با شدت جریان زیاد

خطا یا اشتباه	مخاطرات
۱- نبودن اتصال زمین	شوک الکتریکی و در شرایط حاد سوختگی و خطر مرگ
۲- مخدوش بودن کابل و لقّی اتصالات کابلی	برقراری قوس کوچک بین کابل و یا اتصال کابل به قطعات فلزی که به زمین وصل باشند موجب آتش‌سوزی می‌شود.
۳- کابل جوشکاری ضعیف با ظرفیت کم	گرم شدن کابل و احتمال آتش‌سوزی و آسیب رسیدن به تجهزات
۴- نامناسب بودن اتصالات برقی	گرم شدن اضافی، سوختگی و آتش‌سوزی
۵- نامناسب بودن مسیر جریان برگشت یا کابل اتصال	هدر رفتن جریان، افت ولتاژ جریان جوشکاری، گرم شدن اضافی در اتصالات لقّی و آتش‌سوزی

۲-۱-۲ تشعشع پرتوها

قوس الکتریک دارای سه نوع اشعه است:

۱- اشعه قابل رؤیت

۲- اشعه ماورای بنفش

۳- اشعه مادون قرمز

نور مرئی قوس الکتریک بسیار شدید بوده و برای چشم مضر و برای دید مناسب نیست و مانند نور شدید خورشید در روزهای برفی باید از عینک دودی استفاده کرد تا درصد کمتری از آن به چشم برسد. اشعه ماوراء بنفش غیر قابل رؤیت بوده چون دارای طول موج کمتر از ۰/۴μm است . برای چشم و پوست و مو و مخاط تنفسی خطر دارد.

عدسی چشم انسان در معرض اشعه ماوراء بنفش باعث برق زدگی می‌شود که دردناک بوده و باعث جاری شدن اشک چشم و عدم تحمل نور می گردد. اشعه مادون قرمز هم دارای طول موج بیش‌تر از ۰/۷μm می‌باشد موجب آسیب رسیدن به پوست (مثل سوختگی صورت و گردن در کنار دریا) شده و خطر آب مروارید در چشم را به دنبال دارد و علاوه بر جوشکاران بی توجه افرادی هم که در مجاورت عملیات جوشکاری کار می کنند دچار مشکلات برق زدگی در چشم می‌شوند. لذا باید به افرادی که در محدوده قوس جوشکاری کار می کنند آگاهی داده شود تا با چشم غیر مسلح به قوس الکتریکی نگاه نکنند. انعکاس قوس از سطوح صیقلی و براق هم مخاطره‌آمیز است جوشکاران باید از ماسک جوشکاری که دارای شیشه تار مناسب است استفاده کنند و اطراف کار جوشکاری هم باید توسط پرده‌های برزنتی حفاظ‌دار شود.

در جدول (۳-۲) شماره شیشه‌های ماسک و عینک برای جوشکاری‌های مختلف معین گردیده است.

جدول ۳-۲ شماره‌ی شیشه‌های ماسک در شرایط مختلف جوشکاری

شماره‌ی شیشه	موارد استفاده	درصد اشعه‌های عبوری از شیشه		
		نور مریی غیر مضر	مادون فرمز	ماوراء بنفش
شماره‌ی ۲	انعکاس نور شدید و گرمکاری قطعات	٪۲۸	٪۰/۸۷	٪۱/۰۷۵
شماره‌ی ۳	لحیم نرم با شعله	٪۱۶	٪۰/۴۳	٪۱/۰۳۵
شماره‌ی ۴	لحیم سخت با شعله‌ی استیلن	٪۶/۵	هیچ	٪۱/۰۹۷
شماره‌ی ۵	جوشکاری و برشکاری سبک استیلن	٪۲	هیچ	٪۰/۰۴۶
شماره‌ی ۶	استاندارد جوشکاری اکسی‌استیلن	٪۰/۸	هیچ	هیچ
شماره‌ی ۸	جوشکاری سنگین گاز، برشکاری و جوشکاری برق تا ۷۵ آمپر	٪۰/۲۵	هیچ	هیچ
شماره‌ی ۱۰	جوشکاری و برشکاری برق بین ۷۵ تا ۲۵۰ آمپر	٪۰/۰۱۴	هیچ	هیچ
شماره‌ی ۱۲	جوشکاری و برشکاری برق بالاتر از ۲۵۰ آمپر	٪۰/۰۰۲	هیچ	هیچ
شماره‌ی ۱۴	جوشکاری و برشکاری با الکترود کربنی	٪۰/۰۰۰۳	هیچ	هیچ

۳-۱-۲ تولید دود و گاز

درجــه حرارت زیاد قــوس موجب تولیــد دود، گازهای مختلف و گــرد و غبار و بخارات فلزی در قوس و اطراف آن می‌شود.

ایــن ذرات معلق و گازها برای مجاری تنفســی جوشــکاران زیان‌بخش بوده که به ترکیب شیمیایی آن‌ها بستگی دارد البته حداکثر غلظت مجاز که جوشکار می‌تواند در معرض آن قرار گیرد توسط سازمان‌های ذی‌ربط تعیین و اعلام می‌شود عمده گازهایی که تولید می‌شوند عبارتند از:

● منواکســید کربن CO = که از سوختن ناقص کربن و تجزیه ترکیب کربنی شکل می‌گیرد گازی است بی رنگ بی بو که از هوا سبک‌تر است و حداکثر میزان مجاز آن ۵۰-۵۵ میلی گرم در یک متر مکعب هوا اســت. در جوشــکاری با الکترود روپوش‌دار و از تجزیه گاز CO_2 در جوشــکاری با گاز محافظ CO_2 و همچنین موقع جوشــکاری قطعات رنگ شده به وجود می‌آید.

تنفــس این گاز موجب ســرگیجه، تهوع و اســتفراغ شــده و تاری دیــد را موجب می‌شود.

● گاز کربنیــک CO_2 = در جوشــکاری SMAW و GMAW روی فولادهــا بــا الکترودهای روپوش‌دار از سوختن سلولز و گرافیت و از تجزیه کربنات کلسیم موجود در روپوش مقدار زیادی گاز CO_2 به عنوان گاز محافظ به وجود می‌آید درجوشکاری بــا گاز CO_2 ناحیه قوس و اطراف آن را پوشــش می‌دهد و باعث می‌شــود که فضای تنفســی جوشکار را اشــغال نموده موجب کاهش شدید اکسیژن شــود تراکم بیش از ۵۰۰۰ میلی گرم در متر مکعب باعث مسمومیت می‌شود.

● گازهای N_2O_2 و N_2O و NO = از ترکیب اکسیژن با ازت هوا که در گرمای قوس به وجود می‌آید به ویژه زمانی که با برشکاری پلاسمای هوا کار می‌کنیم به مقدار زیاد تولید می شــود و حداکثر مجاز این گازها ۹ میلی گرم در متر مکعب اســت و عملیات جوشکاری و برشکاری در فضاهای محدود بدون تهویه مناسب مخاطره‌آمیز است.

● گاز اوزن O_3 = گازی فعال اســت و باعث صدمه زدن به مجاری تنفسی می‌شود و اکسیژن هوا در مجاورت اشــعه ماورای بنفش تبدیل به اوزون می‌شود. $3O_2 \rightarrow 2O_3$

نا گفته نماند که از برخورد گاز اوزون به جسم جامد واکنش فوق برگشت‌پذیر خواهد بود و خطر رفع می‌شود.

● بخارات فلزی

درجه حرارت قوس از درجه حرارت غلیان و جوشیدن فلزات بالاتر است لذا در مرکز قوس، فلزات تبخیر شده و بخارات فلزی تولید می‌شود مغز فلزی الکترودها می‌توانند بخارات منگنز، مولیبدن، کروم، نیکل، آلومینیوم، مس، قلع و غیره تولید کنند.

استنشاق بخارات تازه تولید شده در قوس ممکن است منجر به عارضه‌ای به نام تب بخارات فلزی شود بخارات فلز روی که موقع جوشکاری لوله‌ها و ورق‌های گالوانیزه تولید می‌شود یکی از شایع‌ترین موارد ابتلا به تب بخارات فلزی است. نوشیدن شیر و آب‌میوه پس از عملیات جوشکاری برای رفع مشکلات تنفسی توصیه شده است.

شکل ۱-۲

● کنترل و کاهش میزان آلودگی‌های گازی

سه روش برای این منظور به کار گرفته می‌شود:

اول تهویه کلی کارگاه با تهویه مناسب تا همه کسانی را که در کارگاه جوشکاری کار می‌کنند از آن بهره‌مند شوند. (شکل ۱-۲)

دوم می‌توان به وسیله قرار دادن یک لوله از محل تشکیل (قوس الکتریکی) دود و گازها را انتقال داد.

سوم می‌توان هوای داخل ماسک جوشکاری را جا به جا نمود یعنی هوای تازه از طریق لوله‌ها که به ماسک وصل است جهت تنفس جوشکار به ماسک هدایت کرد. شکل (۲-۲)

شکل ۲-۲

۲-۱-۴ پاشش جرقه از مذاب

جرقه‌هایی که از قوس پرتاب می‌شوند و هم‌چنین جرقه‌های ناشی از سنگ سنباده دستی که زمان سنگ‌زنی تولید می‌شود می‌تواند موجب سوختگی بدن جوشکار و

آسیب رسیدن به چشم افراد شده و یا آتش‌سوزی را موجب شود لذا رعایت نکات ایمنی زیر ضروری است:

۱) از لباس کار نخی با جیب‌های دربسته و شلوار کار با دمپای مناسب استفاده کنید.

۲) از پوشیدن لباس کار چرب و کار در فضای آغشته به چربی و روغن و سایر مواد اشتعال‌زا خودداری کنید.

۳) جوشکاری و برشکاری و سنگ‌زنی در جوار مخازن و انبار مواد سوختنی و محیط‌هایی که امکان نشت گاز سوختنی وجود دارد باید تحت نظارت مسئول بهداشت و ایمنی کارگاه انجام شود.

۴) از پرتاب ته الکترود به اطراف خودداری کنید و آن‌ها را در ظرف مخصوص بریزید.

۵) موقع پاک کردن شلاکه (گل جوش) از روی جوش (خط جوش) از عینک محافظ استفاده کنید.

۶) موقع جوشکاری غیر از حالت سطحی از کلاه و مقنعه مناسب استفاده کنید. شکل (۳-۲)

شکل ۳-۲

سؤالات پایانی فصل دوم

۱- کدام گزینه در مورد ایمنی در جوشکاری SMAW نادرست است؟

الف) حتی با رعایت مقررات و دستورات ایمنی باز هم جوشکاری حرفه‌ی خاطره‌آمیزی است.

ب) روحیه‌ی جمعی کارکنان یک کارگاه به ایمنی وابسته است.

ج) رعایت مقررات ایمنی باعث افزایش کیفیت محصول می‌شود.

د) عبور جریان برق از بدن انسان باعث واکنش ماهیچه‌ای می‌شود.

۲- کدام گزینه خطرسازتر است؟

الف) کابل اتصال و کابل انبر جوشکاری اگر زخمی شده باشد.

ب) کابل‌های ورودی اگر عایق کافی نداشته باشند.

ج) دستگاه جوشکاری خاموش باشد و کلید اصلی برق قطع باشد.

د) جوشکاری در کابین جوشکاری انجام شود.

۳- کدام اشعه موجب تولید گاز اوزون می‌شود؟

الف) نور شدید　　ب) مادون قرمز

ج) ماوراء بنفش　　د) گزینه ب و ج

۴- بخارات کدام فلزات موجب تب بخارات فلزی می‌شود؟

الف) منگنز　　ب) مولیبدن

ج) روی　　د) آلومینیوم

۵- تنفس کدام گاز موجب سرگیجه، تهوّع و تاری دیده می‌شود؟

الف) CO^{2}　　ب) N^{2}

ج) CO　　د) O^{2}

۶- جوشکاری در کدام محل باید تحت نظارت مسئول ایمنی باشد؟

الف) محیط‌های سرباز و هوای آزاد

ب) مکان‌هایی که تعدادی مشغول به کار هستند.

ج) حوالی خطوط لوله‌ی گاز و مواد قابل اشتعال.

د) ارتفاع و روی داربست.

۷- آیا گاز اوزون یک گاز پایدار است؟

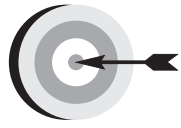
الف) بلی ب) خیر

۸- در کدام گزینه گازهای اکسید ازُت فراوان تولید می‌شود؟

الف) برشکاری اکسی‌استیلن ب) جوشکاری SMAW

ج) برشکاری پلاسما د) برشکاری لیزی

فصل سوم



هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. تجهیزات مورد استفاده در جوشکاری را نام ببرد.

۲. دستگاه‌های مختلف تأمین قدرت در جوشکاری را تشریح کند.

۳. نحوه‌ی تغییر آمپر در رکتی‌فایرها را معرفی کند.

۴. سیکل کاری دستگاه‌ها را به طور کامل شرح دهد.

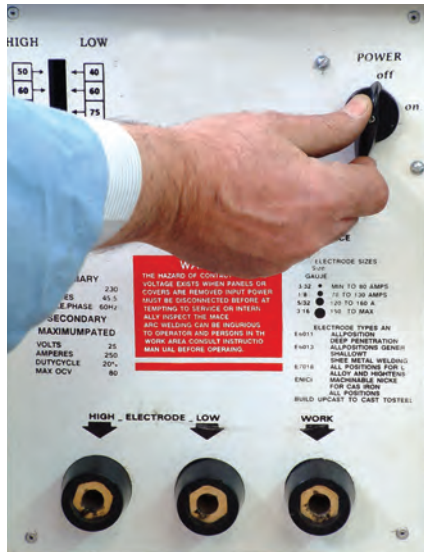
۵. علت استفاده از وضعیت دهنده‌ها را شرح دهد.

۶. نحوه‌ی تغییر آمپر در ترانسفورماتورها را توضیح دهد.

۳- تجهیزات مورد استفاده در جوشکاری SMAW

ترانسفورماتور، رکتی‌فایر و دینام جوشکاری جهت تأمین قدرت در جوشکاری قوسی مورد استفاده می‌گیرند.

وظیفه این دستگاه‌ها تأمین جریان الکتریسیته مناسب برای جوشکاری است که امکان تنظیم آمپر در آن‌ها فراهم باشد.



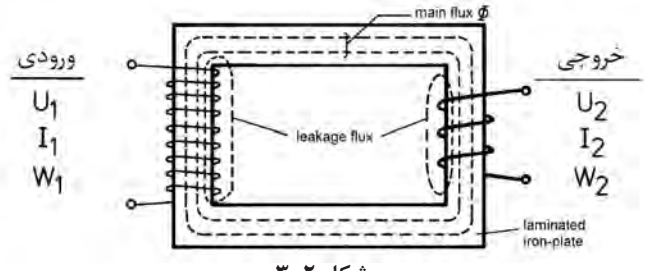
شکل ۱-۳

۳-۱ ترانسفورماتورهای جوشکاری

مبدل جریان هستند یعنی ولتاژ برق ورودی که ۲۲۰ و ۳۸۰ ولت است را به برق ولتاژ پایین برای جوشکاری تبدیل می‌کنند و به آن‌ها ترانسفورماتور کاهنده ولتاژ گویند و دارای قسمت‌های زیر می‌باشد. شکل (۱-۳)

هسته آهنی : که از ورقه‌های نازک فولادی که درصد سیلیسم آن‌ها بیش‌تر از فولادهای معمولی است استفاده شده است تا خاصیت آهن‌ربایی را در خود ذخیره نکند. هم‌چنین به دلیل لایه‌های نازک عایق که بین ورقه‌ها وجود دارد از گرم شدن بیش از حد آن‌ها جلوگیری می‌کند.

سیم‌پیچ‌ها : یکی سیم‌پیچ اولیه که از سیم عایق‌دار نازک با تعداد حلقه‌های زیاد روی هسته پیچیده شده است مطابق شکل (۲-۳) به برق ورودی وصل می‌شود و حوزه مغناطیس متغیر (یا میدان مغناطیسی) در هسته ایجاد می‌کند.



شکل ۲-۳

و دیگر سیم‌پیچ ثانویه است که دارای تعداد حلقه‌های کمتر و سیم کلفت‌تر بوده و میدان مغناطیسی از وسط آن عبور می‌کند، میدان مغناطیسی باعث می‌شود الکترون‌های آزاد سیم تحریک شده و جریان الکتریکی در سیم‌پیچ ثانویه به وجود آید که جریان القایی نام دارد که ولتاژ کمتری از ولتاژ اولیه دارد (ترانسفورماتور کاهنده) ولتاژ ثانویه با نسبت تعداد دورهای سیم‌پیچ اولیه به تعداد دور سیم‌پیچ ثانویه (ضریب تبدیل) بستگی دارد و روابط زیر برقرار است:

$$\text{ضریب تبدیل} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$\text{ضریب تبدیل} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

که در آن I۱ و V۱ شدت جریان و ولتاژ ورودی دستگاه و I۲ و V۲ شدت جریان و ولتاژ خروجی جوشکاری است.

کلید اصلی قطع و وصل دستگاه سر راه جریان ورودی قرار دارد به علاوه دارای یک فن برای خنک شدن هسته سیم‌پیچ‌ها در آن تعبیه شده است.

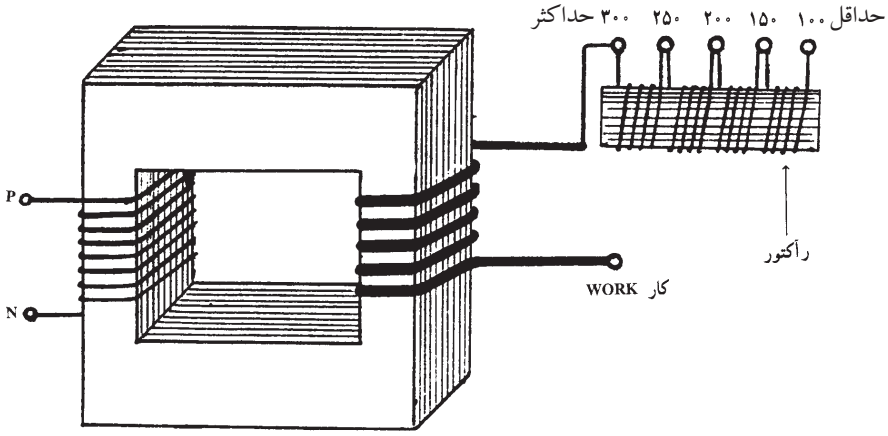
۱-۱-۳ تغییر آمپر در ترانسفورماتور جوشکاری

برای جوشکاری فلزات مختلف و اتصالات گوناگون با ضخامت‌های متفاوت، ضرورت دارد که الکترودهای روپوش‌دار با جنس مغز فلزی و جنس روپوش و همچنین قطرهای متفاوت به راحتی قابل استفاده باشد، لذا باید آمپر جوشکاری قابل تنظیم باشد، پس لازم است روشی برای کم و زیاد کردن آمپر در دستگاه‌های جوشکاری تدارک شده باشد. در ترانسفورماتورهای جوشکاری به چند طریق تغییر آمپر عملی می‌شود.

- **تغییر آمپر پله‌ای**

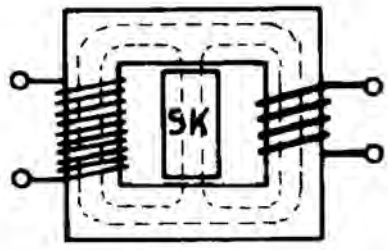
در این روش مطابق شکل (۳-۳) یک سر سیم‌پیچ ثانویه از طریق یک رآکتور عبور داده می‌شود، در این رآکتور همانطور که در شکل ملاحظه می‌شود ترمینال‌های متعدد برای دریافت جریان جوشکاری وجود دارد و هر چه تعداد دورهای سیم‌پیچ رآکتور

بیشتر در مدار باشد تأثیر متقابل هسته بر عبور جریان بیشتر بوده و شدت جریان کاهش می‌یابد و بر عکس، مثلاً در ترمینال حداکثر چون جریان القایی (ثانویه) از سیم‌پیچ رآکتور عبور نمی‌کند شدت جریان بیشتری در اختیار جوشکار قرار می‌دهد.



شکل ۳-۳

● تغییر آمپر پیوسته



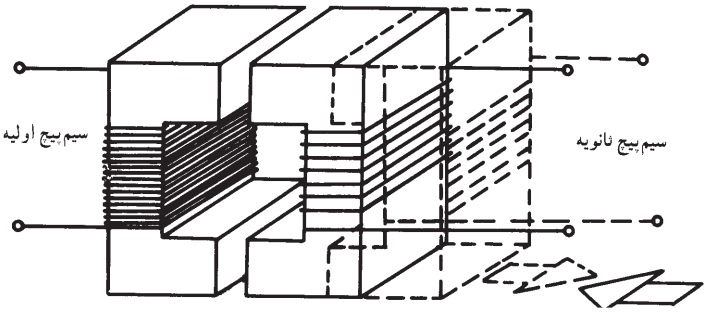
شکل ۴-۳

در این روش از راه‌های مختلف تغییر در میزان میدان مغناطیسی که از وسط سیم‌پیچ ثانویه عبور می‌کند به وجود می‌آورند.

الف) قرار دادن هسته فرعی درون هسته اصلی، تا درصدی از خطوط حوزه مغناطیسی از هسته فرعی عبور کرده و شدت میدان در هسته اصلی کاسته شود. (شکل ۴-۳)

ب) کم و زیاد کردن دسته سیم‌پیچ‌های مدار ثانویه. همراه با جا به جایی هسته فرعی.

ج) ایجاد فاصله هوایی بین دو قسمت هسته به وسیله دور و نزدیک کردن یک قسمت هسته از قسمت دیگر آن (شکل ۵-۳). که با دور کردن دو قسمت هسته از هم



شکل ۵-۳

شـدت جریان کاهش و برعکس بـا نزدیک کردن آنها به هم شـدت جریان افزایش می‌یابد.

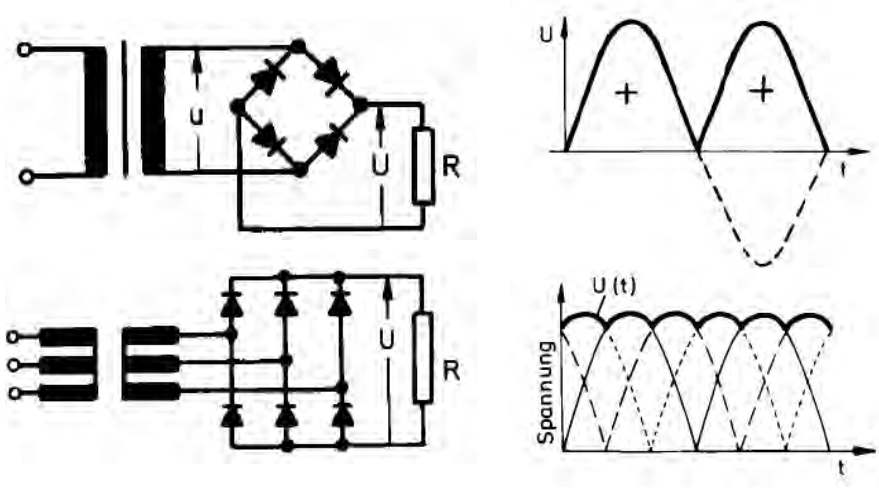
۳-۲ رکتی‌فایر جوشکاری

یک مبدل جریان اسـت که جریان DC برای جوشـکاری تأمین می‌کند و علاوه بر قسـمت‌های مختلف یک ترانسـفورماتور معمولی دارای یک قسمت یک‌سو ساز هم می‌باشد. (شکل ۵-۳ الف)

یکسـو کننده را می‌توان به شـیر یک طرفه در جوشکاری با شـعله گاز تشبیه کرد. جریـان فقط در یـک جهت می‌تواند از یکسـو کننده عبور کند اگـر جریان ورودی تک‌فاز AC باشـد خروجی یکسو کننده جریان مستقیم بسیار موجی شکل خواهد بود اما اگر جریان ورودی سـه‌فاز به یکسو کننده وارد شـود چون هر فاز با فاز دیگر ۱۲۰ درجه اختلاف دارند جریان خروجی بسیار هموارتر خواهد بود.

یکسـو کننده‌ها چند نوع هستند سیلسیومی و سـیلینیومی ولامپی که اجازه می‌دهند الکترون‌هـا از یـک جهت عبور کنند ولی برگشـت از این مسـیر امکان‌پذیر نیسـت. (شکل ۶-۳)

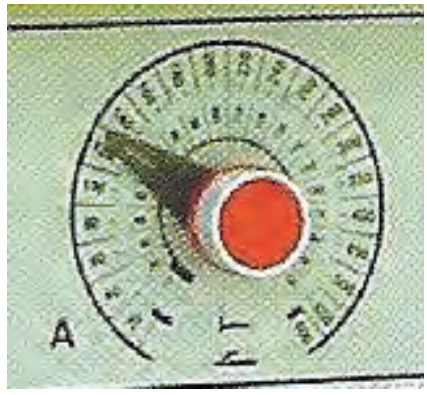
شکل ۵-۳ الف



شکل ۶-۳

۳-۲-۱ تغییر آمپر در رکتی‌فایرها

در رکتی فایرهای امروزی به جای یکسو کننده معمولی از تریستور استفاده می‌شود، تریسـتور یک وسیله‌ی حالت جامد است که فقط اجازه عبور جریان در یک جهت را



شکل ۸-۳

می‌دهد یعنی مانند یکسو کننده معمولی عمل می‌کند به علاوه می‌توان شدت جریان برق را با استفاده از سیگنال کنترل شونده از راه دور تغییر داد. (شکل ۷-۳)

نقطه ضعف اساسی تریستور وجود موج‌های چشمگیر در جریان خروجی است این عیب توسط یک سِلف در مدار کاهش می‌یابد پس تغییر آمپر در رکتی‌فایرها به وسیله یک کلید گردشی است که در شکل (۸-۳) مشاهده می‌کنیم.

در دستگاه‌های جوشکاری که در سیستم‌های جوشکاری اتومات یا رباط کار می‌کند از ترانزیستور به عنوان تقویت کننده استفاده می‌شود و مقدار عبور جریان به عنوان عکس العمل با یک سیگنال تنظیم می‌شود و دیگر موج‌های مزاحم در جریان خروجی کاهش می‌یابد در این دستگاه‌ها برای بالا بردن ظرفیت خروجی جریان تعداد زیادی مثلاً ۱۰۰ تا ۱۵۰ عدد ترانزیستور به صورت موازی به هم بسته می‌شود.

ناگفته نماند دستگاه‌های امروزی با استفاده از افزایش فرکانس جریان (از ۵۰ بر ۲۵۰۰۰ هرتز) با فرکانس بالا ساخته شده‌اند که سبک وزن و کوچک هستند و به آن‌ها اینورتور گویند.

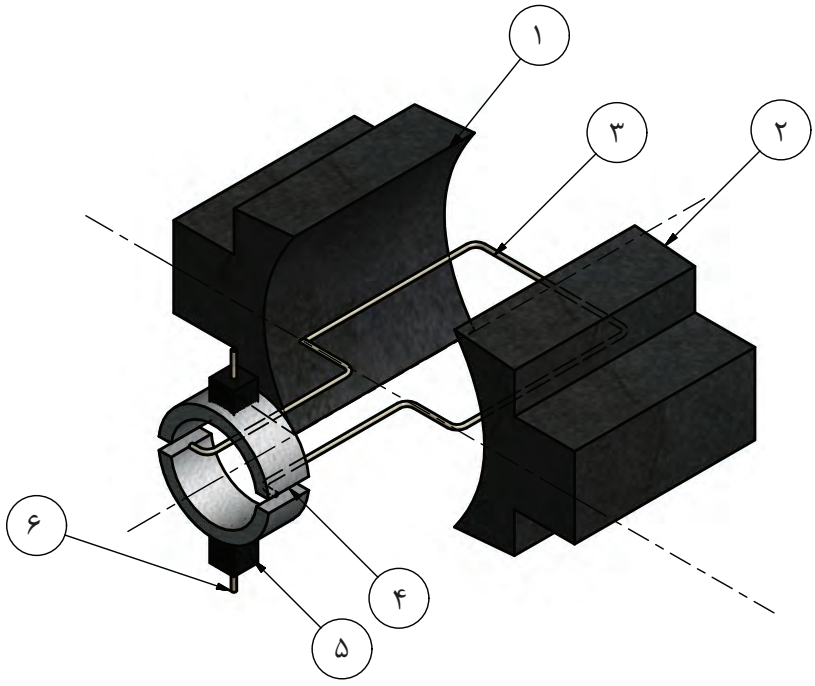
۳-۳ ژنراتورها - مولّدهای جریان جوشکاری

همانطور که می‌دانیم اگر یک حلقه سیم خطوط مغناطیسی موجود بین دو قطب آهن‌ربا را قطع کند در آن حلقه جریان الکتریکی برقرار می‌شود. شکل (۹-۳) یک دینام جوشکاری را نشان می‌دهد.

شکل ۹-۳

اگر دو سـر سیم مذکور به کلکتور وصل شـود از طریق جاروبک یا ذغال می‌توان جریان الکتریکی را دریافت کرد.

حال چنان‌چه هر سـر سـیم به یک حلقه کلکتور مجزا وصل شود جریان متناوب به وجود می‌آید و بر عکس در صورت استفاده از کلکتورهای دو تکه جریان ایجاد شده جریان مستقیم می‌شود. (شکل ۱۰-۳)



۱ و ۲ - آهنربا (قطب S و N)
۳- حلقه القا شونده (کلاف)
۴- نیم حلقه‌های لغزنده
۵- جاروبک (زغال)
۶- سیم مدار

شکل ۱۰-۳

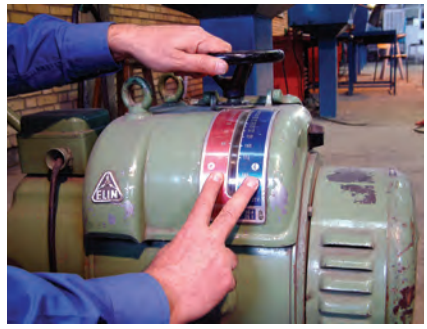
در صورت افزایـش تعداد حلقه‌های کلاف و اسـتفاده از ۴ آهن‌ربا و کلکتورهای چند پارچه می‌توان جریان مستقیم هموارتری را داشته باشیم.

چنان‌چه حرکت دورانی، توسـط یـک الکترو موتور که با برق شـهر کار می‌کند تأمین شـود، دسـتگاه را دینام جوش کارگاهی گویند و اگر حرکت دورانی توسـط یک موتور احتراقی بنزین یا گازوئیل‌سـوز تدارک شـود دستگاه را دینام جوش سیار گویند.

دستگاه‌های دینام جوش امروزی، جریان بسیار هموار و پایدار دارند و هیچگونه نوسان در جریان قوس نداریم در نتیجه پایداری قوس الکتریکی کاملاً رضایت‌بخش است.

۳-۳-۱ تغییر آمپر در دینام‌های جوشکاری

در دستگاه‌های تولید جریان برق جوشکاری (دینام جوشکاری) با تغییر در جریان تحریک بالشتک‌های ایجاد حوزه مغناطیسی، (ایجاد کننده خطوط قوا یا فلوی مغناطیسی) شدت جریان را افزایش یا کاهش می‌دهند که در شکل (۱۱-۳) نحوه‌ی تغییر آمپر نشان داده شده است.



شکل ۱۱-۳

در این دستگاه‌ها برای تغییر قطب کلیدی روی دینام جوش تعبیه شده که الکترود را منفی یا الکترود را مثبت می‌کند و به آن کلید تعیین قطب می‌گویند. (شکل ۱۲-۳) دینام‌های جوشکاری کارگاهی با کلید ستاره، مثلث راه‌اندازی می‌شوند.

شکل ۱۲-۳

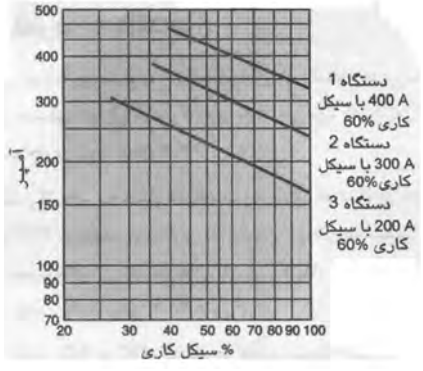
۳-۴ سیکل کاری (Duty Cycle)

در دستگاه‌های تأمین قدرت (ترانسفورماتورها، رکتی‌فایرها و دینام‌های جوشکاری) موقع کار داخل دستگاه گرما ایجاد می‌شود و علاوه بر این که توسط فن‌های خود دستگاه خنک می‌شوند، باز هم زمان استراحت برای خنک شدن سیم‌پیچ‌های داخل دستگاه لازم است و زمان‌های تعویض الکترود و تغییر قطب و تغییر قطعات فرصت استراحت دستگاه محسوب می‌شود.

سیکل کاری درصد زمانی است که یک دستگاه جوشکاری به طور پیوسته کار می‌کند و بر اساس زمان ۱۰ دقیقه‌ای محاسبه می‌شود یعنی سیکل کاری ۶۰ درصد به این معنی است که در هر ۱۰ دقیقه دستگاه در کل می‌تواند ۶ دقیقه با تمام ظرفیت کارکند و به مدت ۴ دقیقه از هر ۱۰ دقیقه کار خنک شود.

در جداول روی دستگاه سیکل کاری بر اساس میزان آمپر دریافتی درج شده است. (شکل ۱۳-۳)

ناگفته نماند که یکی از پارامترهای مؤثر در قیمت دستگاه‌های جوشکاری خروجی اسمی و سیکل کاری است.



شکل ۱۳-۳

بعضی از دستگاه‌ها به طور اتومات موقع گرم شدن از مدار سرویس‌دهی خارج می‌شود و پس از سـرد شدن آماده به کار می‌شوند به طور اصولی دستگاه‌های جوشکاری باید مطابق سیکل کاری مورد بهره‌برداری قرار گیرند تا به عایق‌های منبع قدرت آسیب نرسد.

۳-۵ کابل‌های جوشکاری

کابل‌های جوشـکاری مدار جریان الکتریکی بین انبر الکترودگیر و اتصال به کار را تشـکیل می‌دهند به علت بالا بودن شدت جریان جوشکاری سطح مقطع کابل باید در حدی باشـد که بتواند به راحتی شـدت جریان‌های زیـاد را از خود عبور دهد انتخاب سیم مسی و یا آلومینیومی در کابل‌ها به دلیل هدایت الکتریکی خوب این دو فلز است.

شکل ۳-۱۴

کابل‌هـا بایـد انعطاف‌پذیر بـوده و وقتی به انبر جوشـکاری وصل می‌شـوند مانع حرکت‌های دست نشـوند تا کار کردن با انبر راحت‌تر باشد به همین منظور کابل‌ها را از سیم‌های رشـته‌ای انتخاب کرده و روی آن یک لایه کاغذ کتان و سپس پلاستیک نرم می‌پوشـانند و چند دسته از این گروه را با هم در پوشش مناسب و ضد سایش قرار می‌گیرد تا آمپر زیادی از آن عبور کند و گرم نشود. شکل (۳-۱۴)

قطر کابل‌ها با توجه به میزان آمپر و طول مسـیر عبور جریان انتخاب می‌شود جدول (۳-۱) را ملاحظه کنید.

جدول ۳-۱ نمره‌ی سیم‌های جوشکاری آلومینیومی و مسی

ft	m	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۵۰	۴۰۰	۴۵۰	۵۰۰
۵۰	۱۵	۲	۲	۲	۲	۱	۱/۰	۱/۰	۲/۰	۲/۰
۷۵	۲۳	۲	۲	۱	۱/۰	۲/۰	۲/۰	۳/۰	۳/۰	۴/۰
۱۰۰	۳۰	۲	۱	۱/۰	۲/۰	۳/۰	۴/۰	۴/۰		
۱۲۵	۳۸	۲	۱/۰	۲/۰	۳/۰	۴/۰				
۱۵۰	۴۶	۱	۲/۰	۳/۰	۴/۰					
۱۷۵	۵۳	۱/۰	۳/۰	۴/۰						
۲۰۰	۶۱	۱/۰	۳/۰	۴/۰						
۲۵۰	۷۶	۲/۰	۴/۰							
۳۰۰	۹۱	۳/۰								
۳۵۰	۱۰۷	۳/۰								
۴۰۰	۱۲۲	۴/۰								

ft	m	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۵۰	۴۰۰	۴۵۰	۵۰۰
۵۰	۱۵	۲	۲	۱/۰	۲/۰	۲/۰	۳/۰	۴/۰		
۷۵	۲۳	۲	۱/۰	۲/۰	۳/۰	۴/۰				
۱۰۰	۳۰	۱/۰	۲/۰	۴/۰						
۱۲۵	۳۸	۲/۰	۳/۰							
۱۵۰	۴۶	۲/۰	۳/۰							
۱۷۵	۵۳	۳/۰								
۲۰۰	۶۱	۴/۰								
۲۲۵	۶۹	۴/۰								

۳-۶ انبر جوشکاری یا الکترودگیر

قسمت خارجی انبر جوشکاری از جنس عایق و مقاوم به حرارت ساخته می‌شود قسمت فلزی انبر از آلیاژ مس با درصد بالای مس می‌سازند تا هادی خوبی برای جریان برق بوده و گرم نشود. (شکل ۱۵-۳)

شکل ۱۵-۳

الکترود بین فک‌های انبر توسط فنری که در انبر تعبیه شده در شیار مخصوص جای الکترود محکم گرفته می‌شود. (شکل ۱۶-۳)

انبرهای جوشکاری با ظرفیت‌های مختلف مثلاً ۲۰۰ آمپر، ۳۰۰ آمپر و ۵۰۰ آمپر تولید می‌شوند.

شکل ۱۶-۳

۳-۷ ماسک جوشکاری

برای نگاه کردن به قوس هنگام جوشکاری استفاده از فیلتر شیشه‌ای که شدت اشعه‌های مرئی را کاهش داده و از عبور اشعه‌های ماوراء بنفش و مادون قرمز جلوگیری کند ضروری است از طرف دیگر پوست و موی سر و صورت و گردن جوشکار باید از اشعه‌ها در امان باشد لذا استفاده از ماسک جوشکاری برای محافظت ضروری است.

ماسک‌های جوشکاری دارای دریچه‌ای است که شیشه تیره در آن قرار دارد، و بقیه قسمت‌های ماسک را از مواد نسوز و سبک در دو نوع دستی و کلاهی می‌سازند نوع دستی برای کارهای ساده و خال‌جوش زدن استفاده می‌شود و ماسک کلاهی در جوشکاری‌های غیر سطحی و یا درزهای جوشکاری طویل و زمانی که هر دو دست جوشکار باید به منظور ایمنی بیشتر آزاد باشد استفاده می‌شود. (شکل ۱۷-۳)

شکل ۱۷-۳

علاوه بر ماسک وسایل دیگری به عنوان وسائل ایمنی فردی مورد استفاده واقع می‌شوند که عبارتند از دست‌کش، پیش‌بند، ساق‌بند، آستین، مقنعه و بالشتک که در شکل (۱۸-۳) مشاهده می کنید.

شکل ۱۸-۳

شکل ۱۹-۳

۸-۳ میز کار جوشکاری

همانطور که در شکل (۱۹-۳) مشاهده می‌شود میز کار و کابین جوشکاری برای انجام جوشکاری‌های تعمیراتی و قطعات کوچک و مکان‌های آموزشی به کار گرفته می‌شود و دارای سطوح مشبک بوده ه از زیر و یا کنار توسط مکنده‌های مخصوص

دودهای حاصل از جوشـکاری به خارج هدایت می‌شود این روش تهویه به طور عموم پـس از عبور از فیلتر و جذب دود و گازهای مختلف هوای تصیفیه شـده را دوباره به فضای آزاد بر می گرداند.

بـرای کار در محیط‌هـای عمومی کارگاه از پاروان متحـرک برای محصور کردن فضای جوشکاری استفاده می‌شود.

وضعیت دهنده‌ها (Positioner)

بهترین حالت جوشـکاری اجرای عملیات جوشکاری سطحی است در این وضعیت مذاب با کمک نیروی جاذبه زمین راحت به کار منتقل می‌شـود و انجام جوشـکاری ساده بوده و با اشکال کمتر اجرا می‌شود و از طرف دیگر الکترودهای متنوّعی می‌توان به کار برد و به طور عموم سـعی بر این اسـت که جوشـکاری در این وضعیت انجام شود.

شکل ۲۰-۳

به همین دلیل برای جوشکاری تمام قسمت‌های یک مصنوع از وسیله‌ای استفاده می‌شود به نام وضعیت دهنده که با توجه به نوع مصنوع دارای شکل‌های متفاوت است. شکل (۲۰-۳)

کار روی این وضعیت دهند قرار می گیرد و با بسـت‌های ساده محکم شده و تحت هر زاویه‌ای به گردش در می‌آید تا اجرای جوشـکاری زیر دسـت و با دقت و راحتی کافی انجام پذیرد.وضعیت دهنده‌های خیلی بزرگ هم وجود دارد که حتی یک واگن راه آهن روی دو محور آن بسـته شده و با چرخش واگن همه جهات را در حالت زیر دستی یا سطحی جوشکاری می کنند. (شکل ۲۱-۳)

شکل ۲۱-۳

سؤالات پایانی فصل سوم

۱- جنس هسته ترانسفورماتور جوش در کدام گزینه معرفی شده است؟

الف) ورقه‌های فولادی که درصد سیلیس کمی دارد.

ب) ورقه‌های نازک فولادی با درصد سیلیس بیشتر از فولاد.

ج) بین ورق‌ها که از جنس آلومینیوم است عایق حرارت وجود دارد.

د) هسته ترانسفورماتور باید به راحتی خاصیت آهن‌ربایی پیدا کند.

۲- قرار گرفتن هسته فرعی داخل هسته اصلی ترانسفورماتور برای ..... .

الف) زیاد کردن حوزه مغناطیس هسته وسط سیم‌پیچ ثانویه است.

ب) حذف کردن خاصیت آهن‌ربایی هسته.

ج) کاهش شدت جریان در سیم‌پیچ اولیه.

د) کاهش حوزه مغناطیس متغیر که وسط سیم‌پیچ ثانویه وجود دارد.

۳- یکسو کننده در رکتی‌فایر مانند ..... در جوشکاری گاز است.

الف) شیلنگ‌ها ب) سوپاپ اطمینان

ج) شیر یک طرفه گاز د) شیر فلکه کپسول‌ها

۴- دستگاه‌های اینورتر جوشکاری چه حسن ویژه‌ای دارند؟

الف) دو کاره وساده ب) AC/DC

ج) سبک و کم مصرف د) زیبا و قابل حمل و نقل

۵- قطع خطوط مغناطیس در دینام‌های جوشکاری موجب ..... می‌شود.

الف) خاموش شدن دستگاه ب) به وجود آمدن جریان الکتریکی

ج) کم شدن آمپر د) زیاد شدن آمپر

۶- کدام یک از دستگاه‌های جوشکاری قوس پایدارتری دارند؟

الف) ترانسفورماتور تکفاز ب) رکتی‌فایر

ج) دینام جوش د) ترانسفورماتور دو فاز

۷- راحت در دست گرفتن انبر جوشکاری مدیون ..... است.

الف) سبکی کابل و انبر　　ب) انعطاف‌پذیری و سبکی کابل

ج) کوتاه بودن کابل　　د) سبک بودن انبر جوشکاری

۸- چرا از وضعیت‌دهنده استفاده می‌کنیم؟

الف) تمام جوشکاری‌ها با دست انجام شود.

ب) انجام جوشکاری در حالت سطحی عملی شود.

ج) کار در یک مکان جوشکاری شود.

د) تمام جوشکاری‌های زیر نظر بازرس انجام گیرد.

۹- کار کردن با ماسک کلاهی چه مزایایی دارد؟

الف) ایمنی بیشتر　　ب) آزاد بودن یکدست جوشکاری

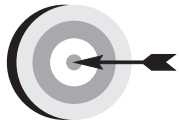
ب) راحتی کار　　د) دوام بیشتر ماسک‌های کلاهی

۱۰- تغییر آمپر در دستگاه‌های رکتی‌فایر جوشکاری با ..... عملی می‌شود.

الف) گردش دسته　　ب) جا به جا کردن ترمینال انبر

ج) جا به جا کردن هسته　　د) تریستور

فصل چهارم



هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. انواع الکترودها و کاربرد آن‌ها را معرفی کند.

۲. نقش‌های روپوشی الکترود را توضیح دهد.

۳. طبقه‌بندی الکترودهای روپوش‌دار بر اساس استاندارد AWS بیان کند.

۴. روش‌های شناسایی الکترودها و اعداد و حروف یک الکترود قلیایی در استاندارد AWS را معرفی کند.

۵. علّت خشک کردن الکترودها را توضیح دهد.

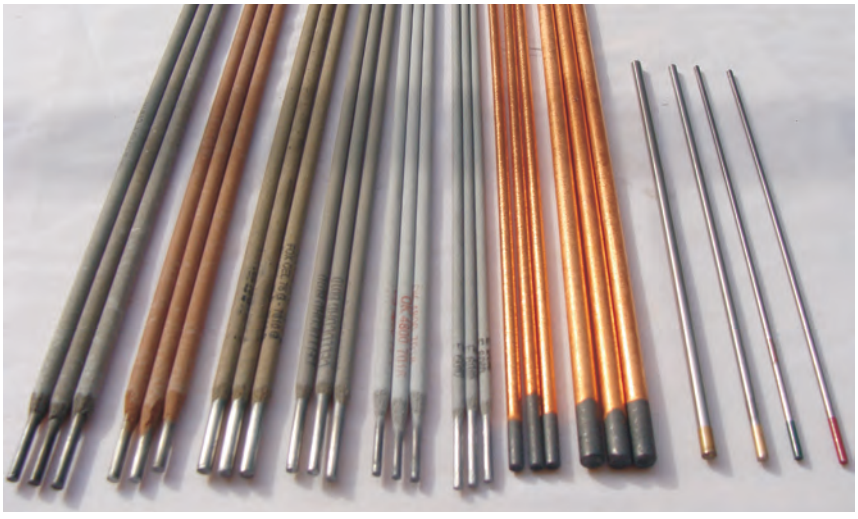
۶. نحوه‌ی انبار کردن و نگهداری الکترودها را شرح دهد.

۴- الکترودها

به میله فلزی یا گرافیتی که جریان برق از آن عبور می‌کند الکترود گویند.

دسته‌ای از الکترودها ذوب نمی‌شـوند مثل الکترودهای مسی، در جوشکاری TIG هم الکترودهای تنگسـتن فقط قوس ایجاد کرده و خود ذوب نمی‌شـوند الکترودهای ذغالی در برشـکاری و شـیارزنی (Gouging) هم مصرف نشدنی است اما دسته دیگر الکترودهای ذوب شـده و فلز جوش را به وجـود می‌آورند مهمترین الکترودهای این گروه:

الکترود (شکل ۱-۴)



شکل ۱-۴

الکترود توپودری

الکترودهای لخت در MIG/MAG و SAW (شکل ۲-۴)

شکل ۲-۴

۱-۴ الکترودهای روپوش‌دار

از دو قسمت مغز فلزی و روپوش تشکیل شده است.

جنس فلز الکترود را می‌توان به گروه‌های زیر تقسیم‌بندی کرد:

فولادنرم،فولادپر کربن،فولاد آلیاژی،چدن،آلیاژهای نیکل،فلزات رنگی،نیکل، کربن.

معیار اندازه گیری الکترود بر اساس قطر مغزی فلزی است و با قطرهای ۲، ۲/۵، ۳/۲۵، ۴، ۵، ۵/۵ و ۶/۲۵ میلی‌متری با طول ۲۵، ۳۶ و ۴۵ سانتی‌متری استاندارد شده و تولید می‌شود.

● نقش روپوش الکترود

روپوش الکترود نقش‌های متنوعی را ایفا می‌کند که آن‌ها را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

الف) نقش الکتریکی:

- پایدار کردن و ثبات قوس
- هدایت الکتریسیته در قوس

برای شروع قوس از ولتاژ بالاتر استفاده کرده و مواد یونیزه شونده مناسب در روپوش به کار گرفته می‌شود که در جوشکاری با جریان متناوب این موضوع اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

ب) نقش فیزیکی:

- میزان ویسکوزیته روپوش
- کشش سطحی روپوش
- ضخامت کافی سرباره
- سرعت انجماد بالای سرباره

برای جوشکاری در وضعیت‌های (سربالا و بالای سر) ضرورت دارد که فلز مذاب بر خلاف جاذبه به کار منتقل شود.

- سرعت انجماد بالای سرباره باعث جلوگیری از نفوذ اکسیژن در مذاب فلزی می‌شود.
- نوع پوششی برای میزان ویسکوزیته سرباره که مذاب را در خود نگه دارد.
- تولید گاز با فشار مناسب تا ذرات مذاب را به طرف کار انتقال دهد.
- کشش سطحی مناسب برای شکل دادن به فلز جوش.

■ ضخامت کافی سرباره در وضعیت‌های سطحی برای جلوگیری از رسیدن اکسیژن به فلز جوش.

ج) نقش متالوژیکی:

■ حفاظت از ستون قوس و مذاب

■ آلیاژسازی

■ افزایش راندمان (نرخ رسوب)

■ اکسیژن زدایی

■ کاهش سرعت سرد شدن

■ تولید گاز محافظ و سرباره سازی برای حفاظت از مذاب در مقابل آتمسفر

■ مواد آلیاژی که درجه ذوب و تبخیر پایین‌تر دارند در گرمای قوس از میدان عمل خارج می‌شوند که از طریق روپوش جبران می‌شوند.

■ اضافه کردن عناصر آلیاژی از طریق واکنش بین سرباره و مذاب در فلز جوش

■ عناصر اکسیژن‌زدا مانند فرو آلیاژها در الکترود فولادی

■ سرباره‌سازی برای کاهش نرخ سرد شدن فلز جوش

■ افزایش راندمان با اضافه کردن پودر فلزی از جنس مغز الکترود در روپوش به جدول (۱-۴) توجه کنید.

جدول ۱-۴

رقم	نوع روپوش
۰	سلولز، سدیم ـ اکسید آهن
۱	سلولز ـ پتانسیم
۲	تیتان ـ سدیم
۳	تیتان ـ پتانسیم
۴	پودر آهن ـ تیتان
۵	کم هیدروژن ـ سدیم
۶	کم هیدروژن ـ پتانسیم
۷	پودر آهن ـ اکسید آهن
۸	پودر آهن ـ کم هیدروژن

الکترودهایی که رقم آخر کد آن‌ها ۴ یا ۷ و ۸ باشـد درصدی پودر اهن در روپوش آن‌ها وجود دارد که در جدول آمده است.

۴-۲ طبقه‌بندی الکترودهای روپوش‌دار

نحوه سـاخت الکترودهای روپوش‌دار بیشـتر از طریق اکسترود مواد تشکیل دهنده روپوش است که با نسبت‌های مختلف با هم مخلوط شده و رطوبت‌دار می‌شوند سپس روی میله‌های فلزی که از طریق کشـش به قطر مورد نظر رسیده و به طول مناسب قطع شـده‌اند به صورت پی در پی (پشـت سر هم)[1] در دسـتگاه الکترودسازی روپوش‌دار می‌شوند، پرس‌ها به صورت مکانیکی یا هیدرولیکی کار می‌کنند.

