

پودمان ۴

جوش برنج



جوشکاری فلزات غیرهمجنس مانند مس به فولاد، چدن به نیکل و یا حتی فلزات رنگی توسط فرایندهای جوشکاری ذوبی، دشوار و یا حتی غیرممکن می باشد، اما توسط فرایند زردجوش، جوشکاری فلزات غیرهمجنس و فلزات رنگی می تواند صورت بگیرد.

واحد یادگیری ۵

جوش برنج

آیا تا به حال پی برده‌اید؟

تفاوت‌هایی بین لحیم‌کاری و جوشکاری وجود دارد؟
تفاوت‌هایی بین زردجوش و جوشکاری وجود دارد؟
جوشکاری فلزات غیرهم‌جنس توسط فرایندهای ذوبی دشوار است؟
دستگاه و تجهیزات زردجوش تقریباً همان تجهیزات جوش اکسی‌استیلن است.
فرایند زردجوش عموماً برای جوشکاری قطعات غیرهم‌جنس و فلزاتی که جوش‌پذیری خوبی ندارند مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین این فرایند به‌طور گسترده برای تعمیر قطعات شکسته شده به‌خصوص قطعات چدنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پودمان تفاوت‌های بین لحیم‌کاری، زردجوش و جوشکاری را بیان می‌کند و تمرین‌هایی مطابق استاندارد در این قسمت تهیه و طراحی شده است که با انجام تمرین‌های این بخش به مهارت کافی در اجرای جوشکاری زردجوش دست پیدا خواهید کرد.

استاندارد عملکرد

اتصال قطعات فلزی با به‌کارگیری جوشکاری اکسی‌استیلن

مقایسه لحیم کاری نرم، لحیم کاری سخت، زردجوش و جوشکاری



◀ لحیم کاری نرم (Soldering)

فرایندی که دو قطعه به یکدیگر از طریق ذوب و انجماد یک آلیاژ زود ذوب در دمای کمتر از ۴۵۰ درجه سلسیوس را لحیم کاری نرم می گویند. در لحیم کاری (برخلاف جوشکاری) فلز پایه ذوب نمی شود و فقط فلز پرکننده ذوب می شود.



◀ لحیم کاری سخت (Brazing)

فرایندی که فلزات توسط ذوب فلز پرکننده در دمای بالای ۴۵۰ درجه سلسیوس به همدیگر پیوند داده می شوند. در این فرایند دمای ذوب فلز پایه بیشتر از گرمای ایجاد شده است و به عبارتی فلز پایه در این فرایند ذوب نمی شود. فلز پرکننده در این فرایند معمولاً آلیاژهای نقره، آلومینیم، طلا، مس، کبالت و نیکل می باشد. در لحیم کاری سخت پنج پارامتر طرح اتصال، فلز پایه، فلز پرکننده، منبع گرمایی، نوع اتمسفر بسیار مهم است و باید مورد توجه قرار بگیرد.



◀ زردجوش (Brazewelding)

فرایندی که در آن فلزات مورد اتصال توسط منبع گرمایی دچار ذوب سطحی شده و فلز پرکننده با نقطه ذوب کمتر در اثر گرمای اعمالی ذوب و به محل متصل می شود که توسط خاصیت ترشوندگی به محل اتصال می چسبد و پس از انجماد اتصال صورت می گیرد. فرایند زردجوش عموماً برای تعمیرات، به خصوص قطعات چدنی کاربرد دارد.



◀ جوشکاری (Welding)

فرایندی که فلزات توسط منبع گرمایی ذوب می شوند و با فلز پرکننده آمیخته شده و پس از انجماد اتصال صورت می گیرد.

جوشکاری برنج یا زردجوش (Brace Welding)



شکل ۱-۴- تجهیزات و فرایند زردجوش

زردجوش همانند لحیم کاری سخت انجام می شود ولی برخلاف لحیم کاری سخت، در زردجوش فلز پرکننده در محل اتصال رسوب می کند. علت نام گذاری این روش به کارگیری فلز برنج با رنگ زرد به عنوان پرکننده است اما توجه به این نکته ضروری است که چنانچه فلز پایه برنج باشد این روش جوش برنج (Brass Weld) و چنانچه غیربرنج باشد آن را زردجوش (Brace Weld) می نامند. در شکل ۱-۴ تجهیزات و فرایند زردجوش نشان داده شده است.

این فرایند به طور معمول با استفاده از شعله و گاز سوختنی انجام می شود، اما اخیراً با برخی از روش های قوسی نیز این فرایند آزاد می شود.

روش اعمال گرما	نوع محافظت	فرایند
شعله	فلاکس	جوشکاری اکسی استیلن
قوس الکتریکی	گاز محافظ	GMAW، PAW، GTAW

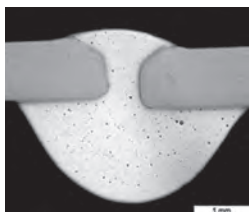
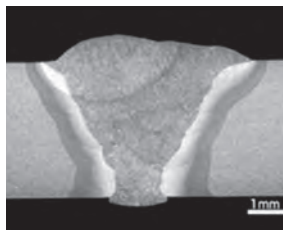
نمونه از جوش های ایجاد شده توسط فرایند زردجوش در شکل ۲-۴ نشان داده شده است.



شکل ۲-۴- نمونه ای از جوش های ایجاد شده توسط فرایند زردجوش



در شکل زیر چه تفاوت‌هایی بین اتصال جوشکاری و زردجوش مشاهده می‌کنید؟ (سه مورد بنویسید)

اتصال زردجوش	اتصال جوشکاری	شکل
		
..... ۱-		تفاوت
..... ۲-		
..... ۳-		

خاصیت ترشوندگی (Wetting)



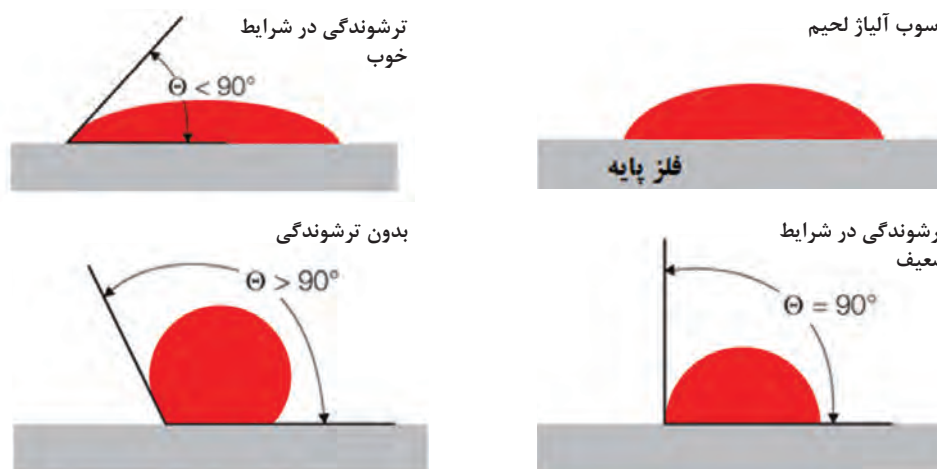
شکل ۴-۴- قطرات آب بر روی سطح فلز



شکل ۴-۳- قطرات آب بر روی ساقه برگ درخت

چرا قطرات آب بر روی ساق و برگ درختان نسبت به فلزات کمتر پخش می‌شوند؟ در شکل‌های ۴-۳ و ۴-۴ این موضوع نشان داده شده است.