۴-۲-۱ انواع پوشش الکترود

بر اساس استاندارد EN499 انواع الکترودهای روپوش‌دار عبارتند از:

A : الکترودهای با پوشش اسیدی

O : الکترودهای با پوشش اکسیدی

C : الکترودهای با پوشش سلولزی

R : الکترودهای با پوشش روتیلی

B : الکترودهای با پوشش بازی یا قلیایی

۴-۲-۲ الکترود سلولزی

قسـمت زیادی از روپوش از ترکیبات سـلولزی اسـت که در حین جوشکاری گاز زیادی تولید می‌کند و به دلیل ورود هیدروژن در قوس که از تجزیه سلولز حاصل می شـود، ولتاژ قوس افزایش یافته و نفوذ و پاشـش زیاد و انتقال حرارت از قوس به کار بسیار مطلوب است، سطح جوش حاصل از این نوع الکترود، ناهموار و خشن است.

با جریان DC مورد استفاده واقع می‌شود و قطب (DCRP) خواهد بود. این الکترودها نم‌گیر هستند و رطوبت بر ماده سلولز اثر کرده و باعث فاسد شدن ماده سلولز می‌شود. بـه همیـن دلیـل ایـن الکترودهـا در جعبه‌هـای دربسـته کـه رطوبـت در آن

۱ - سیم‌های لخت کشش یافته و قطع شده بر اساس استاندارد DIA668 خواهد بود.

غیـر قابـل نفـوذ باشـد و یـا در جعبـه‌ی حلبی کـه با لحیـم، غیـز قابل نفوذ شـده اسـت عرضـه می‌شـود. در الکترودهـای سـلولزی(شـکل ۴-۴) امـکان خشـک کـردن الکتـرود وجـود نـدارد زیـرا حـرارت باعـث سـوختن روپوش می‌شـود.

شکل ۴-۴

خواص مکانیکی خوب و نفوذ کافی موجب می‌شود که این الکترود در جوشکاری پاس ریشه اتصالات استفاده شود.

مذاب جوش به سـرعت منجمد می شود در نتیجه برای جوشکاری‌های سرازیر هم قابل استفاده است. بکارگیری این الکترود در پاس‌های میانی اتصال مطلوب نیست زیرا امکان حل شدن هیدروژن در مذاب زیاد بوده و باعث هیدروژن‌تردی[1] می‌شود.

۴-۲-۳ الکترود روتیلی

اسـم معدن شناسی اکسـید تیتانیوم (TiO_2) روتیل است وجود مقدار زیادی اکسید تیتانیوم در روپوش این نوع الکترود باعث پایداری قوس شده و امکان جوشکاری این الکتـرود بـا هر دو جریان AC و DC را فراهم می‌آورد و جوشـکاری در تمام حالات امکان‌پذیر است و کاربرد زیادی در جوشکاری‌های عمومی دارد.

قوس راحت شـکل گرفته و پایداری قوس خوب اسـت و همچنین در جوشـکاری قطعات خاصیت پل‌زنی در اتصالات را دارد. نمونه‌ای از این الکترود در شـکل (۴-۵) مشاهده می‌شود.

شکل ۴-۵

۱ - هیدروژن بصورت اتمی در مذاب حل می‌شود، سپس تشکیل مولکول هیدروژن داده (H_2) و موجب ضعف جوش می‌گردد.

۴-۲-۴ الکترودهای قلیایی یا بازی

قسمت زیادی از روپوش این نوع الکترود کربنات کلسیم $Ca\ CO_3$ و Mgo و CaO را تشکیل می‌دهند و همراه با مقداری فلورید کلسیم بوده هنگام کار با این الکترود از تجزیه کربنات گاز CO_2 برای محافظت تولید می‌شود چون کربنات کلسیم در گرمای $1800^{\circ}c$ تجزیه می‌شود:

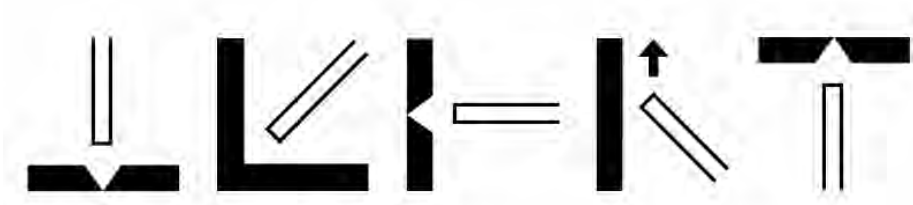
$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

و چون از مواد سلولزی در روپوش به کار نمی‌رود جوش‌های حاصل دارای حداقل هیدروژن حل شده در جوش است و به همین دلیل این الکترودها را الکترودهای کم هیدروژن (Low Hydrogen) هم می گویند. شکل (۴-۶)

شکل ۴-۶

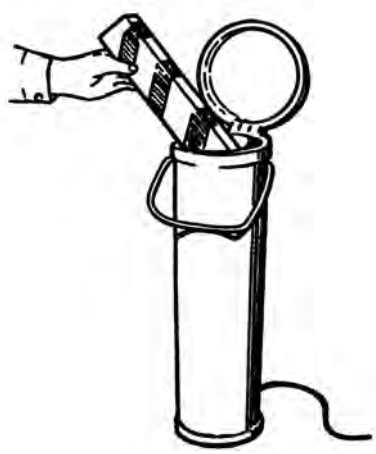
این الکترود برای جوشکاری فولادهای کم آلیاژ که حساس به ترک زیر خط جوش و منطقه مجاور جوش هستند کاربرد دارد به علاوه برای جوشکاری قطعات ضخیم فولادی که دارای درصد کربن بالاتر هستند نیز مناسب است.

جوش حاصل دارای مقاومت مکانیکی خوب بوده و در مقابل ضربه از خود مقاومت نشان می‌دهند با جریان (DCEP) $\boxed{=+}$ و در تمام وضعیت‌ها به جز سرازیر مورد استفاده است. شکل (۴-۷)



شکل ۴-۷

الکترودهای قلیایی نم‌گیر هستند و چون الکترود باید عاری از هیدروژن باشد الکترودها را قبل از جوشکاری خشک می کنند یعنی داخل الکترود خشک‌کن قرار



شکل ۱-۷-۴ الکترود خشک‌کن دستی

داده شکل (۱-۷-۴) و به مدت ۲ تا ۳ ساعت در حرارت ۲۵۰°C تا ۴۰۰°C خشک می‌کنند و پس از آن برای جوشکاری مورد استفاده قرار می‌دهند.

گروهی از این الکترودها دارای درصدی پودر آهن در روپوش هستند که باعث افزایش راندمان، کاهش نفوذ و افزایش پهنای جوش می‌گردد. عیب بریدگی در کناره جوش[۱] کمتر مشاهده می‌شود.

۴-۲-۵ الکترود اسیدی

در روپوش مقداری زیادی سیلیکات آهن و منگنز وجود دارد و سرباره ضخیم دارد و جوشکاری در حالت سطحی راحت است. از هر دو جریان AC و DC می‌توان استفاده کرد و خواص مکانیکی و نفوذ مطلوب ندارد راندمان رسوب بالا است برای رفع عیب قطعات ریخته‌گری استفاده می شود و کاربرد کمی دارد.

۴-۲-۶ الکترودهای اکسیدی

اکسید آهن در روپوش زیاد است و مانند الکترودهای اسیدی است سرباره زیاد و نفوذ کم دارد.

در صنعت الکترودهایی هم تولید می‌شود که حالت ویژه دارند و روپوش آن‌ها ممکن است با یک نوع روپوش‌های معرفی شده نزدیک باشد مثلاً الکترودهایی که به عنوان الکترود برشکاری با قوس به کار می‌رود یا الکترودهایی که نفوذ عمیق دارند و به الکترودهای پر نفوذ معروف هستند و با حروف (DPE)[۲] (شکل ۸-۴) معرفی می‌شوند.

شکل ۸-۴

نوع دیگر الکترودهای پر راندمان است که آنها رابا (HYE)[۳] نشان می دهند. در

۱- Under Cut

۲- Deep Penetration Electrod

۳- High Yeld Electrod

این الکترود به دلیل وجود مقدار زیادی پودر آهن در روپوش نرخ رسوب بالا است و راندمان بیشتر از یک است.

در الکترودهای معمولی نسبت بالا کمتر از یک است یعنی مقداری از مغز فلزی الکترود به صورت جرقه و پاشش هدر می‌رود در به کارگیری این نوع الکترودها که تنها در وضعیت سطحی امکان‌پذیر است نفوذ کمتر ـ میزان رسوب بیشتر ـ تعداد پاس‌های مورد لزوم کمتر بوده زمان انجام کار کاهش می‌یابد و اقتصادی‌تر است.

۳-۴ روش شناسایی الکترودهای روپوش‌دار

کارخانجات سازنده الکترود تولیدات خود را با نام‌های مختلف نام‌گذاری می‌کنند از طرف دیگر برای معرفی و شناسایی درجوامع صنعتی موظفند تولیدات خود را با یکی از استانداردهای قابل قبول جهانی مطابقت دهند. در خصوص الکترودهای روپوش‌دار استانداردهای A5.1، AWS، DIN19.13، ISO2560 و BS639.(توضیح کد استانداردها در واژه نامه آمده است.)

انجمن جوشکاران آمریکا (AWS) در مورد طبقه‌بندی و شناسایی الکترودها قوانینی وضع کرده که مورد تصویب ASTM[۱] قرار گرفته است و بخش A5.1 مربوط به الکترودهای روپوش‌دار است استاندارد دین آلمان تحت شماره ۱۹۱۳ و استاندارد بین المللی ISO تحت شمار ۲۵۶۰ و استاندارد انگلیسی BS نحت شماره ۶۳۹ با علائم و اعداد الکترودها را کُد گذاری نموده‌اند.

یکی از ساده‌ترین آن استاندارد AWS است که با ASME برابری می‌کند و اکثر تولیدکنندگان الکترود در جهان مطابقت الکترودهای خود را با این استاندارد روی جعبه‌ها و کارتن‌های الکترود چاپ می‌کنند طبق این استاندارد هر الکترود روپوش‌دار با یک حرف E و چهار یا پنج عدد معرفی می‌شود مثلاً E6013 یا E11018 که حرف E نشانه الکترود روپوش‌دار، دو عدد بعدی ممکن است ۹۰، ۸۰، ۷۰ و ۶۰ باشد و در مواردی ۱۲۰، ۱۱۰ و ۱۰۰ باشد یعنی استحکام کششی فلز جوش بر حسب هزار پوند بر اینچ مربع $\frac{Ib}{In^2}$ (KSI).

۱- American Soceity Of Meterial Engineering

$$KSI = ۱۰۰۰PSI = ۱۰۰۰\frac{Ib}{In^۲}$$

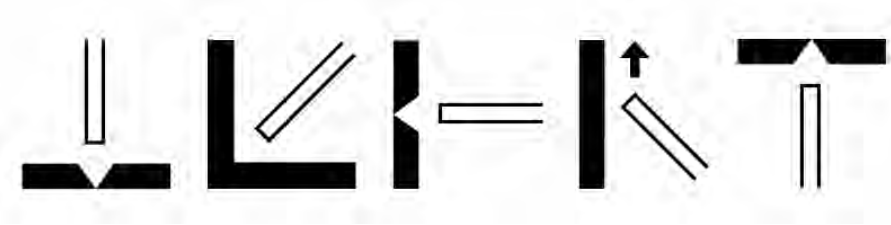
یک رقمی بعدی که اکثر ۳، ۲ و ۱ است وضعیت جوشکاری را مشخص می‌کند.

و یک رقم آخری که ممکن اســت ۸، ۷، ۶، ۵، ۴، ۳، ۲، ۱ و ۰ باشــد نوع روپوش و نوع جریان و قطب قابل اســتفاده و درصد پودر فلزی داخل روپوش را معین می‌کند به جدول (۲-۴) توجه کنید.

جدول ۲-۴

رقم	نوع روپوش
۰	سلولز، ـ اکسید آهن
۱	سلولز ـ پتانسیم
۲	تیتان ـ سدیم
۳	تیتان ـ پتاسیم
۴	پودر آهن ـ تیتان
۵	کم هیدروژن ـ سدیم
۶	کم هیدروژن ـ پتاسیم
۷	پودر آهن ـ اکسید آهن
۸	پودر آهن ـ کم هیدروچن

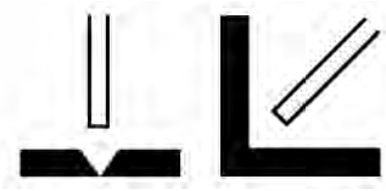
عدد ۶۰ یعنی $\frac{Ib}{In^۲}$ یا $۶۰\times۱۰۰۰ = ۶۰۰۰psi$ عدد ســوم ۱ یعنی قابلیت جوشکاری در تمام حالت‌ها به جز سرازیر مطابق شکل (۹-۴)



شکل ۹-۴

شکل ۱۰-۴

اگر عدد ســوم ۲ باشــد یعنی قابلیت جوشکاری حالت‌های ســطحی و افقی مطابق شکل (۱۰-۴)



شکل ۱۱-۴

چنان‌چه عدد سوم ۳ باشد یعنی قابلیت جوشکاری در حالت سطحی مطابق شکل (۱۱-۴) اگـر چنان‌چه عدد آخری ۰ یا ۱ باشـد مثـل E6011 و E6010 یا E7010 امکان جوشـکاری در حالت سرازیر هم وجود دارد به جدول (۱-۴) توجه کرده و با دوستان خود در خصوص الکترودها بحث کنید.

بعد از آخرین عدد از سـمت چپ یا اولین عدد از سمت راست کُد الکترود ممکن اسـت یک حرف اندیس‌دار مثل D_2، B_1، A_1 و غیره باشد که مربوط به الکترودهای فولادی کم آلیاژ است که درصد و نوع عنصر آلیاژی را مطابق جدول (۳-۴) مشخص می‌کند.

جدول ۳-۴

پسوند	مولیبدن	کرم	نیکل	منگنز	وانادیوم
A1	۰/۴۰ تا ۰/۶۵				
B1	۰/۴۰ تا ۰/۶۵	۰/۴۰ تا ۰/۶۵			
B2	۰/۴۰ تا ۰/۶۵	۱ تا ۱/۵			
B3	۰/۹ تا ۱/۲	۲ تا ۲/۵			
B4	۰/۴۰ تا ۰/۶۵	۱/۷۵ تا ۲/۲۵			
B5	۱ تا ۱/۲۵	۰/۴ تا ۰/۶			
C1			۲ تا ۲/۷۵		
C2			۳ تا ۳/۷۵		
C3	۰/۳۵	۰/۱۵	۰/۸ تا ۱/۱		۰/۰۵
D1	۰/۲۵ تا ۰/۴۵			۱/۲۵ تا ۱/۷۵	
D2	۱/۲۵ تا ۱/۴۵			۱/۶۵ تا ۲	
G	حداقل ۰/۲۰	حداقل ۰/۳	حداقل ۰/۵	حداقل ۱	حداقل ۰/۱
M	با درصدهای مختلفی از عناصر آلیاژی برای کاربردهای نظامی				

مثلاً الکترود $E7018_{A_1}$ الکترودی که در فلز آن ۰/۵% مولیبدن دارد.

● مقایسه استانداردها

الکترود روتیلی که با استاندارد AWS به نام E6013 معروف است و الکترود قلیایی که با استاندارد AWS به نام E7018 معروف است در جدول (۴-۴) آمده است.

جدول ۴-۴

رقم آخر	نوع پوشش الکترود	نوع جریان و قطب مناسب	شماره‌ی استاندارد الکترود
0	سلولزی	فقط DCR P	E6010
1	سلولزی	AC یا DCRP	E6011
2	روتیلی	AC یا DCRP	E6012
3	روتیلی	AC یا DCRP و DCSP	E6013
4	روتیلی با پودر آهن ۳۰٪	AC یا DCRP و DCSP	E7014
5	کم ئیدروژن	فقط DCRP	E7015
6	کم ئیدروژن	AC یا DCRP	E7016
8	کم ئیدروژن با پودر آهن ۲۵٪	AC یا DCRP و DCSP	E7018
20	اکسیدی با اکسید آهن زیاد	DCSP یا SCRP یا AC	E7020
4 و قبل از آن 2	روتیلی با پودر آهن ۵۰٪	DCRP و DCSP یا AC	E7024
7 و قبل از آن 2	اسیدی با پودر آهن ۵۰٪	DCRP و DCSP یا AC	E6027
8 و قبل از آن 2	کم ئیدروژن با پودر آهن ۵۰٪	AC یا DCRP	E7028

مطالبی که در خصوص کُد گذاری و شماره‌های استاندارد الکترودها بیان شد محدود می‌شود به الکترودهای فولاد ساده کربنی و الکترودهای کم‌آلیاژ یعنی حداکثر عناصر آلیاژی تا ۵ درصد.

● شناسایی الکترودهای فولادی پر آلیاژ کروم نیکل‌دار

این الکترود بر اساس شماره فولاد با یک عدد سه رقمی بیان می‌شود مثلا E308 بر اساس استاندارد AISI یا فولاد ۳۰۴ که یک فولاد کروم نیکل‌دار است و دارای ۱۹٪ کُرم و ۱۰٪ نیکل می‌باشد.

الکترود E308L یعنی الکترود قبلی که در آن درصد کربن ناچیز است حروف (L) به معنی (Low Carbon) است.

در خصوص الکترودهای روپوش‌دار آلومینیوم بعد از حرف E شماره آلومینیوم بر اساس استاندارد AISI [۱] مثل الکترود E4043 که مربوط به آلیاژ آلومینیوم است که ۴ تا ۶ درصد سیلیس دارد در مورد سایر الکترودها از علامت اختصاری جنس مغزی آن‌ها استفاده می‌شود.

۱- بر اساس استاندارد AISI آلومینیوم و آلیاژهای آن یک عدد چهار رقمی است که از ۱/۰۰۰/۰ تا ۷/۰۰۰ شماره‌گذاری شده‌اند.

مثل الکترودهای نیکلی با حرف Ni مشـخص می‌شـود مثـل ENiFe یعنی الکترود نیکلی که با درصدی آهن آلیاژ شده است و برای جوشکاری چدن خاکستری مناسب اسـت و یا الکترود مسی ECuSn الکترودی اسـت که ۴٪ قلع و ۹۶٪ مس دارد و برای جوشکاری قطعات مسی و قطعات چدنی به کار می‌رود.

در ضمیمه کتاب جداول الکترودهای روپوش‌دار برای جوشکاری فولادهای زنگ نزن و سایر فلزات رنگی و چدن آمده است.

۴-۴ نگهداری الکترودها

الکترودهـای روپوش‌دار باید طبق مقررات سـازنده و با توجه به نوع روپوش آن‌ها نگه‌داری شوند.

الکترودهـا باید در مقابل رطوبت و صدمه مکانیکی و آلودگی به روغن و چربی در امان باشند.

● برای تشخیص میزان رطوبت در الکترود دو راه وجود دارد:

۱- با وزن کردن دقیق قبل از خشک کردن و پس از آن میزان رطوبت در الکترودها مشخص می‌شود.

۲- بـا قرار دادن چند عدد الکترود بین دسـت‌ها و مالش آن‌ها به هم مطابق شـکل (۱۲-۴) نیـز می‌تـوان به مرطوب بودن یا نبودن الکترود پی‌بـرد چنان‌چه صدای مالش الکترودها به هم تیز و شـبیه صدای فلزات باشـد الکترود خشـک و چنان‌چه الکترود دارای رطوبت باشد صدای آن‌ها خفه و بم است.

شکل ۱۲-۴

آلودگـی الکترود به آب و روغن و چربی موجب می‌شـود که این مواد در گرمای قوس تجزیه شـده و تولید هیدروژن کند. هیدروژن حاصـل از تجزیه وارد فلز جوش شده و باعث شکست در جوش شوند.

ضربات مکانیکی به الکترودها باعث خورد شـدن و ترک‌دار شـدن روپوش شده و موقع جوشـکاری به صورت تکه‌ای از الکترود جدا شـده و علاوه بر انحراف قوس، تکّه جدا شده از الکترود، وارد حوضچه مذاب می‌شود. لذا باید الکترودها را با احتیاط حمل و نقل کرد.

شکل ۱۳-۴

● الکترود خشک‌کن (Oven)

بعضی از انواع الکترودها طبق دستور سازنده که روی جعبه‌ها و کارتن‌های الکترود ثبت شـده باید قبل از اسـتفاده خشک شـوند این عمل با کوره‌ها که دارای قفسه‌های مخصوص مطابق شکل (۱۳-۴) است انجام می‌شود.

الکترودها را در آن چیده و درجه حرارت و زمان حرارت دادن بر اسـاس دسـتور سازنده الکترود تنظیم کرده و درب آن را می‌بندند تا خشک شود.

شکل ۱۴-۴

الکترود خشـک‌کن‌های کوچک دسـتی هم برای کارهای سـبک‌تر و مناطقی که رطوبت هوا زیاد اسـت برای استفاده درکنار دست جوشـکار ساخته شده است که به Oven معروف هسـتند تا بلا فاصله پس از خروج هـر الکترود از Oven به کار گرفته شود و فرصت جذب رطوبت باقی نماند. شکل (۱۴-۴)

۵-۴ انبار کردن الکترودها

- الکترودهـا باید در جای خشـک که درجه حرارت آن بیش از $۱۰^{\circ c}$ باشـد انبار کرد.
- محل نگه‌داری الکترودهای قلیایی باید دارای $۱۵^{\circ c}$ حرارت بوده و رطوبت آن از ۴۰٪ کمتر باشد.
- الکترودهـا را باید به انـدازه مصرف از انبار خارج کـرده و در صورت لزوم در

الکترود خشک‌کن طبق دستور کارخانه سازنده الکترود خشک نماییم.

الکترود خشـــک‌کن‌ها به وســـیله المنت‌های برقی کار می‌کنند و دارای کلید تنظیم درجه حرارت می‌باشند.

الکترودهایی‌که بیش از اندازه رطوبت دیده و مدت زیادی از تولید آن‌ها گذشته یا به ترتیب غیر اصولی انبار شـــده‌اند حتی اگر خشک شوند قابل استفاده نمی‌باشند چون مغز فلزی و پودر فلزی که داخل روپوش آن‌ها است زنگ می‌زند.

توجـــه به این موضوع در خصوص الکترودهای پر راندمان الزامی بوده و دقت کافی لازم دارد.

ترتیـــب چیدمان الکترودها در انبار باید به گونه‌ای باشـــد که به ترتیب ورود به انبار، مصرف شـــوند تا در اثر غفلت موجودی انبار و مدت نگهداری زیاد آن‌ها دچار فســـاد نشوند.

اســـتفاده از الکترودها زنگ زده و ســـفیدک زده باعث کاهش کیفیت جوش شده جوش را متخلخل و مُک‌دار می‌کند به علاوه موجب باقی ماندن اکســـید در فلز جوش خواهد شد.

سؤالات پایانی فصل چهارم

۱- در کدام فرآیند الکترود مصرف شدنی نیست؟

الف) MIG/MAG ب) SAW

ج) SMAW د) GTAW

۲- کدام گزینه در ردیف نقش فیزیکی الکترود قرار دارد؟

الف) پایدار کردن قوس ب) سرعت انجماد بالا

ج) اکسژن زدایی د) حفاظت از ستون قوس

۳- در خصوص روپوش الکترودها کدام گزینه غلط است؟

الف) الکترود سلولزی و قلیایی نم‌گیر هستند و قبل از جوشکاری باید خشک شوند.

ب) علت افزایش ولتاژ قوس در جوشکاری با الکترود سلولزی وجود گاز هیدروژن است.

ج) روتیل از اسم معدن‌شناسی اکسید تیتانیوم گرفته شده است.

د) جعبه‌های الکترود سلولزی باید عایق رطوبت باشد.

۴- درکدام نوع الکترود سرعت انجماد فلز جوش زیادتر است؟

الف) روتیلی ب) اکسیدی

ج) قلیایی د) سلولزی

۵- استفاده از الکترود خشک‌کن برای کدام نوع الکترود ضرورت دارد؟

الف) روتیلی ب) قلیایی

ج) اسیدی د) سلولزی

۶- عامل پایداری قوس در الکترود روتیلی به دلیل وجود ..... در روپوش است.

الف) Tio۲ ب) Cao

ج) Mgo د) $Sio_۲$

۷- در کدام نوع الکترود نرخ رسوب بالا است؟

الف) HYE پر راندمان　　ب) DPE پر نفوذ

ج) E6010 سلولزی　　د) E6013 روتیلی

۸- استحکام بیشتر و قابلیت جوشکاری سر بالا با کدام الکترود عملی می‌شود؟

الف) E8017　　ب) E7018

ج) E6010　　د) E7010

۹- کدام الکترود در جوشکاری فولاد زنگ‌نزن استفاده می شود؟

الف) E308　　ب) E6010

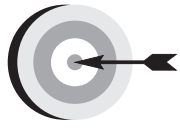
ج) ECUSN　　د) E4043

۱۰- محـل نگهداری الکترودهای قلیایـی باید دارای درجه حـرارت ..... و رطوبت ..... باشد.

الف) $^{\circ}C$ ۱۵ زیر ۱۰٪　　ب) $^{\circ}C$ ۲۰ بالای ۴۰٪

ج) $^{\circ}C$ ۱۵ زیر ۴۰٪　　د) $^{\circ}C$ ۱۰ رطوبت ۵۰٪

فصل پنجم



هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. فرم و شکل فلز جوش و انواع آن‌را نام ببرد.

۲. اتصالات اصلی در جوشکاری را معرفی کند.

۳. قسمت‌های مهم یک اتصال پخ‌دار را نام ببرد.

۴. وضعیت اتصالات در جوشکاری را معرفی کند.

۵. اندازه جوش ماهیچه‌ای بر اساس استاندارد AWS و ISO را توضیح دهد.

۶. اندازه جوش شیاری را شرح دهد.

فرم و شکل فلز جوش در انواع اتصالات

مطابق استاندارد AWS A2.4 انواع جوش‌ها به ۹ گروه اصلی تقسیم می‌شود که عبارتند از:

۱-جوش شیاری (Groove welds)

۲-جوش ماهیچه‌ای (Fillet welds)

۳-جوش سطحی (Bead welds) یا (Surfacing Welds)

و شکل و هندسه فلز جوش در جوش‌های ذوبی به طور عموم یکی از این سه نوع بالا است.

۴- جوش‌های کام یا دکمه‌ای (Pluyorslot Welds)

۵- جوش نقطه‌ای یا پیش طراحی (Spot or Projection Welds)

۶- جوش زائده‌ای (Stud Welds)

۷- جوش نواری (Seam Welds)

۸- جوش پشتی یا پشت‌بند (Backing or Back Welds)

۹- جوش لبه‌ای (Edge Welds)

۱-۵ اتصالات در جوشکاری

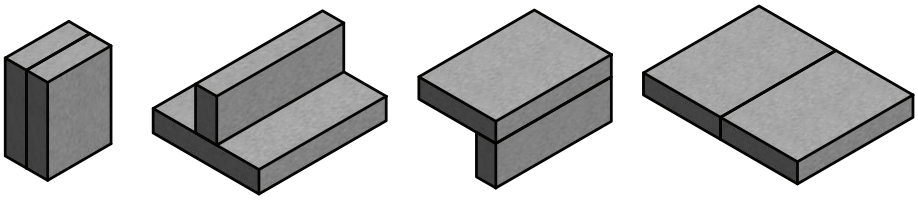
اغلب سازه‌ها در صنعت از قطعات مختلف تشکیل شده‌اند که با روش‌های گوناگون به هم وصل شده‌اند بعضی از اتصالات قابل باز و بسته کردن هستند و گروهی اتصالات دائمی هستند مثل اتصالات جوشکاری شده که در ردیف اتصالات دائم است.

نوع و شکل اتصالات جوش و انتخاب آن به عهده واحد مهندسی است و جوشکاران که مجری کار هستند باید دو عامل عمده و اساسی مورد نظرشان باشد.

۱ـ به پایان رساندن اتصال جوش با حداقل قیمت و حداکثر کیفیت.

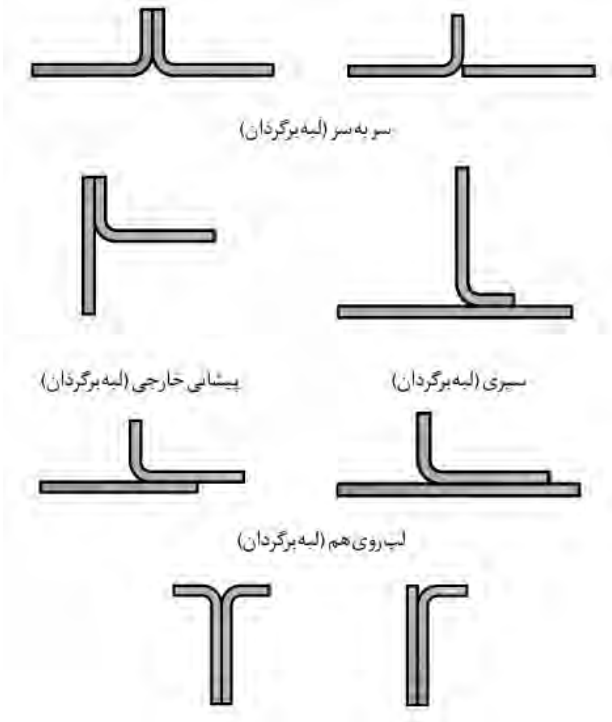
۲ـ مقاومت و اســتحکام کافی در برابر نیروهایی که به طور دائم یا به طور اتفاقی به اتصال وارد می‌شود.

انواع اتصالات که در جوشــکاری به کار می‌روند بر اساس استاندارد AWSA3.0 که در ســال ۱۹۹۴ بازبینی شده اســت خواهد بود که نمونه‌هایی از آن در شکل (۱-۵) مشاهده می‌شود.



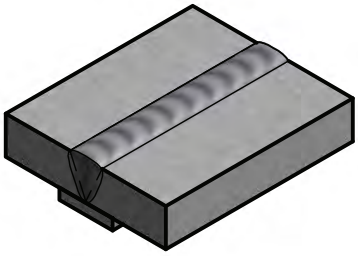
شکل ۱-۵

امروزه بعضی از اتصالات لبه برگشته و وصله‌دار مطابق شکل (۲-۵) به این استاندارد اضافه شده است.



شکل ۲-۵

۵-۲ ضرورت پخ‌سازی در اتصالات جوشکاری شده

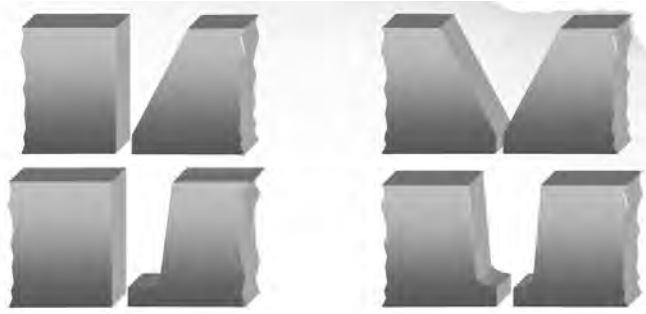


شکل ۵-۳

به منظور اختلاط و امتزاج کامل سطوح مشترک دو فلز از کف تا سطح قطعه آنها را پخ می‌زنند.

برای رسیدن نوک الکترود با قطر بزرگ‌تر به ریشه اتصال لازم است فاصله ریشه بیشتر باشد یا زاویه‌ی اتصال بزرگ‌تر انتخاب شود. این موضوع مقرون به صرفه نبوده و می‌تواند پیچیدگی به همراه داشته باشد لذا با استفاده از پشت‌بند (Back Strip) در مواردی فاصله ریشه را بیشتر می‌گیرند. (شکل ۵-۳)

پخ‌های J و U برای اتصالات با استحکام زیاد برای حذف گوشه‌های تیز در اتصال به منظور جلوگیری از تمرکز تنش در اتصال به کار می‌رود. (شکل ۵-۴)



شکل ۵-۴

۵-۲-۱ قسمت‌های مختلف یک اتصال لب به لب

در شکل (۵-۵) قسمت‌های مختلف یک اتصال را نشان می‌دهد:

۱-فاصله ریشه Root Opening

۲-پاشنه جوش Root Face

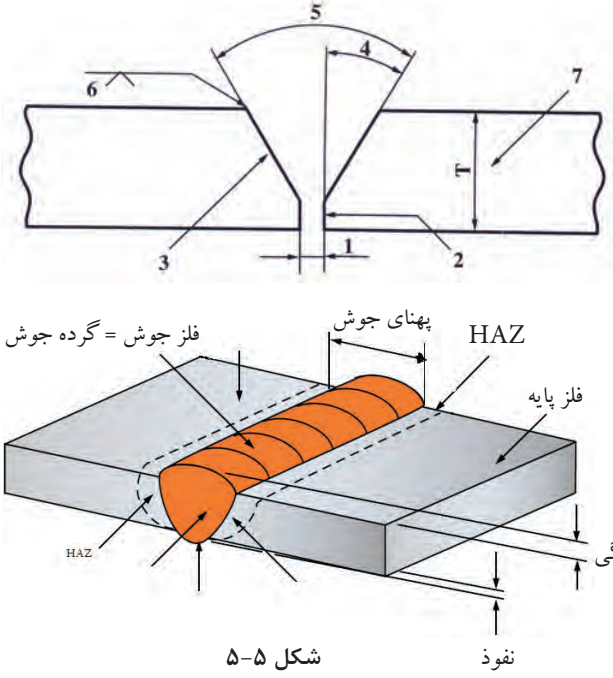
۳-سطح شیار Groove Face

۴-زاویه پخ Bevel angle

۵-زاویه شیار Groove angle

۶- علامت نوع پخ Single V

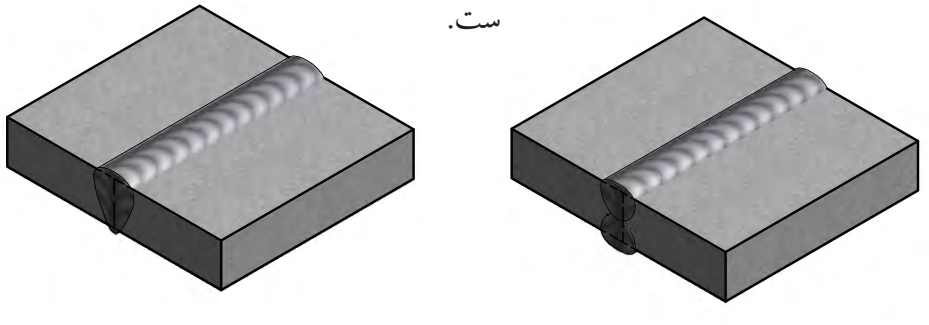
۷-ضخامت قطعه Plate Thichness



شکل ۵-۵

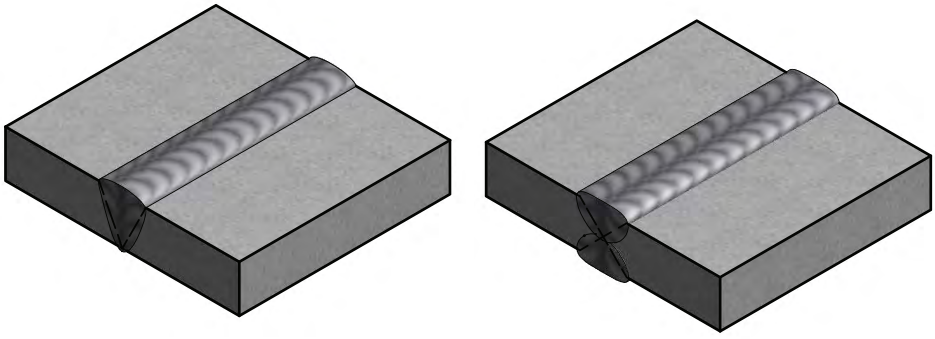
۵-۳ انواع اتصال سر به سر یا Butt Joint عبارتند از:

۵-۳-۱ اتصال لب به لب تخت با ریشــه بسته در شکل (۵-۷) مشاهده می‌شود. از آنجایی که در جوشــکاری نفوذ کامل مد نظر است، چنان‌چه اتصال با ریشه بسته باشد ست.



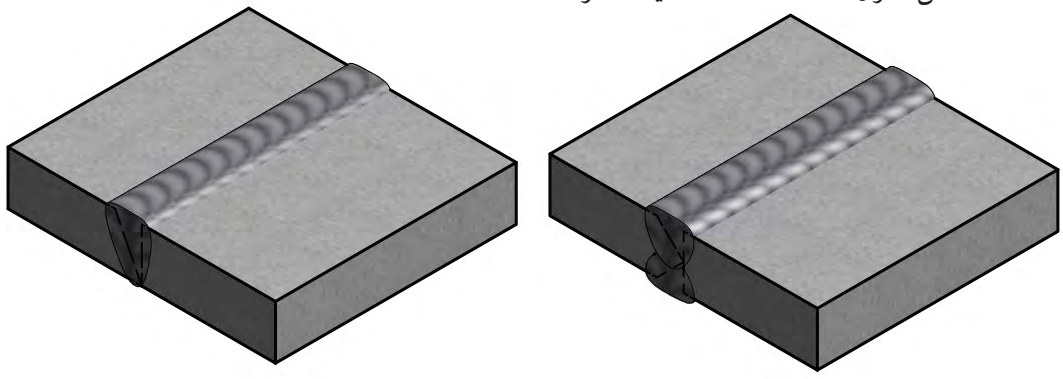
شکل ۵-۷ ریشه بسته

۵-۳-۲ اتصــال لب به لب با پــخ V که در قطعات ضخیم‌تر مورد اســتفاده بوده و استحکام کافی نیز دارد. (شکل ۵-۸)



شکل ۵-۸ ریشه باز

۵-۳-۳ جوش سر به سر با پخهای نیم جناغی یک طرفه و دو طرفه که به K شکل معروف است. اتصال یک طرفه V شکل را Singel Bevel V و دو طرفه را



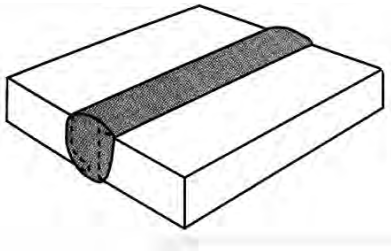
شکل ۵-۹

جوش سر به سر با پخ یک طرفه V با زاویه‌ی ۶۰° single V می‌تواند بدون پشت‌بند اجرا شود پاس ریشه باید لبه‌های کار را در پشت کار را ذوب کرده و با فلز جوش یکپارچه شده بر جستگی تقویتی در پشت جوش ایجاد کند.

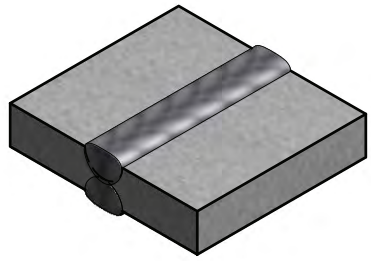
جوش سر به سر با پخ یک طرفه V شکل و پشت‌بند single V b.s مواقعی به کار گرفته می‌شود که فاصله ریشه قطعات زیاد باشد و استحکام زیادی مورد نظر باشد تا جوش از ریشه خم نشود به علاوه امکان جوشکاری با الکترودهای با قطر بیشتر فراهم می‌شود.

۵-۳-۴ جوش سر به سر با پخ V دو طرفه Double V : در این نوع اتصال، پخ در دو طرف کار اجرا می‌شود. پیچیدگی کمتر و قابل کنترل بوده و درقطعات با ضخامت‌های بالا کاربرد دارد که باعث می‌شود جوشکاری راحت‌تر انجام شود.

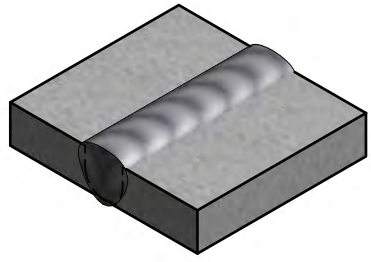
۵-۳-۵ جوش سر به سر J شکل یک طرفه Single J در اتصالات که امکان جوشکاری از یک طرف باشد و به استحکام زیاد نیاز داشته باشیم اجرا می‌شود، هزینه آماده‌سازی (پخ‌سازی) بیشتر ولی الکترود مصرفی کمتر خواهد بود. (شکل ۵-۱۰)



شکل ۵-۱۰



۵-۳-۶ جوش سـر به سـر U دو طرفه (Double U) جوشکاری قطعات ضخیم با استحکام بالا مورد استفاده است.(شکل ۱۱-۵ الف)

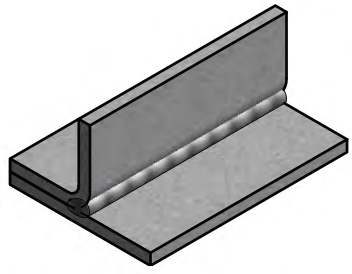


۵-۳-۷ جوش سر به سر u شکل یک طرفه (Single u) امکان جوشکاری در یک طرفه را فراهم می‌کند با مصرف الکترود کمتر. (شکل ۱۱-۵ ب)

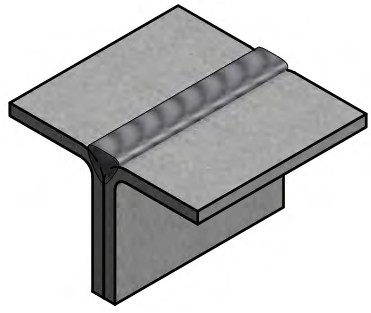
جوش سر به سر دو طرفه (Double J) از نوع U دو طرفه ارزان‌تر تمام می‌شود چون فقط یکی از قطعات پخ‌سازی دارد جوش هم دارای استحکام کافی می‌باشد.

ب

شکل ۱۱-۵



۵-۳-۸ پخ شـیاری منحنـی (Flore) یک لبه و دو لبه مطابق شـکل (۱۲-۵). این اتصال نیاز به پخ سازی ندارد و هزینه تولید آن کمتر است.

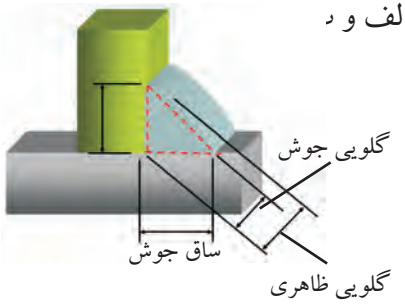


شکل ۱۲-۵

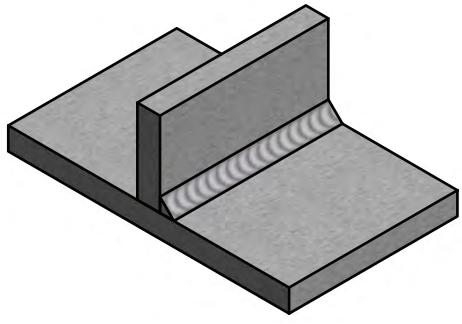
۵-۴ اتصال سپری با جوش ماهیچه‌ای (Fillet)

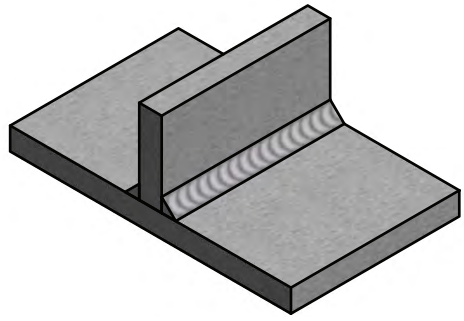
در این نوع اتصال جوش در قسمت خارج اتصال رسوب داده می‌شود که با نفوذ در دیواره قطعه‌ها سـبب اتصال می‌شود. این نوع جوش در داخل قطعه ایجاد نمی‌شود و با

۱-۵ الف و د



شکل ۱۳-۵ الف



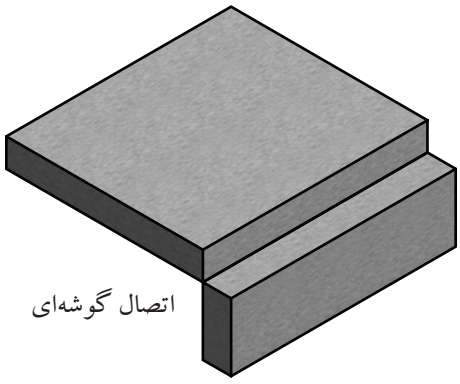


شکل ۱۳-۵ ب

۵-۵ اتصالات اصلی در جوشکاری

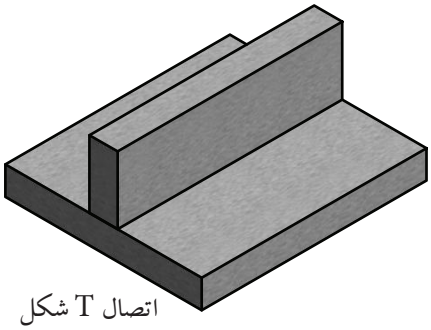
۵-۵-۱ اتصـال لب به لب (Butt Joint) که به انـواع آن در صفحات قبل پرداخته شد.

۵-۵-۲ اتصال با زاویه خارجی (Corner Joint) در شکل (۱۴-۵) آمده است.



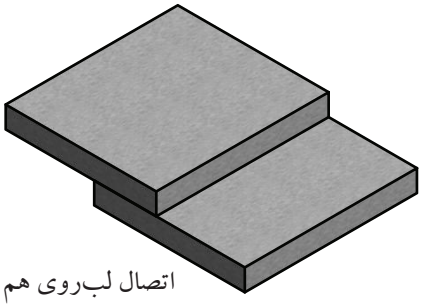
شکل ۱۴-۵

۵-۵-۳ اتصال T شکل یا سه‌پری (Tee Joint) در شکل (۱۵-۵) آمده است.



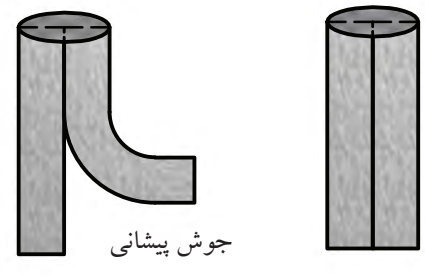
شکل ۱۵-۵

۵-۵-۴ اتصال لبه روی هم (Lap Joint) در شکل (۱۶-۵) آمده است.



شکل ۱۶-۵

۵-۵-۵ اتصال لبه‌ای (Edge Joint) در شکل (۱۷-۵) آمده است.



شکل ۱۷-۵

فرم و ابعاد و اندازه‌ی یک پخ تابع شـرایط و قواعدی اسـت که معمولاً به صورت استاندارد تدوین می‌شود.

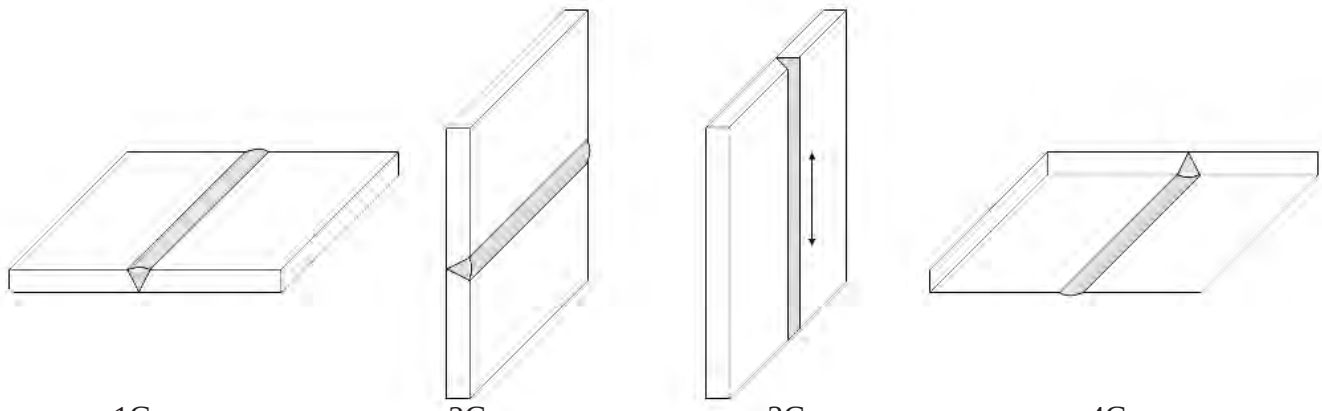
۶-۵ وضعیت اتصالات

همان‌طور که می‌دانید بهترین وضعیت جوشــکاری در حالت سطحی است. همیشه ســعی بر این است که با اســتفاده از وضعیت دهنده‌ها، درز اتصال در حالتی قرار گیرد که اجرای جوشــکاری در حالت ســطحی امکان‌پذیر باشــد، با وجود ایــن در برپایی سازه‌های صنعتی ساختمان‌های فولادی، کشتی‌ها و مجموعه‌های کارخانه‌ای در مناطق صنعتی، امکان جوشکاری تمام اتصالات در حالت سطحی میسر نیست و لازم می‌شود دروضعیت‌های مختلف انجام شود لذا جوشکار باید مهارت کافی برای جوشکاری در آن شرایط را دارا باشد و در حقیقت گواهی تأیید شده برای جوشکاری در آن وضعیت را داشته باشد.

موقعیت‌های جوشــکاری برای وضعیت (تخت، افقی، عمومی، بالای ســر به ترتیب دارای شماره‌های ۱ تا ۴ هستند. و جوشکاری عمودی رو به بالا را UP hill و جوشکاری سرازیر را Down hill گویند.

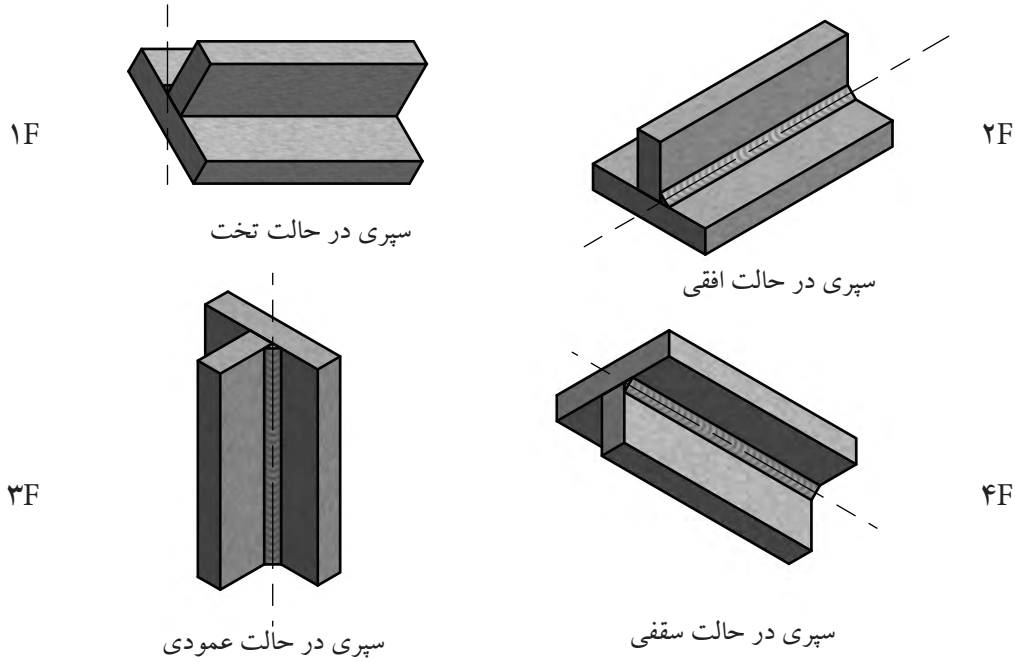
هم‌چنین در جوشــکاری‌های تخت افقی و بالای ســر R=left to right یعنی جهت پیشــروی جوش از چپ به راست باشــد. و با L=Right to Left را از راست به چپ نیز تعیین شده است.

همان‌طور که می‌دانیم Groove Weld به جوش‌هایی که در شــیار ایجاد شــده بین دو قطعه یا فاصله درز دو قطعه اجرا می‌شــود گفته شــده و با حرف G معرفی می‌گردد وقتــی این نوع جوش در وضعیت‌های مختلف اجرای می‌شــود ۱G تا ۶G نامگذاری می‌شوند. (شکل ۱۸-۵)



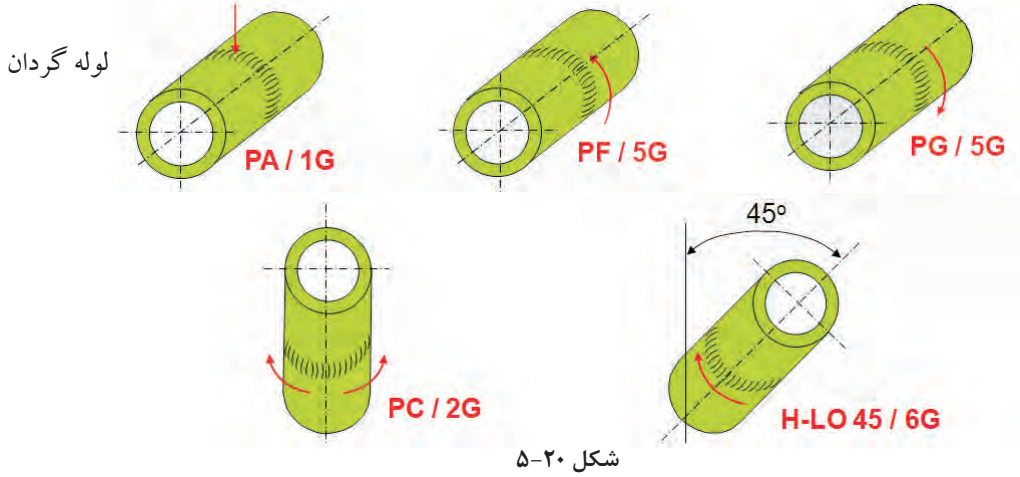
شکل ۱۸-۵

جوش ماهیچه‌ای یا Fillet Weld هم شـامل یک یا چند گرده جوش اسـت که در زاویه بین دو قطعه فلز جوش رسـوب داده می شود و نیاز به آماده‌سازی قبلی نداشته و اقتصادی‌تر است و با حرف F معرفی می گردد، این گروه هم در وضعیت‌های مختلف از ۱F تا ۴F نام‌گذاری می‌شوند مطابق شکل (۱۹-۵).



شکل ۱۹-۵

مطابق شـکل (۲۰-۵) اگر اتصال دو لوله به صورت سر به سر بوده و امکان گردش لوله وجود داشـته باشـد ۱G اسـت و منطقه ذوب همواره در قسـمت بالای لوله قرار دارد.



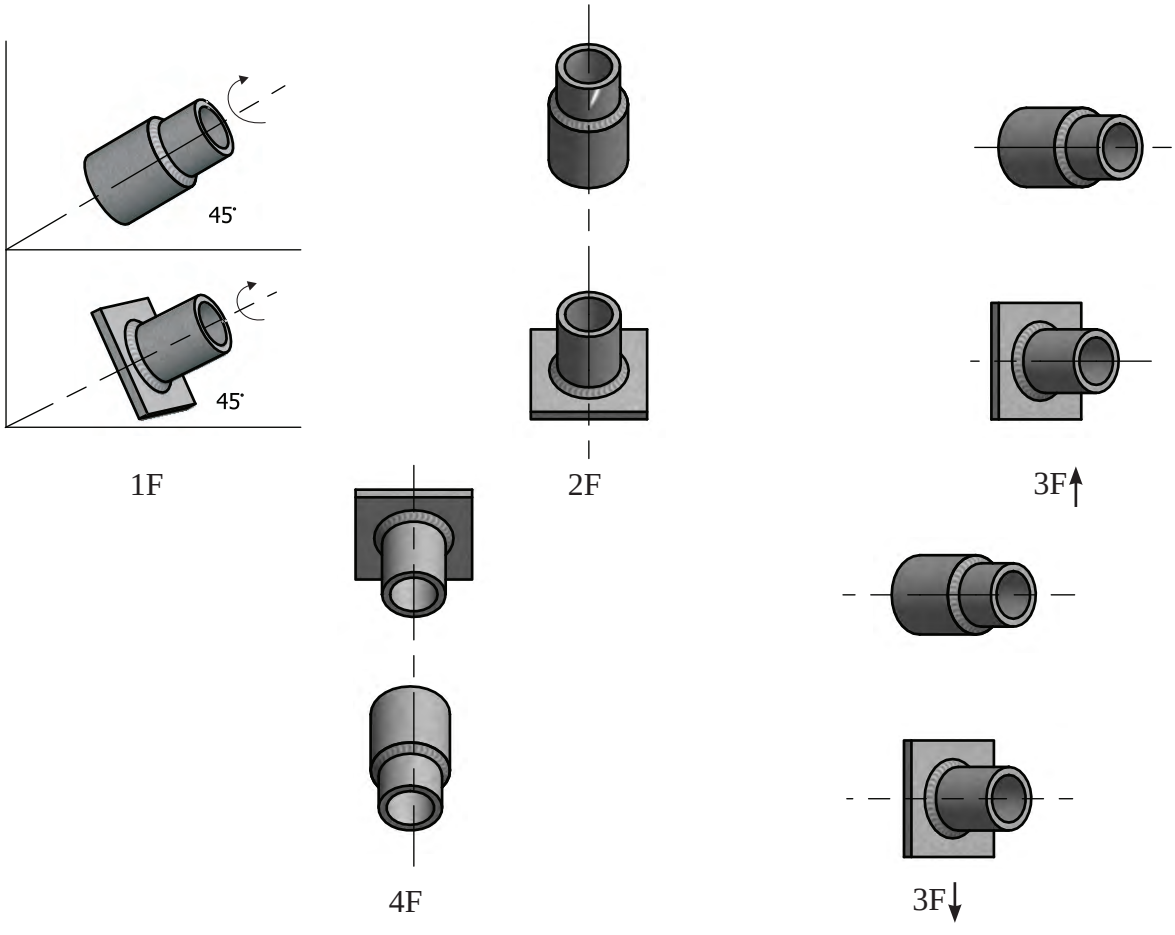
شکل ۲۰-۵

چنان‌چه در اتصال ســر به ســر، لوله در حالت عمودی بوده و حرکت گردشــی هم امکان نداشته باشد جوشکاری افقی تلقی می شود و ۲G است.

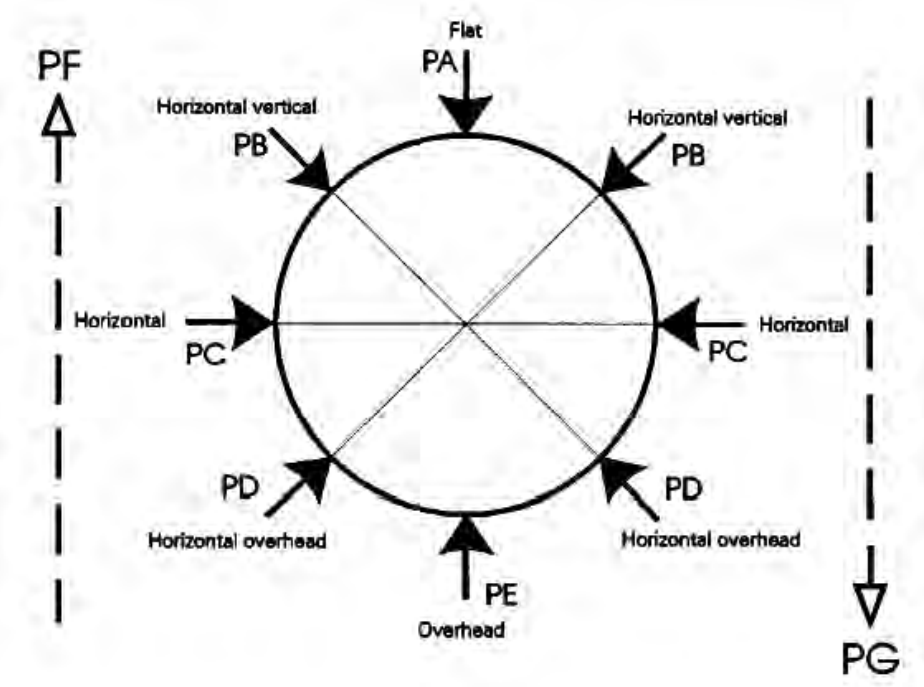
اتصال قطعات لوله یا پروفیل‌ها که حالت گردشی نداشته و به صورت افقی یا با تغییر زاویه 15° ثابت باشند جوش را ۵G گویند.

اگــر قطعات لوله تحت زاویه $45^\circ \pm 5^\circ$ به هم اتصال داده شــود و امکان گردش هم وجود نداشته باشد جوش را ۶G گویند.

اتصال لوله به لوله که لوله‌ها درون یکدیر جفت شــده و یا لوله با ورق جذب نشوند به دلیل اجرای جوش ماهیچه‌ای با حرف F معرفی می‌شود و شماره آن‌ها بر اساس ۱F تا ۴F معرفی می‌شوند به شکل (۲۱-۵) توجه کنید.



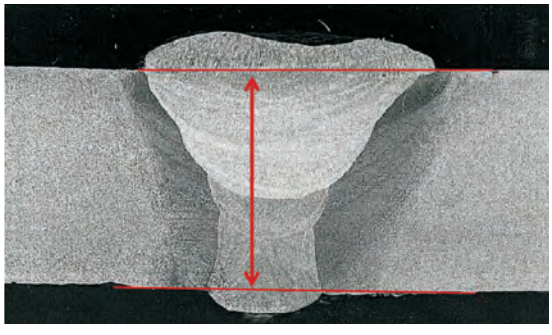
وضعیت‌های جوشکاری در استاندارد DIN و ISO با حرف P و به ترتیب از A تا G معرفی شده‌اند در شکل (۲۲-۵) دایره توسط قطرهای چهارگانه تقسیم شده است چنان‌چه شعاع‌های ترسیم شده از خط مرکزی فلز جوش عبور کند تعیین کننده وضعیت بوده با حروف تعیین شده در شکل (۲۲-۵) معرفی می‌شوند.



شکل ۲۲-۵

در این استاندارد جوش عمودی سر بالا را PF و جوش عمودی سرازیر را PG نامیده‌اند.

۵-۷ اندازه جوش



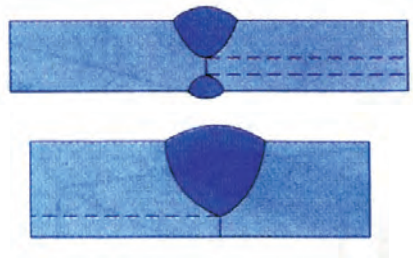
شکل ۲۳-۵

در یک جوش شیاری، اگر در جوش یک طرفه نفوذ کامل باشد (CJP)[۱] شکل (۲۴-۵) اندازه جوش با اندازه ضخامت قطعه نازک‌تر اتصال، بدون برجستگی تقویتی (Rain Forcment) برابری می کند.

در صورتی که نفوذ کامل نباشد[۲] (PJP) یعنی نفوذ جزئی در جوش باشد،

۱- Compelet Jiont Pentration

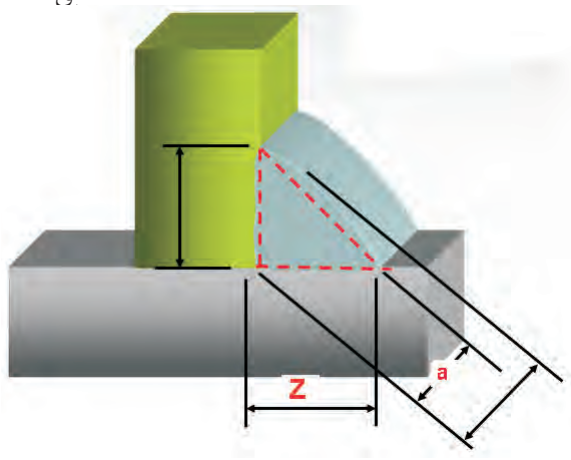
۲- Part Jiont Pentration



مجموع دو مقدار نفوذ در طرفین اتصال اندازه جوش به حساب می‌آید یعنی $E_1 + E_2$ [1] اندازه جوش خواهد بود. این موضوع در خصوص استانداردهای آمریکایی و اروپایی یکسان است.

۱-۷-۵ اندازه جوش ماهیچه‌ای

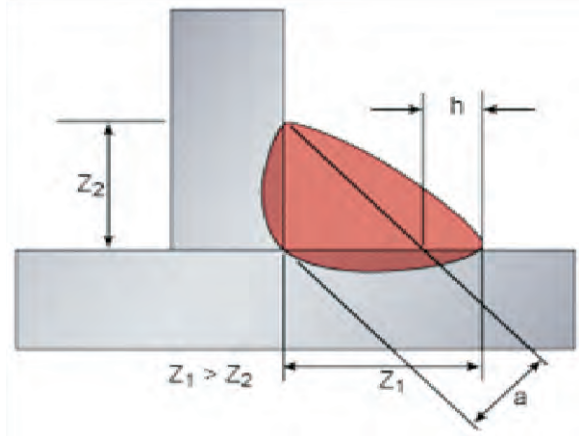
طبق استاندارد (AWS) اندازه جوش برابر است با ضلع بزرگترین مثلث متساوی الساقین که در مقطع جوش ماهیچه‌ای (Fillet Weld) که در همان مقطع محاط گردد که در شکل (۲۵-۵) در جوش ماهیچه‌ای کاو و گوژ (مقعّر و محدّب) به صورت مثلث خط‌چین نشان داده شده است و ساق مثلث اندازه جوش می‌باشد.



شکل ۲۵-۵

طبق استانداردهای اروپایی در جوش ماهیچه‌ای اندازه گلویی جوش، به عنوان اندازه جوش مورد محاسبه است، یعنی گلویی همان مثلث خط‌چینی که به آن اشاره شد یعنی گلویی تئوری (در عمل با توجه به نفوذ و برجستگی تقویتی جوش) اندازه گلویی واقعی از گلویی تئوری بزرگ‌تر خواهد بود. اندازه جوش اروپایی (a) و اندازه جوش آمریکایی با (Z) نشان می‌دهند که با رابطه $a = \frac{۷}{۱۰} Z$ و یا $Z = \frac{۱۰}{۷} a$ به هم تبدیل می‌شوند.

در صورتی که طبق دستور طراح، ساق‌های جوش نا مساوی باشند مطابق شکل (۲۶-۵) ساق بزرگ‌تر و ساق کوچک‌تر معین گردیده است.



شکل ۲۶-۵

۱- E_1 = نفوذ روی سطح کار (نفوذ) E_2 = نفوذ در پشت درز (نفوذ)

سؤالات پایانی فصل پنجم

۱- کدام جمله نادرست به نظر می‌آید؟

الف) یکی از مسائل عمده در جوشکاری به پایان رساندن جوش با حداقل مدت.

ب) مسئله‌ی مهم دیگر مقاومت و استحکام کافی اتصال در برابر نیروها است.

ج) اتصالات جوشکاری شده در ردیف اتصالات دائم هستند.

د) نوع و شکل اتصالات جوش شده به عهده جوشکاران است.

۲- ایجاد فاصله در ریشه‌ی جوش برای ..... است.

الف) نفوذ کافی　　ب) امکان جوشکاری

ج) صرفه‌جویی　　د) راحتی کار

۳- پخ‌های انحنادار باعث ..... در جوش می‌شوند.

الف) ارزانی لبه‌سازی　　ب) حذف تمرکز تنش

ج) سادگی اجرا　　د) سرعت بیشتر کار

۴- اتصال گوشه‌ای یا زاویه خارجی می‌تواند دارای ..... باشد.

الف) ریشه باز　　ب) ریشه بسته

ج) ریشه‌ی نیم‌باز　　د) پاشنه زیاد

۵- با استفاده از پشت‌بند در اتصال ..... می‌تواند باشد.

الف) قطر الکترود مصرفی بیشتر　　ب) ریشه (Root) بیشتر

ج) صرف زمان کمتر　　د) بدون پاشنه (Root Face)

۶- با کدام پخ اتصال سر به سر ارزان‌تر تمام می‌شود؟

الف) K　　ب) 　　ج) 　　د) V

۷- کدام نوع اتصال احتیاج به آماده‌سازی ندارد؟

الف) سر به سر　　ب) لب رویهم

ج) سه پری　　د) پیشانی

۸- علامــت اســتاندارد جوش لوله کــه امتداد لوله افقی باشــد و قابل گردش کدام است؟

الف) ۱ G　　ب) 2 G　　ج) ۱ F　　د) ۶ GR

۹- جوشکاری PF در استاندارد ISO مطابق کدام در استاندارد AWS است.

الف) UP hill　　ب) Down Hill

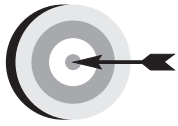
ج) ۳ G　　د) ۳ F

۱۰- در کدام صنعت امکان استفاده از وضعیت دهنده وجود دارد؟

الف) ساختمان‌های فولادی　　ب) پل‌سازی

ج) کشتی‌سازی　　د) واگن‌سازی

فصل ششم



هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. قسمت‌های مختلف یک اتصال ذوبی را نام ببرد.

۲. چگونگی حوضچه مذاب را شرح دهد.

۳. چگونگی سخت شدن فولاد با عملیات حرارتی را توضیح دهد.

۴. علت پیش گرمی را شرح دهد.

۵. عیوب ظاهری را نام ببرد.

۶. انواع ترک‌ها در اتصالات جوشکاری شده را معرفی کند.

۷. آخال متمایزدر جوشکاری GTAW و دلیل به وجود آمدن آن‌را بیان کند.

۸. راه‌های جلوگیری از ترک گرم را شرح دهد.

۹. دلایل شکست سرد را شرح دهد.

۱۰. انواع پیچیدگی در جوش را نام ببرد.

۱۱. راه‌های جلوگیری از پیچیدگی را شرح دهد.

ساختار منطقه جوش

متداول‌ترین انواع جوش‌ها، جوش ذوبی است که دارای ۳ قسمت کاملاً مجزا می‌باشد که به شرح زیر است:

۱- منطقه ذوب شده

۲- منطقه تحت تأثیر حرارت(HAZ) [۱]

۳- فلز مبنا (فلز مورد جوشکاری)

فلز جوش که از انجماد حوضچه مذاب به دست آمده تحت تأثیر گرما، سرعت سرد شدن، تغییرات نظم اتمی و امتزاجی در آن شکل می گیرد و ویژگی‌های زیر را به وجود می‌آورد.

تغییر خصوصیات مکانیکی

افزایش تردی فلز جوش

افزایش حساسیت در مقابل ترک خوردگی

کاهش مقاومت به خوردگی و زنگ زدگی

شدت این تغییرات و تأثیرات به نوع فرآیند جوشکاری نیز وابسته است

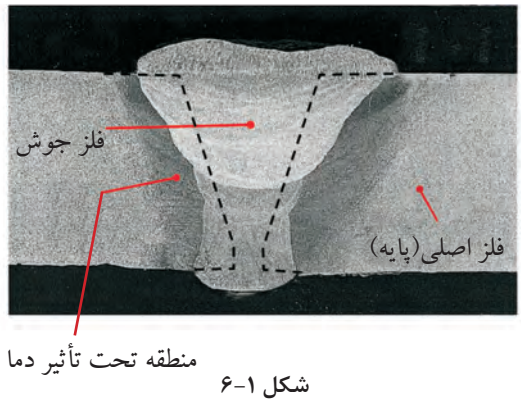
۱-۶ قسمت‌های مختلف منطقه جوش شده

مطابق شکل (۱-۶) عبارتند از:

۱- فلز جوش

۲- منطقه تحت تأثیر حرارت

۳- فلز اصلی (فلز پایه)



شکل ۱-۶

۱-Heat Affected Zone

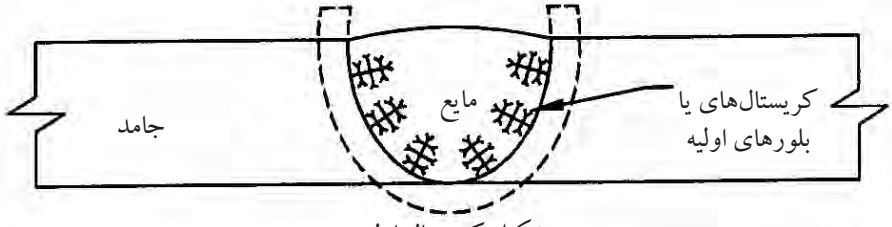
● **فلز جوش:** قسمت میانی فلز جوش، آلیاژی از مذاب لبه‌ها و مذاب فلز پر کننده، درز خواهد بود مثلاً زمانی که یک الکترود نیکلی برای جوشکاری چدن خاکستری به کار می‌رود آلیاژی از فلز نیکل و فلز آهن و کربن خواهد بود که دارای ساختار FCC بوده و آستینتی است و جذب آهن‌ربا نمی‌شود.

● **منطقه تحت تاثیر حرارت (HAZ):** به منطقه کنار فلز جوش که جزء فلز پایه می باشد و ذوب نشده ولی در اثر حرارت تغییر ساختار داده است.

● **فلز پایه:** که تغییری در آن رخ نداده ولی در اثر انبساط و انقباض ناشی از حرارت، تنش در آن پدیدار شده است.

۲-۶ چگونگی انجماد حوضچه مذاب

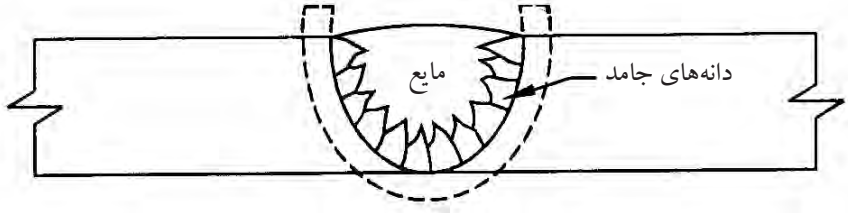
می‌دانیم اتم‌های مذاب فلزی بی نظم و آمورف (بی شکل) هستند ولی در اثر سرد شدن اتم‌ها با نظم خاص و تکرار شونده منجمد می‌شوند یعنی ساختار کریستالی دارند. انجماد با ایجاد هسته‌های کوچک جامدی شروع می‌شود (که به این عمل جوانه‌زنی می گویند) به شکل (۲-۶) توجه کنید که در یک حوضچه مذاب، بلورهای جامد چگونه و از چه منطقه‌ای شکل گرفته‌اند(جوانه ها از قسمت جامد ایجاد شده و رشد می کنند).



تشکیل کریستال اولیه

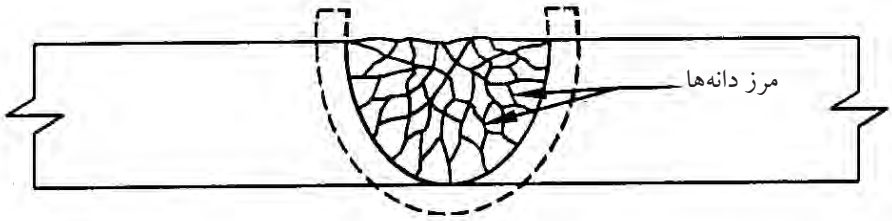
شکل ۲-۶

پس از شکل گیری هسته‌های اولیه جامد، اتم‌های دیگری به هسته اضافه می‌شوند و رشد کرده و بزرگ می‌شوند تا به ذرات جامد بزرگ‌تر تبدیل شوند که دانه یا بلور (جامد) نامیده می‌شود. (شکل ۳-۶)



شکل ۳-۶

با پیشـرفت جامد بلورها یا دانه‌ها به هم رسـیده و مرز نا منظمی درست می‌کنند که به آن مرز دانه گویند که با میکروسـکوپ قابل رؤیت هسـتند شکل (۴-۶) کامل شده انجماد را ملاحظه کنید.



انجماد کامل

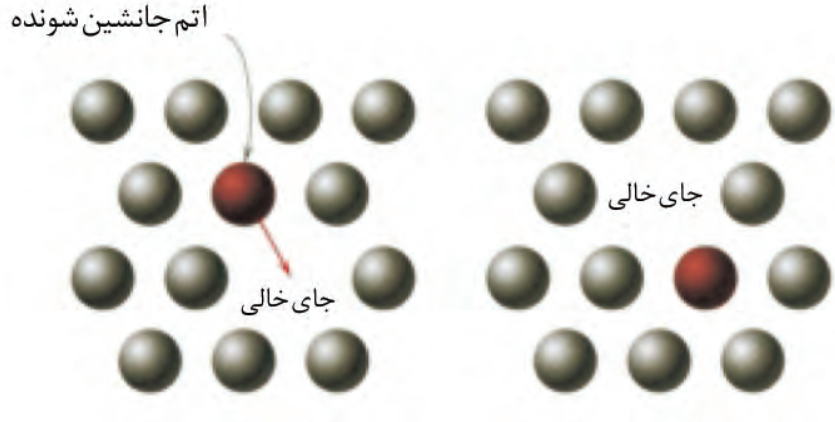
شکل ۴-۶

در مرکز فلز جوش به دلیل سـرعت بالاتر انجماد دانه‌ها رشد کمتری دارند دانه‌های ریزتر شکل می‌گیرند.

وقتی عنصری به یک فلز خالص اضافه شود و آلیاژی تشکیل دهند اتم عنصر جدید به دو صورت در شبکه قرار می‌گیرد.

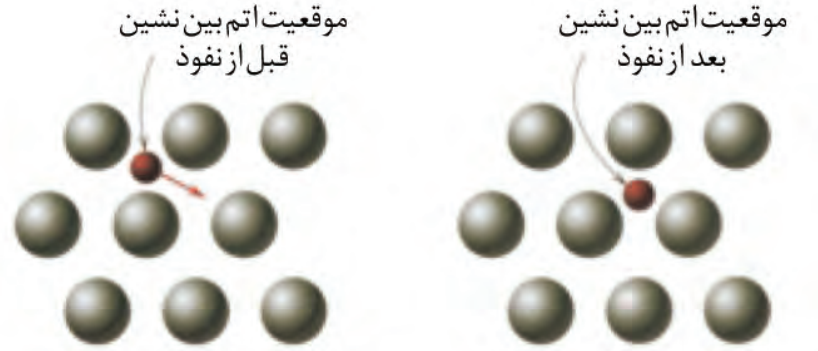
● **جانشـینی مسـتقیم:** وقتی اتم فلز جدید اندازه‌ای نزدیک به اتم فلز پایه داشـته باشد، می‌تواند در محلی که پیش از این اتم فلز پایه قرار داشته جایگزین شود.

شکل (۵-۶) نمونه‌ای از روش جانشـینی مستقیم است که تشکیل آلیاژ داده‌اند مثل آلیاژ (مس، نیکل).



شکل ۵-۶

● **بیـن نشـینی:** اگر اندازه اتــم عنصر آلیاژی اضافه شــده از اندازه اتــم فلز پایه کوچک‌تر باشــد می‌تواند بدون جا به جا کردن هیچ کدام از اتم‌های اصلی وارد شبکه فلز پایه شــود و در بین آن‌ها قرار گیرد شــکل (۶-۶) و تشکیل آلیاژی دهد واستحکام کششی را زیاد کند مثل اتم کربن به عنوان اتم بین نشین در فولادها.



شکل ۶-۶

۶-۳ چگونه با عملیات حرارتی، فولاد سخت می‌شود؟

در کتاب متالوژی عمومی و شــناخت مواد صنعتی آموخته‌اید که فولاد ساده کربنی آلیــاژی اســت از آهن و کربن که افزایش درصد کربن به اســتحکام و ســختی فولاد می‌افزاید و عملیات حرارتی هم می‌تواند فولاد را سخت کند.

هم اکنون کربن در فولاد به دو صورت وجود دارد:

الــف) کربن در فولاد به صورت اتمی و بین نشــین که کمتر به این حالت یافت می شود.

ب) ترکیــب کربن با آهن، به نام کاربید آهن که در درجه حرارت محیط در فولاد به صورت Fe_3C وجود دارد و مقدار آن به درصد کربن در فولاد بستگی دارد.

حــرارت دادن فولاد در دمایبیش از $۷۲۳^{\circ c}$ باعث می‌شــود کــه، کاربید آهن Fe_3C تجزیه شده و به اتم کربن و اتم آهن تبدیل شود.

$$Fe_3C \rightarrow 3Fe + C$$

در شرایط فوق وقتی فولاد، گرم می‌شود از شبکه BCC [۱] به FCC [۲] هم تغییر شبکه می‌دهد.

۱- Body Centered Ciubic

۲- Face Centered Ciubic

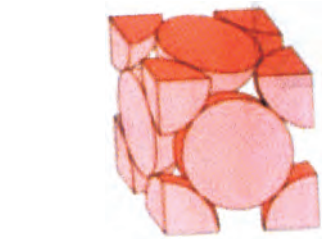
پس دو اتفاق با هم افتاده اســت هم اتم‌های کربن آزاد شــده‌اند و هم شــبکه اتمی FCC تشکیل شده است که به دلیل حجم بزرگتر فضای خالی این شبکه می‌تواند مقدار بیشتری اتم کربن در بین اتم‌های خود جای دهد، به صورت بین‌نشین.

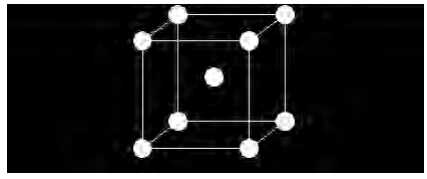
حال برای سرد کردن دو حالت در نظر می‌گیریم:

الف) سرد کردن آرام (تعادلی)

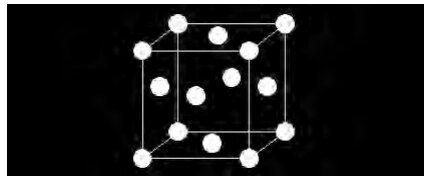
ب) سرد کردن تند (سریع)

اگر فولاد حرارت دیده و ســرخ شده را سریع ســرد کنیم (به وسیله‌ی آب یا هوای فشرده) اتم‌های کربن بین نشین در شبکه FCC فرصت پیدا نمی‌کنند تغییر وضعیت داده و به کاربید آهن Fe_3C تبدیل شود. در حالی که تبدیل شبکه از FCC به BCC الزامی و حتمی است سرعت شدن باعث می‌شود مقدار زیادی اتم کربن به صورت فشرده درون شبکه BCC باقی بماند و شبکه به شکل مکعب مستطیل می شود. لذا سختی زیاد می‌شود و فولاد حاصل شکننده‌تر است. شکل (۱-۶-۶) شبکه BCC و FCC را نشان می‌دهد.





شبکه‌ی BCC



شبکه‌ی FCC

شکل۱-۶-۶

بر عکس اگر فولاد حرارت دیده و ســرخ شــده آرام سرد شــود سخت و شکننده نمی‌شود زیرا زمان لازم جهت تشکیل مجدد Fe_3C وجود دارد.

حرارت حاصل از جوشکاری می‌تواند تغییرات فوق را در منطقه ذوب و HAZ ایجاد کند. بعلاوه حرارت جوشکاری باعث انبساط و انقباض می‌شود و تنشهای زیادی تولید می‌کند که این عوامل باید تحت کنترل باشــد تا جوش با کیفیت مطلوب بدســت آید.

۶-۴ اشکالات و عیوب جوش

اجرای عملیات جوشکاری با کیفیت صد در صد و ایده‌آل و ایجاد یک اتصال بدون عیب به ندرت ممکن اســت و به طور معمول جوشکاری‌ها دارای معایب و ناپیوستگی هایی هر چند کوچک می‌باشند. ناپیوستگی‌هایی که مورد پذیرش استاندارد مرجع قرار گیرد عیب محسوب نمی‌شود.

استانداردها با در نظر گرفتن پارامترهایی مثل کیفیت، قابل اعتماد بودن از نظر تأمین نیازهــای طراحی همراه با صرفــه اقتصادی، محدوده پذیرش عیــب را در جوش برای کاربردهای مختلف مشخص کرده‌اند.

ولی جوشـکاران بـدون در نظر گرفتن این ملاحظات همـواره باید خود را موظف به اجرای جوشـکاری بدون عیب و نقص دانسـته و دائم تحت کنترل و بازرسی بوده و تشویق و ترغیب شوند.

جوش‌هایـی کـه دارای ناپیوسـتگی در خارج از محدوده مجاز اسـتاندارد باشـند عیب‌دار به حسـاب آمده و بدون ملاحظات اقتصادی وسـایر مسـائل پروژه باید طبق دستورالعمل‌های تعمیراتی و با روش‌های اجرایی مورد تأیید، تخریب و مجدد بازسازی شوند.

در خصوص ناپیوستگی‌ها در جوش ملاحظات زیر در قراردادها و پیمان‌های اجرای یک پروژه دیده می‌شود.

روش‌های بازدید عیـب یا عیب‌یابی، روش‌های بازرسـی‌های مخرب (DT)و غیر مخرب (NDT) خواهد بود.

● **روش‌های پیشـگیری:** پیشـگیری جدا از تعمیرات است حتی اگر این روش‌ها پرهزینه بوده و زمان‌گیر باشـد باز هم اقتصادی‌تر و اصولی‌تر از هزینه‌های سرسـام‌آور تعمیرات جوش که شامل عیب‌یابی، بریدن یا شکافتن جوش و جوشکاری مجدد آن است.

● **علل بروز عیب:** دانسـتن علل بروز عیب جوش مسـتلزم آگاهی از اصول کلی جوشکاری و فرآیند اجرا می‌باشد.

● **روش تعمیر و اصلاح جوش:** تهیه دستورالعمل تعمیر جوشکاری نیز بر اساس معیارهـای قابل پذیرش اسـتاندارد مرجع و توافق قراردادی و اقتصـادی در قراردادها گنجانده می‌شود.

۱-۴-۶ عیوب متداول در جوشکاری :

۱- عیوب ظاهری جوش

۲- عیوب داخلی جوش

۱- عیوب ظاهری جوش:

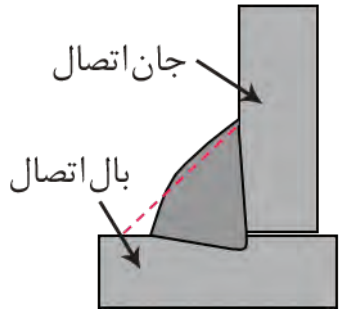
الف – عیوب ابعادی

ب- ناپیوستگی ظاهری

الف- عیوب ابعادی:

۱- عیوب ابعادی در اتصال سپری (Fillet)

۲- عیوب ابعادی در اتصال سر به سر (Butt)

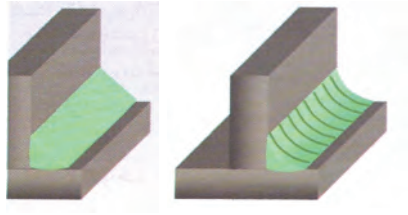


ساق ناکافی

۱- عیوب ابعادی در اتصال سپری :

a. ساق ناکافی (z): در اتصالات سپری چنانچه در WPS اجرایی قید نشده باشد، معمولا میزان ساق جوش مورد نیاز $\frac{۱۰}{۷}$ ضخامت نازکترین قطعه در نظر گرفته می شود و چنانچه ساق جوش موردنظر از حد مشخص شده کمتر باشد، عیب تلقی شده و باید ترمیم گردد.

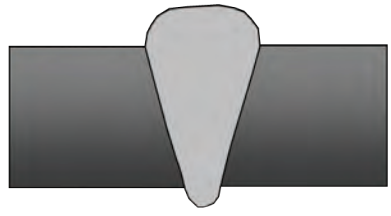
نکته مورد توجه این است که جوش (Fillet) در هر شرایطی باید دارای ساقهایی برابر بر روی دو بال و جان قطعه باشد مگر طبق دستور طراح.


گرده جوش ماهیچه ای مقعر

جوش ماهیچه ای سالم

b. گلویی ناکافی (تقعر گرده جوش) : بهترین شرایط برای جوش Fillet، داشتن سطح جوش صاف و تخت می باشد. در این جوش چنانچه در WPS اجرایی مورد خاصی قید نشده باشد، معمولا میزان این گلویی ۰/۷ ضخامت نازکترین قطعه مورد نظر گرفته می شود.

وجود جوش گوشه با ابعادی کمتر از این حد تقعر گرده جوش تلقی می گردد.

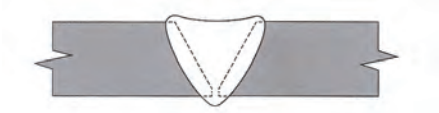

تحدب گرده جوش

c. تحدب گرده جوش: چنانچه ابعاد گلویی جوش Fillet از حد مورد انتظار (۰/۷ t) بیشتر باشد با ثابت ماندن ساق جوش مناسب، عیب تلقی می گردد، زیرا گرده جوش اضافی نه تنها در استحکام جوش نقشی ایفا نمی کند بلکه از آنجایی که می تواند زوایایی تیز در کناره جوش ایجاد کند، می تواند باعث ایجاد نقاط تمرکز تنش در قطعه گردد.

میزان انحراف عیوب ابعادی از حد مجاز را می توان پس از رؤیت با استفاده از گیج های ویژه اندازه گیری و ثبت کرد.

۲- عیوب ابعادی در جوش سر به سر (Butt) :

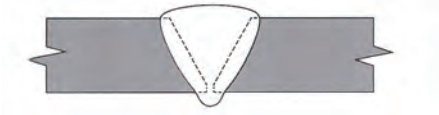
a. تحدب گرده جوش : بیشترین حد برآمدگی گرده جوش برای اتصالات Butt "$\frac{۱}{۸}$ در حدود ۳mm می باشد و بیش از آن مجاز نمی باشد و عیب تلقی می گردد، زیرا باعث ایجاد نقاط تمرکز تنش در اتصال می گردد.



تقعر گرده جوش

b. تقعر گرده جوش (عدم پرشدگی) :

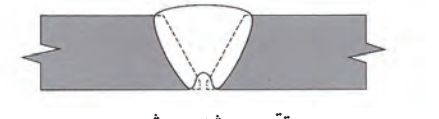
حداقل میزان پرشدگی در جوشهای Butt باید در حد ضخامت قطعه باشد.



تحدب ریشه جوش

c. تحدب ریشه جوش (نفوذ اضافی) :

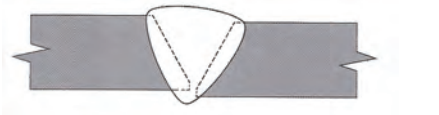
حداکثر میزان بیرون زدگی نفوذ جوش از پشت قطعه ۳mm می باشد و بیرون زدگی بیش از این حد مجاز نمی باشد و به عنوان عیب نفوذ اضافی تلقی می گردد.



تقعر ریشه جوش

d. تعقر ریشه جوش:

نفوذ جوش باید به انتهای لبه ی قطعه در پشت کار برسد.



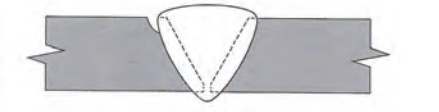
عدم هم ترازی

e. عدم هم ترازی :

اگر در این اتصال (Butt) دو جزء اتصال در یک راستا نباشند، این عیب ایجاد می گردد.

گیج Hi-Lo

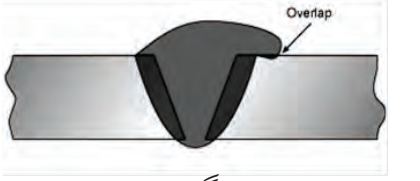
ب- ناپیوستگی ظاهری:



بریدگی کناره

a. کناره (Under Cut) :

عدم پرشدگی حوضچه مذاب در کناره های جوش و همچنین خوردگی کناره جش روی قطعات اتصال را می گویند.



سر رفتگی جوش

b. سر رفتگی جوش(Over Lap) :

این عیب پرشدگی بیش از اندازه مجاز است و زمانی اتفاق می افتد که فلز جوش رسوب داده شده بیشتر از ظرفیت اتصال باشد و فلز پر کننده بدون ذوب کردن قطعه آن را بپوشاند.

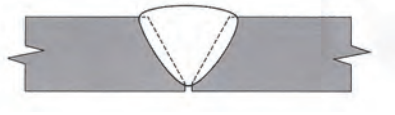
c. عدم ذوب Lack of Fusion (LOF) :

حوضچه مــذاب در هر مرحله باید با دیواره قطعات مورد اتصال و جوش پاســهای قبلی بطور کامل اقدام گردد، در غیر اینصورت باعث ایجاد عیبی به اســم ذوب ناقص (LOF) می گردد. این عیب گاهی ممکن اســت در ســطوح زیرین قطعه اتفاق بیافتد و قابل مشاهده نباشد.

d. نفوذ ناقص Lack of Penetration (LOP) :

این عیب در صورتی جزء عیوب ظاهری تلقی می گردد که دسترســی به دو طرف قطعه باشد در غیر اینصورت این عیب جزء عیوب داخلی در نظر گرفته می شود.

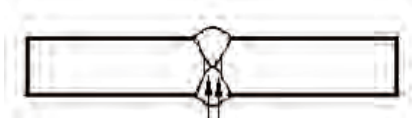
جوش ذوبی در صورتی نفوذ کامل اســت که دو لبه اتصال از سطح بالا(ظاهری) تا سطح پائینی بطور کامل ذوب شده و درهم آمیخته شود. این عیب در دو حالت بررسی می شود.



نفوذ ناقص در اتصالات شیاری یک طرفه

الف: نفوذ ناقص در اتصالات شیاری یکطرفه:

جوش ذوبی باید در پشــت قطعه اتصال یا هم ســطح در قطعه باشــد (در استفاده از پشــت بند) و یا از پشــت کار بیرون بزند (نهایتا به اندازه ۳mm) و در غیر این صورت نفوذ ناقص است.



نفوذ ناقص در اتصالات شیاری دو طرفه

ب: نفوذ ناقص در اتصالات شیاری دو طرفه :

در اینگونه اتصالات پاشنه کار و ریشه اتصال در مرکز ضخامت قطعه واقع می گردد که باید توســط جوش ذوبی بطور کامل ذوب و پر گردد و اگر این شرایط ایجاد نشود عیب در نظر گرفته می شود.

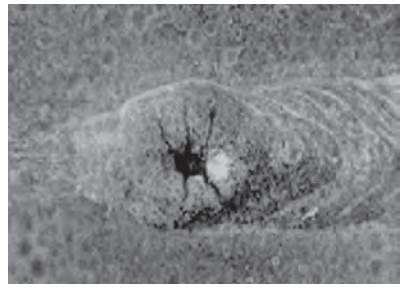
e. لکه قوس :

در اثر برخورد نوک الکترود به اطراف درز جوش و قطعه در هنگام شروع جوشکاری ایجاد می شود.

لکه قوس

f. چاله جوش:

این عیب در نقاط انتهایی خط جوش دیده می شود که عبارت است از عدم پرشدگی انتهای جوش، که می تواند محل مناسبی برای بروز عیوب خطرناکی نظیر ترک باشد.



چاله جوش

g. پاشش و جرقه :

اگر در هنگام جوشــکاری پارامترهای اساســی جوش رعایت نشود، جرقه و پاشش های ایجاد شده از حد طبیعی بزرگتر شده که در نتیجه به سطح قطعه و جوش چسبیده و بر روی کار باقی می مانندو از این نقاط می توانند محل مناسبی برای جوانه زنی ترک ها و شکست قطعه باشد.

پاشش و جرقه

۱- عیوب داخلی جوش:

۱- تخلخل (Parasity):

این عیب در اثر حبس شــدن گاز در داخل جوش ایجاد می شود. بنابراین هر عاملی که باعث ایجاد گاز شود از قبیل چربی و رطوبت می تواند عامل ایجاد این عیب باشد. هــم چنین اگر شــرایطی پیش بیاید کــه گازهای ایجاد شــده در داخل جوش فرصت خــروج را پیدا نکنند. باز هم باعث ایجاد این عیب مــی گردند. این عیب می تواند در مدلهای مختلفی مشاهده شود. که عبارت است از :

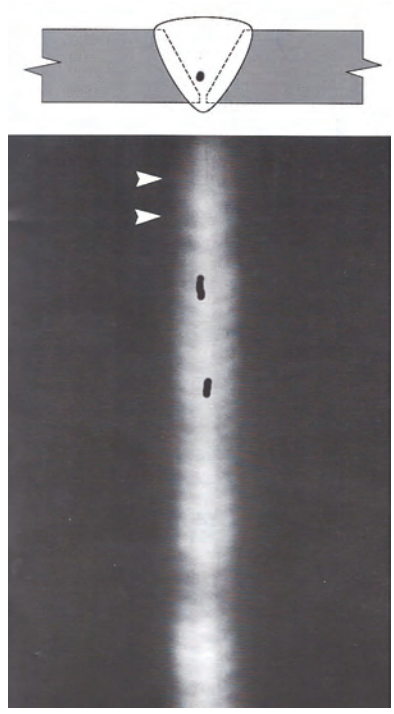
تخلخل با پخش یکنواخت

a. تخلخل با پخش یکنواخت : در این حالت حباب های گاز در تمام طول جوش وجود دارند که ناشی از مواد مصرفی کثیف و نا سالم می باشد.

تخلخل خوشه ای

b. تخلخل خوشه ای :

در ایــن حالت حباب های گازی در نقاطی از خط جوش تجمع یافته اند که معمولا ناشی از قطع و وصل شدن جریان جوشکاری در حین کار می باشد که باعث می شود حوضچه مذاب سریع سرد شود و حباب های ایجاد شده فرصت خروج پیدا نکنند.



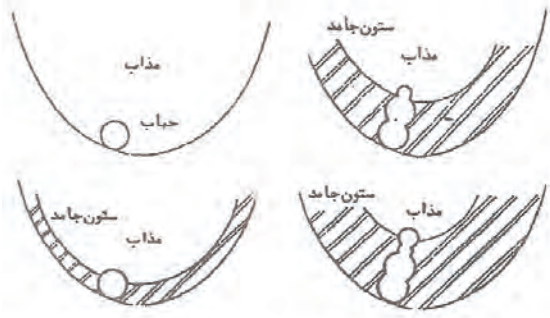
تخلخل خطی

c. تخلخل خطی :

این حالت ناشـی از ایجاد حباب های گازی و کشـیدن شـدن آن در طول مسـیر جوشکاری می باشد.

d. تخلخل لوله ای :

این عیب ناشـی از حرکت هم زمان حباب به سـمت سطح قطعه و انجماد حوضچه می باشد.



تخلخل لوله ای

۲- آخال (Inclusion):

هـر گاه در داخل جوش ذرات جامدی باقی بماند این عیب ایجاد می شـود. عموما آخال های جوشی به یکی از دو صورت زیر می باشد :

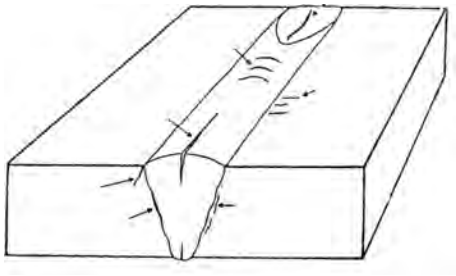
a. آخال سـرباره : ناشی از جا ماندن سرباره جوش قبلی می باشد که در جوشهای الکترود دستی و زیرپودری می تواند رخ دهد.

b. آخال تنگستنی: این عیب در جوشکاری TIG ای رخ می دهد و ناشی از برخورد الکترود تنگستنی به حوضچه مذاب در حین جوشکاری می باشد.

آخال تنگستنی

آخال سرباره

۳- ترک (Crack):



این عیب انواع گوناگونی دارد و معمولا جزء خطرناکترین عیوب موجود در جوش و قطعه به حساب می آید که در زیر به آنها اشاره می گردد.

ترک ها بر حسب محل وقوع و دمای ایجاد به صورت های مختلفی دسته بندی می گردد.

• انواع ترک از نظر محل بروز عیب:

a. ترک ستاره ای : محل بروز این ترک در چاله انتهایی جوش می باشد.

b. ترک عرضی : در جهتی عمود بر جهت جوش رخ می دهد و می تواند در قطعه و یا جوش واقع گردد.

c. ترک طولی : این ترک در امتداد طولی جوش رخ می دهد.

d. ترک زبانه (گوشه)

e. ترک زیر خط ذوب

f. ترک در منطقه HAZ

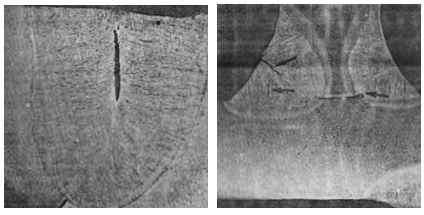
g. ترک در ریشه جوش

• دلیل ایجاد ترک در جوش:

هرگاه تنش های انقباضی ناشـی از سرد شـدن جوش بیشتر از تنش تحمل قطعه در آن درجه حرارت باشـد، شکست اتفاق می افتد. این موضوع در تمام دماها (از لحظه انجماد تا پایان سـرد شدن و حتی مدتی پس از سرد شدن) در هنگام بارگذاری امکان پذیر است.

انواع ترک از نقطه نظر دما:

a. ترک گرم(سرخ شکنی) :



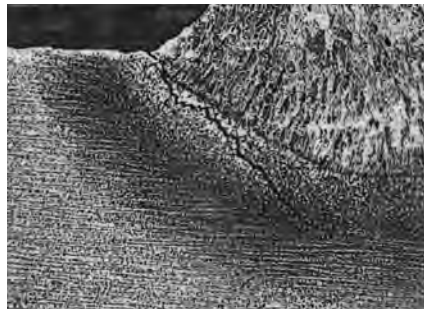
این ترک در شروع انجماد و تشکیل دانه ها اتفاق می افتد، زمانی که دانه های فلزی شکل می گیرند و اسـتحکام بوجود می آید، تنشهای انقباضی باعث شکست می شود که علت آن وجود ذوب در مرز دانه هاسـت که مربوط بـه ترکیبات و آلیاژهای زود ذوب در قطعه می باشـد. این ترک به سرخ شـکنی معروف است و میل به ادامه ندارد و در فولاد خوش تراش که دارای گوگرد اسـت و در آلیاژ آلومینیوم با سـیلیس و در جوشهایی با عرض زیاد بیشتر به وقوع می پیوندد.

راه های جلوگیری از شکست گرم:

برای جلوگیری از شکست گرم در فولادها از الکترودهایی که دارای منگنز زیادی هستند استفاده می کنیم تا از تشکیل سولفید آهم که یک ترکیب زود ذوب است و باعث ایجاد ترک گرم می شود جلوگیری به عمل می آوریم.