شکل ۴-۵- خاصیت ترشوندگی در شرایط مختلف نشان می‌دهد.



شکل ۴-۵- خاصیت ترشوندگی در شرایط مختلف



در جدول زیر فلزات هم جنس و غیرهم جنس را که امکان جوشکاری آنها با فرایند زردجوش وجود دارد را کامل کنید.

فلزات غیرهم جنس	فلزات هم جنس
چدن را می توان به نیکل توسط زردجوش اتصال داد.	فولاد را می توان به فولاد توسط زردجوش اتصال داد.
..... را می توان به توسط زردجوش اتصال داد. را می توان به توسط زردجوش اتصال داد.
..... را می توان به توسط زردجوش اتصال داد. را می توان به توسط زردجوش اتصال داد.
..... را می توان به توسط زردجوش اتصال داد. را می توان به توسط زردجوش اتصال داد.

اصول فرایند زردجوش

- سطح عاری از رنگ و چربی
- گرم کردن محل اتصال
- اضافه کردن روان ساز
- به کارگیری هم زمان فلز پرکننده و روان ساز

نکته

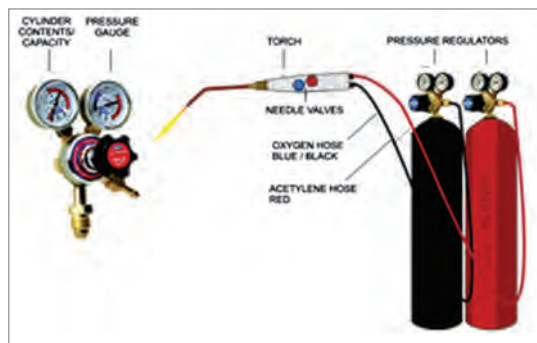


درز اتصال باید به قدری گرما ببیند تا به صورت سطحی ذوب بشود. شکل ۶-۴ تصویری از زردجوش را نشان می دهد.

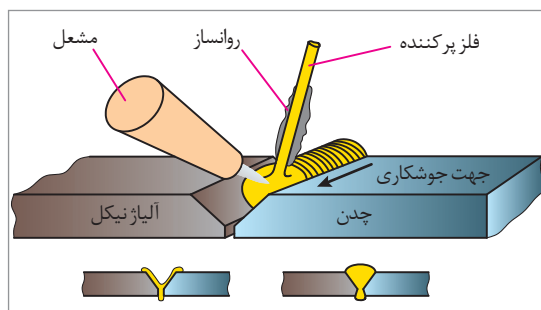
شکل ۶-۴ ذوب کردن فلز پایه و فلز پرکننده

تجهیزات (EQUIPMENT)

تجهیزات فرایند زردجوش مشابه لحیم کاری سخت و جوشکاری است و شامل کپسول اکسیژن، کپسول گاز سوختنی (استیلن)، مشعل، رگولاتور کاهنده فشار و شیلنگ‌ها می‌باشد. شکل ۷-۴ تجهیزات زردجوش را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۴- تجهیزات مورد استفاده فرایند زردجوش



شکل ۸-۴- مواد مصرفی فرایند زردجوش

مواد مصرفی (Consumables of Materials)

شکل ۸-۴ مواد مصرفی در فرایند زردجوش را نشان می‌دهد.

فلز پرکننده (Filler Metal)

فلز پرکننده معمولاً بر مبنای ترکیب شیمیایی، خواص مکانیکی و خواص فیزیکی فلز پایه انتخاب می‌شوند. فلز پرکننده مورد استفاده عموماً برنج است که حاوی ۶۰ درصد مس و ۴۰ درصد روی است. ممکن است مقدار کمی قلع، آهن و منگنز نیز به آن اضافه شود تا به توزیع مذاب بهبود ببخشد، همچنین اضافه کردن حدود ۱۰٪ نیکل باعث افزایش استحکام و سفیدتر شدن رنگ جوش می‌شود. هنگامی که از فلز پرکننده برنز استفاده می‌شود جوش حاصل، شکل پذیری بیشتری نسبت به برنج دارد.

همچنین استفاده از فلزات پرکننده برنز - فسفر و مس - نیکل می‌تواند جوشی همراه با کمی تخلخل ایجاد کند. جدول ۱-۴

جدول ۱-۴- خواص و کاربرد پیشنهادی فلزات پرکننده در فرایند زردجوش

ردیف	دسته‌بندی طبق استاندارد AWS	استحکام کششی (MPa)	نقطه ذوب (°C)	کاربرد
۱	RBCuZn - A	۲۷۵	۸۹۹	اتصال برنز به مس، اتصال برنز به تیوپ‌های فولادی، چدن‌ها و فولادهایی توسط عملیات کشش عمیق تولید شده‌اند.
۲	RBCuZn - B	۳۴۴	۸۸۲	فولادهای کار شده، چدن، مس و فولادهای با استحکام بالا.
۳	RBCuZn - C	۳۴۴	۸۸۸	از لحاظ تشابه رنگی با رنگ فولاد آرام، چدن، و فولادهای کار شده بهترین است.
۴	RBCuZn - D	۴۱۳	۹۳۵	از لحاظ استحکام و تشابه رنگی با چدن و فولاد کار شده کاربرد دارد.
۵	RBCuSi - A	۳۴۴	-	برای اتصال آهن و ورق‌های فلزی کاربرد دارد.

الف) فلز پرکننده برنز (Bronze) یک آلیاژ است که از عناصر و تشکیل شده است.
 ب) فلز پرکننده برنج (Brass) یک آلیاژ است که از عناصر و تشکیل شده است.

روان‌ساز (flux)

ماده‌ای که برای انحلال اکسید و سایر آلودگی باقی‌مانده در سطح قطعه و جلوگیری از اکسید شدن عمل می‌کند، فلاکس یا روان‌ساز نام دارد. روان‌ساز مورد استفاده برای لحیم‌کاری سخت باید دارای ترکیباتی باشد که هم فلز پرکننده و هم قطعه مورد اتصال را هنگام عملیات زردجوش تمیز نگه دارد و تفاوت این فلاکس‌های مورد استفاده در زردجوش در دمای ذوب آنها است. به این صورت که از دمای ذوب فلاکس‌های رایج در لحیم‌کاری سخت بیشتر باشد. جدول ۲-۴ فلاکس‌های مورد استفاده در لحیم‌کاری سخت و زردجوش را نشان می‌دهد. FB3-J از پرکاربردترین فلاکس‌های مورد استفاده در زردجوش می‌باشد که دو حرف اول نام روان‌سازها با حروف اختصاری FB (Flux Braze) نشان داده می‌شوند. حرف سوم نشانگر کاربرد روان‌ساز برای فلز پایه می‌باشد و حرف چهارم نشان‌دهنده حالت روان‌ساز است.

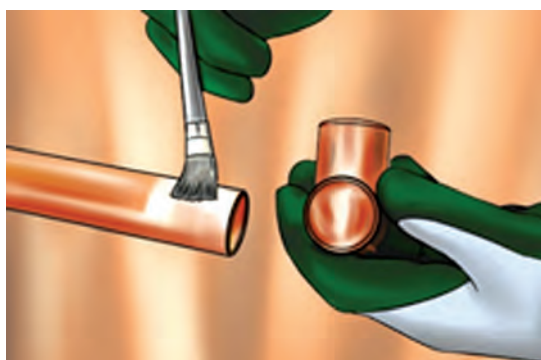


وظایف روان سازها را در جدول زیر کامل کنید:

ردیف	فلاکس های مورد استفاده در فرایند زردجوش چه وظایفی دارند؟
۱	فلاکس ها باعث بهبود روان سازی و سیلان فلز پرکننده در حین جوشکاری می شوند.
۲	
۳	
۴	

فلاکس ها به یکی از روش های زیر می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در شکل های ۹-۴ و ۱۰-۴ طریقه استفاده از روان ساز را به صورت فرو بردن فلز پرکننده در فلاکس و اعمال روان ساز با قلم را نشان می دهد.