ضمناً با استفاده از اقدامات دیگری نظیر استفاده از الکترود با قطر بالاتر و پخ مناسب و پهنای جوش کمتر و هم چنین کاهش درجه مهار قطعه می توان جلوی ترک گرم را بگیریم.

b. شکست سرد :



این ترک در درجه حرارت های پایین و زیر خط انجماد اتفاق می افتد و از دانه های فلزی جوش و ناحیه HAZ هم عبور می کند و میل به ادامه دارد و در اثنای سرد شدن جوش و یا چند روز و یا چند هفته پس از جوشکاری اتفاق می افتد. همراه شدن تردی در فلز جوش و منطقه ZAH و تجاوز تنش های کششی از حد تنش شکست قطعه موجب شکست سرد می شود.

این ترک معمولا در اثر جمع شدن سه عامل زیر اتفاق می افتد:

۱- ترد و سخت شدن منطقه جوش

۲- افزایش تنش های پسماند حرارتی

۳- حفره های گازی و هیدروژن تردی

راه های جلوگیری از شکست سرد عبارتند از:

الف : تمیز بودن سطح قطعه از آلودگی هایی نظیر چربی.

ب: استفاده از الکترودهای کم هیدروژن.

پ: خشک کردن الکترود.

ت : پیش گرم کردن قطعه به منظور کاهش سرعت سرد شدن قطعه، جهت کاهش میزان تنش های پسماند و کاهش میزان ساختارهای ترد در جوش.

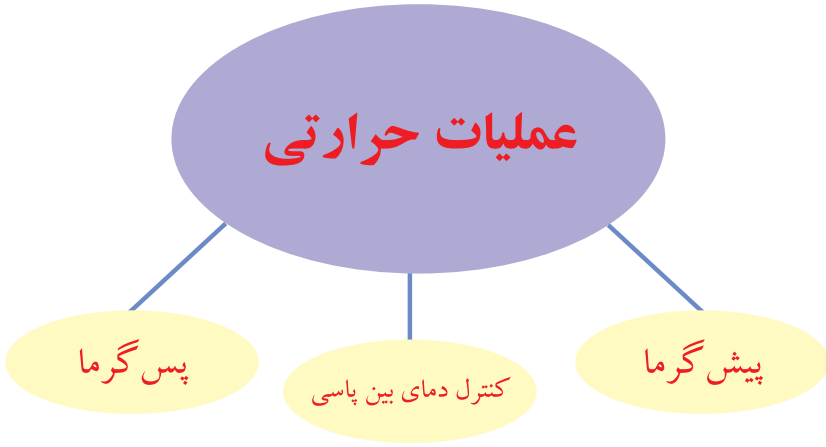
ث: عملیات تنش زدایی بعد از جوشکاری

ج: کنترل درجه حرارت بین پاسی

نکته ای که همواره باید مدنظر داشت این است که عیوب داخلی جوش نیز می تواند به سطح قطعه راه پیدا کند و قابل مشاهده شود.

۶-۵ عملیات حرارتی در جوش

به منظور امکان جوشـکاری مطلوب و جلوگیـری از به وجود آمدن بعضی از انواع عیوب در جوشکاری عملیات حرارتی صورت می گیرد.



۶-۵-۱ پیش گرما (Preheating)

یعنی حرارت دادن فلز پایه قبل از جوشـکاری که به منظور دسـتیابی به اهداف زیر عملی می‌شود.

- کاهش سرعت سرد شدن برای جلوگیری از تشکیل ساختار سخت در فولاد یعنی فولاد پیش گرم می‌شود تا پس از جوشکاری آرام سرد شود.
- رسـیدن به درجه حرارت ماکزیمم: فلزاتی که هدایت حرارت بالا دارند مثل مس و آلومینیوم و قطعات ضخیم فولادی تا درجه حرارت معینی پیش گرم می‌شـوند تا فلز راحت‌تر به درجه حرارت ذوب برسـد درجه حرارت پیـش گرمی در جدول ضمیمه کتاب مشاهده فرمایید.

۶-۵-۲ کنترل درجه حرارت بین پاسی: بعضی از آلیاژها و فولادها و چدن‌ها اگر از درجه حرارتی بالاتر روند یا مدتی در درجه حرارت بالا واقع شوند ترکیبات یا سـاختارهای سخت در دمای مختلف آن‌ها شکل می گیرد لذا کنترل دمای پیش گرما و کنترل دمای بین پاسـی بسـیار با اهمیت تلقی می‌شود همچنین سرد شدن قطعه به دلیل قطع جوشـکاری و سـرد بودن محیط یا ضخیم بودن قطعه نیز موجب سریع سرد شدن جوش می‌شـود که باید همواره این مسـائل گرمایی مد نظر بـوده و به طور دقیق اجرا شود.

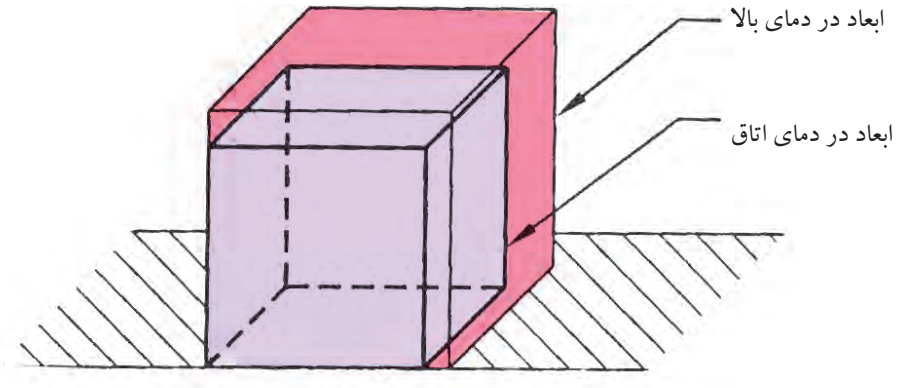
۶-۵-۳ پس گرما Post Heating: این عملیات در جوشـکاری قطعات فولادی سـختی‌پذیر و بعضی از آلیاژها اجرا می‌شـود. پس گرما برای حذف تنش‌ها و حذف سختی و تردی و گاهی رسیدن به زیر ساختار مورد نظر اجرا می‌شود. نحوه این عملیات گرمایشـی بسـته به خواصی که از جوش انتظار داریم و هم‌چنین با توجه به نحوه سرد شدن قطعه متفاوت خواهد بود.

در حقیقت پس گرما ترک‌های به وجود آمده را اصلاح نمی‌کند ولی باعث می‌شود شکسـت اتفاق نیافتد کپسـول‌های گاز خانگی و مخازن تحت فشار و قطعاتی که موقع بارگـذاری تحت تنش‌های مختلف قرار می‌گیرند و باید حالت ارتجاعی خود را حفظ کنند بنابراین پس از عملیات جوشکاری تنش‌زدایی می‌شوند.

برای اجـرای تنش‌زدایی بعضی محصولات صنعتی کوره مخصوص پس‌گرما برای همـان منظور طراحی و سـاخته می‌شـود. در جداول و ضمیمه کتـاب درجه حرارت پس‌گرمایی را مشاهده می‌کنید.

۶-۶ پیچیدگی و دلایل آن در اتصالات جوشکاری شده

اگـر یک مکعـب فلزی را به صورت یکنواخت تا نزدیکـی درجه ذوب گرم کنیم مشـاهده می‌شـود که مکعب حرارت دیده دارای ابعاد بزرگتری اسـت و پس از سرد شدن به ابعاد اولیه باز می‌گردد. شکل (۲۳-۶)



شکل ۲۳-۶

حـال اگر میله اسـتوانه‌ای را بین فک‌های ثابت قرار دهیم به نحـوی که اندازه میله درست به اندازه‌ی فاصله فک‌ها از هم باشد و نیرویی از طرف فک‌ها به میله وارد نشود

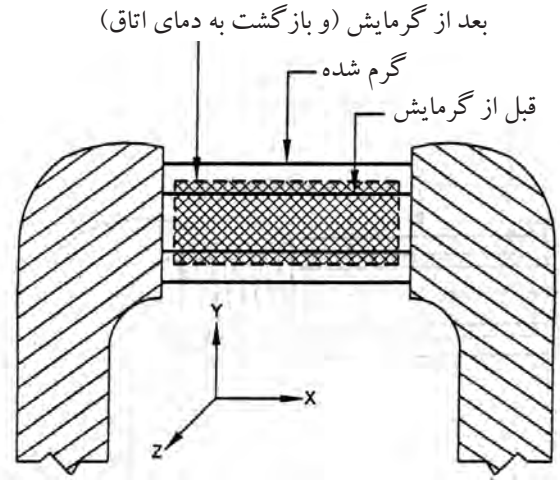
(تنش در میله نباشد) مطابق شکل (۲۴-۶).

سپس میله را حرارت داده تا گرم شود مثلاً ^{c}۲۰۰° چه اتفاقی می‌افتد؟ شاید بگویید میله گرم شده است.

آیا میله گرم شده انبساط پیدا نمی‌کند؟ جواب بلی است.

پس به فک‌ها فشار می‌آورد و چون فک‌ها ثابت هستند، در میله تنش فشاری ایجاد می‌شود به چه دلیل؟ جواب: به دلیل انبساط حرارتی میله.

حالا اجازه می‌دهیم میله سرد شود و به درجه حرارت اطاق برسد آیا باز هم تنش در قطعه است و به فک‌ها فشار وارد می‌کند؟ پاسخ خیر است.

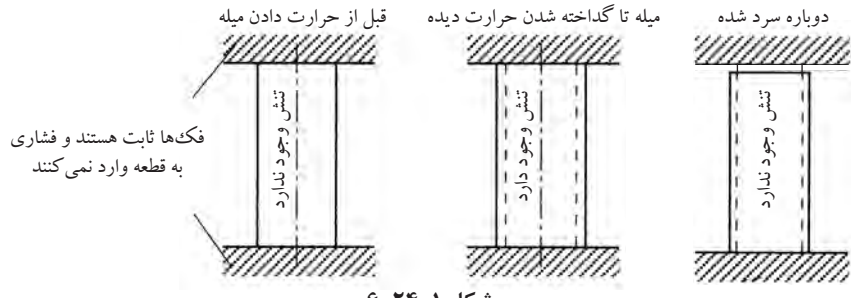


شکل ۲۴-۶

بار دیگر حرارت می‌دهیم تا ^{c}۴۰۰° که باعث افزایش تنش شده ولی هنوز قطعه در حالت ارتجاعی یا الاستیکی است ولی این بار مقدار تنش از دفعه‌ی قبل بیشتر است البته پس از سرد شدن میله باز هم تنش حذف شده و میله اندازه اولیه خود را خواهد داشت.

دفعه ی سوم تا ^{c}۹۰۰°حرارت می‌دهیم ابتدا میله گرم شده و تنش ایجاد می‌شود سپس افزایش دما باعث می‌شود قطعه به حالت فرم‌پذیری (پلاستیک) درآید انبساط حرارتی باعث چاق‌تر شدن میله و تغییر شکل آن می‌شود ولی تنش در قطعه نمی‌ماند.

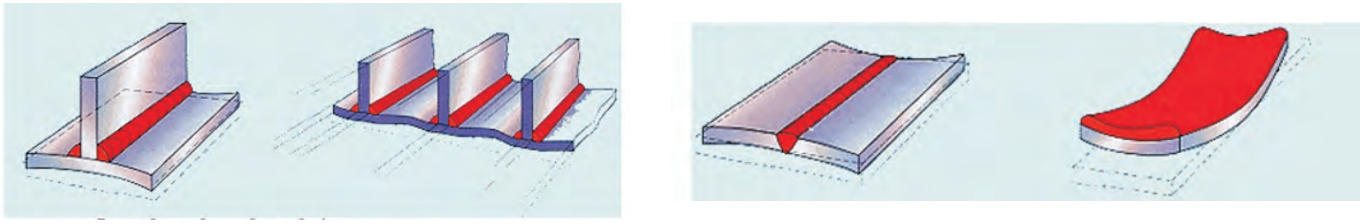
حال چنان‌چه قطعه سرد شود به دلیل انقباض میله کوتاه می‌شود و دیگر نمی‌تواند بین دو فک بماند و می‌افتد. (شکل ۱-۲۴-۶)



شکل ۱-۲۴-۶

در جوشکاری هم همین اتفاق می‌افتد و منطقه جوش خورده و گرما دیده (فلز جوش و ناحیه HAZ) شباهت کامل به میله بین دو فک ثابت را دارد چون قسمت‌های سرد قطعه ثابت هستند و قسمت گرم شده در وسط قطعه کار قرار دارد و محصور است لذا پس از سرد شدن منقبض می شود، تنش‌های انقباضی باعث پیچیدگی می‌شود

مطابق شکل (۲۵-۶) یا به صورت تنش باقی مانده (تنش پسماند) در قطعه می‌ماند.



شکل ۲۵-۶

۱-۶-۶ انواع پیچیدگی

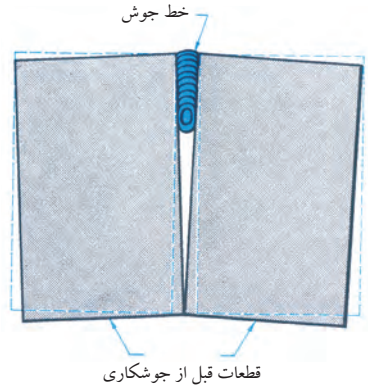
● پیچیدگی طرفی

روی دیواره‌ی لبه‌ی یک تسمه‌ی فولادی مطابق شکل (۲۶-۶) جوشکاری شده است. تسمه آزاد و بدون مهار می‌باشد و علت خمیدگی پس از سرد شدن انقباضی است که گرده جوش برجسته روی دیواره تسمه ایجاد می‌کند و این پیچیدگی طولی است.

شکل ۲۶-۶ پیچیدگی طولی را نشان می‌دهد. شکلی که با خط‌چین رسم شده حالت قطعه را قبل از جوشکاری لبه نشان می‌دهد

● پیچیدگی عرضی

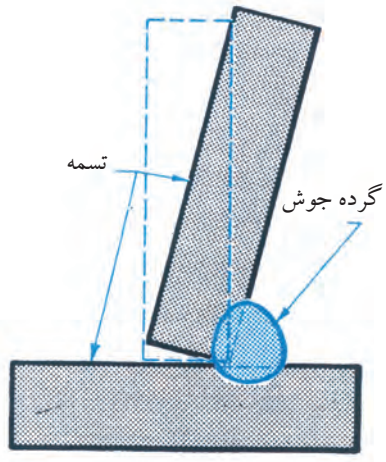
اگر دو پلیت را به صورت لب به لب بدون این‌که دو سر ورق خال جوش شود و قید و بستی هم وجود نداشته باشد در هنگام جوشکاری انتهای ورق مطابق شکل (۲۷-۶) به هم نزدیک می‌شود و یا روی هم سوار می‌شود که به دلیل انقباض عرضی است و به آن پیچیدگی عرضی گویند.



شکل ۲۷-۶ سوار شدن قطعات موقع جوشکاری در حالتی که در طرف دیگر جوش خال‌جوش ایجاد نکرده‌ایم

● پیچیدگی زاویه‌ای

در جوش‌هایی که قطعات ضخیم به هم جوش می‌خورند و زمانی که تعداد پاس‌های جوشکاری زیاد باشد در اثر انقباض فلز جوش قطعات کار به طرف پخ V یا U جمع می‌شوند. شکل (۲۸-۶)



شکل ۲۸-۶ پیچیدگی زاویه‌ای

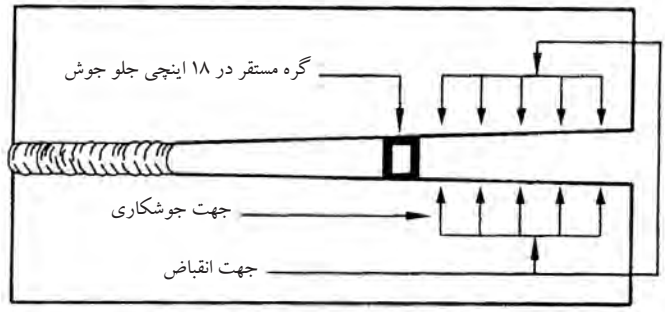
برای جلوگیری از پیچیدگی راه‌های مختلفی وجود دارد که به آن‌ها اشاره می‌شود.

۲-۶-۶ روش‌های جلوگیری از پیچیدگی در جوشکاری

جوشکاران برای جلوگیری از پیچیدگی تدابیری به کار می‌گیرند و در اجرای جوشکاری نکاتی را رعایت می‌کنند تا پیچیدگی به وجود نیاید.

● استفاده از مهار مناسب

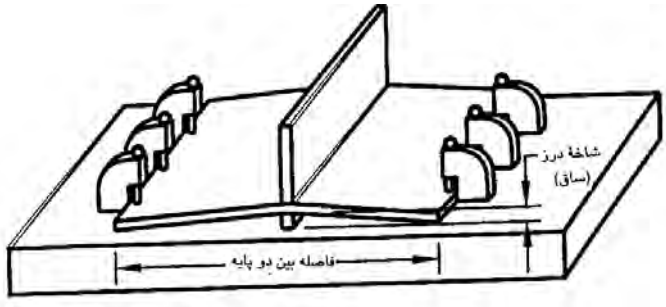
مهار کردن قطعات با استفاده از قیدها و گوه‌ها برای نگاه داشتن اتصال در موقعیت اصلی تا زمان سرد شدن جوش این روش به کاهش پیچیدگی کمک خواهد کرد. شکل (۲۹-۶)



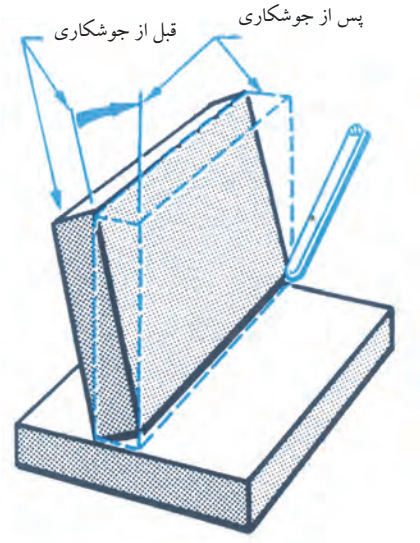
شکل ۲۹-۶

● پیش تنظیمی

خال جوش زدن خارج از وضعیت اصلی در جهت عکس پیچیدگی مطابق شکل (۳۰-۶) میزان خارج از وضعیت کردن یا زاویه عکس دادن از طریق تجربه به دست می‌آید. به این روش پیش تنظیمی گویند.



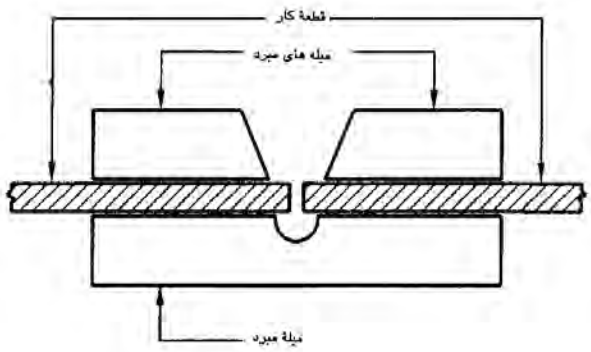
شکل ۳۰-۶



شکل ۳۲-۶ برگشت قطعه به حالت اصلی

● کاهش دادن حرارت قطعه در حین جوشکاری

در جوشـکاری ورق‌های فولاد زنگ‌نزن می‌توان از تسمه‌های مبرّد از جنـس مس اسـتفاده کرد کـه در مواردی هم جریـان آب در این نگه‌دارنده‌ها جریان دارد تـا درجه حرارت قطعه بالا نرود و پیچیدگی کمتر باشد. (شکل ۳۱-۶)



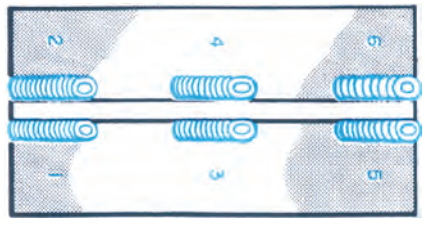
شکل ۳۱-۶

● استفاده از خط جوش‌ها خلاف جهت پیچیدگی

در این کار جوش یک طرفه به جوش دو طرفه تبدیل شـده و در اتصال T شـکل از گرده جوش مخالف جهت استفاده شده است.

● استفاده از جوش دو طرفه

جوش‌های منقطع نه تنها همدیگر را خنثی می‌کنند بلکه با کاهش طول جوش تنش پسماند را کاهش می‌یابد. (شکل ۳۳-۶)



شکل ۳۳-۶

● تغییر در طراحی

به جای یک گرده جوش پیوسته و طولانی می‌توان از یک گروه جوش متقارن بهره گرفت تا تنش‌های باقی‌مانده در قطعه متعادل شوند.

اسـتفاده از روش جوش متوالی در این روش جوشـکار طول درز را به چند قسمت تقسیم می‌کند و با یکی از دو روش زیر قطعه کار را جوش می‌دهد. (شکل ۳۴-۶)

■ روش بازگشـتی: در این روش جوشکاری از چپ به راست ولی حرکت دست از راست به چپ است.

■ روش جوش پرشی بازگشتی: در این روش جهت پیشروی جوش از چپ به راست ولی گرده جوش‌ها یک در میان متوالی انجام می‌شود.

شکل ۳۴-۶

روش‌های دیگر جلوگیری از پیچیدگی عبارتند از:

■ پیـش گرما: حـرارت دادن فلز پایه قبل ازجوشـکاری باعـث کاهش پیچیدگی می‌شود.

■ استفاده از تعداد پاس‌های کمتر.

■ استفاده از فاصله ریشه بیشتر و زاویه پخ کمتر.

■ استفاده از پشت‌بند.

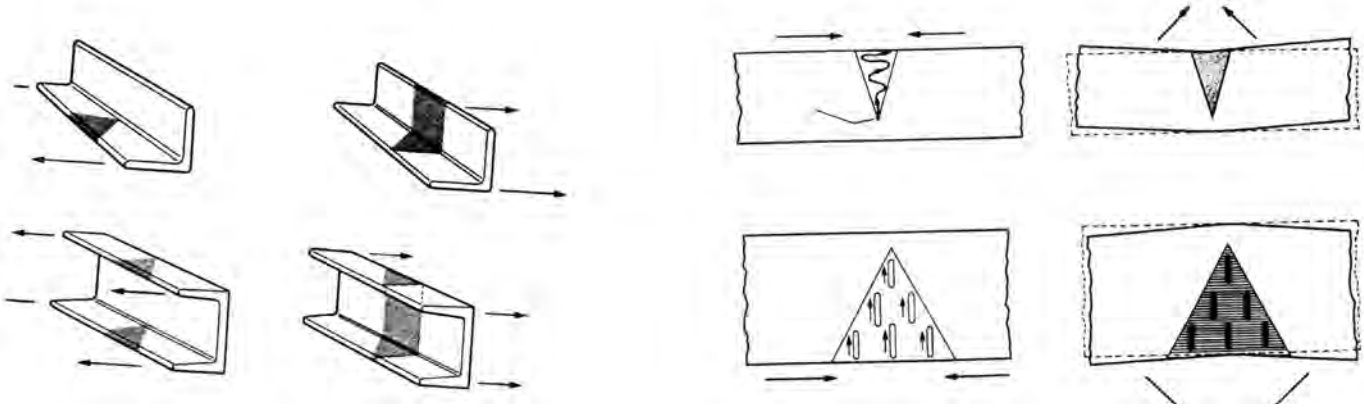
■ استفاده از پخ U شکل به جای V.

۶-۷ رفع پیچیدگی پس از جوشکاری

■ استفاده از پرس و چکش‌های مناسب

■ حرارت دادن موضعی

روش کار به این صورت است که مناطق تیره شده را حرارت می‌دهند تا کاملاً سرخ شود و پس از سرد شدن، پیچیدگی برطرف شود. (شکل ۳۵-۶)



شکل ۳۵-۶

روش دیگر با اسـتفاده از نیروی کششی اسـت که باعث حذف تنش‌های انقباضی می‌شود.

سؤالات پایانی فصل ششم

۱- کدام گزینه دارای اتم‌های بی‌نظم هستند (آموزف هستند)؟

الف) فلز سرد جام

ب) فلز جامد با دمای نزدیک ذوب

ج) فلز مذاب

د) گزینه ب و ج

۲- ناحیه‌ی H.A.Z یعنی ناحیه ..... و چه تغییراتی در آن اتفاق می‌افتد؟

الف) ناحیه متأثر از حرارت جوش و تغییر رنگ

ب) ناحیه تحت تأثیر گرما و رشد دانه‌ای و تغییرات ساختاری

ج) فلز جوش و مرز ذوب و انجماد تغییر ساختار

د) فلز جوش و ناحیه ذوب شده تغییر نظم اتمی

۳- چه قسمتی را مرزدانه گویند؟

الف) مرز ذوب و انجماد

ب) فضای کوچک بین دانه‌های جامد شده

ج) فصل مشترک فلز جوش و ناحیه H.A.Z

د) نوک دانه‌ها که رشد کرده‌اند

۴- کربن در فولاد به چه صورت‌هایی وجود دارد؟

الف) اتمی و ترکیب با آهن

ب) اتمی و گرافیت آزاد

ج) ترکیب با آهن و گرافیت آزاد

د) تمام موارد الف و ب و ج

۵- محدوده پذیرش عیب توسط ..... مشخص می‌شود.

الف) بازرش جوش

ب) استانداردها

ج) جوشکار

د) کارفرما

۶- کدام گزینه در مورد عیوب جوش اصولی‌تر است؟

الف) روش‌های پیشگیری از عیب

ب) انتخاب روش بازرسی حساب شده

ج) انتخاب بازرس با سابقه

د) گزینه ب و ج باهم

۷- در چه صورت در فلز جوش سوراخ راه برد ایجاد می‌شود؟

الف) حل گاز در جوش

ب) خروج گاز از جوش در لحظه انجماد

ج) باقی ماندن سرباره در جوش

د) استفاده از الکترود قلیایی

۸- لکه قوس چیست و با کدام عیب نزدیک است؟

الف) طول قوس بلند و با جرقه

ب) عدم ذوب و با عدم نفوذ

ج) تماس الکترود به کار خارج از منطقه جوش با جرقه‌های درشت

د) تماس الکترود به داخل شیار (پخ) و با عدم ذوب

۹- کدام اشکال در چاله جوش وجود ندارد؟

الف) سریع سرد شدن جوش

ب) وجود ناخالصی‌های در فلز جوش

ج) ناکافی بودن حفاظت

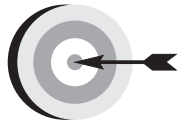
د) تحدّب بیش از اندازه

۱۰- آخال یعنی چه؟

الف) حبس گاز در جوش ب) فلز تنگستن در جوش

ج) باقی ماندن سرباره در جوش د) ترک در جوش

فصل هفتم



هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. دلایل بازرسی و تست جوش را شرح دهد.

۲. کاربرد تست‌های مخرّب را نام ببرد.

۳. تست‌های غیر مخرب را نام ببرد.

۴. تست مایعات نفوذی را شرح دهد.

۵. تست اولتراسونیک را معرفی کند.

۶. نحوه تست RT رادیوگرافی را شرح دهد.

۷- آزمایش‌های جوش (Testing Weld)

اتصالات جوش داده شده باید جوابگوی خواسته طراح و مهندسین محاسب را تأمین کرده و در شـرایط مختلف کاری قابلیت کامل داشته باشد برای این منظور روش‌های متعددی برای بازرسـی و آزمایش جوش تنظیم و استاندارد شده است که به نوع کار و حساسیت آن بستگی دارد.

استانداردها و کدهای رایج جوشکاری در آمریکا عبارتند از:

AWS D1.1 [۱] و ASME [۲] بخش IX و API STD1104 [۳]

برای اجرای جوشـکاری یک دسـتورالعمل یا مشـخصه روش جوشکاری (WPS) برای اتصالات تنظیم می‌شود. در این سند اطلاعات مفصلی راجع به شرایط جوشکاری (متغیرها) در کاربرد خاص را ارائه می‌کند در ضمیمه نمونه‌ای از (WPS)[۴] آمده است.

سـپس جوشـکار با توجه به پارامترهایی که در (WPS) آمده یک اتصال مشـابه را جوشـکاری می‌کند و در صـورت تأیید و دارا بـودن گواهینامه با اعتبـار می‌تواند به عملیات جوشکاری به پردازد. یعنی جوشکاران باید نشان دهند که می‌توانند اتصالاتی را که در این (WPS) آمده است بدون عیب جوشکاری کند.

۱- AWS D1.1=Stractural Welding Code Steel

۲- ASME=Boiler & Perssure Resel Code Section Iy

۳- API.1104 Standard For Welding Piplines

۴- Welding Pro

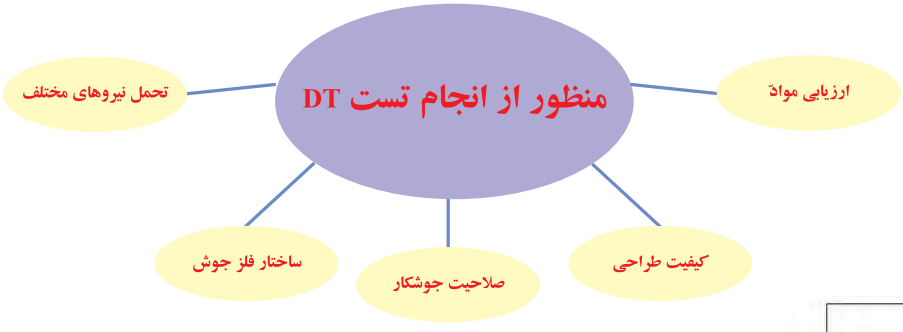
آزمایشات عملیات جوشکاری به دو دسته عمده تقسیم می‌شوند:

- تست‌های مخرب[1]
- تست‌های غیر مخرب[2]

۱-۷ تست مخرب (DT)

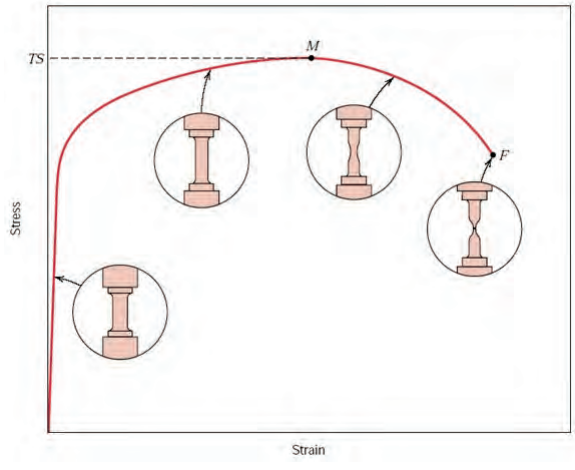
که با تخریب اتصال از طریق اعمال تنش‌های متفاوت تا مرحله تغییر فرم و شکست و بریدن اتصال به منظور بررسی فلز جوش و خواص مکانیکی آن انجام می‌شود که بیشتر برای:

- ارزیابی مواد اولیه (فلز پایه و مواد مصرفی جوشکاری)
- تعیین کیفیت طراحی در اتصال
- تعیین صلاحیت جوشکاری
- تعیین ساختارهای فلز جوش (متالوگرافی)
- پاسخگویی اتصال در شرایط مختلف (دما) و غیره



و چون با تخریب اتصال عملی می‌شود به تست‌های مخرب معروف هستند و شامل تست‌های زیر می‌باشند:

- تست کشش: که اتصالات را تحت تنش کششی قرار می‌دهند یا نمونه کشش از فلز جوش تهیه و مطابق استاندارد مورد آزمایش قرار می‌دهند. شکل (۱-۷)

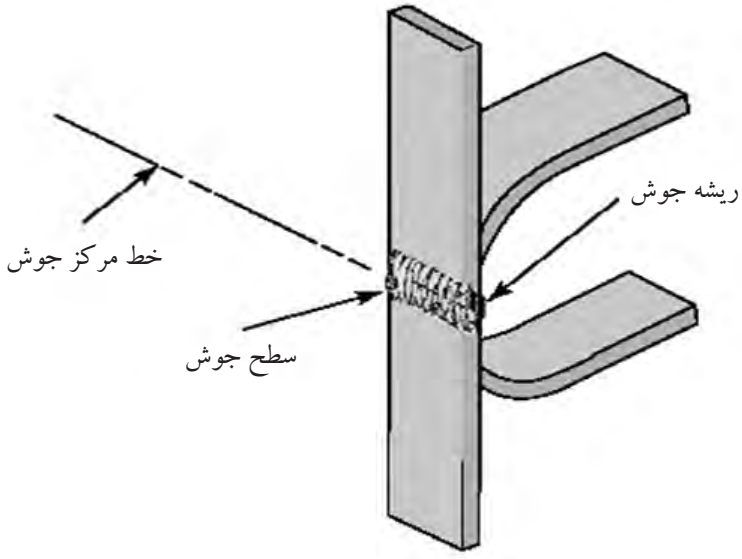


شکل ۱-۷

۱- Destroctive Test

۲- Non Destructive Test

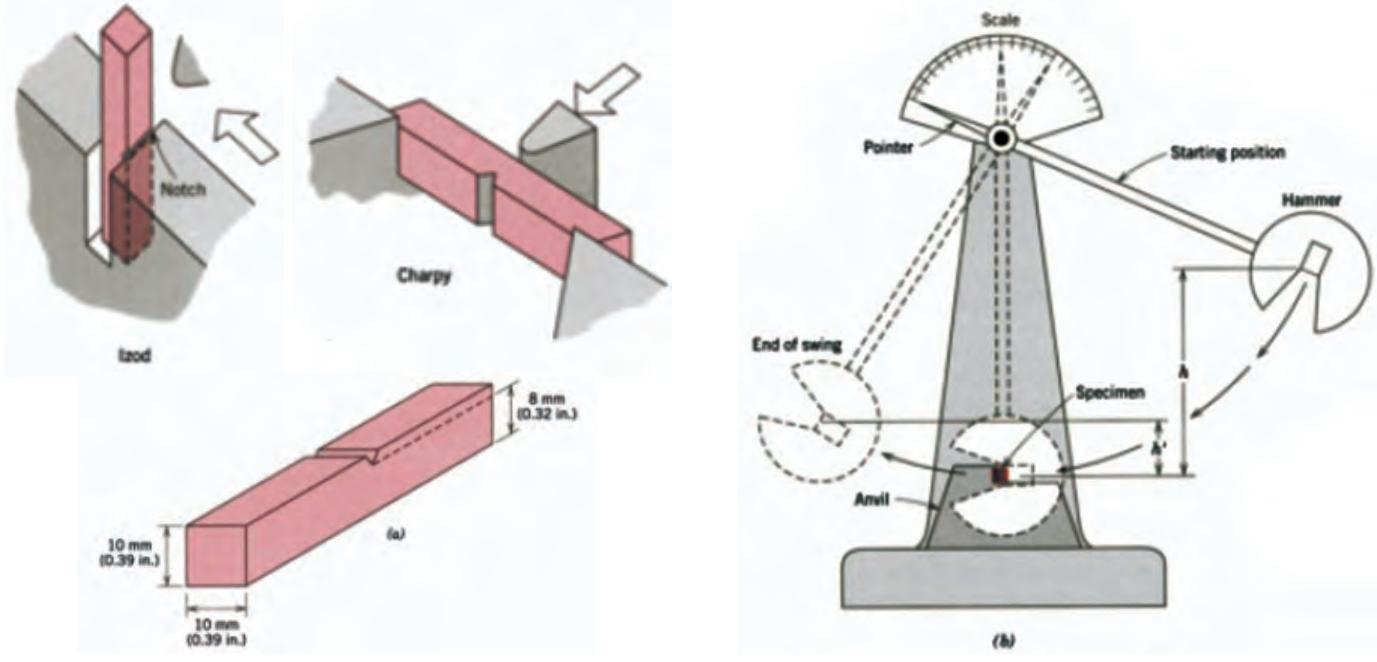
■ تست خمش: در این تست اتصالات جوشکاری شده را در جهت ریشه و در جهت رویه جوش و در جهت عرضی جوش تحت خمش قرار می‌دهند. شکل (۲-۷)



قسمت خمش از طرف سطح جوش

شکل ۲-۷

■ تست ضربه: نمونه‌هایی از فلز جوش طبق ابعاد داده شده تهیه کرده و تحت آزمایش ضربه رفتار جوش را بررسی می‌کنند. شکل (۳-۷)



شکل ۳-۷

۷-۲ تست غیر مخرب (روش‌های NDT)

در این روش‌ها اتصالات انجام شـده در یک پروژه بدون تخریب مورد بازرسـی و کنترل قرار می‌گیرد. روش‌های NDT و شـامل تسـت‌های چشـمی (VT)، تست‌های مایع نفوذی (PT)، تسـت‌های مافوق صوت (UT)، تسـت مغناطیسـی (MT)، تسـت رادیوگرافی (RT) و تسـت نشـتی (LT) که در بخش ۶ قسمت C از کد AWS D1.1 موجود است، می‌شود.

۷-۲-۱ تست چشمی (VT)

شـامل تسـت قبل از جوشـکاری، در حین جوشـکاری و پس از جوشکاری است مشـخصات مواد مورد جوشـکاری باید با آنالیز و مشـخصات ثبت شـده در (WPS) مطابقـت داده شـود، درز اتصال از نظـر ابعاد و اندازه و تلرانس مطابقت داده شـود و از مواد خارجی از قبیل گریس، رنگ و اکسـید باید عاری بوده و تمیز باشـد. قطعات صدمـه دیده کـه دارای پیچیدگی یا خمیدگی باشـند باید مورد تعمیر واقع شـوند یا تعویض گردند. هم محور بودن قطعات باید مورد توجه باشـد. عملیات حرارتی قبل از جوشکاری خشک کردن الکترود و جریان مناسب الکتریسیته و دستگاه جوشکاری با قدرت لازم باید بازرسی شود.

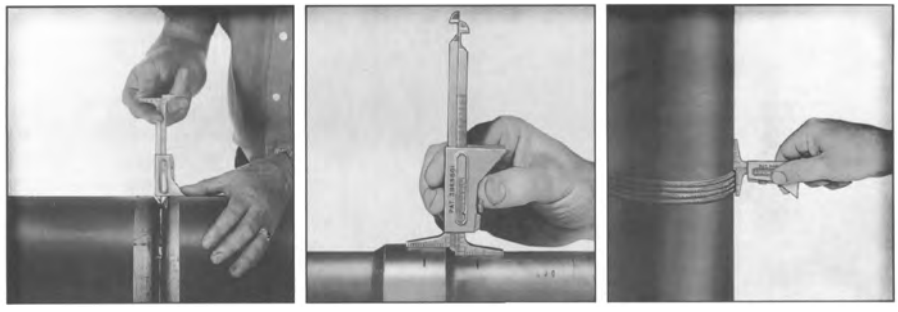
مهمترین عملیات بازرسی چشمی پس از عملیات جوشکاری است.

جوش بایـد از کلیه عیوب ظاهری جوش که در فصل قبل آموختید و در زیر به آن اشاره شده است، بررسی شود.

خلل و خرج، سـرباره باقی مانده روی جوش، عدم نفوذ، ترک‌های سـطحی، عدم ذوب، بریدگی کناره، بررسـی مقعّر بودن و یا محدّب بودن سطح روی جوش و سطح زیر جوش از نظر یک‌نواختی، شکل موج‌ها، جرقه‌های جوش و اندازه جوش‌ها یکسان بودن ساق جوش‌های ماهیچه‌ای (Fillet)، طول خط جوش‌ها، میزان نفوذ در اتصالاتی که از یک طرف جوشـکاری می‌شـوند که این مسائل به راحتی از ظاهر جوش توسط بازرس واقعی تشخیص داده می‌شود از طرف دیگر با این بازرسی می‌توان در خصوص عیوب داخلی جوش هم تا حدودی اطمینان حاصل گردد.

● وسایل مورد استفاده در بازرسی چشمی عبارتند از:

■ گیج (Fillet): برای اندازه‌گیری گرده‌های جوش با اندازه از $\frac{۱}{۸}$ تا یک اینچ یعنی (۳/۲ تـا ۲۵ میلی‌متر) به کار می‌رود و تحدّب و تقعّر جوش را نیز می‌توان کنترل کرد. شکل (۴-۷)



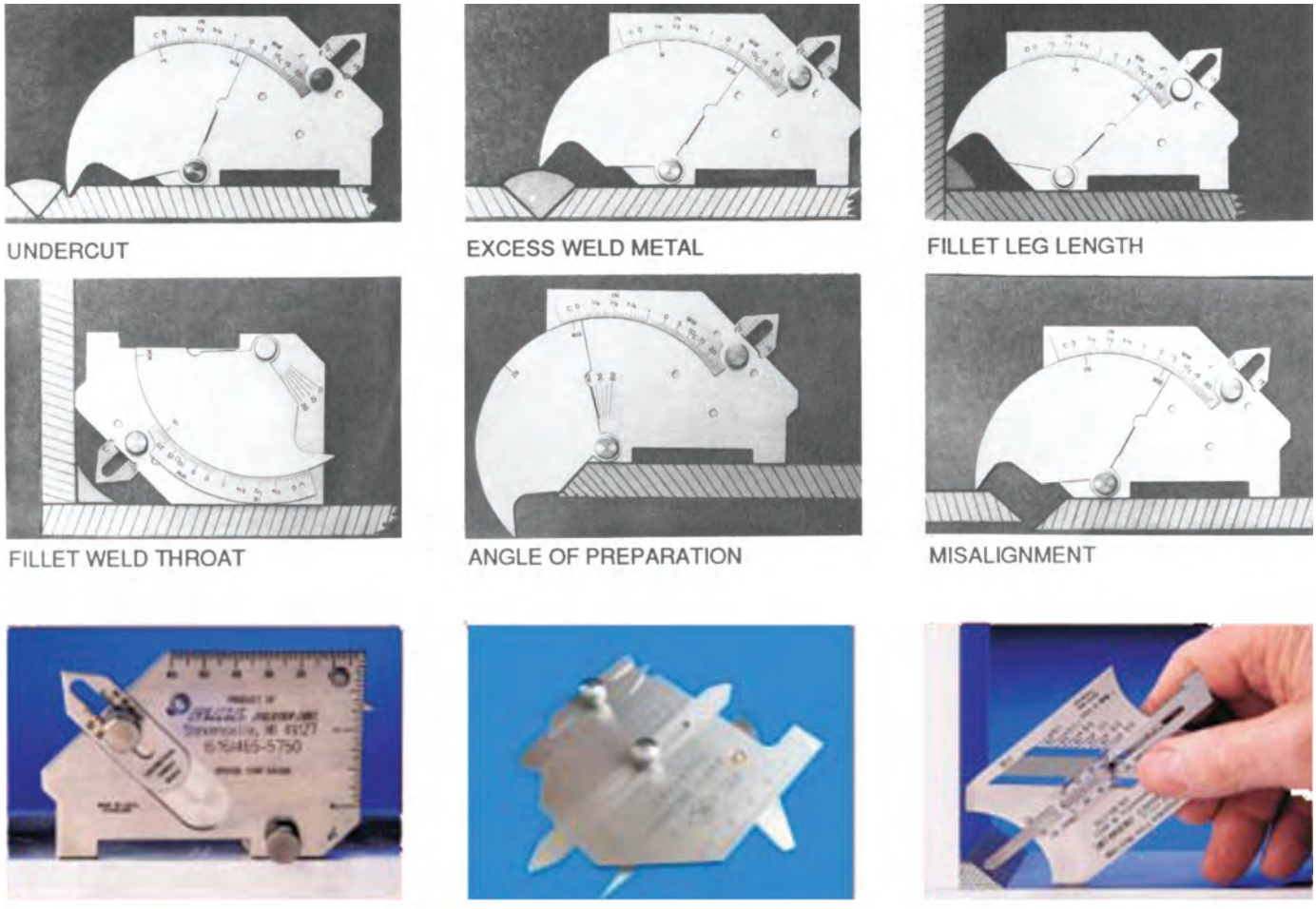
شکل ۴-۷

■ گیج‌هـای کامبریج (Cambridge) : این گیج‌ها قادر به انجام چندین اندازه‌گیری می‌باشـند مانند تحدّب و تقعّر جوش، گرده جوش و اندازه ریشـه که در شکل (۵-۷) همراه با روش‌های اندازه‌گیری آمده است.

شکل ۵-۷

با این گیج می‌توان موارد زیر را اندازه‌گیری کرد: (شکل ۶-۷)

۱- زاویه آماده‌سازی پخ
۲- فلز جوش اضافی
۳- عمق بریدگی کنار
۴- اندازه ریشه
ارتفاع گرده
عدم هم‌طرازی
اندازه گلویی جوش
طول گرده جوش



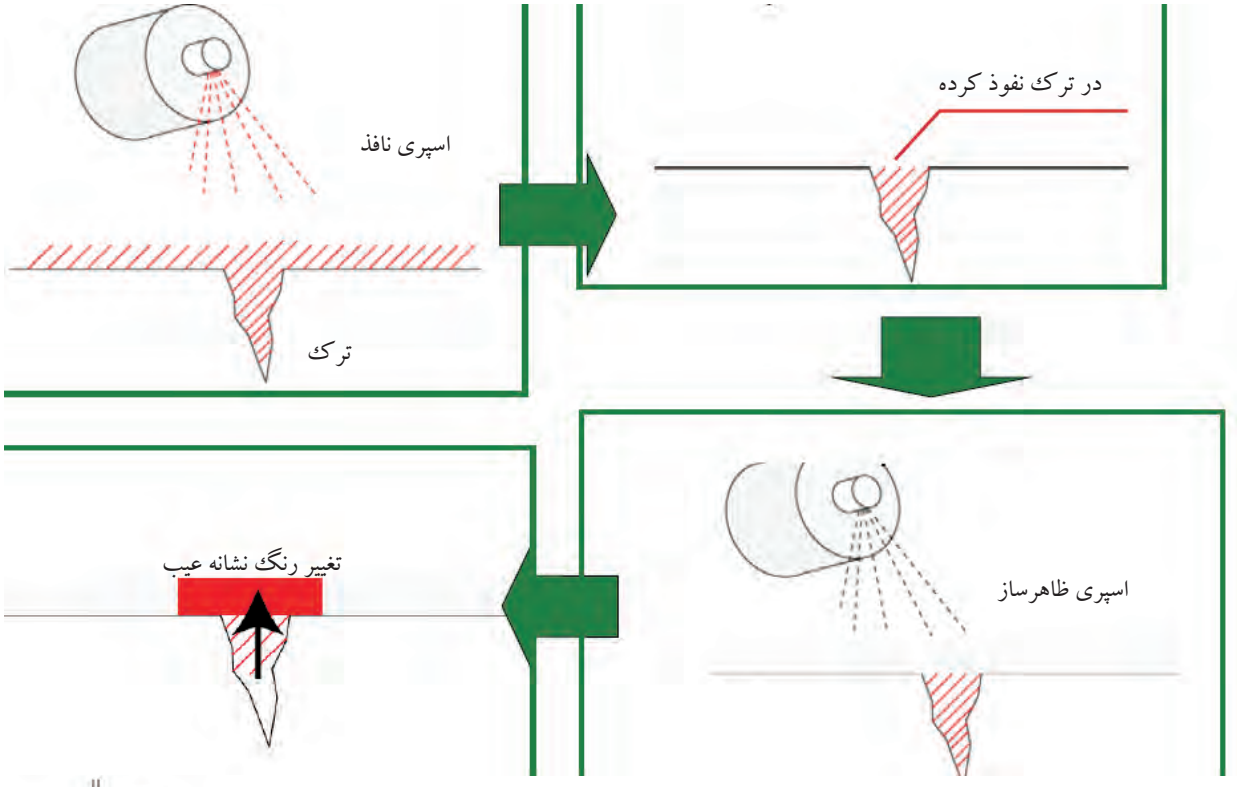
شکل ۶-۷

۲-۲-۷ تست مایعات نفوذی (PT):

این تست با نفوذ مایع با استفاده از جاذبه موئینگی در درزها و شکاف‌ها و سوراخ‌هایی که در سطح جوش ظاهر می‌شوند عملی می‌گردد. روش کار به این صورت است که ابتدا سطح جوش کاملاً برس زده می شود و به اندازه کافی تمیز می‌شود و قبل از تست کاملاً خشک می‌شود.

بعد از تمیزکاری سطح جوش مایع نافذ که اغلب به صورت اسپری روی کار پاشیده می شـود (این اسـپری معمولا قرمز رنگ است). سـپس مدت زمان کافی روی قطعه می‌ماند تا بتواند داخل عیب‌هایی که تا سـطح جوش رسـیده‌اند نفوذ کند (اعمال مایع نافذ با اسـتفاده از برس و یا به روش غوطه‌وری نیز می‌تواند انجام شـود). سپس مایع به طور کامل از سـطح کار پاک می شـود و مایع ظهور که اغلب سفید رنگ است روی کار پاشیده می‌شود و سپس به تحلیل نشانه ها پرداخته می‌شود.

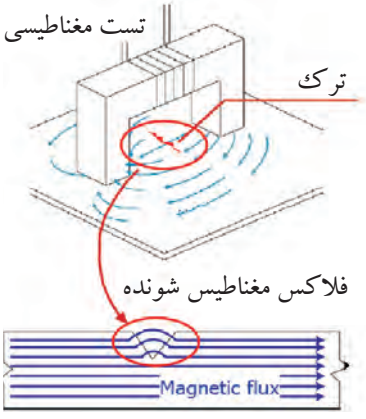
چنان‌چه عیب به سطح جوش رسیده و مایع نافذ در آن جای گرفته باشد در تماس با مایع ظهور آن محل تغییر رنگ می‌دهد و عیب مشخص می‌شود. شکل (۷-۷)



شکل ۷-۷

۷-۲-۳ تست ذرات مغناطیسی (MT)

این روش با اسـتفاده از تشـکیل خطوط مغناطیسی روی سطح جوش و انحراف آن خطوط به دلیل وجود عیوب در جوش عملی می گردد که به شـرح زیر اجرا می‌شـود شکل (۸-۷) این روش روی فلزات مغناطیس شونده عملی است.



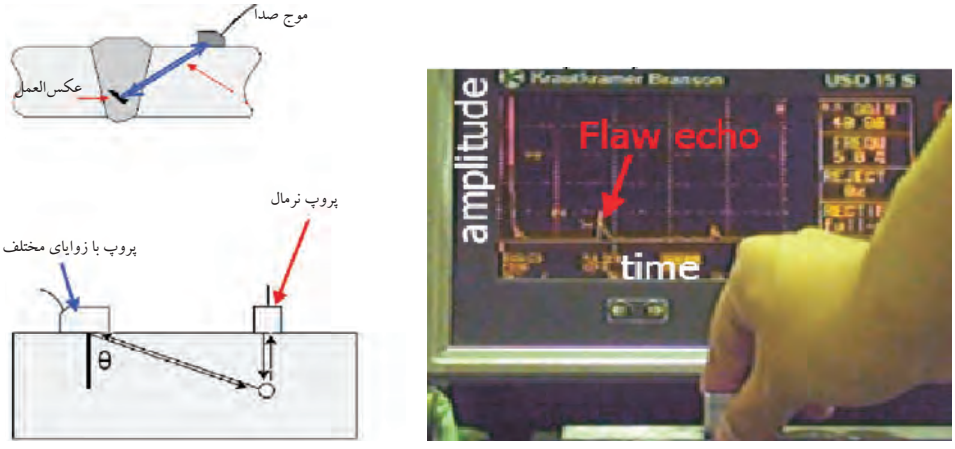
شکل ۸-۷

مغناطیسی کردن توسط یک یوک (آهنربای برقی) انجام می گیرد و براده آهن برای ایجاد خطوط مغناطیس به کار می‌رود. معمولاً در این روش ابتدا برای ایجاد زمینه دید مناسب سطح قطعه مورد آزمایش را با اسپری سفیدرنگ می‌پوشانند و سپس قطعه را با استفاده از یوک مغناطیسی می‌نمایند. در صورت ناپیوستگی در جوش خطوط مغناطیس که روی سطح کار قرار دارد. منحرف شده و باعث تجمع براده های آهن می گردد و از این طریق می‌توان به وجود ناپیوستگی ها در جوش پی برد.