۱	فلز پرکننده گرما داده می شود تا داغ بشود، سپس داخل ظرف فلاکس غوطه ور می شود به طوری که فلاکس بر روی آن بچسبد و فلاکس و فلز پرکننده هم زمان در محل اتصال مورد استفاده قرار گیرد.
۲	فلاکس می تواند با استفاده از قلم پیش از انجام جوشکاری در محل اتصال اعمال شود.
۳	فلز پرکننده می تواند توسط پوششی از فلاکس پوشانده شود و در محل اتصال اعمال شود.
۴	فلاکس ها می توانند داخل گاز سوختنی اعمال شوند و عملیات محافظت را انجام دهند.



شکل ۱۰-۴ اعمال روان ساز با قلم



شکل ۹-۴ فرو بردن قلم در ظرف فلاکس

فلاکس‌های مورد استفاده در فرایند زردجوش طبق استاندارد AWS A5.31 در جدول ۲-۴ نشان داده شده است.

جدول ۲-۴- فلاکس‌های مورد استفاده در فرایند زردجوش طبق استاندارد AWS A5.31

شماره	کلاس‌بندی AWS	شکل فلاکس	نوع فلز پرکننده	درجه سلسیوس
۱	FB1- A	پودری	BAISi	۵۸۰-۶۱۵
۲	FB1- B	پودری	BAISi	۵۶۰-۶۱۵
۳	FB1- C	پودری	BAISi	۵۴۰-۶۱۵
۴	FB2- A	پودری	BMg	۴۸۰-۶۲۰
۵	FB3- A	تیوپ	BAg, BCu	۵۶۵-۸۷۰
۶	FB3- J	پودری	BAg, BCu, BNi, BAu, RBCuZn	۷۶۰-۱۲۰۵

مراحل اصلی زردجوش

- ۱ تمیزکاری پیش از جوشکاری
- ۲ انتخاب فلز پرکننده
- ۳ انتخاب روان‌ساز
- ۴ انتخاب فیکسچر
- ۵ پیش گرما
- ۶ انتخاب منبع گرما
- ۷ گرمادهی به فلز پایه
- ۸ انجام جوشکاری
- ۹ تمیزکاری بعد از جوشکاری
- ۱۰ کنترل نهایی

تمیزکاری پیش از جوشکاری

سطح اتصال از هر نوع، اکسید، گریس روغن، رنگ و دیگر مواد که ممکن است باعث جلوگیری از ترشوندگی شود و باعث کاهش کیفیت گردد، باید توسط فرایندهای مکانیکی، شیمیایی و یا آب داغ پاک شود. شکل‌های ۱۱-۴ و ۱۲-۴ ابزارهای مکانیکی و محلول‌های شیمیایی را برای تمیزکاری نشان می‌دهد.



شکل ۱۲-۴- تمیزکاری توسط محلول‌های شیمیایی



شکل ۱۱-۴- تمیزکاری توسط ابزارهای مکانیکی

انتخاب فلز پرکننده

فلزات پرکننده معمولاً بر مبنای ترکیب شیمیایی، خواص مکانیکی و خواص فیزیکی فلز پایه انتخاب می‌شوند. فلز پرکننده مورد استفاده عموماً برنج است که حاوی ۶۰ درصد مس و ۴۰ درصد روی است. جدول ۳-۴ ترکیب شیمیایی فلز پرکننده در فرایند زردجوش را نشان می‌دهد.

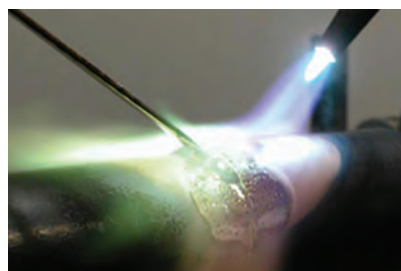
جدول ۳-۴ ترکیب شیمیایی فلز پرکننده در فرایند زردجوش براساس استاندارد AWS

AWS Classification	AWS Specification	UNS Numbers	C	Cu	Zn	Sn	Fe	Ni+CO	Mn	η	Al	Si	S	Pb	P	Other Elements Total
ERCuAl-A2	A5.7	C61800	—	Rem. ²	0.02	—	1.50	—	—	—	8.50 - 11.00	0.10	—	0.02	—	0.50
ERCuSi-A	A5.7	C65600	—	Rem.	1.0	1.0-	0.50	—	1.5	—	0.01	2.8 - 4.0	—	0.02	—	0.50
ERCuNi	A5.7	C71580	—	Rem.	—	—	0.40 - 0.75	29.0 - 32.0	1.0 (max)	0.20 - 0.50	—	0.25	0.01	0.02	0.02	0.50
BNi-31	A5.8	N99630	0.06 - MAX.	—	—	—	0.5 - max.	Rem.	—	0.05 - max	0.05 - max	4.0 - 5.0	0.02 max	—	0.02 - max	0.50
ERNiCu-7	A5.14	N04060	0.15	Rem.	—	—	2.5	62 - 69.0	4.0	1.5 - 3.0	1.25	1.25	0.015	—	0.02	0.50
RBCuZn-A	A5.8	C47000	—	57.0 - 61.0	Rem.	0.25 - 1.00	—	—	—	—	0.01	—	—	0.05	—	0.50
RBCuZn-B	A5.8	C68000	—	56.0 - 60.0	Rem.	0.80 - 1.10	0.25 - 1.2	0.20 - 0.80	0.01 - 0.50	—	0.01	0.04 - 0.15	—	0.05	—	0.50
RBCuZn-C	A5.8	0618100	—	56.0 - 60.0	Rem.	0.80 - 1.10	0.25 - 1.2	—	0.01 - 0.50	—	0.01	0.04 - 0.15	—	0.05	—	0.50
RBCuZn-D	A5.8	C77300	—	46.0 - 50.0	Rem.	—	—	9.0 - 11.0	—	—	0.01	0.4 - 0.25	—	0.05	0.25	0.50
ENiCu-A	A5.15	W84001	0.35 - 0.55	35.0 - 45.0	—	—	3.0 - 6.0	50.0 - 60.0	2.30 - max	—	—	0.75 - max	0.025	—	—	1.00

انتخاب روان ساز



شکل ۳-۱۳ روان ساز پودری مورد استفاده در زردجوش



شکل ۳-۱۴ استفاده از روان ساز در زردجوش

روان سازها به منظور تمیزکاری و جلوگیری از اکسید شدن سطح قطعه و جاری شدن بهتر سیالیت فلز پرکننده و به صورت پودری، تیوپ و دوغاب مورد استفاده قرار می‌گیرند. فلاکس‌ها براساس نوع فلز پرکننده و محدوده دمایی که در جدول ۳-۴ مشخص شده است مورد استفاده قرار می‌گیرد. باید توجه داشت که روان سازها فقط براساس دسته‌بندی جدول ۳-۴ می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. رایج‌ترین روان‌سازهایی که در زردجوش مورد استفاده قرار می‌گیرد روان ساز (FB3-J) می‌باشد که به صورت پودر موجود است و برای فولادها، نیکل و آلیاژهای نیکل مورد استفاده قرار می‌گیرد. روان ساز (FB3-J) حاوی ماده‌ای به نام براکس و فلوئورید و ذرات بور می‌باشد و گاهی آب به صورت رقیق به آن اضافه می‌شود. در شکل‌های ۳-۱۳ و ۳-۱۴ این نوع روان ساز، و طریقه استفاده از آن در عملیات زردجوش نشان داده شده است.