۳-۲-۷ تست اولتراسونیک (UT)

تست فرا صوتی به طور گسترده در آشکارسازی نقص‌های درونی مواد مورد استفاده قرار می گیرد. از این روش برای ضخامت سنجی قطعات کشتی و مخازن هم به کار می‌رود.

روش کار بدین صورت است که امواج فراصوتی که توسط مبدل‌های پیزو الکتریک تولید می شوند، توسط پروب‌ها داخل قطعه هدایت می‌شوند و پس از عبور از قطعه وارد فضای گازی نشده و برگشت می کنند و امتداد عبور امواج فراصوتی روی مانیتور به صورت اکو مشاهده می شود.از آنجایی که سرعت صوت در هر جسمی ثابت و مشخص است، با توجه به مکان اکو بر روی مانیتور دستگاه بازرسی UT و سرعت صوت در جسم مورد نظر می‌توان ضخامت قطعه را بدست آورد. حال اگر اکوی رویت شده روی صفحه مانیتور دستگاه زودتر از محل مورد انتظار ظاهر گردد، نشان دهنده وجود ناپیوستگی در داخل قطعه می باشد. در این حالت با جابه جا کردن پروب بر روی قطعه می توان به نوع، محل و اندازه عیب دست یافت شکل (۹-۷)



شکل ۹-۷

روش فراصوتی در عیب‌یابی جوشکاری قطعات متداول است.

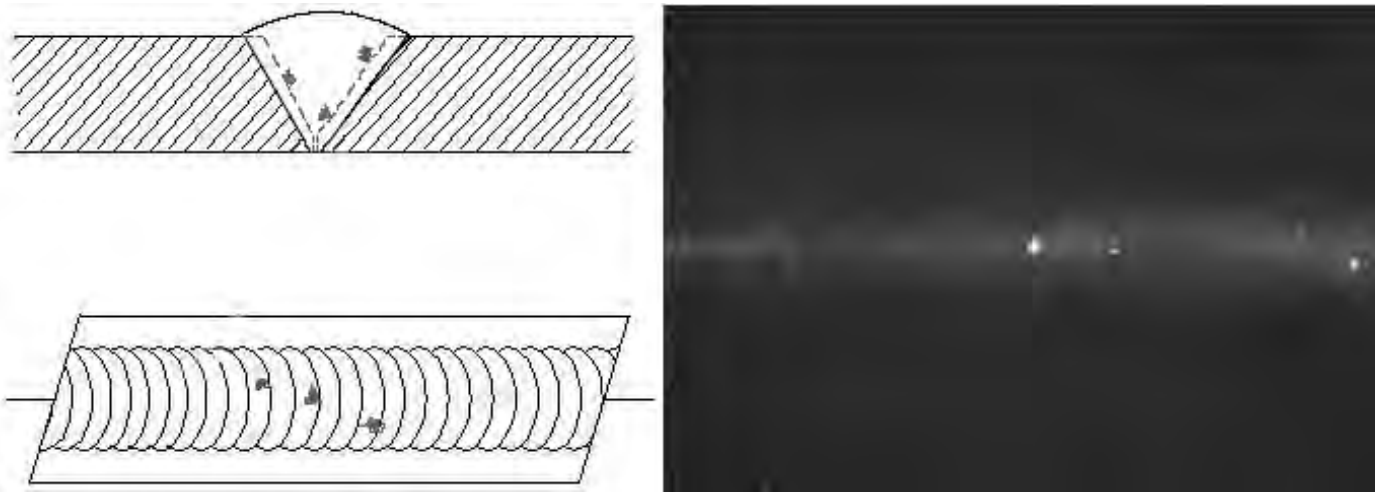
۵-۲-۷ تست رادیوگرافی (RT)

یکی از مفیدترین و متداول‌ترین روش تعیین سلامت جوش است که در اتصالات مختلف و با ابعاد گوناگون مورد استفاده قرار می‌گیرد، به صورتی که تست دارای فیلم قابل بایگانی است.

معمولاً روش کار به این صورت است که اشعه X را از قطعه عبور می‌دهند. قسمتی از اشعه جذب و مقداری از آن در طرف دیگر از قطعه خارج می‌شود. چنان‌چه فیلم یا صفحه حساس در طرف دیگر مستقیماً قرار دهیم تا اشعه بر روی آن اثر کند ضخامت‌ها بیشتر باعث عبور کمتر اشعه شده و صفحه فیلم روشن‌تر است و قسمت‌های نازک‌تر اشعه بیشتر عبور می‌کند و صفحه فیلم تیره‌تر است که در خصوص عیوب هم از این خاصیت استفاده می‌شود. شکل (۱۱-۷) و شکل (۱۱-۷ الف)

شکل ۱۱-۷ الف

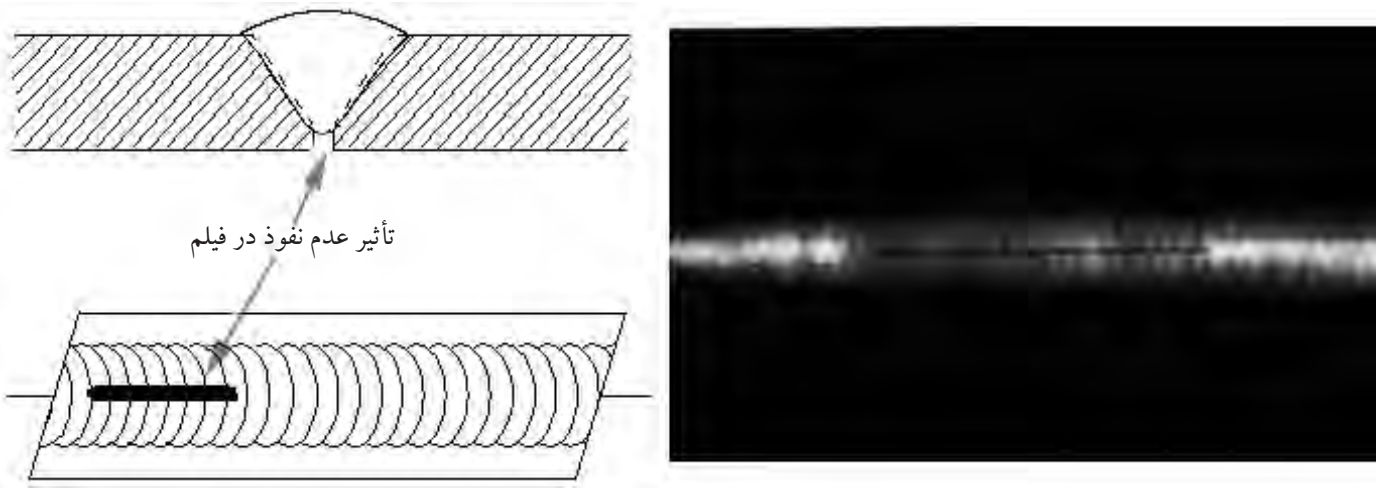
همچنین عبور اشعه از فلزات با چگالی‌های متفاوت موجب می‌شود که اشعه از فلز کمتر عبور کند و در نتیجه صفحه روشن‌تر خواهد بود.



شکل ۱۱-۷

چنان‌چه اشعه از جوش عبور کند و جوش سالم و یکنواخت باشد صفحه به طور یکنواخت تار می‌شود، وجود هرگونه عیب نظیر حفره گازی، سرباره محبوس شده، ترک، عدم نفوذ و غیر یکنواختی ضخامت باعث می شود اشعه در مواضع (محل‌ها)

رقیق‌تر از قطعه کمتر جذب شـــده و با شدت بیشتری بر روی فیلم اثر بگذارد. به شکل (۱۲-۷) توجه کنید.



شکل ۱۲-۷

چشمه پرتو ممکن است تیوپ ایکس یا دوربین رادیوگرافی گاما باشد .

در ایـــن روش با قرار دادن حروف ســـربی روی قطعه می‌توان شـــماره قطعه را روی تصویر داشته باشیم شکل (۱۳-۷)

در ضمیمه‌ی کتاب تعدادی تصاویر RT آمده است.

شکل ۱۳-۷

سؤالات پایانی فصل ششم

۱- جوشکار پارامترهای لازم برای جوشکاری را باید ..... استخراج کند.

الف) گفتار سرپرست　　ب) دستور مسئول فنی

ج) دستورالعمل جوشکاری WPS　　د) از روی کار خال‌خورده

۲- تست مخرب برای آزمایش ..... به کار می‌رود.

الف) مواد مصرفی　　ب) تعیین کیفیت طراحی

ج) مهارت جوشکار　　د) تمام موارد

۳- تست مایعات نفوذی کدام عیب‌های را مشخص می کند؟

الف) فضاهای غیر فلزی جوش　　ب) ناپیوستگی‌های به سطح جوش رسیده

ج) عیوب ظاهری جوش　　د) عیوب متالورژیکی جوش

۴- دلیل انحراف خطوط مغناطیس به وسیله براده آهن ..... است.

الف) وجود ناهمواری سطح جوش　　ب) وجود ناپیوستگی در جوش

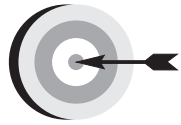
ج) پاک نشدن کامل سطح جوش　　د) کم بودن اندازه جوش

۵- در رادیوگرافی علت روشن‌تر بودن صفحه فیلم کدام است؟

الف) نازک بودن آن قسمت　　ب) چگالی کم آن قسمت

ج) ضخامت یا چگالی بیشتر آن قسمت　　د) گزینه الف و ب

بخش دوم



هدف‌های رفتاری بخش دوم کار عملی

پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:

۱. دستگاه‌های جوشکاری را راه‌اندازی و خاموش کند.

۲. قوس الکتریکی ایجاد کند و پایدار نماید.

۳. گرده جوش‌های ساده و کوتاه ایجاد کند.

۴. روی قطعات فولاد خال‌جوش‌های مختلف ایجاد کند.

۵. روی قطعات گرده جوش (خط جوش ساده) انجام دهد.

۶. با جوش پوششی سطح قطعه را پوشش دهد.

۷. روی قطعات با خط جوش پهن جوشکاری کند.

۸. قطعات را به صورت لب به لب به هم جوش دهد.

۹. اتصال سر به سر با پشت‌بند را جوشکاری کند.

۱۰. درز سه پری را در یک پاس ساده جوشکاری کند.

۱۱. قطعات را به صورت لبه‌ای (پیشانی) جوشکاری کند.

۱۲. جوشکاری گلویی در سه پاس را انجام دهد.

۱۳. قطعات را به صورت لب رویهم جوشکاری کند.

۱۴. قطعات را در وضعیت 1G به هم جوش دهد.

۱۵. قطعات را به صورت جناغی در وضعیت سطحی Flat در دو پاس به هم جوش دهد.

۱۶. لوله را به صفحه در وضعیت سطحی Flat را جوشکاری کند.

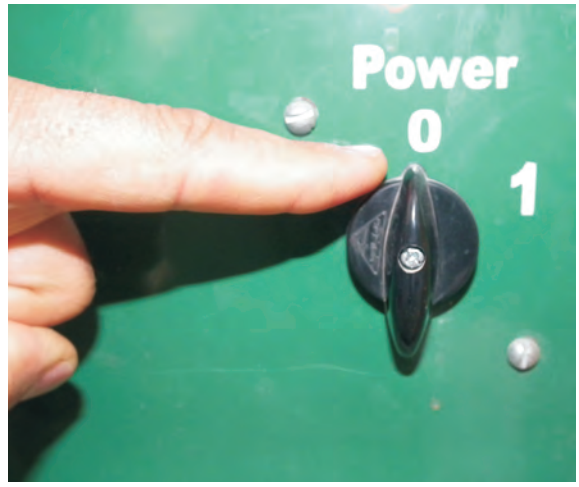
۱۷. اتصال سه پری در وضعیت عمودی سر بالا 3F جوشکاری کند.

نکات ایمنی برای راه‌اندازی دستگاه‌های جوشکاری

۱- هنگام اتصال دستگاه جوشکاری به برق باید توجه کنیم که سه شاخه سالم و مناسب باشد.

۲- کابل‌های ورودی دستگاه سالم بوده، زخمی یا ترک خورده نباشد.

۳- دستگاه جوشکاری حتماً دارای سیستم اتصال به زمین (Earth) باشد.



۴- کلید روشن و خاموش ترانسفورماتور یا رکتی‌فایر در حالت خاموش (0 یا Off) باشد.

۵- فیش کابل‌های انبر و اتصال در جای خود محکم شده باشد.

دستور العمل راه‌اندازی و خاموش کردن ترانسفورماتور ورکتیفایر جوشکاری

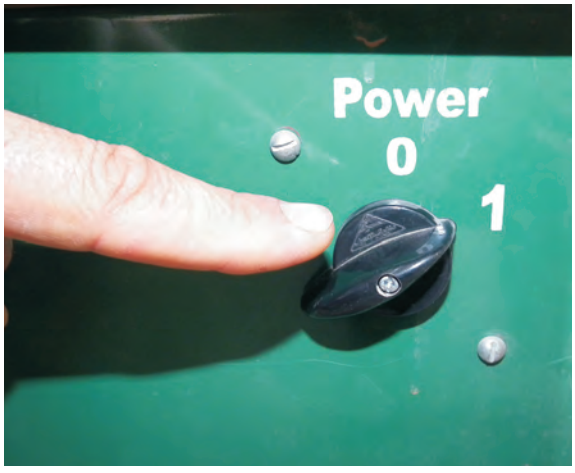
کار شماره ۱

با رعایت نکات ایمنی مراحل زیر را به ترتیب اجرا کنید.

۱- سه شاخه‌ی دستگاه را به برق وصل کنید.

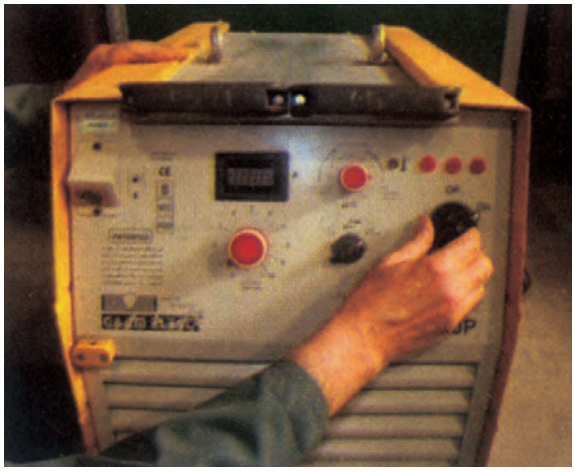
توجه

فیش در جای خود کامل جا زده شود و لقّی وجود نداشته باشد.



۲- دقت کنید کابل اتصال و انبر به هم وصل نباشد تا اتصال کوتاه به وجود نیاید.

۳- کلید اصلی دستگاه را به حالت روشن (1 یا On) قرار دهید تا دستگاه روشن شود.



نکته

برای مصرف بهینه از انرژی و صرفه‌جویی در مصرف برق زمانی که نیاز به روشن بودن دستگاه نمی‌باشید دستگاه را خاموش کنید.

چگونگی خاموش کردن دستگاه

۱- کلید اصلی روشن و خاموش دستگاه را در وضعیت خاموش(0 یا Off) قرار می‌دهیم.

۲- کابل‌ها و انبر و اتصال را جمع کرده و در محل مناسب قرار دهید.

۳- برای ایمنی بیشتر سه شاخه را از برق بکشید. برای خارج کردن سه شـاخه باید درپوش را از دهانه مادگی کنار زده و با دسـت نگه دارید و آن‌گاه سه شاخه را جدا کنید و درپوش را آرام به محل اولیه برگردانید.

۴- دستگاه را در جای مناسب قرار دهید. محلّی که از جرقه و ضربات مختلف و ریزش آب روی دستگاه در امان باشد.

دستور العمل راه اندازی و خاموش کردن دینام جوشکاری

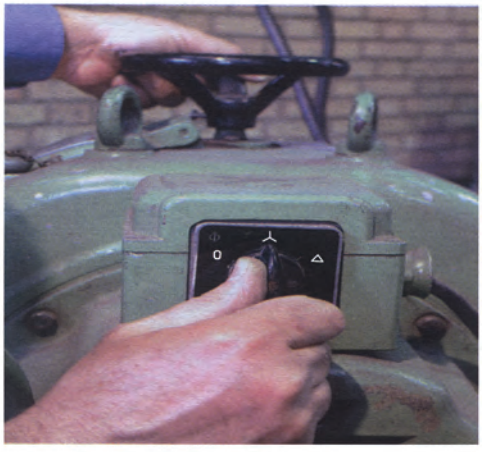
کار شماره ۳

۱- نکات ایمنی رعایت شود.

۲- کلید راه اندازی دستگاه را که با کلید ستاره مثلث معروف است روی حالت خاموش (0) قرار دهید.

۳- سه شاخه را به برق سه فاز وصل کنید. توجه داشته باشید که چراغ‌های سیگنال و جود هر سه فاز روشن باشد.

دقت کنید که کابل اتصال به برق از اجسام تیز، برنده یا داغ دور باشد.

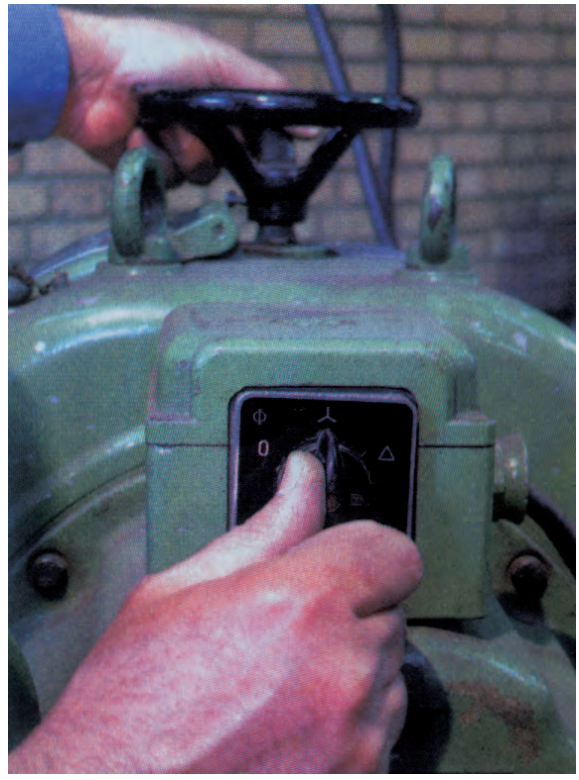


۴- کنترل کنید که انبر اتصال به میز کار و انبر الکترود گیر به هم متصل نشده باشد یا به عبارت دیگر اتصال کوتاه بین آن‌ها نباشد.

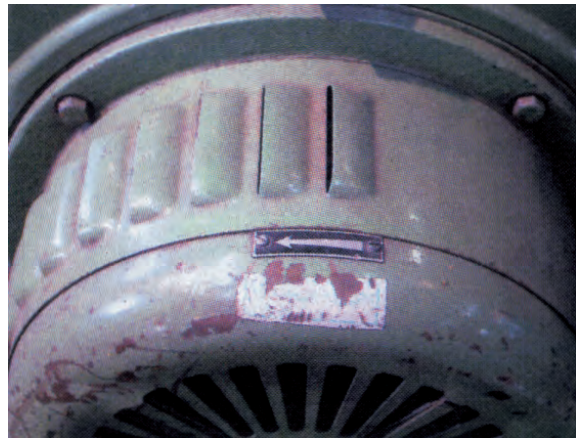
۵- کلید را به حالت ستاره (Y) قرار دهید، موتور به آرامی دوران می‌کند و دور آن کامل می‌شود و صدای آن یکنواخت می‌شود.

نکته

اگر در این حالت با دستگاه کار کنیم موقع جوشکاری دور دستگاه کم شده و در صورت ادامه کار سیم‌پیچ دستگاه گرم شده و می‌سوزد.



۶- کلید را در حالت مثلث Δ قرار دهید تا چرخش دستگاه به دور نهایی برسد.



۷- جهت گردش موتور را، با توجه به علامت جهت گردش روی دستگاه کنترل کنید. در صورتی که جهت دوران مخالف جهت روی دستگاه باشد باید توسط تکنسین تعمیرکار نسبت به اصلاح جهت دوران اقدام شود.

۸- دستگاه با صدای یکسان در حال کار است و آماده‌ی بهره‌برداری می‌باشد.

روش خاموش کردن دینام جوش کارگاهی

۱- کلید را از حالت مثلث به حالت خاموش یا (0) برگردانید.

توجه داشــته باشید در موقع خاموش کردن دینام جوش می‌توان کلید دستگاه را مستقیم از حالت Δ به حالت 0 یا خاموش بچرخاند و نیاز به توقف در حالت ستاره Y نمی‌باشد.

۲- سه شاخه‌ی دستگاه را از برق بکشید.

۳- کابل‌های جوشــکاری را به طور منظم جمع کنید. انبر الکترودگیر در وضعیتی باشد که به آن آسیب وارد نشود.

تذکر مهم

اگر هنگام کار با دینام برق شــهر رفت حتماً کلید ستاره و مثلث دستگاه را به حالت خاموش (0) برگردانید.

دستور العمل ایجاد قوس الکتریکی با الکترود روپوش‌دار

کار شماره ۴

۱- با استفاده از وسایل ایمنی با آرامش آماده جوشکاری شوید.

۲- قطعه کار را کاملا تمیز کرده و آن را روی میز کار قرار دهید.

۳- ابزار و وسایل مورد نیاز را در نزدیکی خود قرار دهید.

۴- کابل انبر و اتصال را به دستگاه وصل کنید.

۵- گیره‌ی اتصال را به میز کار و انبر جوشکاری را به قلاب آویزان کنید.

۶- کنترل کنید در صورتی که دستگاه تهویه خاموش است آن‌را روشن کنید.

۷- از جعبه‌ی الکترود یک الکترود برداشته و در دهانه‌ی انبر و عمود برفک در شیار قرار دهید و دسته‌ی انبر را رها کنید.

نکته

دهانه و شـیارهای انبر جوشـکاری باید تمیز بوده و جرقه جوش و اکسـید و دوده روی شـیارها وجود نداشته باشد تا جریان برق به راحتی از انبر به الکترود منتقل شود.

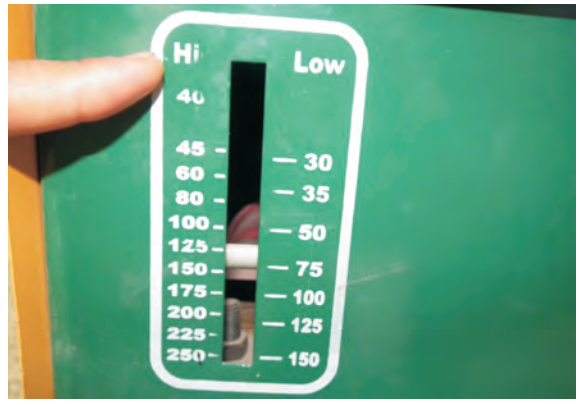
۸- انبر جوشـکاری را به طور معمول در دست بگیرید و در حالی که دستگاه جوش خاموش است، چند بار آرام الکترود را به قطعه کار زده و به اندازه‌ی ۳ میلی‌متر عقب بکشید؛ مانند نوک زدن پرندگان.

۹- عمل فوق را در حالتی که ماسک را برای محافظت جلو چشم و صورت را گرفته است چندین بار تکرار کنید. (از لحظه‌ی تماس الکترود با قطعه کار تا چند لحظه پس از دور شدن کامل الکترود با قطعه کار ماسک باید جلو صورت شما باشد). این عمل را بارها تکرار کنید تا به مهارت کافی برسید.

ابتدا برای مشاهده محل تشکیل قوس یا محل برخورد الکترود به کار می‌توانید دریچه‌ی ماسک را باز کنید و نوک الکترود را در فاصله‌ی کم نزدیک محل تشکیل قوس نگهدارید و سپس دریچه ماسک را بسته و تمرین را ادامه دهید.

۱۰- حال انبر جوشکاری را به قلاب آویزان کنید.

۱۱- با رعایت تمام نکات ایمنی و با حالتی کاملاً آرام مطابق دستورالعمل راه‌اندازی دستگاه را روشن و آمپر را کمی بیشتر از معمول که برای الکترود پیش‌بینی شده تنظیم نمایید. مثلاً ۱۱۰ آمپر برای الکترود E6013 (با قطر ۳/۲۵ mm)



۱۲- حال می‌توان شروع قوس را تجربه کنید. مراحل کار را این دفعه با دقت بیشتر انجام دهید و در همه حال آرامش خود را حفظ کنید و در ایجاد قوس عجله به خرج ندهید تا آرام آرام مهارت پیدا کنید.

۱۳- وقتی قوس پایدار شد کمی پیشروی کنید و سپس قوس را قطع کرده و دوباره قوس را ایجاد نمایید.

نکته‌ی ایمنی

دقت کنید تا قوس روشـــن است ماسک باید جلو چشم و صورت شما باشد.

(پس از تمام شـــدن الکترود آن‌را تعویض کنید و الکترود دیگری بین فک‌های انبر الکترودگیر قرار دهید).

نکته‌ی ایمنی

همیشه ته الکترودهای داغ را در محل مناسبی بریزید.

۱۴- پس از سرد شدن جوش به وسیله‌ی چکش سرباره‌ها (شلاکه‌ها) را از روی جوش جدا کرده و با برس سیمی دوده‌ها را تمیز کنید.

نکته‌ی ایمنی

موقع پاک کردن گِل جوش عینک ســـفید به چشم داشته باشید یا از شیشه سفید ماسک کلاهی استفاده کنید تا ذرات شلاکه به چشم شما آسیب نرساند.

۱۵- مشـکلات احتمالـی را بـا هنرآموز خـود در میـان بگذارید و بـا راهنمایی وی ایجاد قـوس را بارها تکرار کنیـد و در صورت نیاز از هنرآموز بخواهید به شما کمک کند.

۱۶- ایجـاد قوس را تکرار کنید. دقت کنیـد چند لحظه قوس پایدار بماند، سپس قوس را قطع کنید.

۱۷- قـوس را ایجاد کـرده و به آرامی نوک الکترود را دو الی سـه سانتی‌متر تغییر مکان دهید. سعی کنید قوس قطع نشود.

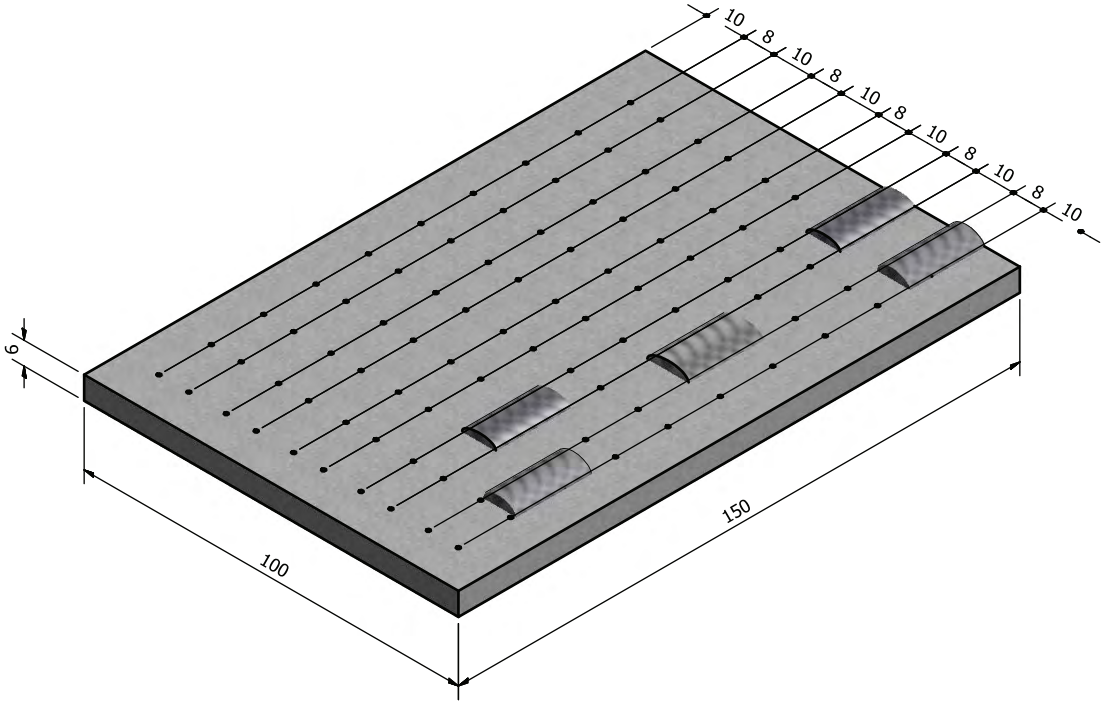
۱۸- روی کار را با چکش جوش و برس سیمی تمیز کنید.

۱۹- در صـورت لـزوم و موافقـت هنرآموز پشـت قطعـه کار را با جوش‌هایی به طول دو الی سه سانتی‌متر پر کنید تا مهارت شما در ایجاد و پایدار کردن قوس بیشتر شود.

۲۰- در پایان کار دسـتگاه را مطابق دستورالعمل خاموش و کابل‌های را جمع کنید.

۲۱- محل کابین و میز جوشکاری را از شلاکه‌ها و جرقه‌ها پاک کنید و در صورت لزوم وسائل را به انبار تحویل دهید.

کار عملی شماره‌ی ۵



	وزن فولاد معمولی		St ۳۷	۱۵۰×۱۰۰×۶	
شماره	مشخصات قطعه کار	تعداد	جنس	اندازه‌ی قطعه	ملاحظات
مقیاس ۱:۱	نام قطعه کار: قطعه تمرینی				شماره‌ی نقشه
تولرانس خشن	هدف‌های آموزشی: ایجاد گرده جوش خط ساده				مدت:

نکات ایمنی در کار عملی شماره ۵

- موقع جوشکاری دستگاه تهویه محل کار روشن باشد.
- از وسایل ایمنی فردی دستکش، پیش‌بند، کفش، ساق‌بند و ماسک جوشکاری سالم استفاده شود.
- موقع برداشتن سرباره (زدن گِل‌جوش) از روی جوش از عینک حفاظتی سفید استفاده کنید.

جدول وسایل کار

ردیف	ابزار و تجهیزات	تعداد	مشخصات
۱	کابل‌های دستگاه	۲	با طول ۳ متر
۲	انبر قطعه‌گیر	۱	استاندارد
۳	چکش جوش	۱	معمولی
۴	برس	۱	با سیم فولادی
۵	رکتی‌فایر یا دینام جوشکاری	۱	تا ۳۰۰ آمپر
۶	الکترود E6013	به تعداد کافی	۳/۲۵
۷	سنبه‌نشان	۱	کوچک
۸	چکش معمولی	۱	۳۰۰ گرمی
۹	وسائل خط‌کشی	۱ سری	–

جدول وسایل ایمنی

ردیف	وسایل ایمنی	تعداد	مشخصات
۱	ماسک	۱	دستی
۲	عینک محافظ	۱	با شیشه سفید
۳	دست‌کش	۱ جفت	چرمی
۴	لباس کار	۱ دست	مناسب بدن
۵	پابند	۱ جفت	چرمی
۶	کفش ایمنی	۱ جفت	مناسب اندازه پا
۷	ساق‌بند	۱ جفت	چرمی

دستور العمل ایجاد گرده جوش‌های ساده و کوتاه

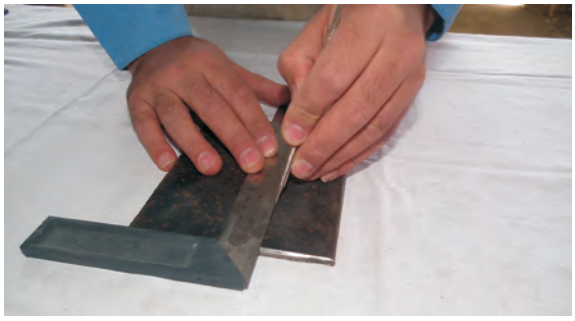
کار شماره ۵

مراحل انجام کار

۱- با اســتفاده از وســایل ایمنی و با آرامش آماده اجرای مراحل کار شوید.

۲- در صورتی که ســطح قطعه کار اکسید شــده است با برس سیمی اکسیدها را پاک کنید.

۳- طبق نقشه و با استفاده از وسائل خط‌کشی روی قطعه را خط‌کشی کنید.



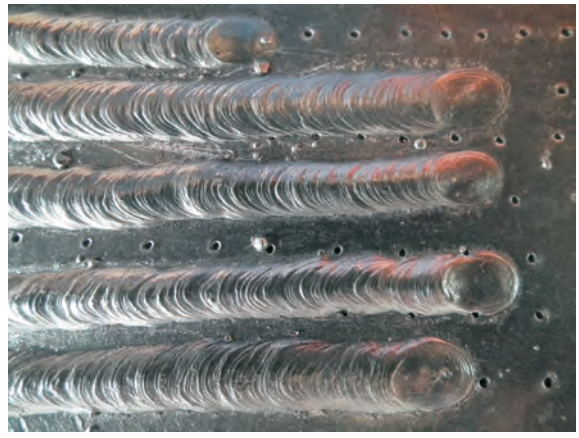
۴- کار را روی ســندان قرار داده و به وســیله‌ی چکش و سنبه‌نشــان مناسب روی خطوط به فاصله‌ی ۵-۴ میلی‌متر سنبه‌نشان بزنید.

۵- دستگاه را راه‌اندازی کنید و شروع به جوشکاری نمایید.

۶- بــرای انجام جوشــکاری الکترود را به طور کامــل عمود بر قطعه نگهداشــته و ســپس آن را در جهت مسیر جوشکاری (°۱۰ تا °۲۰) مایل کنید و این زوایا را در طول مسیر جوشکاری حفظ نمایید.

۷- مطابق شکل گرده جوش‌ها را جوشکاری نمایید.

۸- پشـــت قطعه کار هم گـــرده جوش کوتاه ایجاد کنید ســـعی کنید فاصله الکترود از سطح کار زیاد نباشد. (طول قوس بلند نباشد)



۹- در پایان دســـتگاه را خاموش کنید و وســـایل را با ارابه جمع‌آوری و محـــل کار را تمیـــز کنید و در صورت لزوم وســـایل را به انبار تحویل دهید.

نکاتی درباره‌ی عیوب تکنیکی خط جوش

■ چنان‌چه شـدت جریان خیلی کم باشـد. جوش باریک و برجسـته خواهد شد و همچنین نفوذ و سرعت جوشکاری کم خواهد بود.

■ اگر شـدت جریان خیلی زیاد باشـد، جرقه و تلفـات الکترود زیاد می‌شـود، بریدگی در کناره جوش ایجـاد و گرده جوش بی‌قاعده تولید می‌گردد.

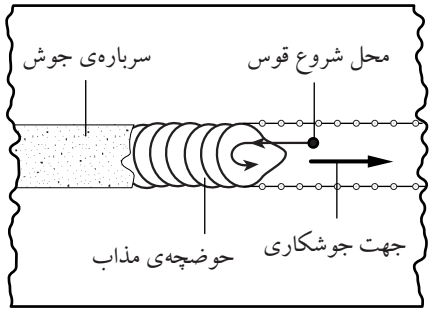
نکته

اگر سـرعت جوشـکاری خیلی کم باشـد گرده جوش بزرگی تشـکیل می‌شود و نشانه‌ی سـر رفتگی در سر تا سر کار دیده می‌شود.

■ اگر سـرعت پیشـروی جوشـکاری خیلی زیاد باشـد گرده جوش باریک شده و برجستگی کمی خواهد داشت.

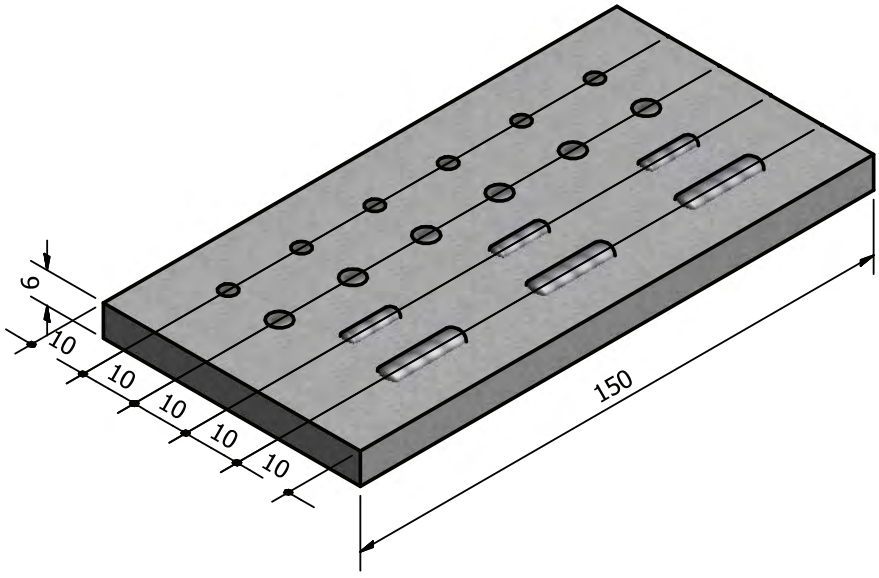
■ در صورتی‌که طول قوس زیاد باشد و یا الکترود کهنه و رطوبت‌دار باشد پاشش جرقه اطراف کار زیاد می شود.

■اگر در اثنای جوشکاری به دلیلی قوس قطع شود، همچنین در موقع تعویض الکترود قبل از شروع مجدد قوس باید سرباره‌ی آخرین قسمت گـرده جوش را پاک گردد. قوس الکتریکی را کمی جلوتر ایجاد کنید و نوک الکترود را به طرف حوضچه‌ی مذاب قبلی هدایت نمایید سپس به حرکت پیشروی جوش ادامه دهید.



■در شکل یک جوش خوب ملاحظه می‌شود.

کار عملی شماره‌ی ۶



	وزن فولاد معمولی		St ۳۷	۱۵۰×۵۰×۶	
شماره	مشخصات قطعه کار	تعداد	جنس	اندازه‌ی قطعه	ملاحظات
مقیاس ۱:۱	نام قطعه کار: جوش نا منظم				شماره‌ی نقشه
تولرانس خشن	هدف‌های آموزشی: ایجاد قوس الکتریکی و پایدار کردن آن				مدت: ۸ ساعت

نکات ایمنی در کار عملی شماره ۶

- چون دفعات ایجاد و قطع قوس در این تمرین زیاد است مواظب چشم‌های خود و اطرافیان باشد.
- موقع پاک کردن سرباره، از عینک حفاظتی با شیشه‌ی سفید استفاده کنید.
- کابل‌های دستگاه و مسیر عبوری آن‌ها را از نظر ایمنی کنترل نمایید.

جدول وسایل کار

ردیف	ابزار و تجهیزات	تعداد	مشخصات
۱	کابل‌های دستگاه	۲	با طول ۳ متر
۲	انبر قطعه‌گیر	۱	استاندارد
۳	چکش جوش	۱	معمولی
۴	برس	۱	با سیم فولادی
۵	ترانسفورماتور جوش	۱ دستگاه	تا ۳۰۰ آمپر

جدول وسایل ایمنی

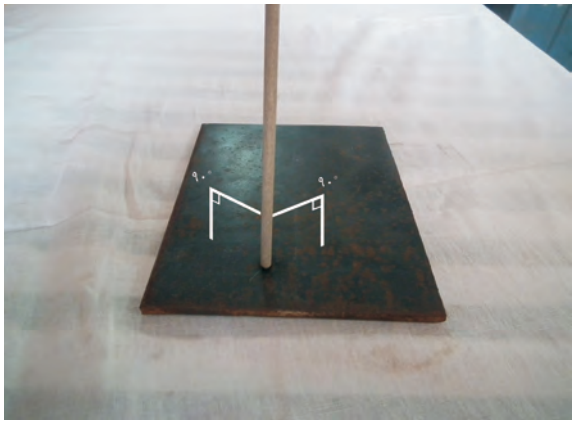
ردیف	وسایل ایمنی	تعداد	مشخصات
۱	ماسک	۱	کلاهی
۲	عینک محافظ	۱	با شیشه سفید
۳	دست‌کش	۱ جفت	چرمی
۴	لباس کار	۱ دست	مناسب بدن
۵	پابند	۱ جفت	چرمی
۶	کفش ایمنی	۱ جفت	مناسب اندازه پا

دستور العمل ایجاد خال‌جوش‌های مختلف

کار شماره‌ی ۶

۱- روی قطعه کار را مطابق نقشه خط‌کشی کنید خط‌ها را با سنبه‌نشان علامت‌گذاری کنید.

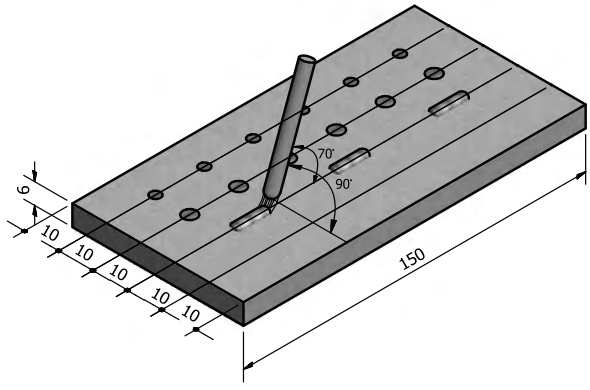
۲- کابل انبر و اتصال را به دستگاه وصل کنید.



۳- دستگاه رکتی‌فایر جوش را روشن کرده و آمپر آن‌را روی ۱۱۰-۱۰۰ تنظیم نمایید.

۴- ابتدا خال‌جوش‌های ریزی، در حالی که الکترود مانند شکل به کار عمود است، ایجاد کنید. قطر خال‌جوش در حدود یک و نیم برابر قطر الکترود باشد.

۵- برای ایجاد خال‌جوش بزرگ (پهن) قوس را روشن کرده و پس از پایداری قوس الکترود را ۲ یا سه بار دور محل خال پهن بگردانید تا قطر خال‌جوش در حدود ۶ میلی‌متر باشد.



۶- برای ایجاد خال‌جوش کشیده، پس از روشن کردن قوس و پایدار کردن آن، ۲-۱ سانتی‌متر گرده جوش خطی ایجاد کنید. زاویه‌ی الکترود مطابق شکل باشد.

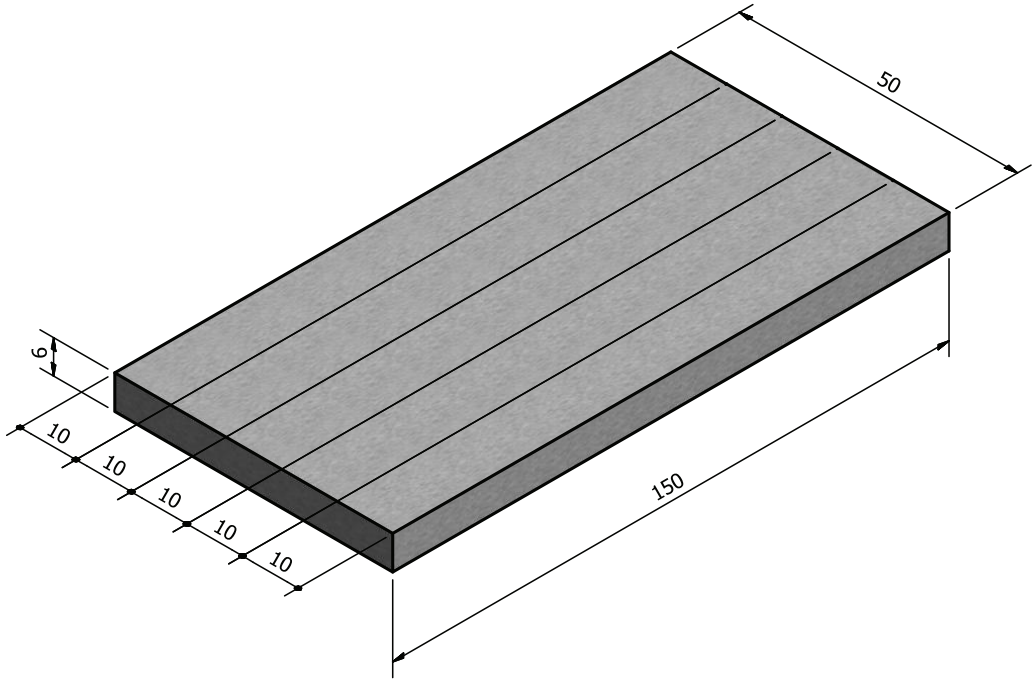
۷- کار را به وسیله‌ی چکش جوش و برس سیمی کاملاً از شلاکه پاک کنید و برای بررسی به هنرآموز خود نشان دهید.

۸- برای تمرین بیشتر از پشت قطعه هم مانند روی قطعه کار، استفاده کنید.

۹- پشت قطعه کار را کاملاً برس بزنید سنبه‌نشان بزنید و خال‌جوش ایجاد کنید.

۱۰ - در پایان دستگاه را خاموش کنید، وسایل و ابزار و محل کار را تمیز کنید و وسایل و ابزار را به انبار تحویل دهید.

کار عملی شماره‌ی ۷



	وزن فولاد معمولی		St ۳۷	۱۵۰×۵۰×۶	
شماره	مشخصات قطعه کار	تعداد	جنس	اندازه‌ی قطعه	ملاحظات
مقیاس ۱:۱	نام قطعه کار: جوش منظم				شماره‌ی نقشه
تولرانس خشن	هدف‌های آموزشی: ایجاد قوس الکتریکی و ایجاد گُرده جوش				مدت: ۸ ساعت

نکات ایمنی در کار عملی شماره ۷

- هنگام ایجاد و قطع قوس در این تمرین مواظب زوایای الکترود نسبت به قطعه کار باشید.
- موقع پاک کردن سـرباره، از عینک حفاظتی با شیشه‌ی سفید استفاده کنید.
- کابل‌های دستگاه و مسیر عبوری آن‌ها را از نظر ایمنی کنترل نمایید.

جدول وسایل کار

ردیف	ابزار و تجهیزات	تعداد	مشخصات
۱	کابل‌های دستگاه	۲	با طول ۳ متر
۲	انبر قطعه‌گیر	۱	استاندارد
۳	چکش جوش	۱	معمولی
۴	برس	۱	با سیم فولادی
۵	ترانسفورماتور جوش	۱ دستگاه	تا ۳۰۰ آمپر

جدول وسایل ایمنی

ردیف	وسایل ایمنی	تعداد	مشخصات
۱	ماسک	۱	کلاهی
۲	عینک محافظ	۱	با شیشه سفید
۳	دست‌کش	۱ جفت	چرمی
۴	لباس کار	۱ دست	مناسب بدن
۵	پابند	۱ جفت	چرمی
۶	کفش ایمنی	۱ جفت	مناسب اندازه پا

دستور العمل ایجاد گرده‌جوش خطی ساده

کار شماره‌ی ۷

۱- قطعه کار را مطابق نقشــه خط‌کشی کنید و روی خطوط سنبه‌نشان بزنید.

۲- کار را روی میز کار قرار دهید. توجه داشته باشید که کار با سطح میز کار تماس الکتریکی خوبی داشته باشد.

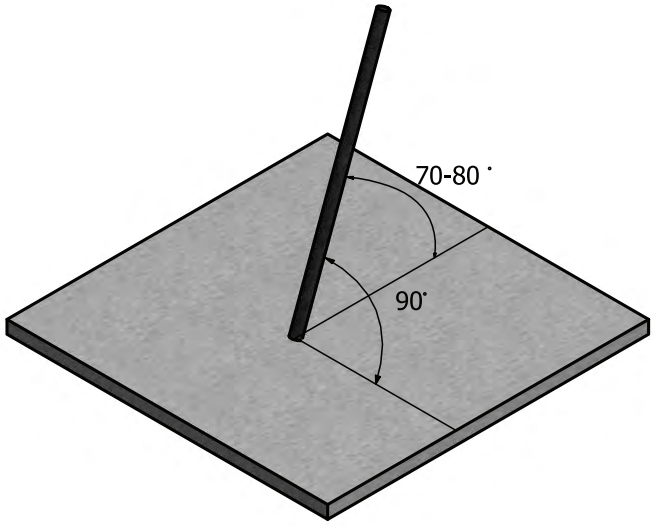
۳- دستگاه جوش را مطابق دستورالعمل راه‌اندازی نمایید و آمپر مناسب را با توجه به میزان تعیین شده توسط کارخانه‌ی سازنده الکترود تنظیم نمایید.

۴- تنظیم دقیق آمپر با جوشکار است. لذا ضمن جوشکاری روی یک قطعــه اضافی کــه روی میز کار قرار داده‌اید کم و یــا زیاد بودن آمپر را تجربه کنید.

۵- با توجه به نقشه کار خطوط را یک در میان جوشکاری کنید.

۶- سرباره‌ها را از روی خط جوش با چکش جوش بردارید.

۷- با برس سیمی سطح خط جوش و اطراف آن‌را پاک کنید.



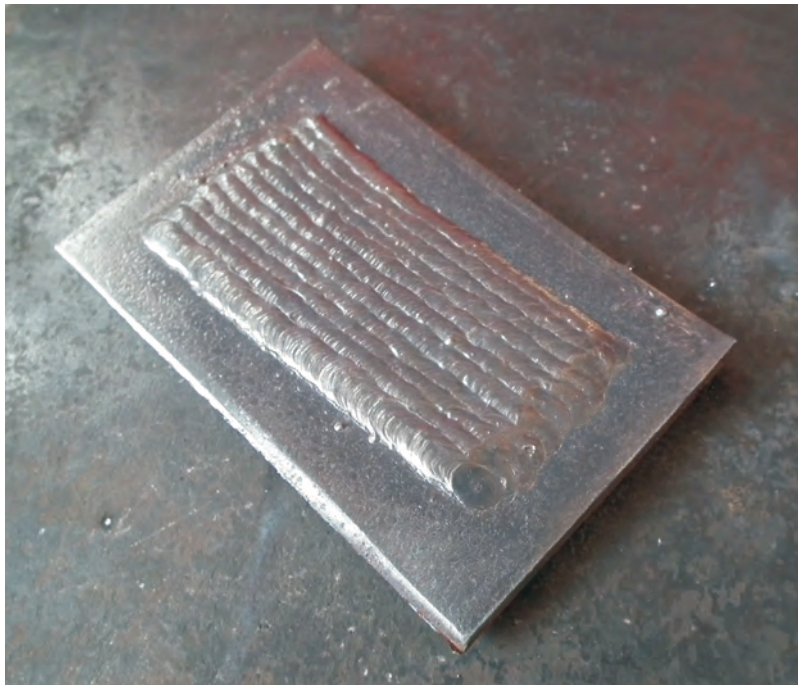
۹- بـا نظـارت هنرآموز خودتـان خط جوش را بررسـی و معایب و مزایای آن‌را یادداشت کنید.

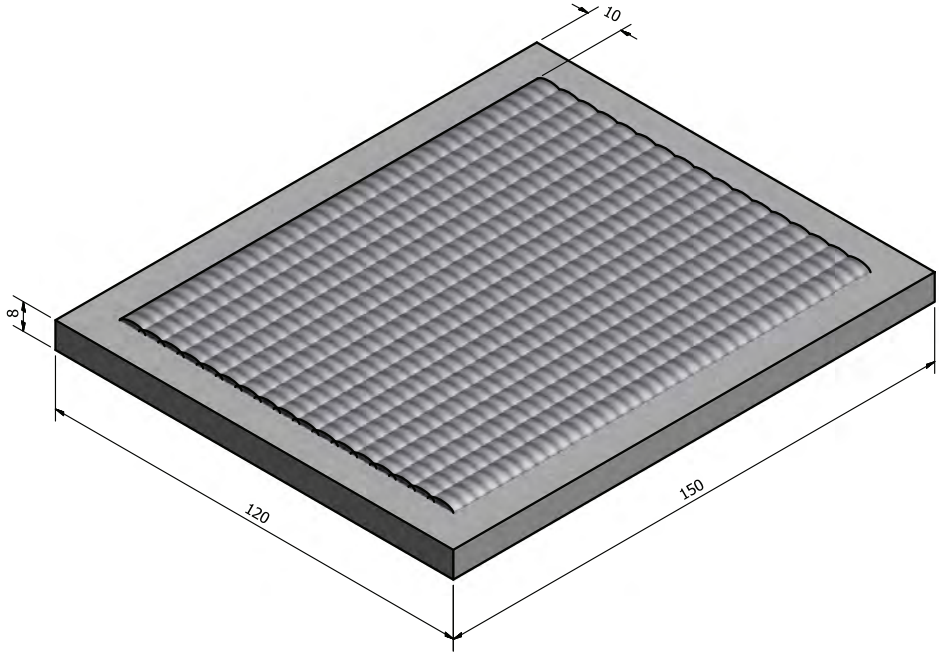
جوشکاری پشت قطعه‌ی کار

■ با توجه به دسـتور العمل کار، پشت قطعه کار را جوشکاری نمایید و مهارت خود را در ایجـاد گرده‌جوش خطی با خطوط موازی افزایش دهید.

۱۰- در پایان دستگاه را خاموش کنید. وسایل و ابزار را جمع‌آوری و محل کار را کاملاً تمیز کنید و وسایل و ابزار را به انبار تحویل دهید.

کار عملی شماره‌ی ۸





	وزن فولاد معمولی		St ۳۷	۱۵۰×۱۲۰×۸	
شماره	مشخصات قطعه کار	تعداد	جنس	اندازه‌ی قطعه	ملاحظات
مقیاس ۱:۱	نام قطعه کار: جوش پوششی				شماره‌ی نقشه
تولرانس خشن	هدف‌های آموزشی: توانایی انجام جوش پوششی در وضعیت تخت				مدت:

نکات ایمنی در کار عملی شماره ۸

- قبل از شـروع کار از روشن بودن هواکش‌های مخصوص جوشکاری در کارگاه اطمینان حاصل کنید.
- از لباس کار مناسـب اسـتفاده کرده و دکمه‌های آن‌را ببندید تا اشعه قوس جوشکاری به بدن شما نرسد.

جدول وسایل کار

ردیف	ابزار و تجهیزات	تعداد	مشخصات
۱	کابل‌های دستگاه	۲	با طول ۳ متر
۲	انبر قطعه‌گیر	۱	استاندارد
۳	چکش جوش	۱	معمولی
۴	برس	۱	با سیم فولادی
۵	ترانسفورماتور جوش	۱ دستگاه	تا ۳۰۰ آمپر
۶	وسائل خط‌کشی	کامل	یک سری

جدول وسایل ایمنی

ردیف	وسایل ایمنی	تعداد	مشخصات
۱	ماسک	۱	کلاهی
۲	عینک محافظ	۱	با شیشه سفید
۳	دست‌کش	۱ جفت	چرمی
۴	لباس کار	۱ دست	مناسب بدن
۵	پابند	۱ جفت	چرمی
۶	کفش ایمنی	۱ جفت	مناسب اندازه پا

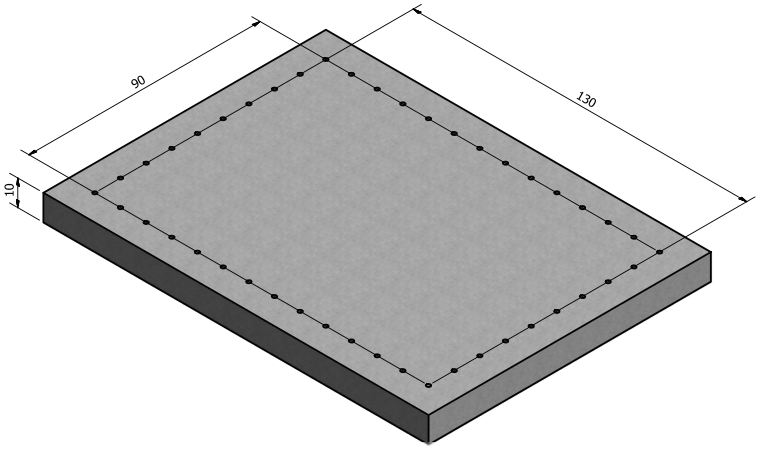
دستورالعمل جوش پوشش در وضعیت تخت

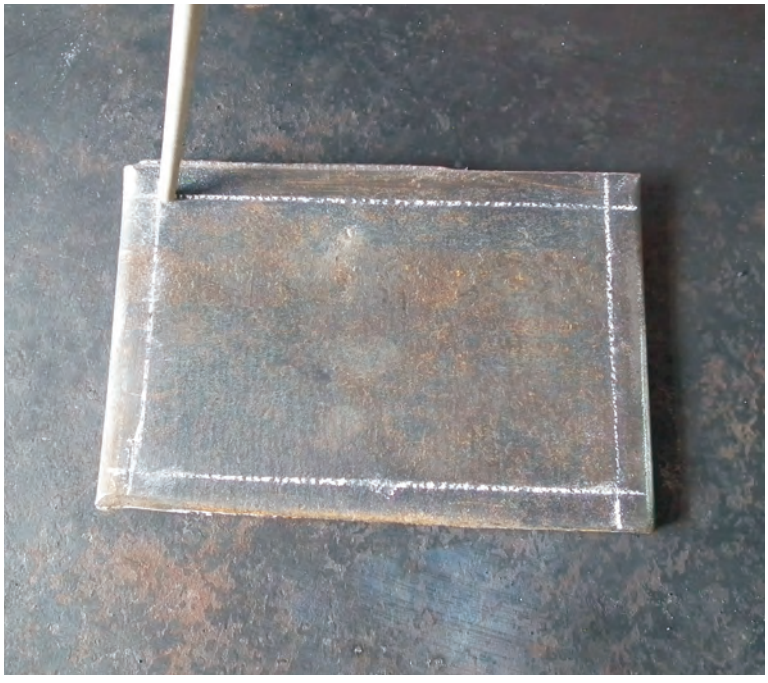
کار شماره ۸

به ترتیب مراحل زیر اجرا کنید.

۱- در وسط قطعه کار یک کادر، به ابعاد ۹۰×۱۳۰ میلی‌متر رسم نمایید.

۲- روی خطوط را با چکش و سنبه‌نشان به فاصله ۴ تا ۵ میلی‌متر علامت‌گذاری کنید.



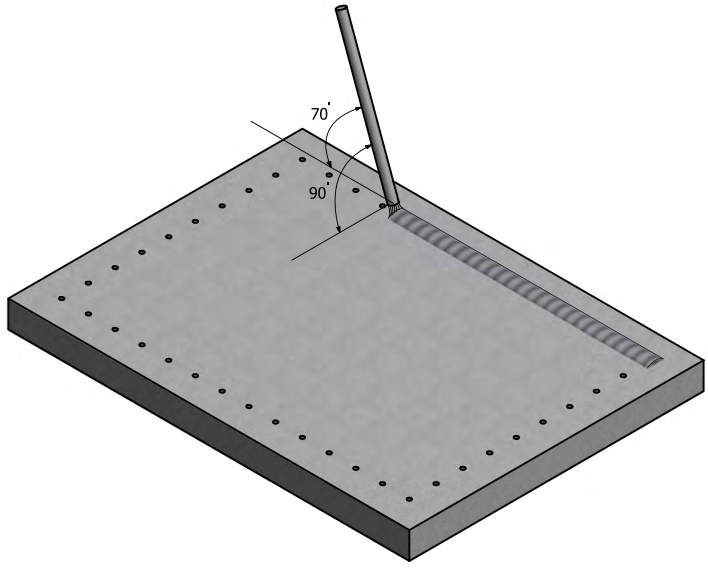


۳- با رعایت نکات ایمنی دستگاه جوش را راه‌اندازی کنید.

۴- شدت جریان را روی ۱۰۰ تا ۱۱۰ آمپر تنظیم کنید.

۵- مطابق شکل از ابتدای خط کناره، گرده جوش ساده به پهنای ۸ میلی‌متر ایجاد کنید.

۶- زاویه الکترود مطابق شکل باشد.

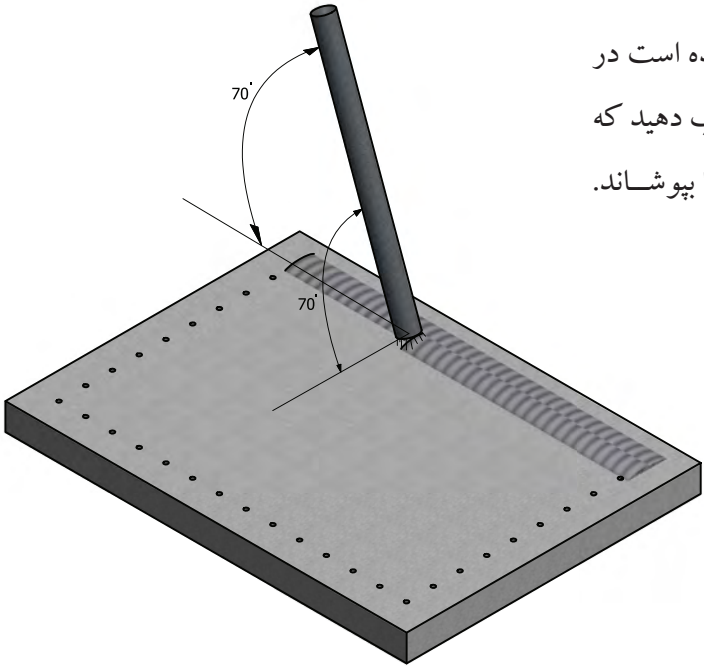


زاویه‌ی الکترود در جهت پیشروی

۷- توجه داشــته باشــید ســرباره‌ها را با چکش جوش از گرده جوش جدا کنید.

۸- با برس سیمی دوده‌ها را از روی گرده‌جوش و کناره‌های آن کامل پاک کنید.

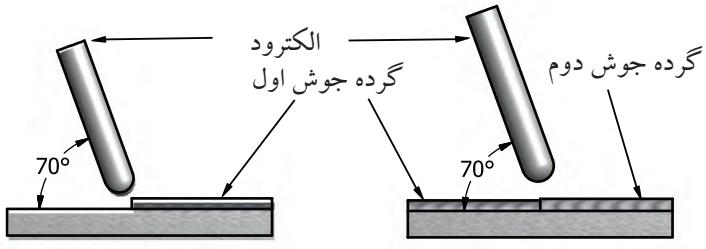
۱۰- با توجه به زاویه‌ی الکترود که در شکل نشان داده شده است در کناره گرده جوش اول گرده جوش بعدی را به نحوی رسوب دهید که گرده جوش دوم بیش از ۱/۲ برجستگی گرده جوش اول را بپوشاند. گرده جوش‌های بعدی نیز با همین روش جوشکاری نمایید.



زاویه‌ی الکترود

۱۱- پس از حذف سرباره‌ها و برس زدن کار را جهت بررسی به هنرآموز خود نشان دهید.

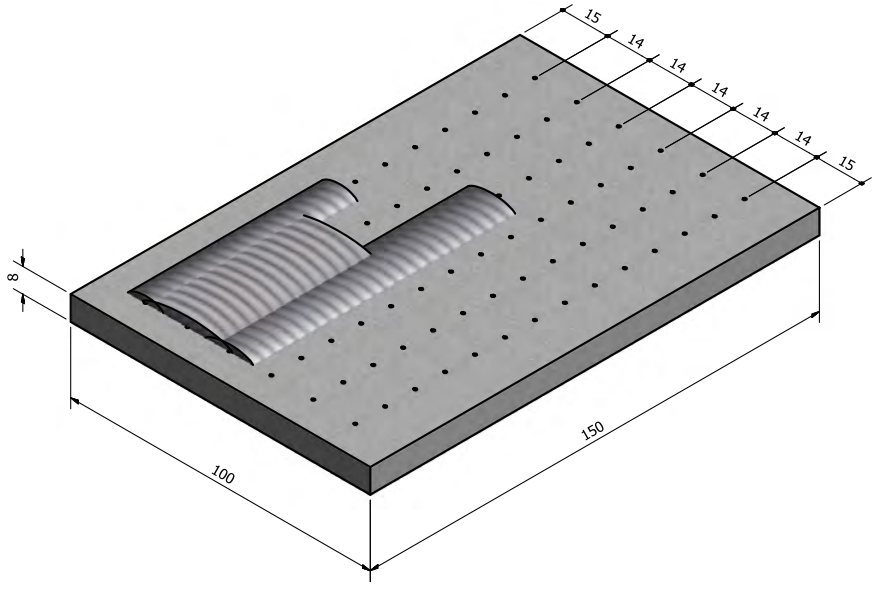
۱۲- جوشکاری طرف دوم قطعه کار را اجرا کنید.



جوشکاری خط‌جوش دوم و زوایای الکترود که تا آخرین گرده به همین صورت خواهد بود.

۱۳- در پایان دستگاه را خاموش کنید، وسایل و ابزار را جمع‌آوری و محل کار را کاملاً تمیز کنید و وسایل و ابزار را به انبار تحویل دهید.

کار عملی شماره‌ی ۹



	وزن فولاد معمولی		St ۳۷	۱۵۰×۱۰۰×۸	
شماره	مشخصات قطعه کار	تعداد	جنس	اندازه‌ی قطعه	ملاحظات
مقیاس ۱:۱	نام قطعه کار: قطعه تمرینی				شماره‌ی نقشه ۸-۳
تولرانس خشن	هدف‌های آموزشی: توانایی در ایجاد گرده جوش خطی در حالت سطحی				مدت:

نکات ایمنی در کار عملی شماره ۹

- از سلامت کابل‌های جوشکاری و ترمینال‌های دستگاه اطمینان حاصل کنید.
- شیشه‌های ماسک را تمیز کرده و از مناسب بودن شیشه‌ی تیره اطمینان پیدا کنید.

جدول وسایل کار

ردیف	ابزار و تجهیزات	تعداد	مشخصات
۱	کابل‌های دستگاه	۲	با طول ۳ متر
۲	انبر قطعه‌گیر	۱	استاندارد
۳	چکش معمولی	۱	۳۰۰ گرمی
۴	برس	۱	با سیم فولادی
۵	چکش جوش	۱	معمولی
۶	الکترود	به تعداد کافی	۳/۲۵
۷	سنبه‌نشان	۱	کوچک
۸	دستگاه جوشکاری	۱	تا ۳۰۰ آمپر

جدول وسایل ایمنی

ردیف	وسایل ایمنی	تعداد	مشخصات
۱	ماسک	۱	کلاهی
۲	عینک محافظ	۱	با شیشه سفید
۳	دست‌کش	۱ جفت	چرمی
۴	لباس کار	۱ دست	مناسب بدن
۵	پیش‌بند	۱	چرمی
۶	کفش ایمنی	۱ جفت	مناسب اندازه پا
۷	ساق بند	۱ جفت	چرمی

دستور العمل ایجاد گرده جوش پهن

کار شماره ۹

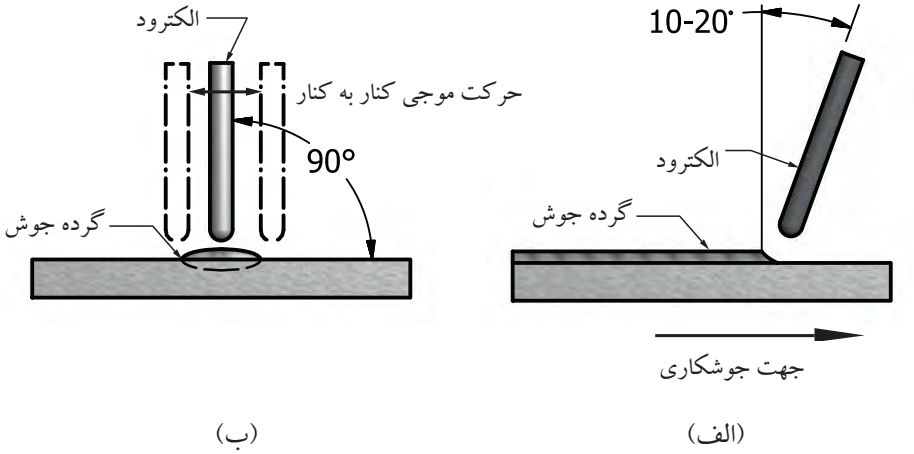
به ترتیب مراحل زیر را اجرا کنید.

۱- قطعه کار را مطابق نقشه خط‌کشی کنید و سنبه‌نشان بزنید.

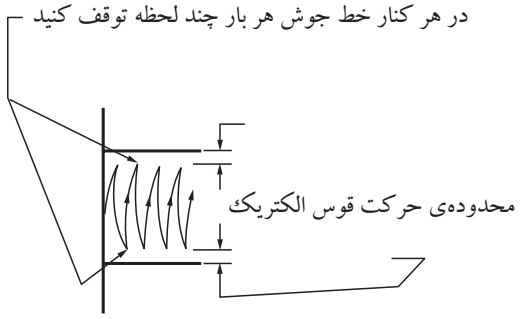
۲- قطعه کار را روی میز کار قرار دهید.

۳- دستگاه را راه‌اندازی و آمپر لازم را تنظیم کنید.

۴- مطابق شکل باید زاویه الکترود نسبت به قطعه کار ($70-80^{\circ}$) درجه باشد و با حرکت رفت و برگشتی مطابق شکل یا حرکت موجی، ابتدا گرده جوش‌های ۱۰ میلی‌متری ایجاد کنید. دقت کنید پیشروی در هر موج رفت یا برگشت حدود ۳ میلی‌متر باشد و قوس به کناره‌های خطوط نرسد.



(ب) (الف)



پیشروی در هر موج (رفت و برگشت) ۳ میلی‌متر یا کمتر باشد.

زاویه و حرکت موجی الکترود در ایجاد گرده جوش پهن

۵- خط جوش‌های را به وسیله‌ی چکش جوش و برس سیمی از سرباره پاک کنید.

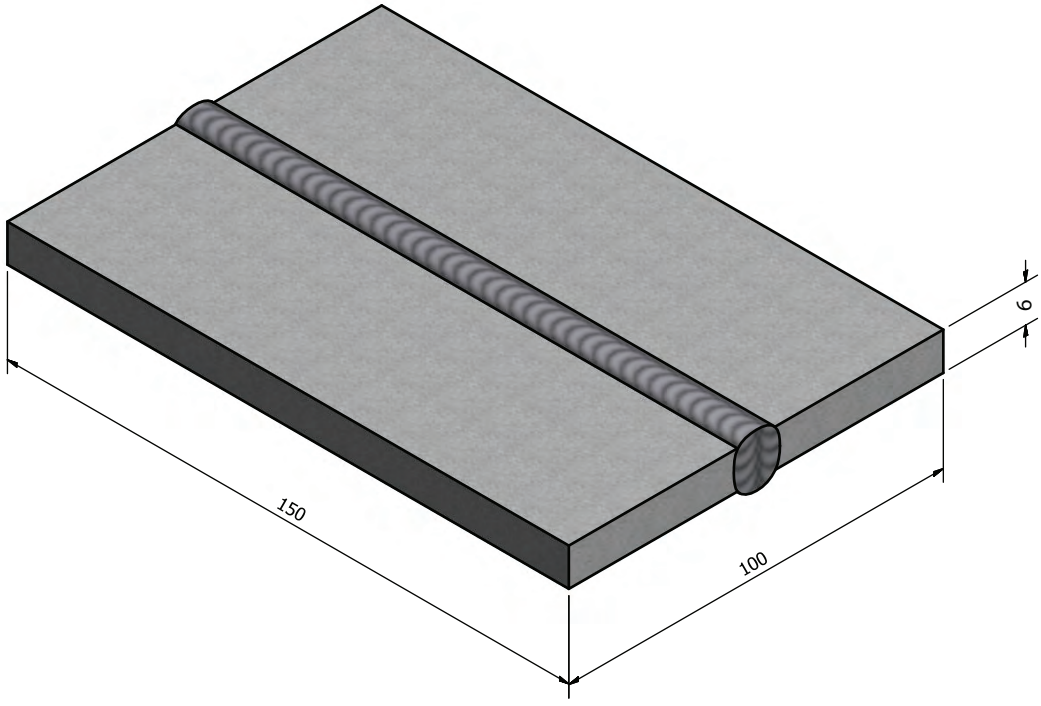
۶- بین خطوط را گرده جوش خطی ساده ایجاد کنید.

۷- کار از سرباره کاملاً پاک و برای بررسی به هنرآموز نشان دهید.

۸- از پشت قطعه کار برای تمرین بیشتر استفاده کنید.

۹- در پایان دستگاه را خاموش کنید، وسایل و ابزار را جمع‌آوری و محل کار را کاملاً تمیز کنید و در صورت لزوم ابزار را به انبار تحویل دهید.

کار عملی شماره‌ی ۱۰



	فولاد معمولی	۲ عدد و بیشتر	St ۳۷	۱۵۰×۵۰×۶	
شماره	مشخصات قطعه کار	تعداد	جنس	اندازه‌ی قطعه	ملاحظات
مقیاس ۱:۱	نام قطعه کار: قطعه تمرینی				نقشه ۸-۳
تولرانس خشن	هدف‌های آموزشی: توانایی در ایجاد اتصال لب به لب				مدت:

نکات ایمنی در کار عملی شماره ۱۰

- انبر جوشکاری را از نظر وجود عایق‌های قسمت خارجی و سالم بودن آن‌ها، کنترل شود.
- شیشه ی سفید ماسک را تمیز و در صورت لزوم تعویض کنید.
- موقع جوشـکاری از پوشیدن شـلوار با دم‌پای پاکتی خودداری شود. زیرا جرقه‌ها در آن‌ها گیر می‌کند و باعث سوختگی می‌شود.

جدول وسایل کار

ردیف	ابزار و تجهیزات	تعداد	مشخصات
۱	کابل‌های دستگاه	۲	با طول ۳ متر
۲	انبر قطعه‌گیر	۱	استاندارد
۳	چکش معمولی	۱	۳۰۰ گرمی
۴	برس	۱	با سیم فولادی
۵	چکش جوش	۱	معمولی
۶	الکترود	به تعداد کافی	۳/۲۵
۷	سنبه‌نشان	۱	کوچک
۸	دستگاه جوشکاری	۱	تا ۳۰۰ آمپر

جدول وسایل ایمنی

ردیف	وسایل ایمنی	تعداد	مشخصات
۱	ماسک	۱	کلاهی
۲	عینک محافظ	۱	با شیشه سفید
۳	دست‌کش	۱ جفت	چرمی
۴	لباس کار	۱ دست	مناسب بدن
۵	پیش‌بند	۱	چرمی
۶	کفش ایمنی	۱ جفت	مناسب اندازه پا
۷	ساق بند	۱ جفت	چرمی

دستور العمل جوشکاری لب به لب در حالت سطحی

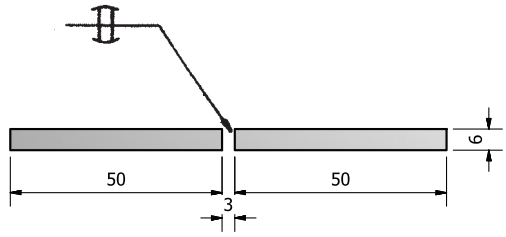
کار شماره ۱۰

مراحل انجام کار

۱- با پوشیدن لباس کار آماده‌ی اجرای تمرین جوشکاری لب به لب شوید.

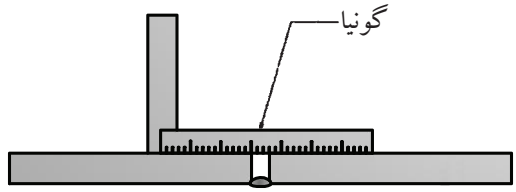
۲- وسائل و ابزار لازم را تحویل بگیرید.

۳- دو قطعه ۶×۵۰×۱۵۰را انتخاب و اندازه‌ها را با نقشه کنترل نمایید.



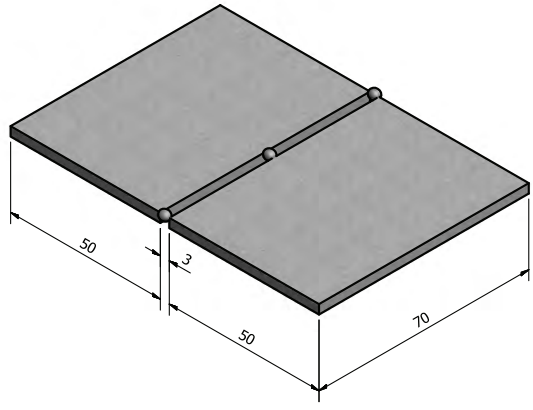
۴- قطعات را به صورت لب به لب روی میز قرار دهید و فاصله‌ی ریشه را ۳ میلی‌متر تنظیم کنید و خال‌جوش نمایید (ابتدا دو انتهای درز و سپس وسط را خال جوش نمایید).

۵- به وسیله‌ی گونیا همسطح بودن قطعات را کنترل کنید و در صورت عدم هم ترازی قطعات را با چکش هم سطح نمایید.



خال جوش

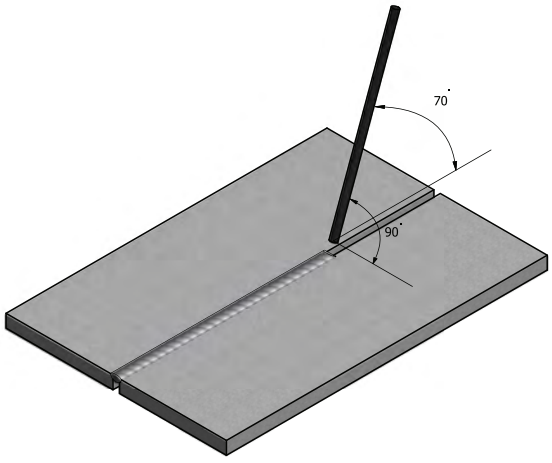
۶- از الکترود E۶۰۱۳ به قطر ۳/۲۵ استفاده کرده و آمپر را روی ۱۰۰A تنظیم نمایید.



نکته مهم

در صورتی که با جریان DC کار می‌کنید از قطب DCSP (– =) استفاده کنید.

۷- گرده جوش را در سر تا سر درز، با طول قوس، زاویه‌ی الکترود و سرعت مناسب ایجاد کنید.



۸- سرباره را از روی گرده جوش با چکش و برس پاک کنید.

۹- قطعه کار را با توجه به اطلاعات داده شده بررسی نمایید.

۱۰- طرف دوم قطعه کار را پس از تمیز کردن کامل پشت کار مطابق طرف اول جوشکاری نمایید.

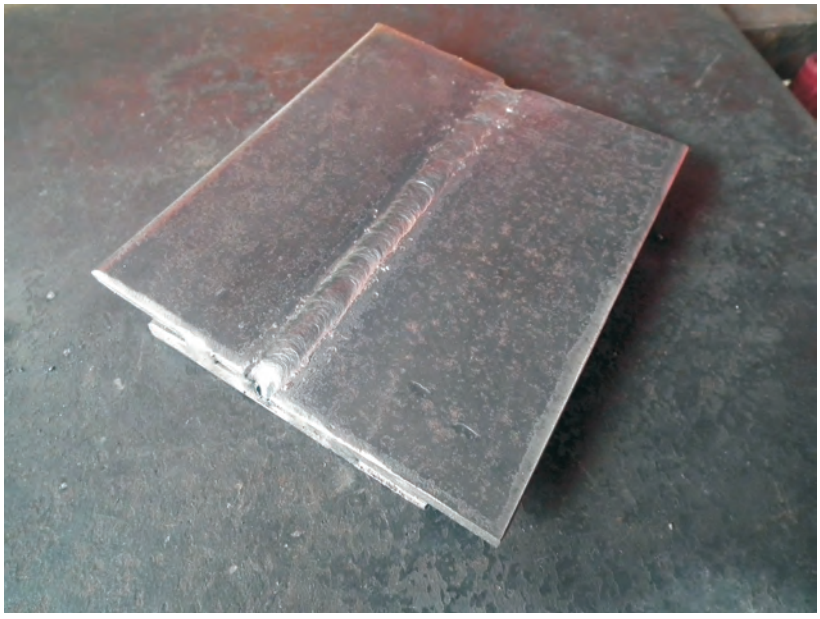
۱۱- به خاطر داشته باشید که میزان آمپر در طرف دوم می‌تواند چند آمپر بیشتر شود به دلیل این‌که ریشه باز ندارد.

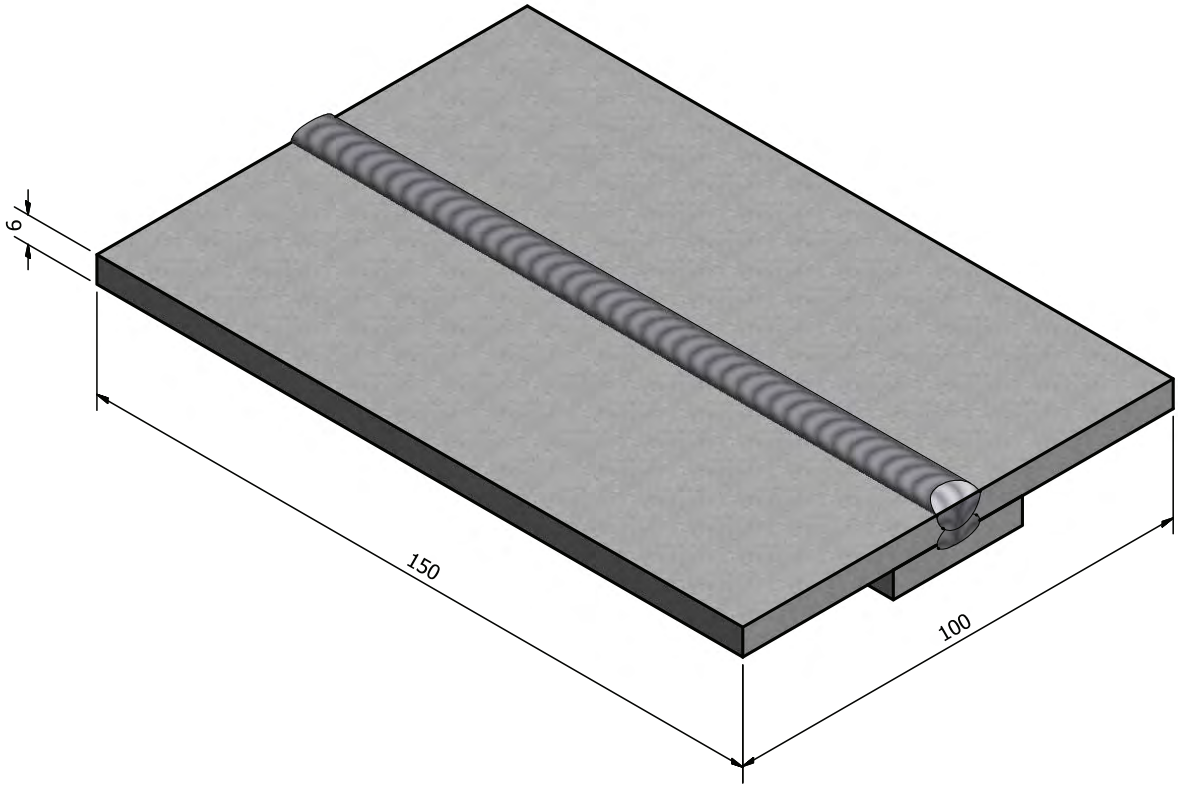
توجه

جهت افزایش مهارت می‌توان با اضافه کردن یک قطعه کار، کنار همین تمرین درز جدیدی برای تمرین تازه آماده نمود.

۱۵- در پایان دستگاه را خاموش کنید، وسایل و ابزار را جمع‌آوری کرده محل کار را کاملاً تمیز کنید، در صورت لزوم وسایل و ابزار را به انبار تحویل دهید.

کار عملی شماره‌ی ۱۱





	فولاد معمولی	۳	St ۳۷	۱۵۰×۵۰×۶	
شماره	مشخصات قطعه کار	تعداد	جنس	اندازه‌ی قطعه	ملاحظات
مقیاس ۱:۱	نام قطعه کار: قطعه تمرینی				شماره‌ی نقشه
تولرانس خشن	هدف‌های آموزشی: توانایی در ایجاد اتصال لب به لب با پشت‌بند				مدت:

نکات ایمنی در کار عملی شماره ۱۱

- هرگـز بـا یقه باز و یا با لباس آسـتین کوتاه جوشـکاری نکنید، زیرا اشعه‌ها به پوست بدن آسیب می‌رسانند.
- هیچ گاه حتی از راه دور به قوس الکتریکی نگاه نکنید. اشعه‌ها به چشم شدیداً آسیب می‌رسانند.
- در کارگاه متیـن و آرام صحبت کنید از داد زدن بی مورد خودداری کنید. و همیشه نکات ایمنی را رعایت کنید.

جدول وسایل کار

ردیف	ابزار و تجهیزات	تعداد	مشخصات
۱	کابل‌های دستگاه	۲	با طول ۳ متر
۲	انبر قطعه‌گیر	۱	استاندارد
۳	چکش معمولی	۱	۳۰۰ گرمی
۴	برس	۱	با سیم فولادی
۵	چکش جوش	۱	معمولی
۶	الکترود	به تعداد کافی	۳/۲۵
۷	سنبه‌نشان	۱	کوچک
۸	دستگاه جوشکاری	۱	تا ۳۰۰ آمپر

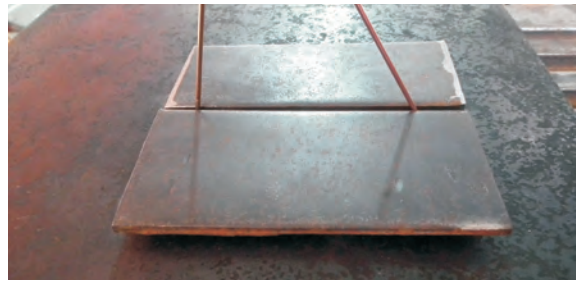
جدول وسایل ایمنی

ردیف	وسایل ایمنی	تعداد	مشخصات
۱	ماسک	۱	کلاهی
۲	عینک محافظ	۱	با شیشه سفید
۳	دست‌کش	۱ جفت	چرمی
۴	لباس کار	۱ دست	مناسب بدن
۵	پیش‌بند	۱	چرمی
۶	کفش ایمنی	۱ جفت	مناسب اندازه پا
۷	ساق بند	۱ جفت	چرمی

دستور العمل جوشکاری قطعات به صورت لب به لب با پشت‌بند

کار شماره ۱۱

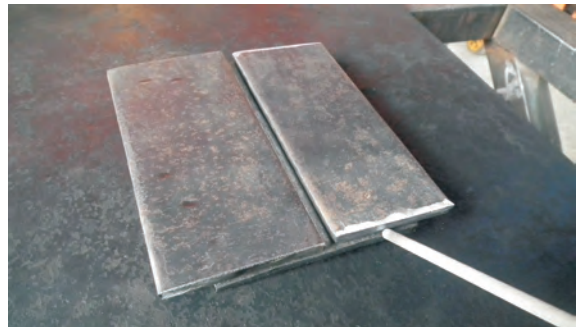
۱- قطعـات مورد نیاز را طبق نقشـه آماده کنیـد و آن‌ها را با چکش روی سندان صاف‌کاری نمایید و در صورت وجود پلیسه‌ها را با سوهان بردارید..



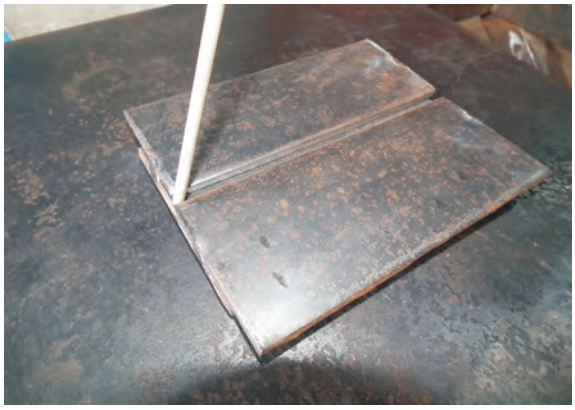
۲- قطعـات را به روی سـطح صـاف بگذارید و لبه‌هـا را به فاصله ۳ میلی‌متر از هم قرار دهید.

می‌توانیـد با قرار دادن سـیم جوش با قطـر ۳ میلی‌متر در درز قطعات فاصله را تنظیم نمایید.

۳- دسـتگاه جوش را راه‌اندازی و آمپر را متناسب با ضخامت قطعه و قطر الکترود انتخاب کنید.



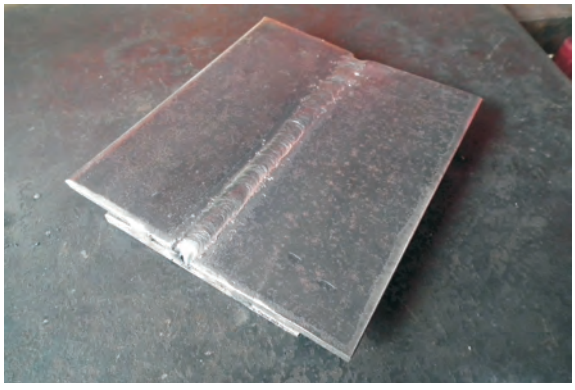
۴- یک طرف پشت‌بند را در دو سر خال جوش بزنید.



۵- بـا وارد کـردن ضربات چکش به کار روی سـندان لبه‌های قطعه رویی به قطعه پشت کار تماس دهید.

۶- طرف دیگر پشـت‌بند که میزان شد را با خال جوش به هم اتصال دهید بدین ترتیب دو قطعه کار به وسـیله پشـت‌بند ثابت شـده و آماده جوشکاری می‌باشد.

۷- درز را با سـرعت پیشـروی مناسـب جوش دهید در انتهای خط جـوش الکترود را به کار نزدیک کنید و چالـه جوش یعنی انتهای خط جوش را با مکث کوتاه پر کنید.

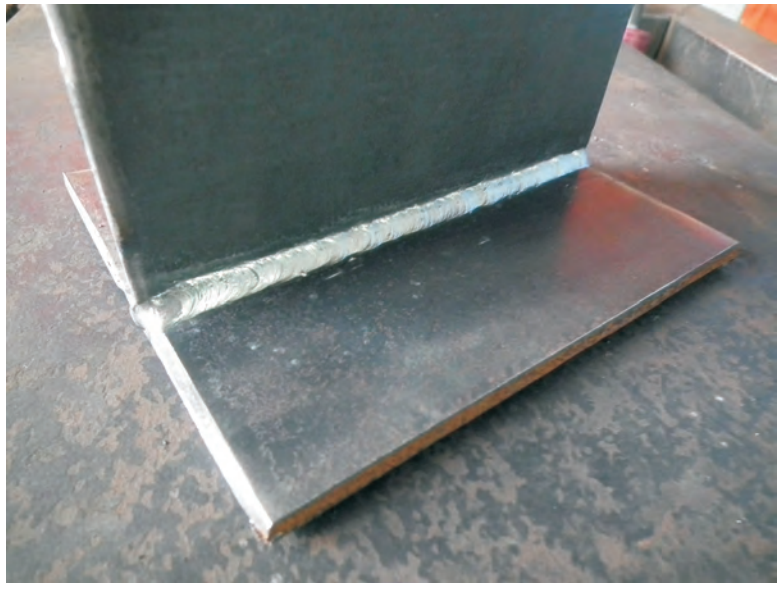


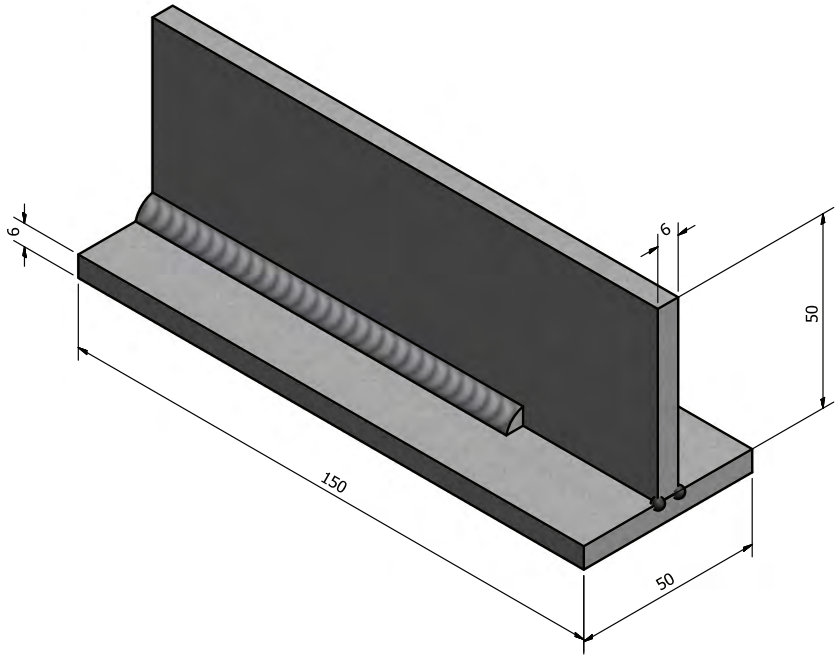
۸ - محل اتصال را از سرباره و جرقه‌ها پاک کرده بُرس بزنید.

۹- کار را جهت اظهار نظر و راهنمایی به هنرآموز خود نشان دهید.

۱۰- در پایان دسـتگاه را خاموش و وسائل را جمع‌آوری و محل کار را تمیز کنید.

کار عملی شماره‌ی ۱۲





	فولاد معمولی	۳	St ۳۷	۱۵۰×۵۰×۶	
شماره	مشخصات قطعه کار	تعداد	جنس	اندازه‌ی قطعه	ملاحظات
مقیاس ۱:۱	نام قطعه کار: قطعه تمرینی				شماره‌ی نقشه
تولرانس خشن	هدف‌های آموزشی: توانایی در ایجاد جوش ماهیچه‌ای در اتصال سه‌پری				مدت:

نکات ایمنی در کار عملی شماره ۱۲

- قطعات اضافی را از محل کار دور کنید.
- توجه کنید کابل‌های برق و کابل‌های دستگاه، زیر پا یا زیر قطعات اضافی نباشد و از وارد شدن هر نوع ضربه به آن‌ها محافظت شود.
- مواد قابل احتراق در نزدیکی کار نباشد چون جرقه‌های جوشکاری موجب آتش‌سوزی و احتراق می‌شود.

جدول وسایل کار

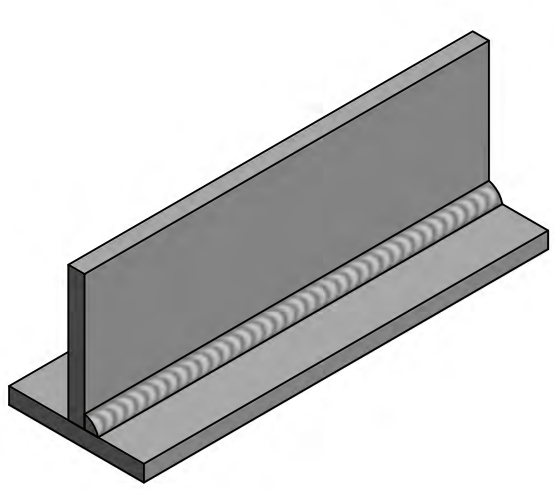
ردیف	ابزار و تجهیزات	تعداد	مشخصات
۱	کابل‌های دستگاه	۲	با طول ۳ متر
۲	انبر قطعه‌گیر	۱	استاندارد
۳	چکش معمولی	۱	۳۰۰ گرمی
۴	برس	۱	با سیم فولادی
۵	چکش جوش	۱	معمولی
۶	الکترود	به تعداد کافی	۳/۲۵
۷	سنبه‌نشان	۱	کوچک
۸	دستگاه جوشکاری	۱	تا ۳۰۰ آمپر

جدول وسایل ایمنی

ردیف	وسایل ایمنی	تعداد	مشخصات
۱	ماسک	۱	کلاهی
۲	عینک محافظ	۱	با شیشه سفید
۳	دست‌کش	۱ جفت	چرمی
۴	لباس کار	۱ دست	مناسب بدن
۵	پیش‌بند	۱	چرمی
۶	کفش ایمنی	۱ جفت	مناسب اندازه پا
۷	ساق بند	۱ جفت	چرمی

دستور العمل جوشکاری درز گلویی در یک پاس

کار شماره ۱۲

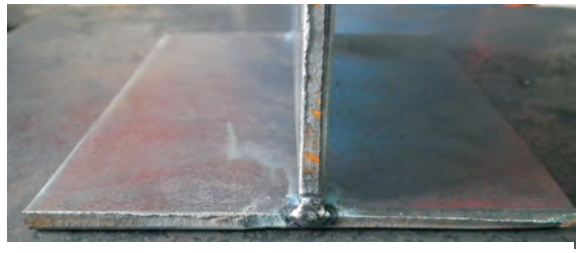


جوشـکاری اگر در اتصال T شـکل بدون پخ‌سـازی انجام شود در ردیـف جوش ماهیچـه‌ای قرار دارد کـه در کارهـای مختلف صنعتی کاربرد دارد. مطابق شکل.

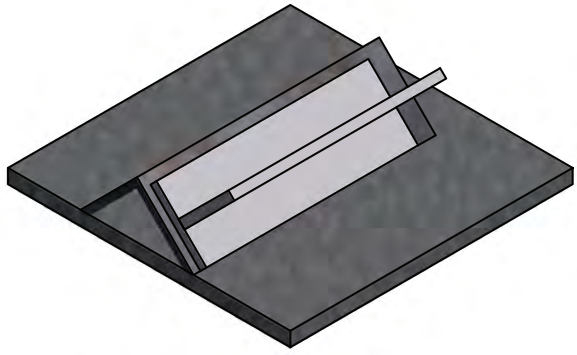
مراحل زیر را به ترتیب و با آرامش کامل اجرا کنید:

۱- وسائل ایمنی و ابزار کار را تدارک دیده و قطعات را تهیه کنید.

۲- دسـتگاه جـوش را راه‌اندازی کنیـد و آمپـر را ۱۲۰-۱۱۰ تنظیم نمایید.



۳- دو قطعه را با زاویه ۹۰ درجه روی هم قرار دهید، ثابت نگهداشـته و هر دو طرف اتصال را خال‌جوش کنید.

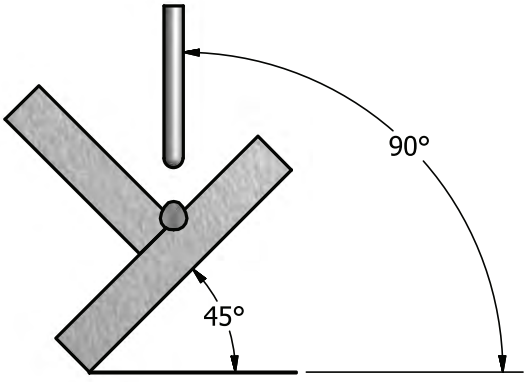


۴- با استفاده از یک نبشی ۴×۴، قطعه کار را روی میز کار قرار دهید تا کار در وضعیت IF باشد.

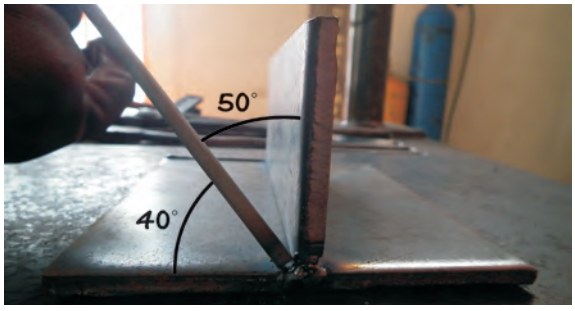
نکته مهم

استقرار قطعه کار روی نبشی باعث می‌شود تا تسلط جوشکار برای جوشکاری و حرکت الکترود آسان‌تر شود و جوشکاری در وضعیت سطحی انجام شود.

۵- الکترود را عمود بر فصل مشترک دو قطعه کار تنظیم نمایید و ۲۰-۱۰ درجه در جهت مسیر حرکت پیشروی الکترود را خم کنید. از ابتدای قطعه کار جوش ماهیچه‌ای با ساق ۶ میلی‌متر ایجاد کنید و تا پایان خط جوش این وضعیت کنترل و حفظ شود.



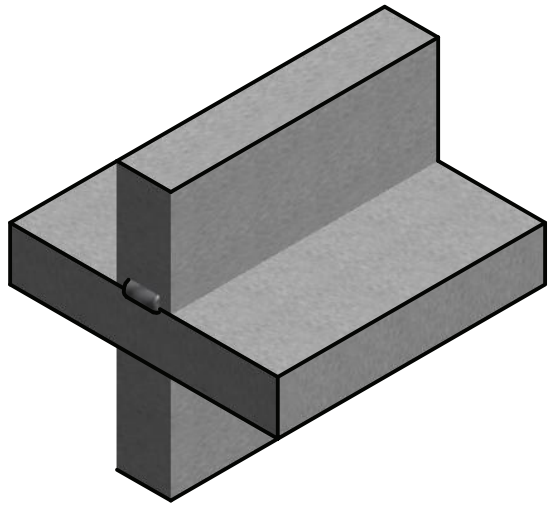
۶- چنان‌چه لازم باشد که الکترود را تعویض کنید باید انتهای خط جوش را از شلاکه پاک کرده و کمی عقب‌تر قوس ایجاد کرده و به انتهای خط جوش آمده سپس جوشکاری را مانند قبل ادامه دهید.



۷- طرف دوم اتصال را بدون استفاده از زیرکاری در حالت افقی با توجه به زوایای داده شده در شکل در وضعیت 2F جوشکاری کنید.

۸- پس از اتمام جوشــکاری با اســتفاده از چکش مخصوص و برس سیمی، گرده جوش را از سرباره پاک نمایید و جهت بررسی به هنرآموز نشان دهید.

۹- برای دستیابی به مهارت بیشتر، با استفاده از یک قطعه‌ی ۶×۵۰×۱۵۰ و خال‌جوش، قطعه کار را به صورت × درآورید و دو گوشــه‌ی ایجاد شده را با آمپر بیش از میزان قبلی (یعنی ۱۱۵-۱۱۰ آمپر) جوشکاری کنید.