انتخاب فیکسچر



فیکسچر ابزاری است که قطعه کار را در حالت‌های مختلف می‌تواند نگه دارد تا عملیات جوشکاری را انجام داد. فیکسچر باعث افزایش سرعت تولید و دقت در مونتاژ قطعات می‌شود. در شکل ۴-۱۵ یک نوع فیکسچر در هنگام جوشکاری قطعات نشان داده شده است.

شکل ۴-۱۵- فیکسچر مورد استفاده شده در فرایند زردجوش

انتخاب منبع گرما

با توجه به نوع فرایند منبع گرمایی می‌تواند قوس الکتریکی و یا شعله انتخاب شود. در اکثر موارد از شعله اکسی‌استیلن به‌عنوان منبع گرما در فرایند زردجوش استفاده می‌شود. شکل‌های ۴-۱۶ و ۴-۱۷ قوس الکتریکی و شعله اکسی‌استیلن را نشان می‌دهد.

پیش گرما

قطعاتی مانند مس و چدن پیش از عملیات جوشکاری باید آنها را پیش گرم کرد تا بتوان جوش مناسبی ایجاد کرد. همچنین باید دقت داشت، تمرکز گرما زیاد بر روی قطعه باعث سوراخ شدن و یا ذوب بیش از اندازه می‌شود. گرمادهی توسط ابزاری به نام ترمومتر یا گچ‌های حرارتی اندازه‌گیری و کنترل می‌شود. شکل‌های ۴-۱۸ و ۴-۱۹ استفاده از ترمومتر و گچ‌های حرارتی برای اندازه‌گیری دما را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۷- استفاده از شعله اکسی‌استیلن



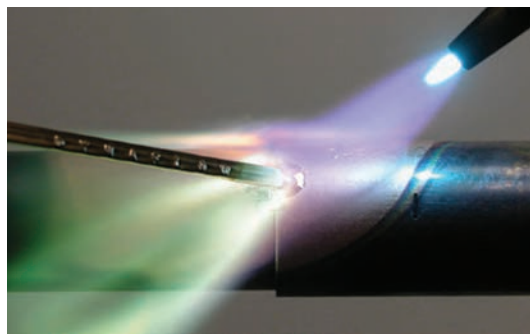
شکل ۴-۱۶- استفاده از قوس الکتریکی



شکل ۴-۱۹- اندازه‌گیری دما توسط ترمومتر



شکل ۴-۱۸- اندازه‌گیری دما توسط گچ‌های حرارتی



شکل ۴-۲۰- فرایند زردجوش

انجام جوشکاری

- انتخاب سر مشعل
- فرو بردن سیم داغ داخل روان ساز
- گرم کردن محل اتصال
- اضافه کردن فلز پرکننده
- پر کردن درز اتصال

نکته



اگر فلز پایه پیش گرمای مناسب نداشته باشد قطره مذاب مانند ساچمه‌ای روی سطح قرار می‌گیرد.



شکل ۴-۲۱- عدم ترشوندگی سطح فلز را به دلیل سرد بودن درز اتصال، نشان می‌دهد.

تمیزکاری بعد از جوشکاری

اغلب روان‌سازها علاوه بر اینکه سمی هستند چنانچه بر روی قطعات جوشکاری شده باقی بماند به مرور زمان در قطعه کار نفوذ کرده و ایجاد خوردگی می‌کنند. برای این منظور پس از پایان جوشکاری قطعات کار را توسط ابزارهای مکانیکی، آب گرم و محلول شیمیایی مناسب با نوع روان‌ساز، شست‌وشو می‌دهند. (شکل ۴-۲۲)



شکل ۴-۲۲- تمیزکاری بعد از جوشکاری توسط محلول شیمیایی

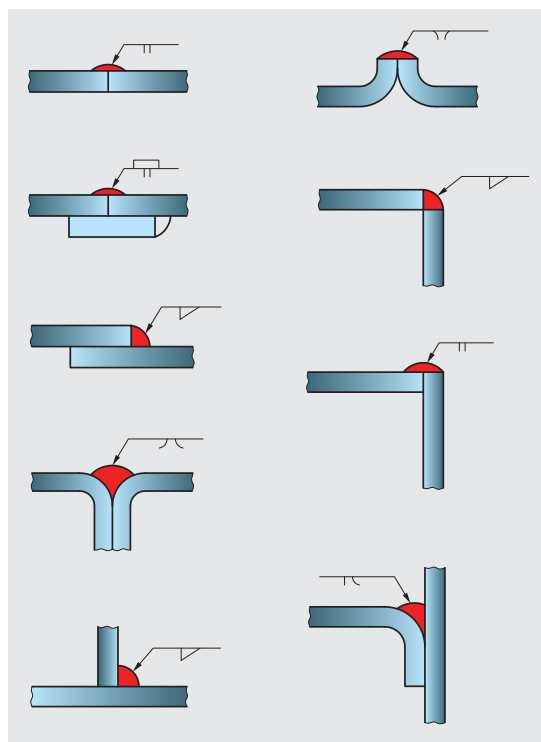
کنترل نهایی

کیفیت زردجوش بستگی به آماده‌سازی طرح اتصال و اجرای مناسب جوش دارد. استفاده از طرح اتصال صحیح و رویه مناسب جوشکاری می‌تواند اتصالی مستحکم همانند فلز پایه را ایجاد کند. فلز پرکننده، تمیزکاری فلز پایه، تنظیم مناسب گاز سوختنی، کنترل صحیح گرمادهی و استفاده کافی از فلاکس نیز از عوامل مؤثر در کیفیت جوش می‌باشند. پس از انجام جوشکاری و تمیزکاری قطعات باید سالم بودن جوش را بررسی و کنترل نهایی کرد و اگر جوش از کیفیت مناسبی برخوردار نباشد، باید آن را تعمیر کرد و به رفع عیوب احتمالی پرداخت.

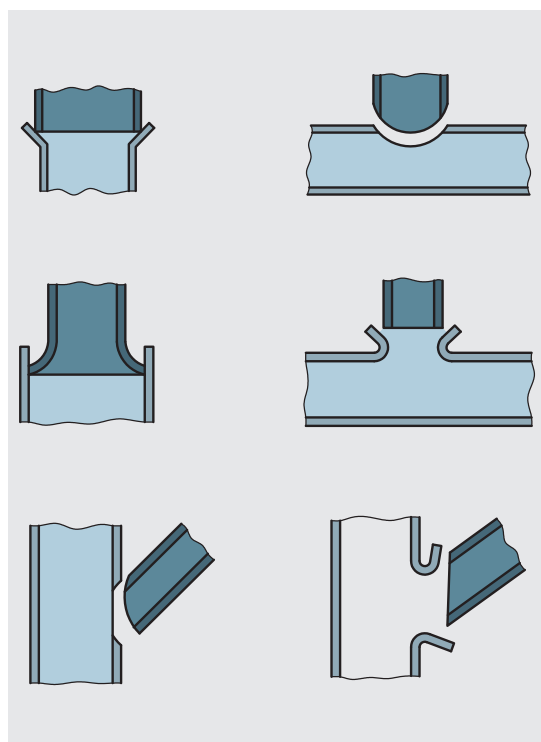
چگونه مطمئن شویم جوش ایجاد شده کیفیت مناسب را دارد؟

در نظر بگیرید شخصی بر اثر تصادف پاهایش دچار شکستگی می‌شود و دیگر قادر به راه رفتن نخواهد بود، حال سؤال اینجاست که آیا این شخص با پاهای شکسته می‌تواند همچنان به شغل خود ادامه دهد و یا اینکه باید در خانه بماند و استراحت کند؟ پاسخ شما چیست؟ ناپیوستگی در جوشکاری مانند پاهای شکسته آن فرد است و می‌تواند رفتار دوگانه‌ای داشته باشد و گاهی به صورت عیب و گاهی به صورت نقص در جوش ظاهر می‌شود. پیش از آنکه بگوییم جوش دچار عیب است یا نقص باید بدانیم چه انتظاری از جوش می‌رود یعنی آن جوش در کجا به کار رفته؟

چه میزان نیرویی می‌خواهد تحمل کند؟ بعد از اینکه دانستیم چه انتظاری از جوش می‌رود، در مورد عیب یا نقص آن می‌توانیم قضاوت کنیم. از فرایند زردجوش عموماً برای اتصال قطعات نازک و تعمیرات قطعات استفاده می‌شود، بنابراین هنگامی که نیاز به تحمل نیروی زیاد جوش و جوشکاری قطعات ضخیم باشد، از این فرایند استفاده نمی‌شود. اگر ظاهر جوش سالم باشد و عیوب ظاهری که در فصل قبل به آن اشاره شد مشاهده نشود، جوش سالم است و انتظاری را که از زردجوش می‌رود را برآورده می‌کند.



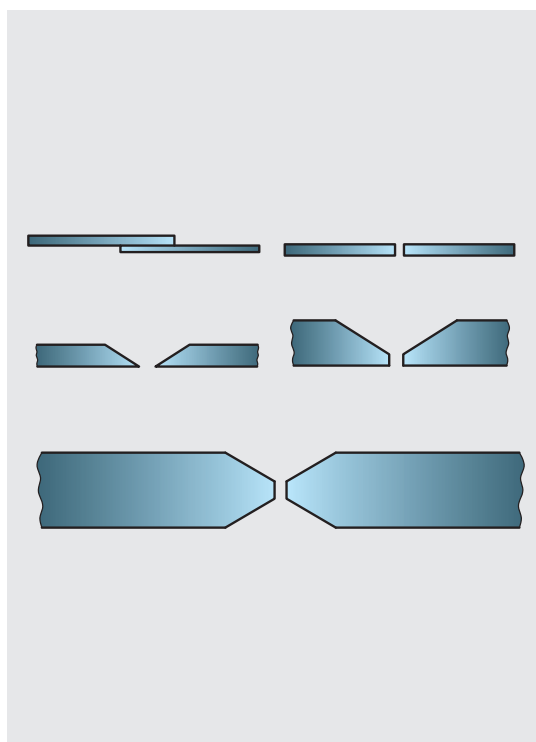
شکل ۲۵-۴- انواع طرح اتصال ورق در فرایند زردجوش



شکل ۲۷-۴- انواع طرح اتصال لوله در فرایند زردجوش

آماده‌سازی اتصال (Joint Preparation)

طرح اتصال در زردجوش شبیه به طرح اتصال در فرایندهای ذوبی است و محدوده تolerانس دقیق در درز جوش مانند لحیم‌کاری حساس نمی‌باشد. برای ضخامت‌های بیش از ۲ میلی‌متر ($\frac{3}{32}$ اینچ) در جوش‌های شیاری پخ جناغی یک‌طرفه و یا دوطرفه با زاویه ۹۰ تا ۱۲۰ مورد نیاز است. اجرای جوش شیاری با زاویه گفته شده در بالا می‌تواند یک اتصال محکم بین فلز جوش و فلز پایه ایجاد کند. جوش شیاری بدون پخ ممکن است برای ضخامت ۲ میلی‌متر و کمتر مورد استفاده قرار بگیرد. طرح اتصالات مختلف در زردجوش در شکل‌های ۲۵-۴ و ۲۶-۴ برای اتصالات لوله‌ای و در شکل ۲۷-۴ طرح اتصال برای اتصال ورق‌های فلزی نشان داده شده است.



شکل ۲۶-۴- انواع طرح اتصال ورق در فرایند زردجوش



ایجاد خال جوش توسط زردجوش

مراحل انجام کار:

۱ تمیزکاری قطعات

- با استفاده از ابزارهای مکانیکی (برس سیمی، سنباده)، محلول‌های شیمیایی، آب داغ (آب داغ بهترین حلال برای حذف چربی می‌باشد) برای حذف زنگ‌زدگی، لایه‌های اکسید، رنگ و انواع آلودگی‌های دیگر، قطعات را تمیز و آماده جوشکاری کنید.

۲ کنترل تجهیزات جوشکاری

- تجهیزات جوشکاری اعم از نوع گاز مصرفی، فشار داخلی کپسول‌ها، مشعل جوشکاری، شیلنگ‌ها، پیش از انجام جوشکاری باید مورد بررسی قرار بگیرند و آماده جوشکاری شوند.

۳ نکات ایمنی

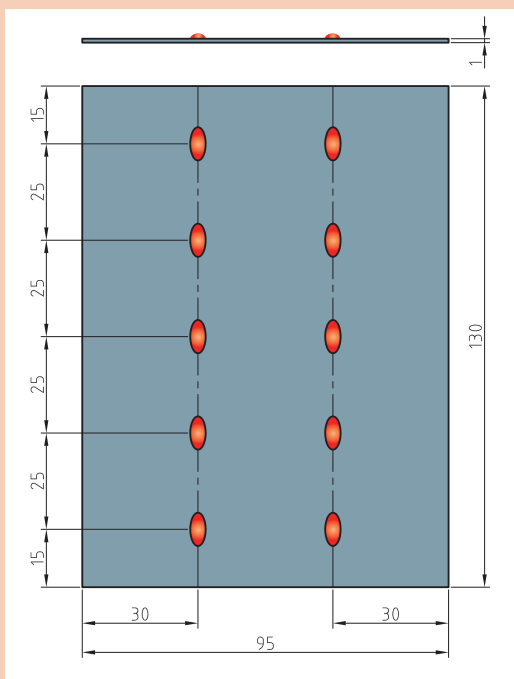
- رعایت نکات ایمنی یکی از موارد بسیار مهم در زردجوش می‌باشد که پیش از انجام جوشکاری باید مورد توجه قرار بگیرد.
- لباس کار بپوشید و از پیش‌بند چرمی استفاده کنید.
- در هنگام جوشکاری از دستکش استفاده کنید و همیشه احتمال بدهید قطعاتی که در مجاور کابین جوشکاری وجود دارند، داغ هستند.
- از عینک مخصوص جوشکاری با تیرگی مناسب (شماره شیشه ۴) برای زردجوش استفاده کنید.
- پوشیدن کفش ایمنی در هنگام جوشکاری الزامی است.
- هرگز قطعات داغ را با دستکش جابه‌جا نکنید برای این منظور از انبر مناسب استفاده کنید.
- پس از روشن کردن مشعل، مراقب باشید شعله را به طرف بالا، چپ و راست نگه ندارید تا باعث سوختن دوستانتان در کابین‌های مجاور نشود.