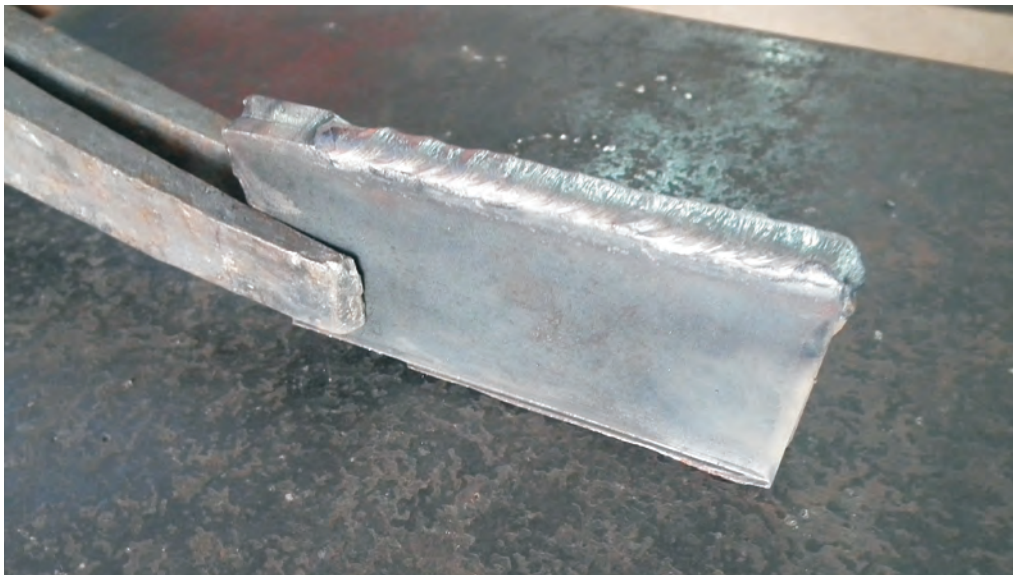


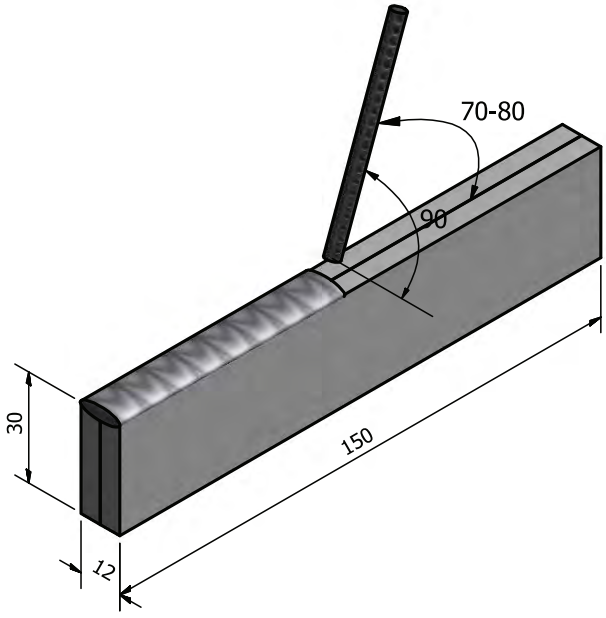
توجه

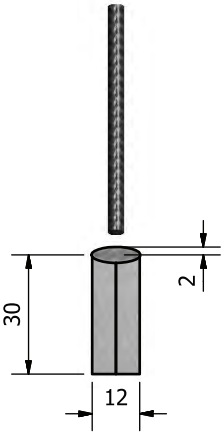
در کناره جوش باید خوردگی ایجاد نشــود و اندازه ساق جوش در حدود ۶ میلی‌متر باشد.

۱۰- در پایان دســتگاه را خاموش کنید و سپس وسائل و محل کار را تمیز کنید و در صورت لزوم وسائل را به انبار تحویل دهید.

کار عملی شماره‌ی ۱۳







	فولاد معمولی	۲	St ۳۷	۱۵۰×۳۰×۶	
شماره	مشخصات قطعه کار	تعداد	جنس	اندازه‌ی قطعه	ملاحظات
مقیاس ۱:۱	نام قطعه کار: قطعه تمرینی				شماره‌ی نقشه
تولرانس خشن	هدف‌های آموزشی: توانایی در جوشکاری اتصال پیشانی				مدت:

نکات ایمنی در کار عملی شماره ۱۳

- برای خال جوش زدن از انبر قطعه‌گیر استفاده کنید.
- قطعه را روی میز کار با خال جوش به هم متصل کنید.
- دقت کنید موقع کار هواکش‌ها روشن باشد. (در حال کار باشد)

جدول وسایل کار

ردیف	ابزار و تجهیزات	تعداد	مشخصات
۱	کابل‌های دستگاه	۲	با طول ۳ متر
۲	انبر قطعه‌گیر	۱	استاندارد
۳	چکش معمولی	۱	۳۰۰ گرمی
۴	برس	۱	با سیم فولادی
۵	چکش جوش	۱	معمولی
۶	الکترود	به تعداد کافی	۳/۲۵
۷	سنبه‌نشان	۱	کوچک
۸	دستگاه جوشکاری	۱	تا ۳۰۰ آمپر

جدول وسایل ایمنی

ردیف	وسایل ایمنی	تعداد	مشخصات
۱	ماسک	۱	کلاهی
۲	عینک محافظ	۱	با شیشه سفید
۳	دست‌کش	۱ جفت	چرمی
۴	لباس کار	۱ دست	مناسب بدن
۵	پیش‌بند	۱	چرمی
۶	کفش ایمنی	۱ جفت	مناسب اندازه پا
۷	ساق بند	۱ جفت	چرمی

دستورالعمل جوشکاری لبه‌ای (پیشانی)

کار شماره ۱۳

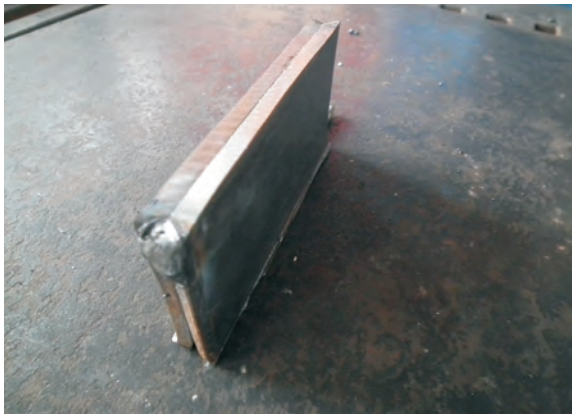
با رعایت نکات ایمنی مراحل زیر را به ترتیب اجرا کنید:

۱- وسائل ایمنی و ابزار کار را از انبار تحویل بگیرید.

۲- قطعات را مطابق شکل کنار هم قرار دهید.

۳- دستگاه را راه‌اندازی و آمپر مناسب را تنظیم کنید.

۴- دو سر قطعه را مطابق شکل به قطر ۵ میلی‌متر خال جوش کنید.



۵- قطعه را در حالت سطحی روی میز کار قرار دهید.

۶- هر دو طرف کار، گرده جوش خطی ساده ایجاد کنید.

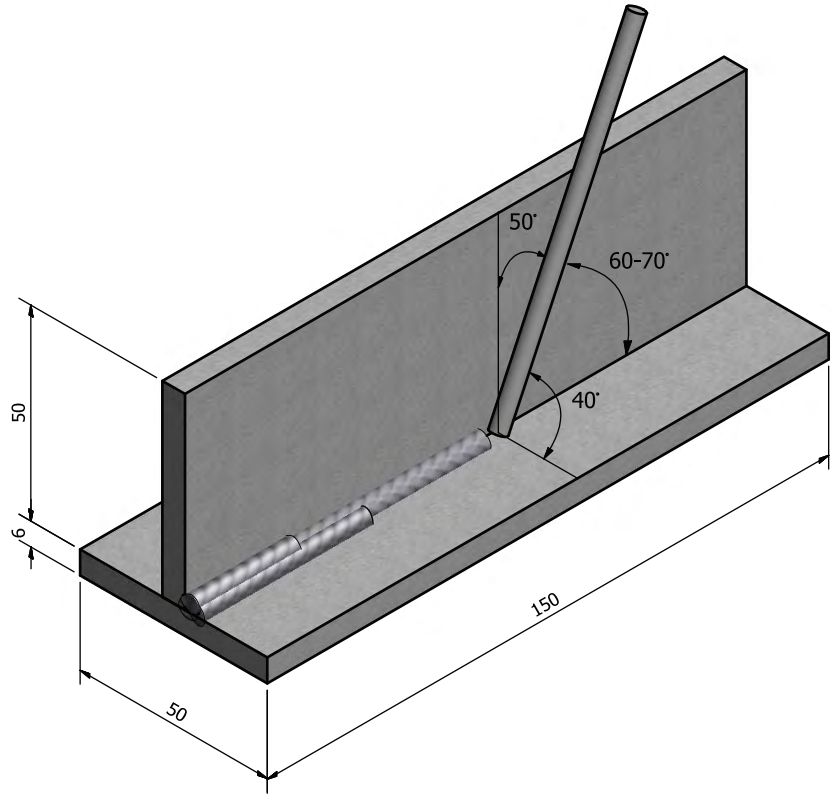
۷- گرده جوش باید کمی برجستگی داشته و تا لبه‌ی قطعه کار را پر کند.

۸- گرده جوش حاصل را از شلاکه پاک کرده و برس بزنید.

۹- طـرف دوم کار را بعـد از نظرخواهـی و اسـتفاده از راهنمایـی هنرآموزتان جوش دهید.

۱۰- در پایان دسـتگاه را خاموش کنید، وسایل و ابزار را جمع‌آوری کـرده، محل کار را کاملاً تمیز کنید و ابزار و وسـایل را به انبار تحویل دهید.

کار عملی شماره‌ی ۱۴



	فولاد معمولی	۳	St ۳۷	۱۵۰×۵۰×۸	
شماره	مشخصات قطعه کار	تعداد	جنس	اندازه‌ی قطعه	ملاحظات
مقیاس ۱:۱	نام قطعه کار: قطعه تمرینی				شماره‌ی نقشه
تولرانس خشن	هدف‌های آموزشی: توانایی اجرای جوشکاری سه‌پری در سه پاس				مدت:

نکات ایمنی در کار عملی شماره ۱۴

- دستکش لاستیکی برای جوشکاری مناسب نیست هیچ‌گاه از آن در جوشکاری استفاده نشود.
- برای خنک کردن انبر جوشکاری از آب استفاده نشود.
- ماسک جوشکاری باید تا زیر چانه را بپوشاند تا به پوست صورت آسیب نرسد.
- یقه لباس را موقع جوشکاری بسته نگاه دارید.

جدول وسایل کار

ردیف	ابزار و تجهیزات	تعداد	مشخصات
۱	کابل‌های دستگاه	۲	با طول ۳ متر
۲	انبر قطعه‌گیر	۱	استاندارد
۳	چکش معمولی	۱	۳۰۰ گرمی
۴	برس	۱	با سیم فولادی
۵	چکش جوش	۱	معمولی
۶	الکترود	به تعداد کافی	۳/۲۵
۷	سنبه‌نشان	۱	کوچک
۸	دستگاه جوشکاری	۱	تا ۳۰۰ آمپر

جدول وسایل ایمنی

ردیف	وسایل ایمنی	تعداد	مشخصات
۱	ماسک	۱	کلاهی
۲	عینک محافظ	۱	با شیشه سفید
۳	دست‌کش	۱ جفت	چرمی
۴	لباس کار	۱ دست	مناسب بدن
۵	پیش‌بند	۱	چرمی
۶	کفش ایمنی	۱ جفت	مناسب اندازه پا
۷	ساق بند	۱ جفت	چرمی

دستورالعمل جوشکاری درز گلویی در سه پاس با گرده ساده

کار شماره ۱۴

اطلاعات عمومی : اتصال سپری در صنایع ماسین‌سازی و سازه‌های فلزی کاربرد فراوانی دارد و چنان‌چه دو طرف اتصال جوش، ماهیچه‌ای یا نفوذ کامل اجرا شود اتصال دارای استحکام کافی خواهد بود.

مراحل انجام کار

۱- وسائل ایمنی و وسائل کار را از انبار تحویل بگیرید.

۲- قطعات کار را مطابق با نقشه آماده کنید.

۳- مطابق نقشه قطعات را روی هم به صورت ۹۰ درجه خال زده و روی میز کار قرار دهید.

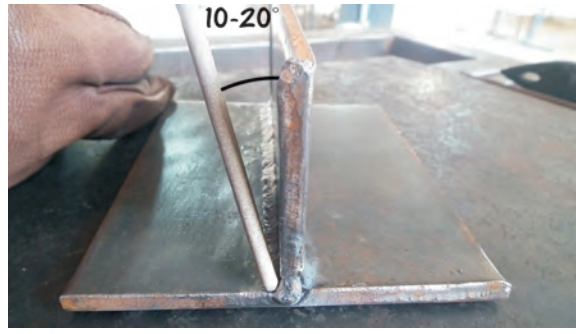
۴- دستگاه جوشکاری را راه‌اندازی کنید و با توجه به قطر الکترود مصرفی، آمپر را در محدوده ۱۱۰ تنظیم نمایید.

۵- با گونیای، زوایا را کنترل کنید و قطعات خال خورده را با چکش روی سندان کاملاً با هم جفت کنید و زوایا را مرتباً کنترل کنید.

۶- بـا توجه به زاویه‌ی الکترود در کار قبلی، پاس اول را جوش کاری کنید.

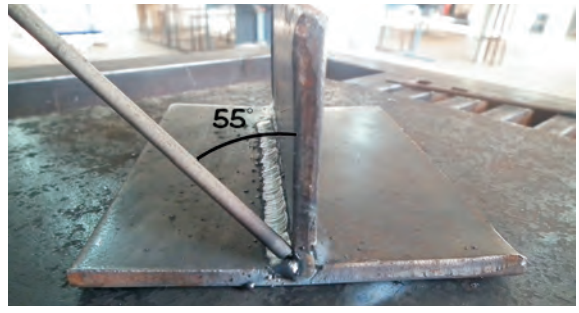
۷- با چکش و برس سرباره خط جوش را بردارید و تمیز کنید.

۸- پاس دوم را مطابق شکل مربوطه با زاویه‌ی الکترود در شکل داده شده جوشکاری کنید.



۹- با چکش و برس سرباره خط جوش را بردارید و پاک کنید.

۱۰- پـاس سـوم را مطابق زاویه‌ی الکترود که در شـکل داده شـده جوشکاری کنید.



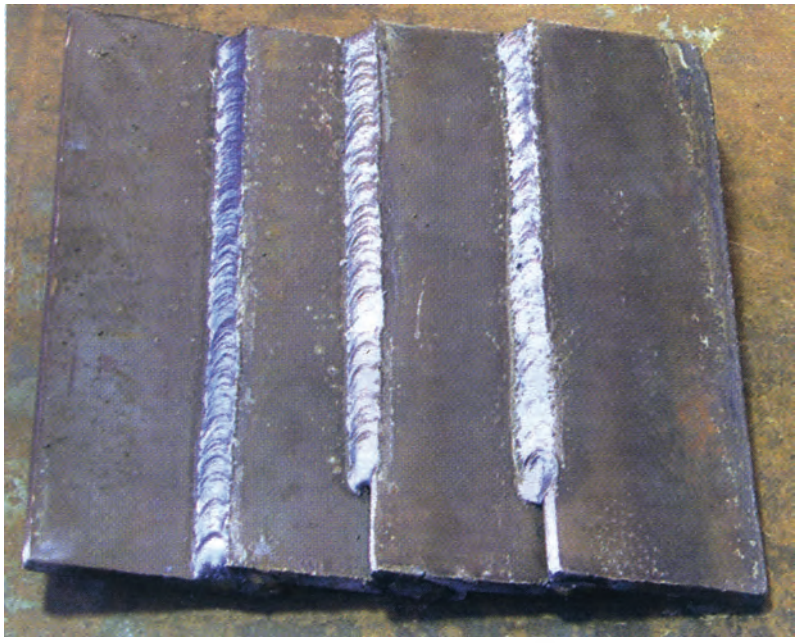
۱۱- با چکش و برس سرباره خط جوش را بردارید و پاک کنید.

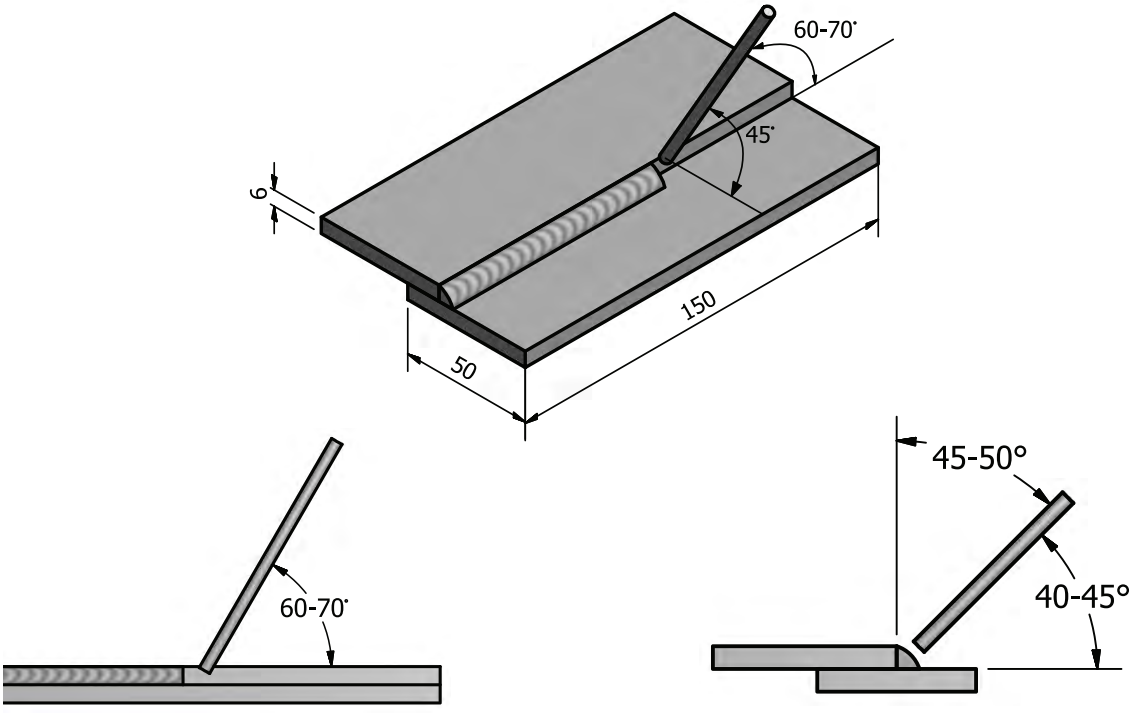
۱۲- طرف دیگر را مانند شـــکل به نحوی جوشکاری کنید که سر هر پاس در شکل مشخص باشد و کار در دو طرف کامل اجرا شود.

۱۳- قطعه کار جوشـــکاری شـــده را برای بررســـی بـــه هنرآموز خود تحویل دهید.

۱۴- در پایان دســـتگاه را خاموش کنید وسایل و ابزار را جمع‌آوری و محل کار را کاملاً تمیز کنید و وسایل و ابزار را به انبار تحویل دهید.

کار عملی شماره‌ی ۱۵





	فولاد معمولی	۳	St ۳۷	۱۵۰×۵۰×۶	
شماره	مشخصات قطعه کار	تعداد	جنس	اندازه‌ی قطعه	ملاحظات
مقیاس ۱:۱	نام قطعه کار: قطعه تمرینی				شماره‌ی نقشه
تولرانس خشن	هدف‌های آموزشی: توانایی جوشکاری اتصالات لب روی هم				مدت:

نکات ایمنی در کار عملی شماره ۱۵

- از لباس کار و کفش ایمنی مناسب و وسائل ایمنی سالم استفاده کنید.
- راه‌اندازی دینام جوش مطابق دستورالعمل انجام شود.
- گیره‌ی اتصال محکم به میز کار وصل باشد.

جدول وسایل کار

ردیف	ابزار و تجهیزات	تعداد	مشخصات
۱	کابل‌های دستگاه	۲	با طول ۳ متر
۲	انبر قطعه‌گیر	۱	استاندارد
۳	چکش معمولی	۱	۳۰۰ گرمی
۴	برس	۱	با سیم فولادی
۵	چکش جوش	۱	معمولی
۶	الکترود	به تعداد کافی	۳/۲۵
۷	سنبه‌نشان	۱	کوچک
۸	دستگاه جوشکاری	۱	تا ۳۰۰ آمپر

جدول وسایل ایمنی

ردیف	وسایل ایمنی	تعداد	مشخصات
۱	ماسک	۱	کلاهی
۲	عینک محافظ	۱	با شیشه سفید
۳	دست‌کش	۱ جفت	چرمی
۴	لباس کار	۱ دست	مناسب بدن
۵	پیش‌بند	۱	چرمی
۶	کفش ایمنی	۱ جفت	مناسب اندازه پا
۷	ساق بند	۱ جفت	چرمی

دستورالعمل جوشکاری لب روی هم در حالت سطحی

کار شماره ۱۵

اطلاعات عمومی: اتصالات لب روی هم در سازه‌های فلزی کاربرد فراوان دارد.

اتصال لب روی هم یک اتصال با صرفه‌ی اقتصادی است و نیاز به آماده‌سازی ندارد.

چنان‌چه پشت و روی اتصال (در دو طرف) جوشکاری شود یک اتصال محکم به وجود می‌آید. قطعات با ضخامت بیشتر با چند پاس جوشکاری می‌شود.

تکنیک جوشکاری: جوشکاری اتصالات لب روی هم نباید با آمپر خیلی زیاد انجام شود.

عمق ذوب باید در ریشه‌ی اتصال باشد و دو قطعه با هم ذوب شوند.

خط ذوب باید مستقیم باشد و لبه‌ی قطعه‌ی بالایی تغییر فرم زیادی ندهد. چنان‌چه سرعت جوشکاری کم باشد مقدار رسوب بیش از اندازه شده و باعث ایجاد تنش در جوش می‌شود.

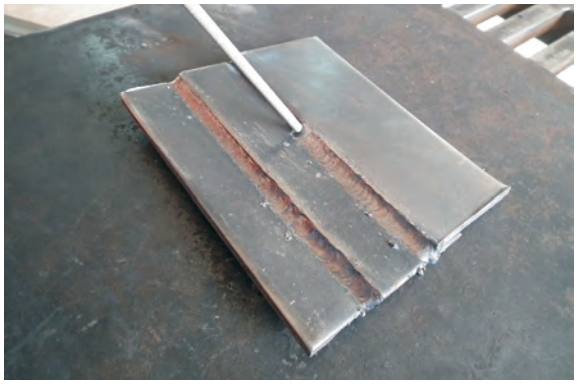
مراحل اجرای کار

۱- وسائل لازم از انبال تحویل گرفته و آماده کار شوید.

۲- از تسمه‌ی آهن ۶×۴۰ میلی‌متر به طول ۱۵۰ میلی‌متر دو عدد ببُرید و لبه‌های کار را صاف و پلیسه‌ها را برطرف کنید.

۳- دستگاه جوش را راه‌اندازی کنید طبق دستورالعمل در صورتی که از رکتی‌فایر یا دینام استفاده می‌کنید کابل انبر را به قطب منفی دستگاه وصل کنید.

۴- قطعات را در محدوده‌ی ۲۵ میلی‌متر روی هم قرار دهید و چهار طرف قطعات را خال جوش بزنید.



۵- قطعات را مطابق شکل جوشکاری نمایید. به زوایای الکترود توجه کنید؛ جوش باید گوشه را کاملاً پر کند.

نکته مهم

حالت الکترود مطابق شـــکل با زوایای داده شده نسبت به قطعه کار خواهد بود.

۶- طرف دوم قطعات کار را مانند طرف اول جوشکاری کنید.

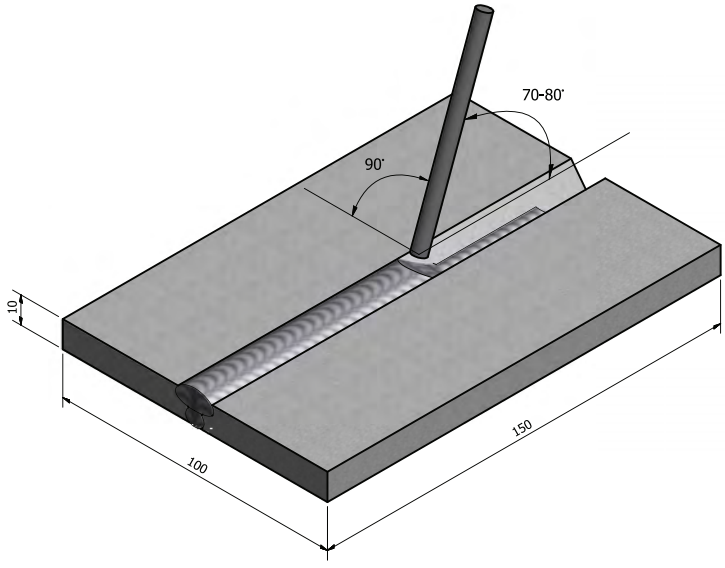
۷- قطعه کار جوشـــکاری شـــده را برای بررســـی به هنرآموز تحویل دهید.

۸- برای کســـب مهارت بیشتر، هر ســـه قطعه کار را به هم خال‌جوش زده و جوشکاری کنید.

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود گرده جوش‌ها کاملاً لبه قطعه رویی را در بر گرفته در حالی که لبه‌ها دچار سوختگی نشده است.

۹- در پایان دســـتگاه را خاموش کنید، وســـایل و ابزار را جمع‌آوری کرده، محل کار را کاملاً تمیز کنید و وســـایل و ابزارها را به انبار تحویل دهید.

کار عملی شماره‌ی۱۶



	فولاد معمولی	۲	St ۳۷	۱۵۰×۵۰×۱۰	
شماره	مشخصات قطعه کار	تعداد	جنس	اندازه‌ی قطعه	ملاحظات
مقیاس ۱:۱	نام قطعه کار: قطعه تمرینی				شماره‌ی نقشه
تولرانس خشن	هدف‌های آموزشی: توانایی در جوشکاری قطعات به صورت لب به لب				مدت:

نکات ایمنی در کار عملی شماره ۱۶

- جوشکار باید از کفش ایمنی مخصوص استفاده کند.
- لباس کار نباید دارای جیب درباز باشد.
- شلوار جوشکار باید دارای دمپایی ساده و بدون برگردان باشد.

جدول وسایل کار

ردیف	ابزار و تجهیزات	تعداد	مشخصات
۱	کابل‌های دستگاه	۲	با طول ۳ متر
۲	انبر قطعه‌گیر	۱	استاندارد
۳	چکش معمولی	۱	۳۰۰ گرمی
۴	برس	۱	با سیم فولادی
۵	گونیا فلزی	۱	۱۵ سانتی
۶	دستگاه جوشکاری	۱	تا ۳۰۰ آمپر
۷	الکترود	مورد نیاز	E۶۰۱۳ قطر ۳/۲۵

جدول وسایل ایمنی

ردیف	وسایل ایمنی	تعداد	مشخصات
۱	ماسک	۱	کلاهی
۲	عینک محافظ	۱	با شیشه سفید
۳	دست‌کش	۱ جفت	چرمی
۴	لباس کار	۱ دست	مناسب بدن
۵	پیش‌بند	۱	چرمی
۶	کفش ایمنی	۱ جفت	مناسب اندازه پا
۷	ساق بند	۱ جفت	چرمی

دستورالعمل جوشکاری قطعات به صورت لب به لب با پخ جناغی

کار شماره ۱۶

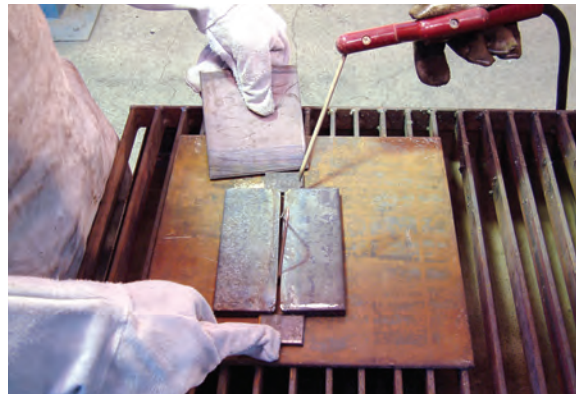
مراحل انجام کار

۱- قطعات و وسائل کار را از انبار تحویل بگیرید و آماده کنید.

۲- قطعات را روی یک صفحه فولادی صاف قرار دهید.

۳- با قراردادن سیم ∅ = ۳mm در بین دو قطعه کار، فاصله قطعات را تنظیم کنید.

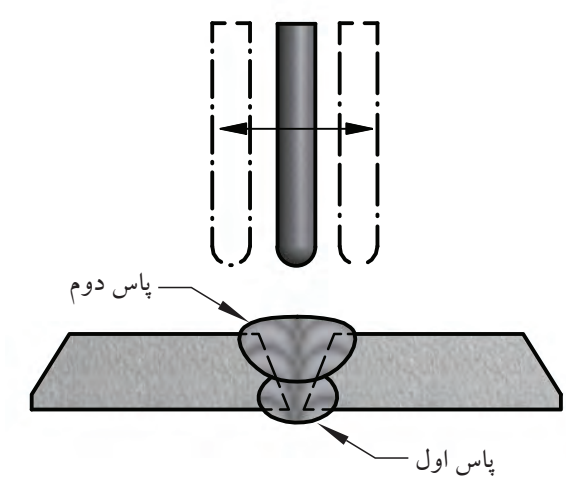
۴- در دو طرف کار تسمه فولادی به ابعاد ۳×۲۰×۴۰ جوش دهید. (به عنوان سربند و ته بند، برای شروع و خاتمه جوشکاری). و در صورت بلند بودن طول کار در وسط کار لقمه های مناسب قرار داده و از یک طرف آنها را به کار جوش دهید.



۵- با استفاده از گونیا هم راستا بودن قطعات را کنترل کنید و در صورت لزوم با چکش روی سندان قطعات کار را میزان کنید.

۶- پاس اول را با الکترود ۳/۲۵ و آمپر مناسب جوش دهید موقع جوشکاری زیر درز باید خالی باشد تا جوش نفوذ کند.

۷- کار را کاملاً از سرباره و دوده با چکش و برس سیمی پاک کنید.



۸- پـاس دوم با حرکت رفت و برگشـت (زیکزاک) مطابق شـکل خواهد بود.

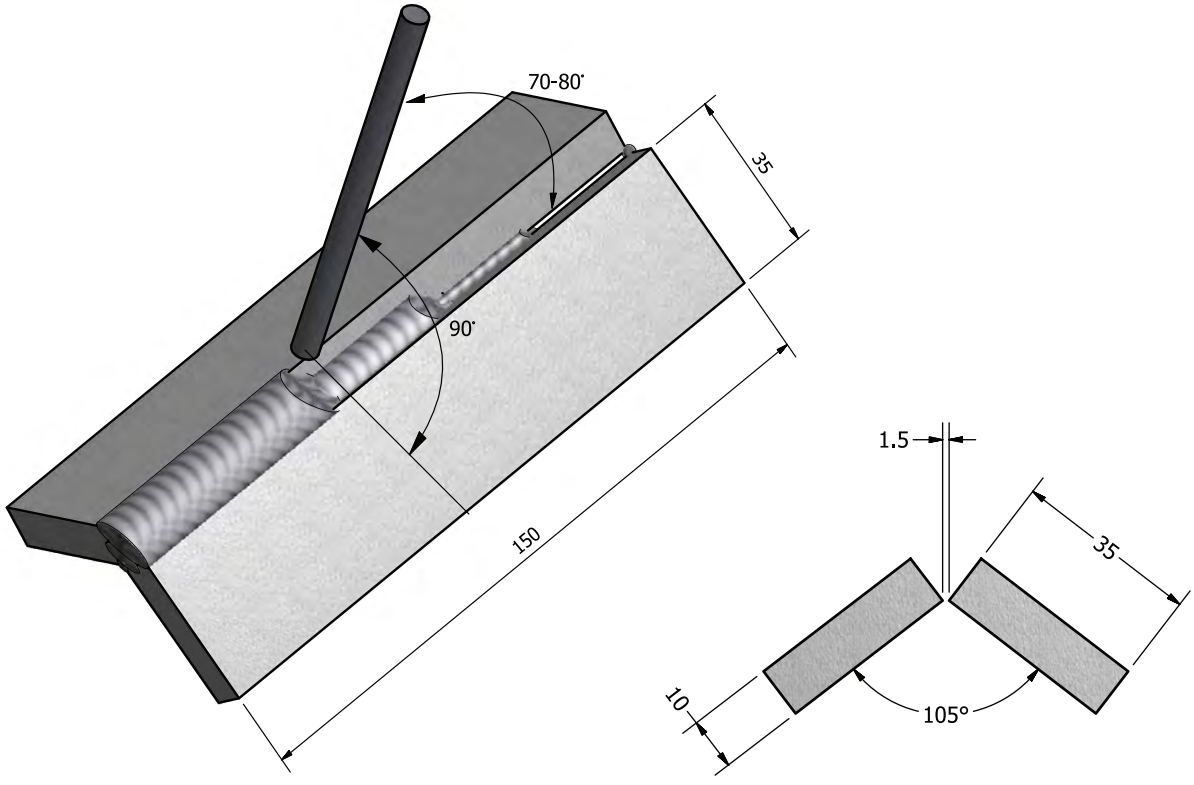
توجه داشته باشید لحظات توقف در حرکت رفت و برگشتی برای پر شدن کناره جوش فراموش نشود.

۹ - در جوشـکاری پاس سـوم حرکت رفت و برگشـتی الکترود و لحظات توقف بیشتر است.

۱۰- تسـمه‌ها را از کار جدا کنید و کار را از جرقه‌ها و سـرباره پاک کنید و برس بزنید و به مربی خود تحویل دهید.

۱۱- در پایان دسـتگاه را خاموش کنید و وسایل و ابزار را جمع‌آوری و محل کار را تمیز و وسایل و ابزار را به انبار تحویل دهید.

کار عملی شماره‌ی ۱۷



	فولاد معمولی	۲	St ۳۷	۱۵۰×۳۵×۱۰	
شماره	مشخصات قطعه کار	تعداد	جنس	اندازه‌ی قطعه	ملاحظات
مقیاس ۱:۱	نام قطعه کار: قطعه تمرینی				شماره‌ی نقشه
تولرانس خشن	هدف‌های آموزشی: توانایی جوشکاری زاویه‌ی خارجی با ریشه‌ی باز				مدت:

نکات ایمنی در کار عملی شماره ۱۷

- حتی‌المقدور کابل جوشکاری باید کوتاه و مناسب باشد که باعث افت ولتاژ نشود و دست و پاگیر هم نباشد.
- زمانی که برای ایجاد قوس اقدام می‌کنید، اطرافیان را با خبر سازید تا اشعه‌های جوشکاری به آن‌ها آسیب نرساند.

جدول وسایل کار

ردیف	ابزار و تجهیزات	تعداد	مشخصات
۱	کابل‌های دستگاه	۲	با طول ۳ متر
۲	انبر قطعه‌گیر	۱	استاندارد
۳	چکش معمولی	۱	۳۰۰ گرمی
۴	برس	۱	با سیم فولادی
۵	گونیا ۴۵	۱	۱۵ سانتی
۶	گونیا ۶۰	۱	۱۵ سانتی
۷	دستگاه جوشکاری	۱	تا ۳۰۰ آمپر
۸	چکش جوش	۱	با سیم فولادی
۹	الکترود	مورد نیاز	E۶۰۱۳ قطر ۳/۲۵
۱۰	دستگاه جوشکاری	۱	تا ۳۰۰ آمپر

جدول وسایل ایمنی

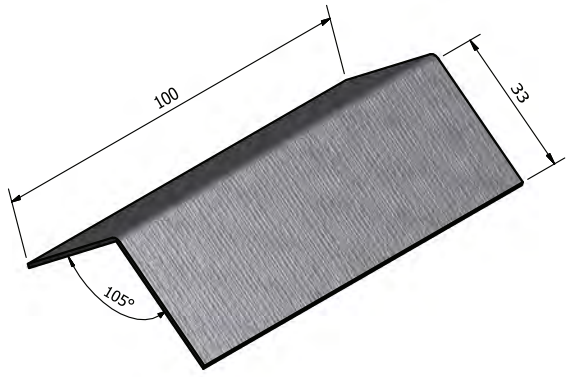
ردیف	وسایل ایمنی	تعداد	مشخصات
۱	ماسک	۱	کلاهی
۲	عینک محافظ	۱	با شیشه سفید
۳	دست‌کش	۱ جفت	چرمی
۴	لباس کار	۱ دست	مناسب بدن
۵	پیش‌بند	۱	چرمی
۶	کفش ایمنی	۱ جفت	مناسب اندازه پا
۷	ساق بند	۱ جفت	چرمی

دستورالعمل جوشکاری زاویه‌ی خارجی

مراحل انجام کار

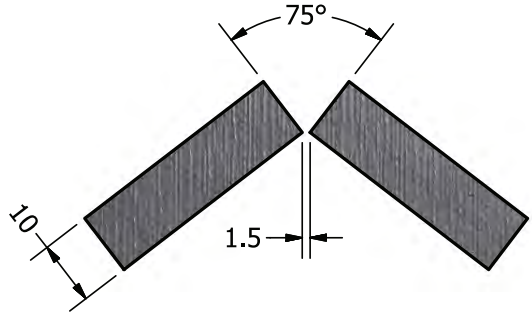
۱- دو قطعه به ابعاد ۱۰×۳۵×۱۵۰ را آماده کنید و با سوهان پلیسه گیری کنید.

۲- بـرای زیرکاری موقـع خال‌جوش زدن طبق شـکل از ورق یک میلی‌متـری به ابعاد ۷۰×۱۰۰ بریده و خمکاری کنید. زاویه‌ی ۱۰۵ درجه می‌توان با دو گونیا (۶۰+۴۵) به دست می‌آید.



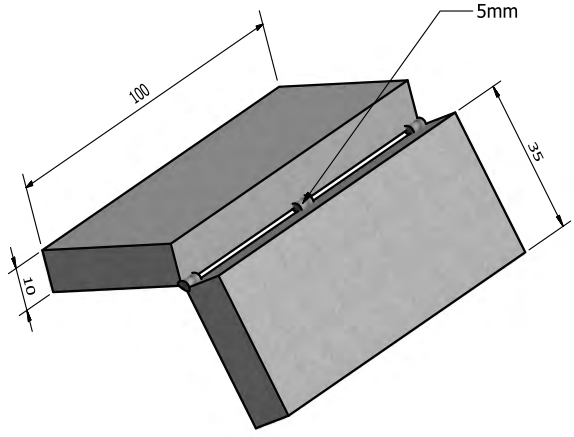
۳- از سیم جوش گاز یا ورق ۱/۵ میلی‌متری الکترود ∅ = ۱/۵ برای تنظیم فاصله‌ی ریشه‌ی قطعات استفاده کنید.

۴- دستگاه جوش را برای جوشکاری با آمپر ۱۰۰ راه‌اندازی کنید.



۵- قطعات را در سه نقطه، ابتدا، انتها و سپس وسط اتصال خال‌جوش بزنید.

۶- پـس از خال‌جوش زدن زاویه قطعات نسـبت به هـم را کنترل و اصلاح کنید.

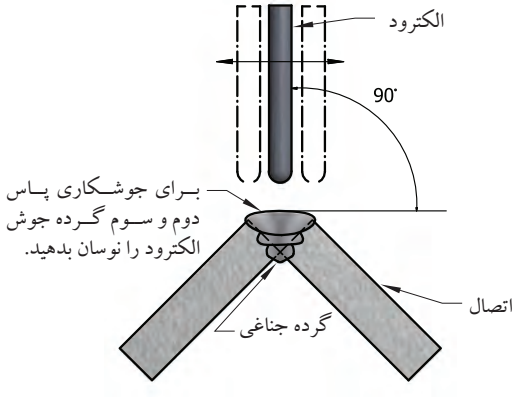


۷- اتصال خال‌جوش شـــده را با الکترود ۳/۲۵ جوشکاری کنید آمپر در محدوده‌ی ۱۰۰ آمپر حدود ۱۰ درصد کمتر از معمول.

۸- توجه داشـــته باشید لبه‌های کار نسوزد در صورت لزوم آمپر را کم کنید و یا سرعت پیشروی را زیاد کنید.

۹- گرده جوش باید در طرف پشـــت کار نفوذ مناســـب داشـــته باشد (سوختگی و نفوذ کم مناسب نیست).

۱۰- خـــط جوش را از ســـربارہ پـــاک کنید و پاس دوم و ســـوم را با آمپر ۱۱۰ جوشـــکاری کنید حرکت الکترود در پاس دوم و سوم نوسانی است و نباید از لبه‌ی کار خارج شود.



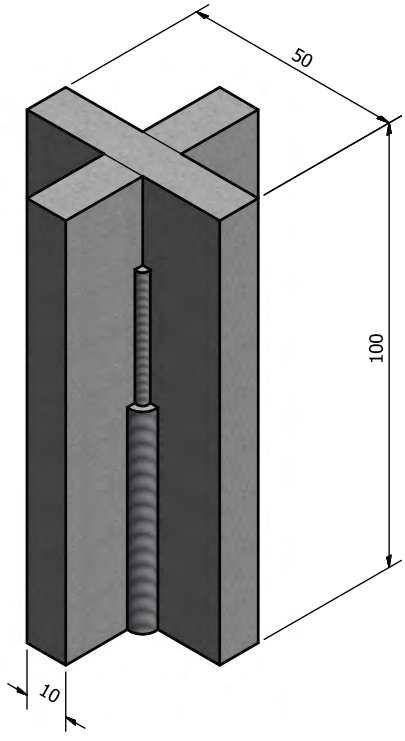
۱۱- پس از هر پاس جوشکاری کار را برس بزنید و سرباره‌ها را کاملاً پاک کنید.

۱۲- کار را جهت بررسی به هنرآموز تحویل دهید.

۱۳- از پشت کار با راهنمایی هنرآموز جهت تمرین جوش سپری استفاده کنید و یا با اضافه کردن کردن یک قطعه به صورت N اتصال جدید را جوشکاری کنید.

۱۴- در پایان دستگاه را خاموش، وسایل را جمع‌آوری و محل کار را کاملاً تمیز کنید و ابزار وسایل را به انبار تحویل دهید.

کار عملی شماره‌ی ۱۸



	فولاد معمولی	۲	St ۳۷	۱۵۰×۵۰×۱۰	
شماره	مشخصات قطعه کار	تعداد	جنس	اندازه‌ی قطعه	ملاحظات
مقیاس ۱:۱	نام قطعه کار: قطعه تمرینی				شماره‌ی نقشه
تولرانس خشن	هدف‌های آموزشی: جوشکاری سپری در سه پاس از پایین به بالا				مدت:

نکات ایمنی در کار عملی شماره ۱۸

موقع جوشکاری در وضعیت عمودی به نکات زیر توجه کنید.

- از وسائل کامل ایمنی فردی و مقنعه استفاده کنید.
- لباس نخی که جیب درباز نداشته باشد بپوشید.
- توجه کنید جرقه‌های جوشکاری مشکل ایجاد نکند.

جدول وسایل کار

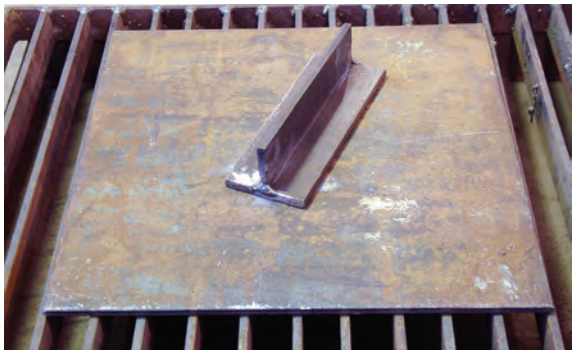
ردیف	ابزار و تجهیزات	تعداد	مشخصات
۱	کابل‌های دستگاه	۲	با طول ۳ متر
۲	انبر قطعه‌گیر	۱	استاندارد
۳	چکش معمولی	۱	۳۰۰ گرمی
۴	برس	۱	با سیم فولادی
۵	گونیا فلزی	۱	۱۵ سانتی
۶	دستگاه جوشکاری	۱	تا ۳۰۰ آمپر

جدول وسایل ایمنی

ردیف	وسایل ایمنی	تعداد	مشخصات
۱	ماسک	۱	کلاهی
۲	عینک محافظ	۱	با شیشه سفید
۳	دست‌کش	۱ جفت	چرمی
۴	لباس کار	۱ دست	مناسب بدن
۵	پیش‌بند	۱	چرمی
۶	ساق‌بند	۱ جفت	چرمی
۷	ساق بند	۱ جفت	معمولی

دستور العمل جوشکاری قطعات سه‌پری در وضعیت عمودی و سربالا

کار شماره ۱۸

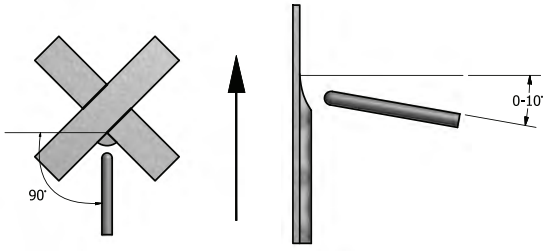


مراحل انجام کار

۱- ابتدا وسائل را آماده کنید سپس قطعات را تهیه و پلیسه‌گیری کنید و قطعات را مطابق شکل روی هم قرار دهید.

۲- قطعـات را خال جوش بزنیـد و در صورت لزوم با چکش قطعات را به هم بچسبانید.

۳- کار را به طور عمودی در ارتفاع مناسـب اسـتقرار دهید و محکم کنید.



۴- مطابق تصویر و با توجه به زاویه الکترود پاس نفوذی را با حرکت زیکزاک جوشـکاری کنید. توجه کنید الکترود فصل مشترک دو قطعه را خوب ذوب کند.

۵- با چکش و برس سـیمی سـرباره را از جوش جـدا کرده و پاک کنید.

پاس دوم را مطابق شـکل جوش دهیـد. در کناره‌ها کمی مکث لازم است . توجه کنید که باید طول قوس کوتاه و الکترود نزدیک به دیواره‌ها ذوب شود.

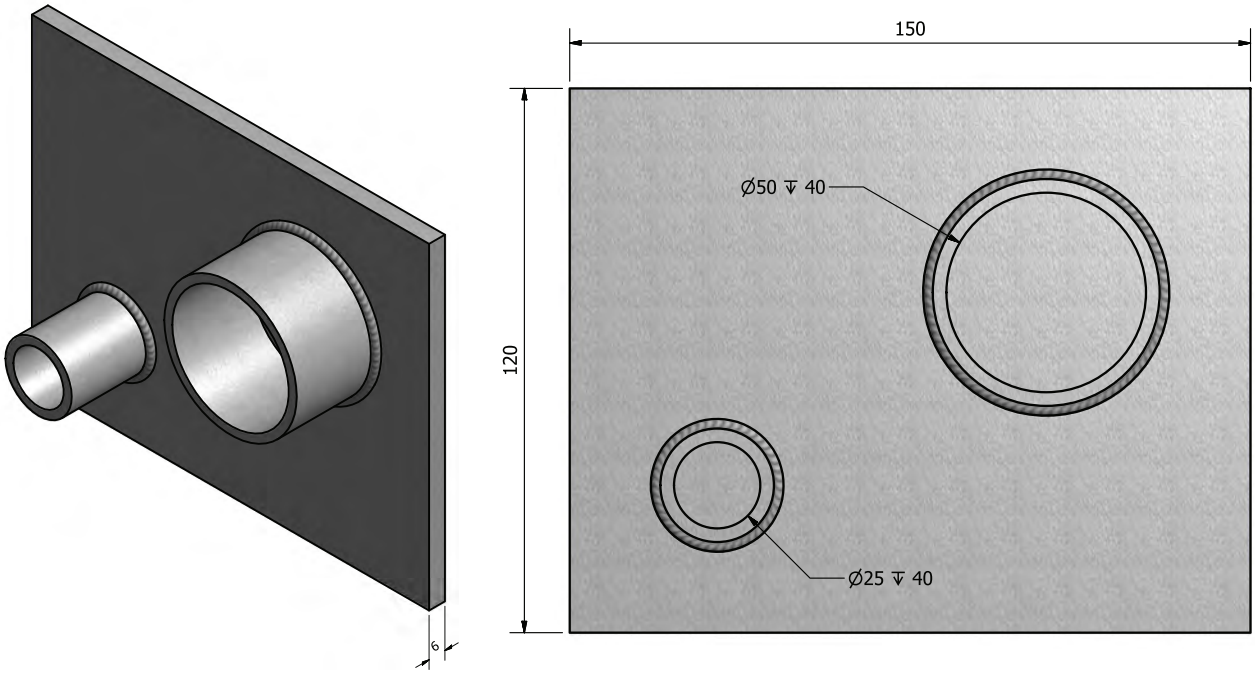
۶- چون پاس دوم به پاس گرم معروف است آمپر را کمی زیاد کنید تا پاس دوم، پاس اول را گرم کرده و فلز جوش پاس اول و دوم با هم و آرام سرد شوند تا ریشه جوش سختی زیادی نداشته باشد.

۷- پاس سوم را با حرکت رفت و برگشت الکترود و با مکث در کناره‌ها اجرا کنید.

۸- کار را برس زده و جهت بررسی به هنرآموز خود نشان دهید از پشت قطعه و طرف دیگر اتصال برای تمرین بیشتر استفاده کنید.

۹- در پایان نسبت به تمیز کاری و جمع‌آوری وسائل و محل کار اقدام کنید.

کار عملی شماره‌ی ۱۹



		۱	St ۳۷	∅ = 25 ,L=40	
		۱	St ۳۷	∅ = 50 ,L=40	
	فولاد معمولی	۱	St ۳۷	۱۵۰×۱۲۰×۶	
شماره	مشخصات قطعه کار	تعداد	جنس	اندازه‌ی قطعه	ملاحظات
مقیاس ۱:۱	نام قطعه کار: قطعه تمرینی				شماره‌ی نقشه
تولرانس خشن	هدف‌های آموزشی: جوشکاری لوله فولادی روی ورق فولادی				مدت:

نکات ایمنی در کار عملی شماره ۱۹

- قطعه کار را محکم به گیره ببندید و هنگام استفاده از سنگ سنباده فیبری به نکات ایمنی توجه زیادی داشته باشید.
- مواظف باشید جرقه‌های سنگ به افراد آسیب نرساند و موجب آتش‌سوزی نشود.
- استفاده از عینک مناسب سنگ‌زنی الزامی است.