۴ رعایت اصول فرایند زردجوش

- پس از روشن کردن مشعل جوشکاری، با تنظیم نسبت مساوی اکسیژن و استیلن شعله خنثی ایجاد کنید.
- فلز پرکننده را با شعله داغ کنید و در تنه کار بزنید تا تنه کار به فلز پرکننده بچسبید.
- مخروط آبی رنگ را به محل اتصال نزدیک کنید به‌طوری‌که سطح قطعه کار گداخته شود و ذوب سطحی در قطعه کار ایجاد شود.
- فلز پرکننده را به سطحی که دچار ذوب سطحی شده است نزدیک کنید تا فلز پرکننده ذوب شود و درز اتصال را پر کند.
- این کار را ادامه دهید تا فرایند جوشکاری کامل شود.

۵ مسائل زیست‌محیطی

- مدیریت مواد مصرفی
- استفاده از سیستم تهویه در خروج گازها و دودها
- مدیریت استفاده از گازهای مصرفی



شرح فعالیت

یک قطعه به ابعاد $۱۳۰ \times ۹۵ \times ۱$ از جنس فولاد St37 و سیم برنج (RBCuZn) به قطر ۲ میلی متر و روان ساز پودری از جنس FB3-J انتخاب کنید و مطابق نقشه، خال جوش زدن را تمرین کنید.

ابزارهای مورد نیاز

ابزارهای مورد نیاز خود را برای ایجاد حوضچه مذاب توسط مشعل جوشکاری در جدول زیر کامل کنید.

ابزار	کاربرد	تعداد	توضیحات



ایجاد زردجوش بر روی پلیت به صورت لب روی هم

مراحل انجام کار

۱ تمیزکاری قطعات

۲ کنترل تجهیزات جوشکاری

۳ نکات ایمنی

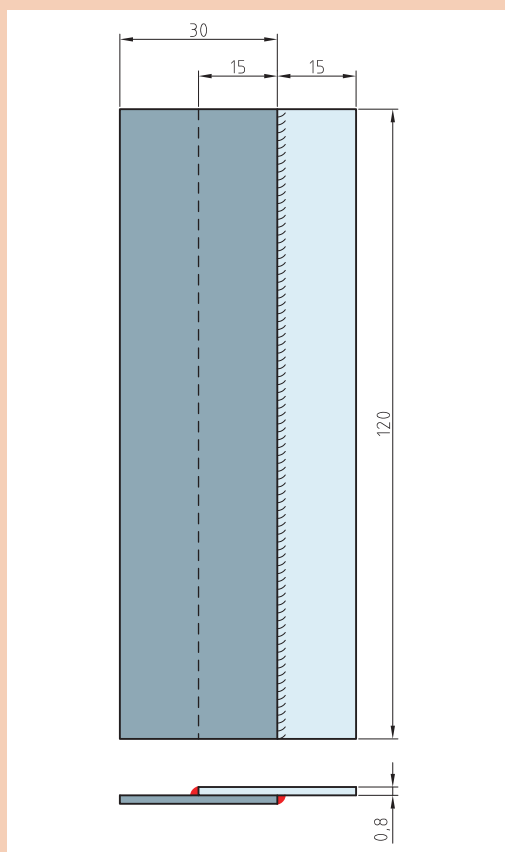
- رعایت نکات ایمنی یکی از موارد بسیار مهم در زردجوش می باشد که پیش از انجام جوشکاری باید مورد توجه قرار بگیرد.
- لباس کار مناسب بپوشید و از پیش بند چرمی استفاده کنید.
- در هنگام جوشکاری از دستکش مناسب استفاده کنید و همیشه احتمال دهید قطعاتی که در مجاور کابین جوشکاری وجود دارند، داغ هستند.
- از عینک مخصوص جوشکاری با تیرگی مناسب (شماره شیشه ۴) برای زردجوش استفاده کنید.
- پوشیدن کفش ایمنی در هنگام جوشکاری الزامی است.
- هرگز قطعات داغ را با دستکش جابه جا نکنید برای این منظور از انبر مناسب استفاده کنید.
- پس از روشن کردن مشعل، مراقب باشید شعله را به طرف بالا، چپ و راست نگه ندارید تا باعث سوختن دوستانتان در کابین های مجاور نشود.

۴ مسائل زیست محیطی

- استفاده از سیستم تهویه در خروج گازها و دودها

شرح فعالیت

دو قطعه به ابعاد $120 \times 30 \times 0.8$ از جنس فولاد St37 و سیم برنج (RBCuZn) به قطر ۲ میلی متر و روان ساز پودری از جنس FB3-J انتخاب کنید و مطابق نقشه، ایجاد زردجوش بر روی پلیت به صورت لب روی هم را تمرین کنید.





ایجاد اتصال لب به لب توسط زردجوش

مراحل انجام کار

۱ تمیزکاری قطعات

۲ کنترل تجهیزات جوشکاری

۳ نکات ایمنی

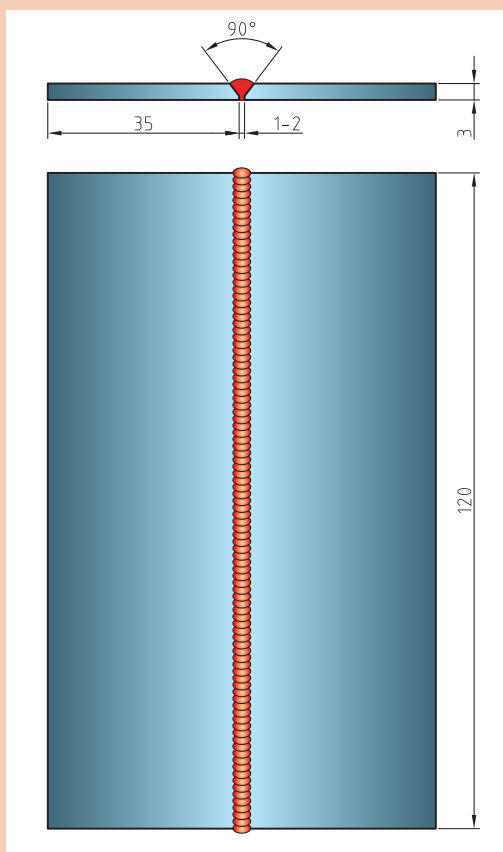
- رعایت نکات ایمنی یکی از موارد بسیار مهم در فرایند زردجوش می باشد که پیش از انجام جوشکاری باید مورد توجه قرار بگیرد.
- لباس کار مناسب بپوشید و از پیش بند چرمی استفاده کنید.
- در هنگام جوشکاری از دستکش مناسب استفاده کنید و همیشه احتمال بدهید قطعاتی که در مجاور کابین جوشکاری وجود دارند، داغ هستند.
- از عینک مخصوص جوشکاری با تیرگی مناسب (شماره شیشه ۴) برای زردجوش استفاده کنید.
- پوشیدن کفش ایمنی در هنگام جوشکاری الزامی است.
- هرگز قطعات داغ را با دستکش جابه جا نکنید برای این منظور از انبر مناسب استفاده کنید.
- پس از روشن کردن مشعل، مراقب باشید شعله را به طرف بالا، چپ و راست نگه ندارید تا باعث سوختن دوستانتان در کابین های مجاور نشود.

۴ مسائل زیست محیطی

- استفاده از سیستم تهویه در خروج گازها و دوده‌ها

شرح فعالیت

دو قطعه‌ای به ابعاد $۱۲۰ \times ۳۵ \times ۳$ میلی متر از جنس فولاد St37 و سیم برنج (RBCuZn) به قطر ۲ میلی متر و روان ساز پودری از جنس FB3-J انتخاب کنید و مطابق نقشه، پخ زده و با یک پاس جوش اجرا کنید. در صورت نیاز می توانید از پشت بند مناسب استفاده کنید.





ایجاد اتصال لب روی هم توسط زردجوش

مراحل انجام کار

۱ تمیزکاری قطعات

۲ کنترل تجهیزات جوشکاری

۳ نکات ایمنی

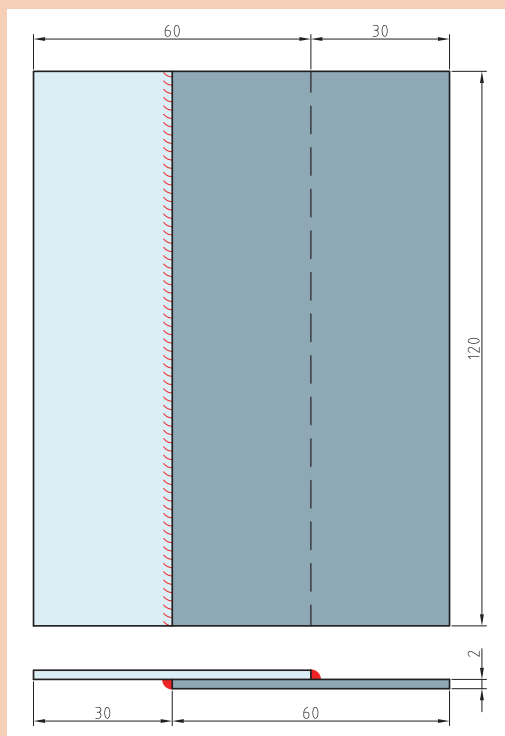
- لباس کار مناسب بپوشید و از پیش‌بند چرمی استفاده کنید.
- در هنگام جوشکاری از دستکش مناسب استفاده کنید و همیشه احتمال بدهید قطعاتی که در مجاور کابین جوشکاری وجود دارند، داغ هستند.
- از عینک مخصوص جوشکاری با تیرگی مناسب (شماره شیشه ۴) برای زردجوش استفاده کنید.
- پوشیدن کفش ایمنی در هنگام جوشکاری الزامی است.
- هرگز قطعات داغ را با دستکش جابه‌جا نکنید برای این منظور از انبر مناسب استفاده کنید.
- پس از روشن کردن مشعل، مراقب باشید شعله را به طرف بالا، چپ و راست نگه ندارید تا باعث سوختن دوستانتان در کابین‌های مجاور نشود.

۴ مسائل زیست‌محیطی

- مدیریت مواد مصرفی
- مدیریت استفاده از گازهای مصرفی

شرح فعالیت

دو قطعه‌ای به ابعاد $120 \times 60 \times 2$ میلی‌متر از جنس فولاد St37 و سیم برنج (RBCuZn) به قطر ۲ میلی‌متر و روان‌ساز پودری از جنس FB3-J انتخاب کنید و مطابق با نقشه، جوش گوشه را اجرا کنید.





ایجاد اتصال سه پری توسط زردجوش

مراحل انجام کار

۱ تمیزکاری قطعات

۲ کنترل تجهیزات جوشکاری

۳ نکات ایمنی

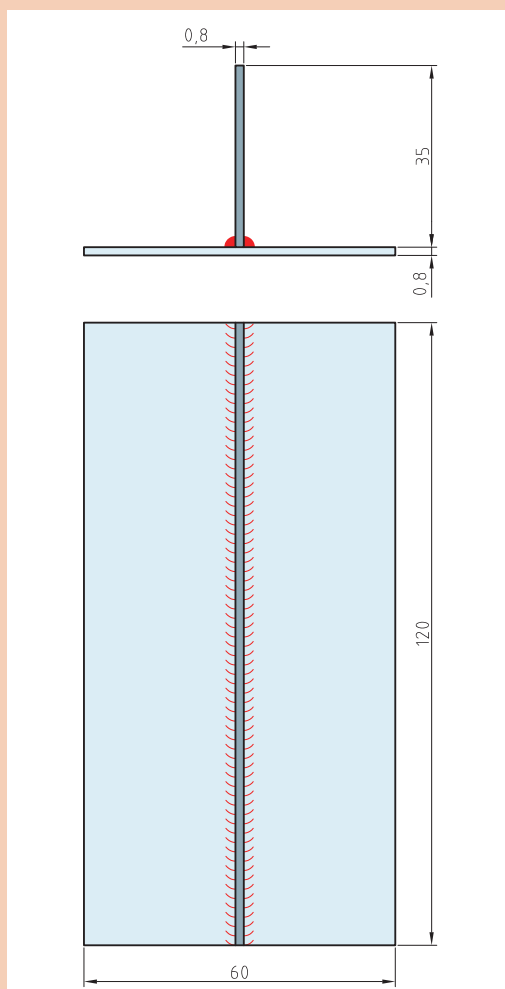
- لباس کار بپوشید و از پیش‌بند چرمی استفاده کنید.
- در هنگام جوشکاری از دستکش استفاده کنید و همیشه احتمال بدهید قطعاتی که در مجاور کابین جوشکاری وجود دارند، داغ هستند.
- از عینک مخصوص جوشکاری با تیرگی مناسب (شماره شیشه ۴) برای زردجوش استفاده کنید.
- پوشیدن کفش ایمنی در هنگام جوشکاری الزامی است.
- هرگز قطعات داغ را با دستکش جابه‌جا نکنید برای این منظور از انبر استفاده کنید.
- پس از روشن کردن مشعل، مراقب باشید شعله را به طرف بالا، چپ و راست نگه ندارید تا باعث سوختن دوستانان در کابین‌های مجاور نشود.

۴ مسائل زیست‌محیطی

- استفاده از سیستم تهویه در خروج گازها و دودها

شرح فعالیت

دو قطعه‌ای به ابعاد $۱۲۰ \times ۳۵ \times ۰/۸$ و $۱۲۰ \times ۶۰ \times ۰/۸$ میلی‌متر از جنس فولاد St37 و سیم برنج (RBCuZn) به قطر ۲ میلی‌متر و روان‌ساز پودری از جنس FB3-J انتخاب کنید و مطابق نقشه اتصال سه پری را اجرا کنید.





ایجاد اتصال نبشی با زردجوش

مراحل انجام کار

۱ تمیزکاری قطعات

۲ کنترل تجهیزات جوشکاری

۳ نکات ایمنی

- رعایت نکات ایمنی یکی از موارد بسیار مهم در زردجوش می باشد که پیش از انجام جوشکاری باید مورد توجه قرار بگیرد.
- لباس کار بپوشید و از پیش بند چرمی استفاده کنید.
- در هنگام جوشکاری از دستکش استفاده کنید و همیشه احتمال بدهید قطعاتی که در مجاور کابین جوشکاری وجود دارند، داغ هستند.

- از عینک مخصوص جوشکاری با تیرگی مناسب (شماره شیشه ۴) برای زردجوش استفاده کنید.
- پوشیدن کفش ایمنی در هنگام جوشکاری الزامی است.