ردیف	ابزار و تجهیزات	تعداد	مشخصات
۱	کابل‌های دستگاه	۲	با طول ۳ متر
۲	انبر قطعه‌گیر	۱	استاندارد
۳	چکش معمولی	۱	۳۰۰ گرمی
۴	برس	۱	با سیم فولادی
۵	گونیا فلزی	۱	۱۵ سانتی
۶	سوزن خط‌کش	۱	معمول
۷	دستگاه جوشکاری	۱	تا ۳۰۰ آمپر

جدول وسایل ایمنی

ردیف	وسایل ایمنی	تعداد	مشخصات
۱	ماسک	۱	کلاهی
۲	عینک محافظ	۱	با شیشه سفید
۳	دست‌کش	۱ جفت	چرمی
۴	لباس کار	۱ دست	مناسب بدن
۵	پیش‌بند	۱	چرمی
۶	کفش ایمنی	۱ جفت	مناسب اندازه پا
۷	ساق بند	۱ جفت	چرمی
۸	سربند	۱	معمولی
۹	کلاه	۱	ساده
۱۰	آستین	۱ جفت	چرمی

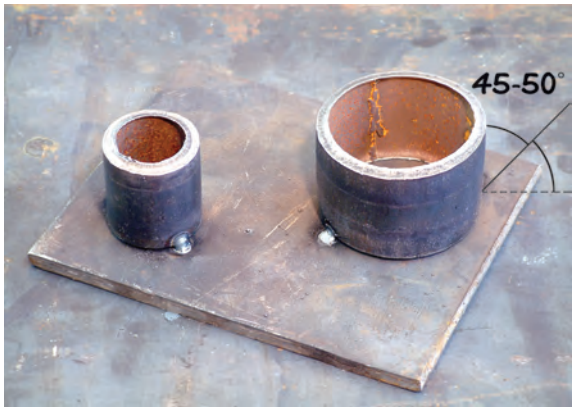
دستور العمل اجرای جوشکاری لوله به ورق

کار شماره ۱۹

مراحل انجام کار

۱- قطعات کار و وسائل لازم را آماده کنید.

۲- مطابق نقشه قطعات را روی هم به صورت ۹۰ درجه خال جوش زده و سپس بر روی میز کار قرار دهید.



۳- دستگاه جوشکاری را راه‌اندازی کنید و با توجه به قطر الکترود مصرفی و جدول آمپر را روی ۱۱۰ تنظیم نمایید.

۴- قطعه کار را از دو طرف خال‌جوش بزنید.

۵- قطعات خال خورده را با چکش روی سندان کاملاً با هم جفت کنید و زوایا مرتباً کنترل شود.

۶- با توجه به زاویه‌ی الکترود که در شکل مشاهده می کنید جوش کاری کنید.

تذکر مهم

در محل قطع و شروع مجدد ایجاد قوس، کاهش یا افزایش در اندازه و برجستگی گرده جوش مشاهده نشود.

۷- در هنگام جوشکاری زوایای الکترود دور تا دور لوله ثابت نگه دارید.

۸- با چکش و برس سرباره خط جوش را بردارید و تمیز کنید.

۹- قطعه کار جوشکاری شده را برای بررسی به هنرآموز خود تحویل دهید.

۱۰- در تصویر نمونه کار واقعی اتصال لوله به صفحه را ملاحظه می‌کنید.

۱۱- در پایان دستگاه را خاموش کنید وسایل و ابزار را جمع‌آوری و محل کار را کاملاً تمیز کنید و وسایل و ابزار را به انبار تحویل دهید.

پیوست‌ها

۱- جدول الکترود روپوش‌دار

فولادها استحکام بالا مطابق استاندارد، AWS، DIN، ISO

فولادهای زنگ‌نزن مقاوم بر حرارت طبق استاندارد AWS، ISI، DIN

۲- جدول معرفی حرف آخر که بعد از کُد الکترودها می‌آید.

۳- جداول انتخاب فلز پُرکننده و الکترود روپوش‌دار برای فولاد زنگ نزن اوستنیتی یا نگیر

۴-جداول درجه حرارت پیش‌گرمایی فولاد کربنی با استاندارد DIN و AISI و فولاد کربنی با استاندارد ASTM و نوع اتصال

۵- جدول انتخاب درجه حرارت و شرایط تنش‌زدایی فولادهای آلیاژی به غیر از فولادهای زنگ‌نزن

۶- جدول تأثیرات عملیات حرارتی پس‌گرمایی تنش‌زدایی روی فولادهای زنگ‌نزن

۷- جدول عملیات پس‌گرمایی برای چدن‌ها نشکن، خاکستری

۸- جدول مقادیر خیز در اثر تنش در قطعات جوشکاری شده

۹- فرم WPS و فرم کامل شده‌ی WPS

۱۰- واژه‌نامه

۱۱- منابع و مآخذ

کاربرد	درصد عناصر آلیاژی	شماره استاندارد AWS
برای قطعاتی که در درجات حرارت پائین باید به ضربه مقاوم باشند	دارای ۲/۵٪ کروم و۰/۵٪	E90XX-D1
برای لوله‌های فولادی در درجات حرارت بالا سرویس می‌دهند	دارای ۲/۵٪ کروم و۰/۱٪	E90XX-B2
برای سازه‌های فلزی استحکام بالا به کار می‌رود	دارای ۱٪ منگنز و۱/۵٪ نیکل و ۵/۲٪	E90XX-G

کاربرد	درصد عناصر آلیاژی	شماره استاندارد AWS
فولادهای دانه ریز کم آلیاژی با استحکام بالا	دارای ۱/۵٪ منگنز و ۱۵٪ نیکل مولیبدن	E100XX-D2
	کربن ماکزیمم ۱/۱۵٪ و مقدار منگنز ۱/۵۶٪ و مولیبدن ۰/۴۵٪	E100XX-G

AWS/ASME	DIN 8529	ISO 2060 3580	خصوصیات و موارد‌کاربرد
E12018-G	EY8953 Mn2NicrMoB	-	برای جوشکاری سخت قطعات که تحت سایش قرار دارند
E9018-B3	ECrMo2B20	E2rMoB20	برای جوشکاری لوله و مخازن نیروگاه و فولادهای فولادهای سمانته و بهسازی شده تا ۲٪ کرم مقاوم در خزش
E7018-A1	EMoB20	EMoB20	برای جوشکاری مخازن و لوله کشی در نیروگاه، صنایع سنگین و پتروشیمی
E8018-B2	ECrMo1B20	E1rMoB20	برای جوشکاری فولادهای مخزن سازی و مقاوم در خزش
E8018-G	EY5076 Mn1NiB	-	برای جوشکاری فولادهای کم آلیاژ منگنزدار
E10018-G	EY5076 Mn2NicrMoB	-	قابل استفاده در جوشکاری فولادهای منگنزدار
E7018-G	EY38651 NiCuB	-	الکترود قلیایی برای جوشکاری فولادهای ساختمانی ضخیم و مقاوم به‌خوردگی جوی.
E9018-G	ESY5576 Mn1NiMoBH5	-	الکترود قلیایی مناسب برای فولادهای دانه‌ریز با استحکام بالا و مقاوم در مقابل ترک.
E11018-M	EY38651 Mn2NicrMoB	-	الکترود قلیایی حاوی منگنز، کرم، نیکل، مولیبدن برای جوشکاری مخازن بزرگ حامل گاز مایع، قابل اطمینان در مقابل ترک.

جدول الکترودهایی برای جوشکاری فولادهای ضدزنگ و مقاومت به حرارت			
AWS/ASME	DIN 8556	ISO 3581	خصوصیات و موارد کاربرد
E410-15	E13B20	E13B20	برای جوشـکاری اتصالی فولادهای مارتنزیتی، فریتی با ۱۲ تا ۱۴ درصد کرم، ایجاد لهیه‌ی روکشـی سخت و مقاومت در سایش و حرارت و پوسته شدن.
E310-15	E2520B20	E2520B20	برای جوشـکاری اتصالی و روکشی سخت در فولادهای مقاومت در حرارت با ۲۵ درصد نیکل.
E308L-16	E199LR26	E199LR26	الکتـرود روتیلی با کربـن خیلی کم برای جوشـکاری اتصالی و روکشـی در فولادهـای کرم، نیـکل ۱۸/۸، مقاومت به خوردگی شیمیایی.
E316-16	E19123 LR26	E19123LR26	الکتـرود روتیلی با کربـن خیلی کم برای جوشـکاری اتصالی و روکشـی در فولادهای کرم، نیکل، مولیبـدن ۱۸/۸/۲، مقاومت به خوردگی شیمیایی.
E347-16	E199NbR26	—	
E318-16	E19-123NbR26	—	الکترود روتیلی بریا جوشـکاری اتصالی و روکشی در فولادهای ثابت شـده و نشـده‌ی گرم، نیکل، مولیبـدن ۱۸/۸/۲، مقاومت به خوردگی شیمیایی.
E309L-16	E2312LR26	E2312LR26	برای جوشـکاری اتصالی بین فولادهای پـر آلیاژ و فولادهای غیر آلیاژی با ایجاد لایه‌ی واسطه در روکش سخت.
E307-15	E188MN6B20	E188MN6B20	برای جوشـکاری فولادهای بدجوش و لایه‌ی تنش‌گیر و روکش سخت در ریل‌ها، رنجیر نانک و امثال آن.

حروف و اندیس	درصد عناصر آلیاژی				
	مولبیدن Mo	کروم Cr	نیکل Ni	منگنز mn	وانادیم va
A_1	۰/۵				
B_1	۰/۵	۰/۵			
B_2	۰/۵	۱/۲۵			
B_3	۱	۱/۲۵			
B_4	۰/۵	۲			
C_1			۲/۵		
C_2			۳/۵		
C_3			۱		
D_1	۰/۳			۱/۵	
D_2	۰/۳			۱/۷۵	
G	۰/۳	۰/۳	۰/۵	۱	۰/۱

جدول انتخاب فلز پر کننده برای جوشکاری فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی

استاندارد فولاد زنگ‌نزن آستنیتی					استاندارد فلزات پرکننده جوشکاری (AWS)		
AISI	ASTM	UNS NO.	DIN	WNO.	A5.4	A5.9	A5.22
201-1	A240	S20100			E316L-XX E240-XX E309L-XX	ER316 ER240 ER309	-
201-2	A666	S20100			E316L-XX E240-XX E309L-XX	ER316 ER240 ER309	-
202	A240	S20200			E316L-XX E240-XX ER309-XX	ER316 ER240 ER309	-
202	A666	S20200			E316L-XX E240-XX ER309L-XX	ER316 ER240 ER309	-
205	A666	S20500			E240-XX	ER240	-
301	A666	S30100	X12CrNi17 7	1.4310	E308-XX E308L-XX	ER308	E308T-X
302	A240	S30200			E308-XX E308L-XX	ER308	E308T-X

استاندارد فولاد زنگ‌نزن آستنیتی					استاندارد فلزات پرکننده جوشکاری (AWS)		
AISI	ASTM	UNS NO.	DIN	WNO.	A5.4	A5.9	A5.22
316LN	A240	S31653	X2CrNiMoN18 12	1.4406	غیر قابل جوشکاری است.		
317	A240	S31700	X5CrNiMo17 13	1.4449	E317-XX	ER317	E317LT-X
317L	A240	S31725	X2CrNiMo18 16	1.4438	E317L-XX	ER317L	E317LT-X
321	A240	S32100	X10CrNiTi18 9	1.4541	E347-XX	ER321	E347T-X
TP321	A376	-			E347-XX	ER321	E347T-X
321H	A240	S32109			E347-XX	ER321	E347T-X
TP321H	A376	-			E347-XX	ER321	E347T-X
347	A240	S34700	X10CrNiNb18 9	1.4550	E347-XX	ER347	E347T-X
TP347	A376	-			E347-XX	ER347	E347T-X
347H	A240	S34709			E347-XX	ER347	E347T-X
TP347H	A376	-			E347-XX	ER347	E347T-X
348	A240	S34800	X10CrNiNb18 10	1.4546	E347-XX	ER347	E347T-X
TP348	A376	-			E347-XX	ER347	E347T-X
348H	A240	S34809			E347-XX	ER347	E347T-X
320	B463	N08020			E320-XX	ER320	-
330	B536	N08330	X12NiCrSi36 16	1.4864	E330-XX	ER330	-
904L	B625	N08904			E385-XX	ER385	-

ادامه‌ی جدول صفحه‌ی قبل

استاندارد فلزات پرکننده جوشکاری (AWS)			استاندارد فولاد زنگ‌نزن آستنیتی				
A5.22	A5.9	A5.4	WNO.	DIN	UNS NO.	ASTM	AISI
E308T-X	ER308	E308-XX E308L-XX			S30200	A666	302
E309T-X	ER309	E309-XX E308L-XX			S30215	A167	302B
E312T-X	ER312	E312-XX E308L-XX	1.4305	X12CrNiS18 8	S30300	A473	303
E312T-X	ER312	E312-XX E308L-XX			S30323	A473	303Se
E308T-X	ER308	E308-XX	1.4301	X5CrNi18 9	S30400	A240,666	304
E308T-X	ER308	E308-XX			-	A376	TP304
E308LT-X	ER308L	E308L-XX	1.4306	X2CrNi18 9	S30403	A240,666	304L
E308T-X	ER308H	E308H-XX	1.4301	X5CrNi18 9	S30409	A240	304H
E308-X	ER308H	E308H-XX			-	A376	TP304H
غیرقابل جوشکاری است.			1.4311	X2CrNiN18 10	S30453	A666	304LN
E308T-X	ER308	E308-XX	1.4303	X5CrNi19 11	S30500	A240	305
E308T-X	ER308	E308-XX	1.4303	X5CrNi19 11	S30800	A167	308
E309T-X	ER309	E309-XX	1.4828	X15CrNiSi20 12	S30900	A167	309
E309T-X	ER309	E309-XX	1.4833	X7CrNi23 14	S30908	A240	309S
E309T-X	ER309	E309-XX			S30909	A240	309H
-	-	E309cb-XX			S30940	A240	309cb
-	-	E309cb-XX			S30949	A240	309Hcb
E310T-X	ER310	E310-XX	1.4841	X15CrNiSi25 20	S31000	A240	310
E310T-X	ER310	E310-XX	1.4845	X12CrNi25 21	S31008	A240	310S
E310T-X	ER310	E310-XX			S31009	A240	310H
-	-	E310cb-XX			S31040	A240	310cb
-	-	E310cb-XX			S31049	A240	310Hcb
E310T-X	ER-310	E310-XX	1.4841	X15CrNiSi25 20	S31400	A276	314
E316T-X	ER316	E316-XX	1.4401	X5CrNiMo18 10	S31600	A240	316
E316T-X	ER316	E316-XX	1.4401	X5CrNiMo18 10	S31600	A666	316
E316T-X	ER316	E316-XX			-	A376	TP316
E316LT-X	ER316L	E316L-XX	1.4435	X2CrNiMo18 12	S31603	A240	316L
E316LT-X	ER316L	E316L-XX	1.4435	X2CrNiMo18 12	S31603	A666	316L
E316T-X	ER316H	E316H-XX			S31609	A240	316H
E316T-X	ER316H	E316H-XX			-	A376	TP316H
-	ER318	E318-XX	1.4571	X10CrNiMoTi18 10	S31635	A240	316Ti
-	ER318	E318-XX		X10CrNiMoCb18 10	S31640	A240	316cb

جدول حداقل درجه حرارت پیشگرمایی و بین پاسی برای جوش گوشه

ضخامت فلز پایه (mm)	حداقل درجه حرارت پیشگرمی و بین پاسی (°C)					
	A	B	C	D	E	F
<۱۰mm	حداکثر ۲۰	حداکثر ۲۰	حداکثر ۲۰	حداکثر ۲۰	۶۰	۱۴۰
۱۰-۲۰	حداکثر ۲۰	حداکثر ۲۰	حداکثر ۲۰	۲۰	۱۰۵	۱۴۰
۲۰-۴۰	حداکثر ۲۰	حداکثر ۲۰	حداکثر ۲۰	۶۵	۱۱۵	۱۴۰
۴۰-۸۰	حداکثر ۲۰	حداکثر ۲۰	۴۵	۹۰	۱۲۰	۱۴۰
بیش از ۸۰mm	حداکثر ۲۰	حداکثر ۲۰	۹۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۴۰

جدول حداقل درجه حرارت پیشگرمایی و بین پاسی برای جوش تخت

ضخامت فلز پایه (mm)	حداقل درجه حرارت پیشگرمی و بین پاسی (°C)					
	A	B	C	D	E	F
کمتر ۱۰mm	حداکثر ۲۰	حداکثر ۲۰	حداکثر ۲۰	۱۰۰	۱۵۰	۱۵۰
۱۰-۲۰	حداکثر ۲۰	۶۰	۱۲۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰
۲۰-۴۰	۹۵	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰
۴۰-۸۰	۱۲۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰
بیش از ۸۰mm	۱۲۵	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰

جدول انتخاب درجه حرارت پیشگرمایی و بین پاس برای جوشکاری فولاد ساده کربن پرکربن از روی منحنی‌های درصد کربن، ضخامت

محدوده حرارتی	انتخاب درجه حرارت پیشگرمایی و بین پاسی (°C)	
	جوشکاری با الکترود هیدروژن کنترل نشده	جوشکاری با الکترود کم هیدروژن
A	۱۰-۴۰	۱۰-۴۰
B	۴۰-۹۵	۱۰-۴۰
C	۹۵-۱۵۰	۴۰-۹۵
D	۱۲۰-۲۰۰	۶۵-۱۵۰
E	۱۵۰-۲۶۰	۹۵-۲۰۰
F	۱۷۵-۳۱۵	۱۲۰-۲۶۰
G	۲۰۰-۳۷۰	۱۵۰-۳۱۵
H	۲۳۲-۴۲۵	۲۰۰-۴۲۵

جدول حداقل درجه حرارت پیشگرمایی و درجه حرارت بین پاسی برای جوشکاری قوس الکتریکی مخصوص فولادهای کربنی پر کربن

ضخامت قطعه کار	حداقل دمای پیشگرمی و بین پاسی (°C)											
(mm)	DIN	Cm35	CK35	Cm45	Ck45	Cm55	Ck55	Cm60	Ck60	Ck67	Ck67	Ck101	Cf53
	AISI	1035	1035	1045	1045	1055	1055	1060	1060	1070	1080	1095	1050
کمتر از ۱۰mm		۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۶۵	۶۵
۱۵ـ۲۰		۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۴۰	۴۰	۴۰	۶۵	۹۵	۹۵
۲۰ـ۲۵		۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	۶۵	۶۵	۹۵	۹۵
۲۵ـ۳۵		۶۵	۶۵	۶۵	۶۵	۹۵	۹۵	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰
۴۰ـ۵۰		۶۵	۹۵	۹۵	۹۵	۹۵	۹۵	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰
۵۵ـ۶۰		۹۵	۹۵	۹۵	۹۵	۱۲۰	۱۲۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۷۵	۱۷۵	۱۵۰
بیش از ۶۰mm		۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۷۵	۱۷۵	۲۰۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۰۰

جدول حداقل درجه حرارت پیشگرمایی و بین پاسی برای جوشکاری فولادهای کربنی در استاندارد ASTM آمریکا

ضخامت قطعه کار	حداقل دمای پیشگرمی و بین پاسی (°C)				
(mm)	A514/A517	CK35	Cm45	1070	1080
کمتر از ۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۴۰	۱۰
۱۵ـ۲۰	۱۰	۴۰	۱۰	۵۰	۴۰
۲۰ـ۲۵	۵۰	۴۰	۱۰	۶۵	۴۰
۲۵ـ۳۵	۵۰	۹۵	۴۰	۹۵	۶۵
۴۰ـ۵۰	۷۵	۹۵	۶۵	۹۵	۶۵
۵۵ـ۶۰	۷۵	۱۵۰	۶۵	۱۵۰	۶۵
بیش از ۶۰	۱۰۰	۱۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۱۵۰

جدول انتخاب درجه حرارت و شرایط تنش‌زدایی انواع فولادهای آلیاژی به غیر از فولادهای زنگ‌نزن	
آلیاژ	**شرایط عملیات پسگرمایی، تنش‌زدایی**
فولاد ساده با کربن متوسط	گرم کردن تا ۵۳۰ الی ۶۰۰ درجه سانتی گراد با سرعت ۱۰۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی گراد در ساعت، و نگه‌داری در این محدوده‌ی دمایی به اندازه‌ی ۲۵ دقیقه به ازای هر ۱ سانتی‌متر ضخامت قطعه و سپس خنک‌کردن آرام، به اندازه‌ی ۵۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی گراد در ساعت.
فولاد ساده کربنی پر کربن	گرم کردن تا ۶۲۰ تا ۶۷۵ درجه سانتی گراد با سرعت ۱۰۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی گراد در ساعت، و نگهداری در این محدوده‌ی دمایی به اندازه‌ی ۲۵ دقیقه به ازای هر ۱ سانتی‌متر ضخامت قطعه و سپس خنک کردن آرام، به اندازه‌ی ۵۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی گراد در ساعت.
فولادهای کم آلیاژ منگنزدار	گرم کردن تا حدود ۵۵۰ درجه سانتی گراد با سرعت ۱۵۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی گراد در ساعت، و نگهداری در این محدوده‌ی دمایی به اندازه‌ی ۲۵ دقیقه به ازای هر ۱سانتی‌متر ضخامت قطعه و سپس خنک کردن آرام، به اندازه‌ی ۵۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی گراد در ساعت.
فولادهای آلیاژی، پر آلیاژ منگنزدار	نیازی به پسگرمایی تنش‌زدایی ندارد.
فولاد کم آلیاژ منگنزی، کرم‌دار	گرم کردن آهسته تا ۵۷۵ درجه سانتی گراد و نگهداری در این دما به ازای هر ۲۵ میلی‌متر ضخامت، معادل ۰/۵ ساعت و در انتهای سرد کردن با یک شیب آهسته.
فولادهای آلیاژی پرآلیاژ منگنز، کرم‌دار	در صورت ضخیم بودن قطعه و اطمینان از وجود تنش‌های پسمانده گرم کردن حداکثر تا دمای ۳۰۰ الی ۳۵۰ درجه سانتی گراد.
فولادهای آلیاژی، کم آلیاژ منگنزی، سیلیسیم‌دار	گرم کردن در ۵۰۰ تا ۵۵۰ درجه سانتی گراد و نگهداری در این دما به ازای هر ۲۵ میلی‌متر ضخامت، معادل ۱ ساعت و در ادامه، سرد کردن آرام.
فولاد آلیاژی، کم آلیاژ منگنزی، نیکل‌دار و فولاد کم آلیاژ منگنز، موبیبدن‌دار	در صورت نیاز و در صورتی که با جکش زدن امکان برطرف نمودن تنش‌ها فراهم نگردد، گرم کردن تا ۶۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۵ دقیقه به ازای هر ۱۰ میلی‌متر ضخامت لازم است.

ادامه‌ی جدول صفحه‌ی قبل

فولاد کم آلیاژ کرم، مولیبدن‌دار	گرم کردن تا حدود ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد، و نگهداری در این دما به ازای هر ۲۵ میلی‌متر ضخامت، معادل ۱ ساعت و سپس سرد کردن آهسته.
فولاد پر آلیاژ کرم، موبیبدن‌دار، تندبر	حرارت دادن تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، نگهداری به ازای هر ۲۵ میلی‌متر، ضخامت به اندازه حدود ۱ ساعت و سپس سرد کردن آرام.
فولاد پر آلیاژ کرم، مولیبدن‌دار، سردکار	گرم کردن در ۴۸۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، نگهداری به ازای هر ۲۵ میلی‌متر ضخامت، به اندازه ۱ ساعت و سرد کردن آهسته.
فولاد پر آلیاژ کرم، موبیبدن، گرم‌کار	حرارت دادن تا ۶۰۰ الی ۶۵۰ درجه سانتی‌گراد، نگهداری به ازای هر ۲۵ میلی‌متر ضخامت، به اندازه‌ی ۳۰ تا ۴۰ دقیقه و سپس سرد کردن آرام و تعادلی.
فولاد پر آلیاژ کرم، مولیبدن‌دار، زنگ‌نزن	حرارت دادن تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد، نگهداری به میزان ۲۰ دقیقه به ازای هر ۲۵ میلی‌متر ضخامت (حداکثر تا ۱۰۰۰ میلی‌متر ضخامت) و سپس سرد کردن آهسته.
فولاد پر آلیاژ کرم، منگنزدار، فولاد سوپاپ	گرم کردن در ۵۵۰ تا ۵۷۰ درجه سانتی‌گراد، نگهداری به ازای هر ۲۵ میلی‌متر ضخامت، معادل ۱ ساعت و سرد کردن بسیار آرام.
فولاد پر آلیاژ کرم، سیلیسیم‌دار پر کربن و کم کربن	حرارت دادن تا ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، نگهداری به ازای هر ۲۵ میلی‌متر ضخامت، معادل ۳۰ دقیقه و سپس سرد کردن بسیار آرام.
فولاد پر آلیاژ کرم، آلومینیوم، مولیبدن‌دار	گرم کردن تا ۵۸۰ درجه سانتی‌گراد، نگهداری به ازای هر ۲۵ میلی‌متر ضخامت، به اندازه ۱ ساعت و سرد کردن تعادلی
فولاد پر آلیاژ کرم، آلومینیوم‌دار	حرارت دادن تا ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد، نگهداری به ازای هر ۲۵ میلی‌متر ضخامت، به اندازه‌ی ۱ ساعت و سپس سرد کردن بسیار آهسته.
فولاد کم آلیاژ کرم، سیلیسیم‌دار، فولاد فنر	گرم کردن در ۳۵۰ تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد (هرچه درصد کربن بیشتر باشد، دمای تنشگیری باید بالاتر در نظر گرفته شود)، نگهداری به ازای هر ۲۵ میلی‌متر ضخامت، به اندازه‌ی ۱ ساعت و سرد کردن آرام.

ادامه‌ی جدول صفحه‌ی قبل

فولاد کم آلیاژ گوگرددار، فولاد خوش‌تراش	حرارت دادن تا ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد، نگهداری به ازای هر ۲۵ میلی‌متر ضخامت، معادل ۱ ساعت و سپس سرد کردن بسیار آهسته در کوره.
فولاد کم آلیاژ نیکل‌دار	نیازی به تنشگیری در اغلب موارد وجود ندارد.
فولاد پر آلیاژ نیکل‌دار	حرارت دادن تا ۵۶۰ الی ۵۷۰ درجه سانتی‌گراد و نگهداری به ازای هر سانتی‌متر ضخامت، به اندازه‌ی ۱۵ دقیقه و سرد کردن تعادلی.
فولاد پر آلیاژ نیکل، کرم	نیاز به تنشگیری وجود ندارد. در صورت تنشگیری در فاصله دمایی بیش از ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به دلیل تبدیل فاز δ به σ کاهش خواص مقاومت به ضربه در فولاد جوش به چشم خواهد خورد. در صورت لزوم، تنشگیری در دمای حداکثر ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد.
فولاد کم آلیاژ نیکل، کرم، مولیبدن‌دار	حرارت دادن تا ۶۲۰ درجه سانتی‌گراد، نگهداری به ازای هر ۲۵ میلی‌متر ضخامت، به اندازه‌ی ۱ ساعت و سرد کردن تعادلی.
فولاد کم آلیاژ مولیبدن، کرم‌دار	گرم کردن در ۵۰۰ درصجه سانتی‌گراد، نگهداری به ازای هر ۲۵ میلی‌متر ضخامت، به اندازه‌ی ۱ ساعت و سرد کردن آهسته.
فولاد کم آلیاژ کرم‌دار، پر کربن	حرارت در ۵۸۰ درجه سانتی‌گراد و نگهداری به ازای هر ۲۵ میلی‌متر ضخامت، به اندازه‌ی ۱ ساعت و سرد کردن بسیار آرام
فولاد کم آلیاژ کرم‌دار، پر کربن	گرم کردن در درجه حرارت ۶۰۰ تا ۶۵۰ درجه سانتی‌گراد، سرد کردن نسبتاً سریع تا زیر ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد و سپس سرد کردن بسیار آرام (به دلیل جلوگیری از تشکیل فاز σ کاربید کرم)
فولاد کم آلیاژ تنگستن‌دار، تنگستن، وانادیم‌دار و تنگستن، کرم، وانادیم‌دار	حارت دادن در ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد، نگهداری به ازای هر ۲۵ میلی‌متر، به اندازه ۱ ساعت و سپس سرد کردن آرام
فولاد پر آلیاژ، تنگستن، کرم، وانادیم‌دار	گرم کردن در ۴۵۰ تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، نگهداری به ازای هر ۲۵ میلی‌متر، به اندازه ۳۰ دقیقه و سرد کردن بسیار آرام
فولاد پر آلیاژ کرم‌دار، پر کربن (SPK)	تنش‌زدایی در ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، آنیل کردن نرم در ۸۳۰ درجه و سختکاری مجدد، در ۹۵۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد. در تمامی این عملیات، زمان نگهداری به ازای هر ۲۵ میلی‌متر ضخامت، حدوداً ۳۰ تا ۴۵ دقیقه است. در پایان عملیات سختکاری، سرد کردن در آب یا روغن انجام می‌پذیرد.

جدول تأثیرات عملیات حرارتی پسگرمایی تنش‌زدایی روی فولای زنگ نزن آستنیتی

نوع فولاد	وضعیت	عملیات حرارتی تنش‌زدایی			
		۲۰۰-۴۰۰°C (٪۴۰)	۵۵۰-۶۵۰°C (٪۳۵)	۸۵۰-۹۰۰°C (٪۸۵)	۹۵۰-۱۰۵۰°C (٪۹۵)
AISI 304	عملیات حرارتی محلولی و از ۱۰۵۰°C به‌سرعت سردشده و آنیل محلولی	بدون تأثیر متالورژیکی	رسوب کاربید کرم در مرزدانه	رسوب کاربید کرم در مرزدانه	رسوب کاربید کرم‌درمرزدانه‌در جریان سردشدن
AISI 304	قطعه جوشکاری شده	بدون تأثیر متالورژیکی	رسوب کاربید کرم در مرزدانه و کرنش	رسوب کاربید کرم در مرزدانه و کرنش	رسوب کاربید کرم در مرزدانه‌و کرنش‌درجریان سرد شدن
AISI 321	عملیات حرارتی محلولی و از ۱۰۵۰ °C به سرعت سردشده و آنیل محلولی	بدون تأثیر متالورژیکی	بدون تأثیر متالورژیکی	بدون تأثیر متالورژیکی	بدون تأثیر متالورژیکی
AISI 321	قطعه جوشکاری شده	بدون تأثیر متالورژیکی	کرنش در اثر رسوب کاربیدها	کرنش در اثر رسوب کاربیدها	کرنش در اثر رسوب کاربیدها در جریان گرم شدن
AISI 304L	عملیات حرارتی محلولی و آنیل محلولی و قطعه جوشکاری شده	بدون تأثیر متالورژیکی	بدون تأثیر متالورژیکی	بدون تأثیر متالورژیکی	بدون تأثیر متالورژیکی
AISI 316	عملیات حرارتی محلولی و آنیل محلولی و قطعه جوشکاری شده	بدون تأثیر متالورژیکی	رسوب کاربید کرم در مرزدانه	رسوب کاربید کرم در مرزدانه	رسوب کاربید کرم در مرزدانه در جریان سردشدن
AISI 316Ti	عملیات حرارتی محلولی و آنیل محلولی و قطعه جوشکاری شده	بدون تأثیر متالورژیکی	بدون تأثیر متالورژیکی	بدون تأثیر متالوزژیکی	بدون تأثیر متالورژیکی
AISI 316L	عملیات حرارتی محلولی و آنیل محلولی و قطعه جوشکاری شده	بدون تأثیر متالورژیکی	بدون تأثیر متالورژیکی	بدون تأثیر متالورژیکی	بدون تأثیر متالورژیکی

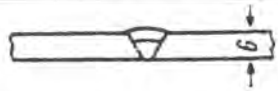
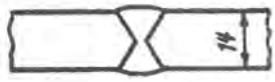
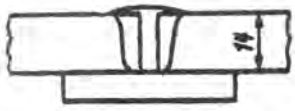
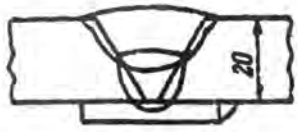
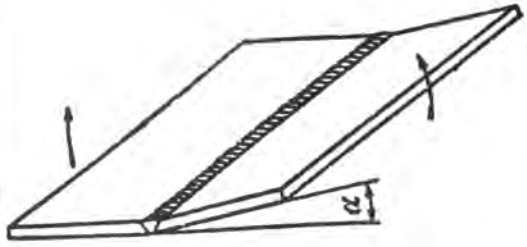
جدول عملیات کامل پسگرمایی برای جوشکاری چدن‌های خاکستری

عملیات پسگرمایی	درجه حرارت (°C)	زمان نگه‌داری ($\frac{h}{25mm}$) ضخامت	چگونگی سرعت سرد کردن
عملیات حرارتی تنش‌گیری و آنیل‌کردن	۶۰۰-۶۵۰	۱/۵	سردکردن درکوره با سرعت $\frac{°C}{h}$۳۵ تا ۶۰۰°C و سپس سردکردن در هوا
عملیات حرارتی آنیل - فریتی کردن	۷۰۰-۷۵۰	۱	سردکردن در کوره با سرعت $\frac{°C}{h}$۳۵ تا ۶۰۰°C و سپس سردکردن در هوا
عملیات حرارتی آنیل کامل	۸۰۰-۹۰۰	۱	سردکردن در کوره با سرعت $\frac{°C}{h}$۳۵ تا ۶۰۰°C و سپس سردکردن در هوا
عملیات حرارتی آنیل - گرافیتی کردن	۹۰۰-۹۵۰	۱-۳ ساعت به علاوه ۱ ساعت به ازای هر ۲۵mm ضخامت	سرد کردن در کوره با سرعت $\frac{°C}{h}$ ۳۵ تا ۶۰۰°C و سپس سردکردن در هوا
عملیات حرارتی آنیل - نرمال کردن	۸۵۰-۹۵۰	۱-۳ ساعت به علاوه ۱ ساعت به ازای هر ۲۵mm ضخامت	سردکردن در هوا تا کمتر از ۴۸۰ درجه و سپس آهسته سردکردن در کوره

جدول عملیات پسگرمایی چدن‌های نشکن

عملیات حرارتی	درجه حرارت (°C)	زمان نگه‌داری ($\frac{h}{25mm}$) ضخامت	چگونگی و سرعت سرد کردن
تنش‌گیری چدن نشکن غیرآلیاژی	۵۱۰-۵۵۰	۱/۵	سردکردن درکوره با سرعت $\frac{°C}{h}$۳۵ تا ۶۰۰°C و سپس سردکردن در هوا
تنش‌گیری چدن نشکن کم‌آلیاژ	۵۵۰-۶۰۰	۱/۵	سردکردن در کوره با سرعت $\frac{°C}{h}$۳۵ تا ۶۰۰°C و سپس سردکردن در هوا
تنش‌گیری چدن نشکن پرآلیاژ	۵۳۵-۶۵۰	۱/۵	سردکردن در کوره با سرعت $\frac{°C}{h}$۳۵ تا ۶۰۰°C و سپس سردکردن در هوا
تنش‌گیری چدن نشکن آستنیتی	۶۳۰-۶۸۰	۱/۵	سرد کردن در کوره با سرعت $\frac{°C}{h}$ ۳۵ تا ۶۰۰°C و سپس سردکردن در هوا
آنیل - فریتی کردن	۹۰۰-۹۵۰	۱ ساعت به علاوه ۱ ساعت برای ۲۵mm ضخامت	سرد کردن در کوره تا دمای ۶۹۰°C و نگه‌داری برای مدت ۵ ساعت به‌علاوه ۱ ساعت به ازای هر ۲۵mm ضخامت. سپس سردکردن در کوره $\frac{°C}{h}$۳۵ تا ۳۴۵°C و سپس سردکردن در هوا
آنیل کامل کردن	۸۵۰-۹۰۰	۱	سردکردن در کوره با سرعت $\frac{°C}{h}$۳۵ تا دمای ۳۴۵°C و سپس سردکردن در هوا
نرمال کردن و سپس تمپر آنیل کردن	۹۰۰-۹۴۰	۲	سریع سردکردن در هوا تا دمای ۵۳۵-۶۵۰°C و سپس قرار دادن در کوره و سردکردن با سرعت $\frac{°C}{h}$۳۵ در کوره تا دمای ۳۴۵°C و سپس سردکردن در هوا

جدول مقادیر تنش‌خیز در قطعات جوشکاری شده، خارج از قید و بست پس از سرد شدن به درجه

فرم و ضخامت قطعه	شرح جوشکاری و تعداد پاس	مقدار خیز به درجه
	جوشکاری با الکترود در ۲ پاس، حالت تخت I G	۱درجه
	جوشکاری با الکترود در ۵ پاس از سمت، حالت تخت I G	۳/۵ درجه
	جوشکاری با الکترود ۵ پاس از رو سپس گوج و ۳ پاس از پشت	صفر درجه
	جوشکاری آکسی‌استیلن با روش پس‌دستی فقط ۱ پاس	۱ درجه
	جوشکاری با آکسی‌استیلن روش عمودی سربالا، از دو طرف مساوی	صفر درجه
	جوشکاری با الکترود در ۸ پاس روش لایه‌ای با نوسان زیاد	۷ درجه
	جوشکاری با الکترود در ۲۲ پاس به روش خطی باریک	۱۳ درجه
	جوشکاری روش زیرپودری ۱ پاس با استفاده از زیرسری مسی	صفر درجه
	جوشکاری با روش زیرپودری ۱ پاس از رو، و با الکترود ۳ پاس از پشت	۲ درجه
	جوشکاری زیرپودری در ۲ پاس از یک سمت با استفاده از زیرسری فولادی ثابت	۵ درجه
		

مشخصات فنی روند جوشکاری (WPS)

پیش پذیرفته ☑ با آزمایش تایید صلاحیت شده ☐

نام پروژه: ..... تهیه کننده: ..... تاییدکننده: ..... تاریخ : ..... شماره دستورالعمل: ۱- ۲ - ۲

شماره یا شماره های PQR پشتیبان: پیش پذیرفته نوع جوشکاری: دستی ☑ ماشینی ☐ خودکار ☐ نیمه خودکار ☐

مشخصات ساختار اتصال

نوع اتصال: لب به لب جوش یک طرفه ☑ دوطرفه ☐

پشت بند دارد ☐ ندارد ☑ نوع مواد پشت بند: کاربرد ندارد

تکافت ریشه: ۳ میلیمتر پیشانی شیار: ۲ میلیمتر

زاویه شیار: ۶۰ درجه شعاع شیار لاله ای: کاربرد ندارد

شیار زنی پشت و جوش مجدد انجام می شود ☑ نمی شود ☐

روش شیار زنی: سنگ زنی

وضعیت جوشکاری

وضعیت جوش شیاری: 1G گوشه: کاربرد ندارد

جهت جوشکاری عمودی از بالا به پایین است ☐

از پایین به بالا است ☐

مشخصه های الکتریکی

نوع جریان: ☑ DCEN ☐ DCEP ☐ AC

مشخصات فلز پایه

مشخصات فنی فلز پایه: DIN 17100

رده فولاد: ST 37-2

ضخامت فلز پایه شیاری: ۸ به ۸ میلیمتر گوشه: کاربرد ندارد

تکنیک جوشکاری

جوش هلالی یا زنجیری: هلالی

تک عبوره یا چند عبوره: چندعبوره

روش تمیز کاری بین عبورها: فرچه دستی یا برس ماشینی

مشخصات فلز پرکننده

مشخصات الکترود مصرفی: AWS A5.1

رده الکترود: E6013

نوع پوشش الکترود: روتیلی

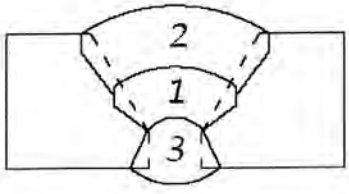
پیش گرمایش

حداقل درجه حرارت پیش گرم: کاربرد ندارد (تذکر ۱)

حداقل درجه حرارت بین عبوری: کاربرد ندارد

حداکثر: کاربرد ندارد

روند جوشکاری

شماره عبور	روش	فلز پرکننده		جریان		ولتاژ	جزییات شکل اتصال
		رده الکترود	قطر	نوع و قطبیت	آمپر		
۱ و ۲	SMAW	E6013	۳/۲۵	DCEN	۹۰ -۱۳۰	۲۰ -۲۴	
۳	SMAW	E6013	۳/۲۵	DCEN	۹۰ -۱۳۰	۲۰ -۲۴	

توضیح : عبور ۳ جوش پشتی ، پس از شیار زنی پشت درز جوش اجرا می شود.

تذکر ۱ : درصورتیکه دمای قطعه تحت جوشکاری زیر صفر درجه سانتیگراد باشد ، باید تا ۲۰ درجه سانتیگراد پیش گرمایش شود.

مشخصات فنی روند جوشکاری (WPS)

پیش پذیرفته ☑ با آزمایش تایید صلاحیت شده ☐

نام پروژه: ..... تهیه کننده: ..... تاییدکننده: ..... تاریخ : ..... شماره دستورالعمل: ۴ - ۱ - ۱

شماره یا شماره های PQR پشتیبان: پیش پذیرفته نوع جوشکاری: دستی ☑ ماشینی ☐ خودکار ☐ نیمه خودکار ☐

مشخصات ساختار اتصال

نوع اتصال: سه پری جوش یک طرفه ☐ دوطرفه ☑

پشت بند دارد ☐ ندارد ☐ نوع مواد پشت بند: کاربرد ندارد

شکافت ریشه: کاربرد ندارد پیشانی شیار: کاربرد ندارد

زاویه شیار: کاربرد ندارد شعاع شیار لاله ای: کاربرد ندارد

شیار زنی پشت و جوش مجدد انجام می شود ☐ نمی شود ☐

روش شیار زنی: کاربرد ندارد

وضعیت جوشکاری

وضعیت جوش شیاری: کاربرد ندارد گوشه: 1F

جهت جوشکاری عمودی از بالا به پایین است ☐

از پایین به بالا است ☐

مشخصه های الکتریکی

نوع جریان: DCEN ☑ DCEP ☐ AC ☐

مشخصات فلز پایه

مشخصات فنی فلز پایه: DIN 17100

رده فولاد: ST 37-2

ضخامت فلز پایه شیاری: کاربرد ندارد گوشه: ۱۵ به ۲۰ میلیمتر

تکنیک جوشکاری

جوش هلالی یا زنجیری: هلالی

تک عبوره یا چند عبوره: چندعبوره

روش تمیز کاری بین عبورها: فرچه دستی یا برس فلزی

مشخصات فلز پرکننده

مشخصات الکترود مصرفی: AWS A5.1

رده الکترود: E6013

نوع پوشش الکترود: روتیلی

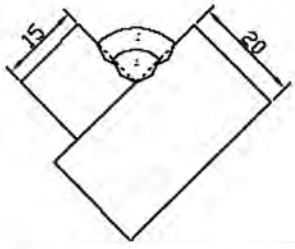
پیش گرمایش

حداقل درجه حرارت پیش گرم: کاربرد ندارد (تذکر ۱)

حداقل درجه حرارت بین عبوری: کاربرد ندارد

حداکثر: کاربرد ندارد

روند جوشکاری

شماره عبور	روش	فلز پرکننده		جریان		ولتاژ	جزییات شکل اتصال
		رده	قطر	نوع و قطبیت	آمپر		
۱ و ۲	SMAW	E6013	۴	DCEN	۱۳۵ – ۱۶۰	۲۰ -۲۴	

تذکر ۱ : درصورتیکه دمای قطعه تحت جوشکاری زیر صفر درجه سانتیگراد باشد ، باید تا ۲۰ درجه سانتیگراد پیش گرمایش شود.

مشخصات فنی روند جوشکاری (WPS)

پیش پذیرفته ☐ با آزمایش تأیید صلاحیت شده ☐

نام شرکت: ..... تهیه کننده: ..... تاریخ:..... شماره: .....

نام پروژه: ..... تأیید کننده: ..... تاریخ: .....

فرآیند جوشکاری: ..... جوشکاری دستی ☐ جوشکاری ماشینی ☐

شماره PQR پشتیبان: ..... جوشکاری خودکار ☐ جوشکاری نیمه خودکار ☐

ساختار اتصال

نوع اتصال: ..... جوش یکطرفه ☐ جوش دوطرفه ☐

پشت‌بند دارد ☐ ندارد ☐

نوع مواد پشت‌بند: .....

تخلیه جوش از پشت انجام می‌شود ☐ نمی‌شود ☐

روش تخلیه جوش از پشت: .....

اندازه شکاف ریشه: ..... اندازه پیشانی ریشه: .....

زاویه شیار: ..... شعاع شیار(لاله ای و نیم لاله ای): .....

وضعیت جوشکاری

شیاری: ..... گوشه: .....

وضعیت جوشکاری عمودی سربالا ☐

سرازیر ☐

مشخصه های الکتریکی

نوع جریان:

☐ AC ☐ DCEP ☐ DCEN

مشخصات فلز پایه

مشخصات فلز پایه: .....

نوع و رده فولاد: .....

ضخامت فلز پایه: .....

تکنیک جوشکاری

جوش مستقیم ☐ جوش هلالی ☐ جوش زنجیری ☐

جوش یک پاسه ☐ چندپاسه ☐

تعداد الکترودها: ..... روش تمیزکاری بین پاس ها: .....

مشخصات فلزپرکننده

مشخصات الکترود مصرفی: .....

رده‌بندی الکترود: .....

نوع روکش: .....

پیش گرمایش

حداقل درجه حرارت پیش گرمایش:.....

و درجه حرارت بین عبورها:.....

حداکثر:.....

روند جوشکاری

جزییات اتصال	سرعت حرکت	ولتاژ	جریان		فلز پرکننده		فرآیند	شماره عبور
			آمپر	نوع وقطبیت	قطر	رده بندی		

Dictionary

واژه‌نامه

AC = Alternative Current	جریان متناوب
Arc Blow	وزش قوس = انحراف قوس الکتریک
Arc Cleaning	تمیز کاری به وسیله قوس (جدا شدن اکید فلزی از روی قطعه کار در محل تشکیل قوس)
Arc Striks	لکه قوی
ASME = American Soceity Of Material Enginereing	انجمن مهندسین مواد امریکا
AWS = American Welding Society	انجمن جوشکاران امریکا
Back Strip	پشت بند (قطعه پشتی در اتصال)
Back Weld	جوش پشتی
Basic Electrod	الکترود با روپوش قلیائی
BCC = Base Center Cubic	مکعب با اتم در مرکز (ساختار فلز)
BCT = Base Cubic Tetragonal	مکعب مستطیل اتم در مرکز
Bead Weld	خط جوش
Bevel Angle	زاویه نیم نچ
BS	استاندارد انگلیسی
Butt Joint	اتصال سر به سر
Cjp = Compelet Joint Pentration	نفوذ کامل در اتصال (جوشی)
Cold Cracking	ترک سرد
Concavity	مقعّر یا کاو
Convexity	محدّب یا برجسته
Corner Joint	اتصال گوشه
Cracking	ترک
Crater	چاله جوش (گود افتادگی پایان خط جوش)
Croove Angle	زاویه شیار
DC = Direct Current	جریان مستقیم
Deep Penetretion Electrod (Dpe)	الکترود با نفوذ زیاد
DIN	استاندارد المانی
DCEN=Direct current Electrod negative	جریان مستقیم الکترود منفی

DCEP=Direct Current Electrod Positive	جریان مستقیم الکترود مثبت
DCRP=Direct Current Revers Polarity	جریان مستقیم قطب معکوس (الکترود به قطب مثبت و کار به قطب منفی وصل باشد)
DCSP=Direct Current Straight Polarity	جریان مستقیم قطب مستقیم (الکترود به قطب منفی و کاربه قطب مثبت وصل باشد)
Down Hill	سرازیر
DT = Destructive Testing	تست مخرب
Duble Bevel V	پخ نیم جباغی دو طرفه
Duble J	پخ نیم لاله ای دو طرفه
Duble U	پخ لاله ای دو طرفه
Duble V	پخ جناغی دو طرفه
Duty Cycle	سیکل کاری = دوره کاری (بازده)
Edge Welds	جوش لبه ای
Edge Joint	اتصال لبه ای
FCC = Face Centered Cubic	مکعب اتم در سطوح (ساختار فلز)
Filler	سیم جوش
Fillet Weld	جوش ماهیچه ای (گوشه)
GMAW = Gas Metal Arc Welding	جوشکاری با قوی الکتریک و الکترود فلزی با محافظت گاز
Gouging	شیارزنی با قوس و هوای فشرده روی فلزات
Groove Weld	جوش شیاری (جوش با پخ)
GTAW = Gas Tungestan Arc Welding	جوشکاری با الکترود تنگستن و گاز محافظ
HAZ = Haet Affected Zone	منطقه تحت تاثیر گرما (منطقه کنار فلز جوش)
High – Low	بالا و پایین بودن (عدم هم طرازی قطعات)
High Frequency	فرکانس زیاد
High voltage	ولتاز بالا
High Yeld Electrod (HYE)	الکترود پر راندمان
Hot Cracking	ترک گرم
IJP = In Comoelet Joint Penetration	نفوذ نا کامل (جزئی)
Inter Pass Temperature	دمای بین پاسی

Left to Right	از چپ به راست (جهت حرکت جوشکاری)
Lift Arc	ایجاد قوس با جدا کردن الکترود از کار
Lof = lock Of Fusion	عدم ذوب
Lop = lock Of Penetration	عدم نفوذ
Lap Joint	اتصال لب روی هم
Low Corbon	کم کربن یا (L) در الکترودها فولاد زنگ نزن
Low Hydrogen	کم هیدروژن
MAG = Metal Active Gas	جوشکاری با الکترود لخت فلزی و گاز محافظ فعال
MIG = Metal Inort Gas	جوشکاری با الکترود لخت و گاز محافظ بی اثر
NDT = Non Destructive Testing	تست غیر مخرّب
O.C.V = Open Current Voltage	ولتاژ مدار باز دستگاه جوشکاری (دستگاه روشن است ولی جوشکاری انجام نمی شود)
Oven	الکترود خشک کن برقی
Peening	چکش کاری
Plate Thickness	ضخامت پلیت (صفحه)
Ploxerslot Weld	جوش کام
Porosity	حفره گازی در جوش (تخلخل)
Positioner	وضعیت دهنده حالت دهنده (گرداندن کار تحت زوایای مختلف)
Post Heating	پس گرما
Pre Heating	پیش گرما
Rainforcment	بر جنگی تقویتی
Right To Left	از راست به چپ (جهت حرکت جوشکاری)
Root	ریشه
Root Face	پاشنه جوش
Root opening	درز ریشه
SAW = Submerged Arc Welding	جوشکاری با قوی الکتریک و پودر محافظ
Seam Welding	جوشکاری نواری
SMAW = Shielded Metal Arc Welding	جوشکاری با قوی الکتریک و الکترود در پوش دار

Spot Welds	نقطه جوش
Surfacing Weld	جوش سطحی (روی سطح)
Tee Joint	اتصال سه پری
Under Cut	بریدگی کناره جوش
Up Hill	سر بالا
Weld Metal	فلز جوش

منابع و مآخذ

(۱) Welding Guide & Hand Book

(۲) Essential Of Welding

(۳) Welding Inspection Technology

(۴) تکنولوژی کارگاه جوشکاری برق، شاهدی، بهرام زادگان

(۵) جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود روپوش‌دار، جلد اول و جلد دوم، شاهدی

(۶) تکنولوژی و کارگاه جوشکاری، شاهدی، استاد رحیمی

(۷) اصول تکنولوژی جوشکاری ل.م.گورد، ترجمه محمدحسن حجتی