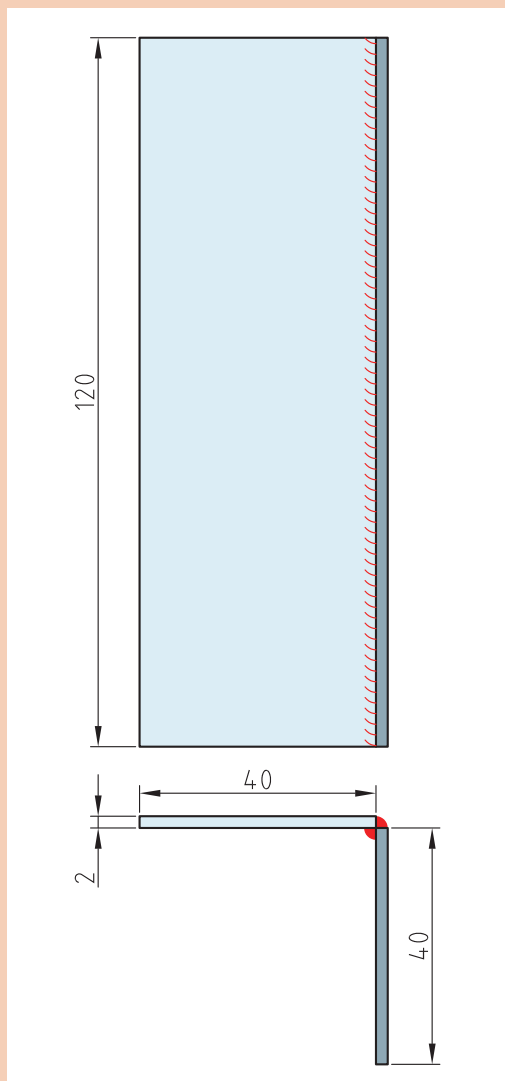
- هرگز قطعات داغ را با دستکش جابه جا نکنید
- برای این منظور از انبر استفاده کنید.
- پس از روشن کردن مشعل، مراقب باشید شعله را به طرف بالا، چپ و راست نگه ندارید تا باعث سوختن دوستانان در کابین های مجاور نشود.

۴ مسائل زیست محیطی

- استفاده از سیستم تهویه در خروج گازها و دودها

شرح فعالیت

دو قطعه ای به ابعاد $۱۲۰ \times ۴۰ \times ۲$ میلی متر از جنس فولاد St37 و سیم برنج (RBCuZn) به قطر ۲ میلی متر و روان ساز پودری از جنس FB3-J انتخاب کنید و مطابق نقشه اتصال نبشی را اجرا کنید.





اتصال لوله به ورق با فرایند زردجوش

مراحل انجام کار

۱ تمیزکاری قطعات

۲ کنترل تجهیزات جوشکاری

۳ نکات ایمنی

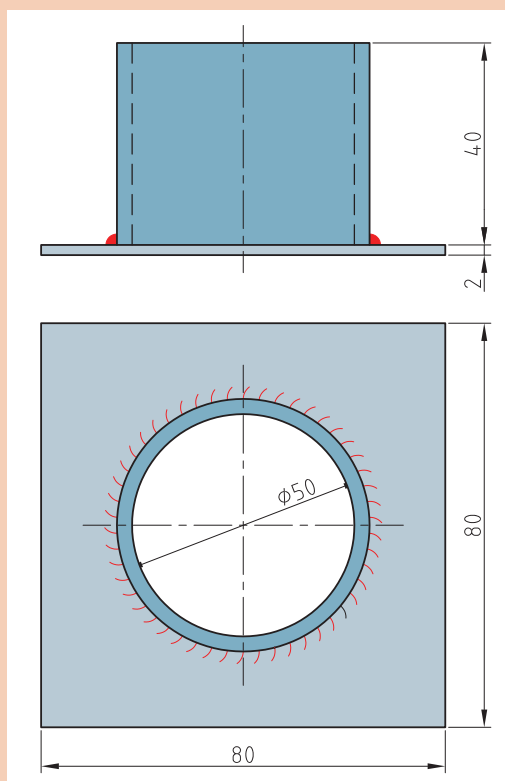
- رعایت نکات ایمنی یکی از موارد بسیار مهم در زردجوش می باشد که پیش از انجام جوشکاری باید مورد توجه قرار بگیرد.
- لباس کار بپوشید و از پیش بند چرمی استفاده کنید.
- در هنگام جوشکاری از دستکش استفاده کنید و همیشه احتمال بدهید قطعاتی که در مجاور کابین جوشکاری وجود دارند، داغ هستند.
- از عینک مخصوص جوشکاری با تیرگی مناسب (شماره شیشه ۴) برای زردجوش استفاده کنید.
- پوشیدن کفش ایمنی در هنگام جوشکاری الزامی است.
- هرگز قطعات داغ را با دستکش جابه جا نکنید برای این منظور از انبر استفاده کنید.
- پس از روشن کردن مشعل، مراقب باشید شعله را به طرف بالا، چپ و راست نگه ندارید تا باعث سوختن دوستانتان در کابین های مجاور نشود.

۴ مسائل زیست محیطی

- استفاده از سیستم تهویه در خروج گازها و دودها

شرح فعالیت

لوله ای به قطر خارجی ۵۰ میلی متر و ارتفاع ۴۰ میلی متر و ورقی به ابعاد ۸۰×۸۰×۲ میلی متر از جنس St37 و سیم برنج (RBCuZn) به قطر ۲ میلی متر و روان ساز پودری از جنس J-FB3 انتخاب کنید. مطابق با شکل جوش لوله به ورق را اجرا کنید.





اجرای اتصال لوله به لوله با زردجوش

مراحل انجام کار

۱ تمیزکاری قطعات

۲ کنترل تجهیزات جوشکاری

۳ نکات ایمنی

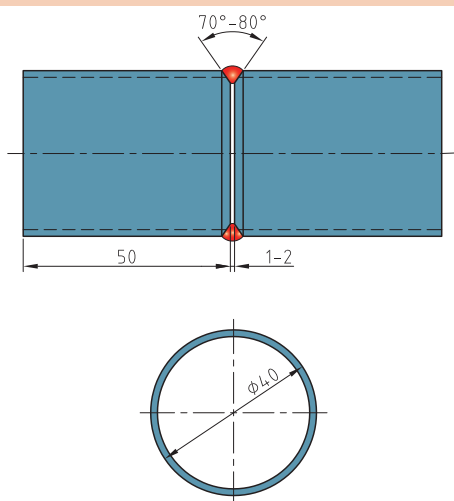
- رعایت نکات ایمنی یکی از موارد بسیار مهم در زردجوش می باشد که پیش از انجام جوشکاری باید مورد توجه قرار بگیرد.
- لباس کار بپوشید و از پیش بند چرمی استفاده کنید.
- در هنگام جوشکاری از دستکش استفاده کنید و همیشه احتمال بدهید قطعاتی که در مجاور کابین جوشکاری وجود دارند، داغ هستند.
- از عینک مخصوص جوشکاری با تیرگی مناسب (شماره شیشه ۴) برای زردجوش استفاده کنید.
- پوشیدن کفش ایمنی در هنگام جوشکاری الزامی است.
- هرگز قطعات داغ را با دستکش جابه جا نکنید برای این منظور از انبر استفاده کنید.
- پس از روشن کردن مشعل، مراقب باشید شعله را به طرف بالا، چپ و راست نگه ندارید تا باعث سوختن دوستانتان در کابین های مجاور نشود.

۴ مسائل زیست محیطی

- استفاده از سیستم تهویه در خروج گازها و دودها

شرح فعالیت

دو لوله به قطر خارجی ۴۰ میلی متر و ارتفاع ۵۰ میلی متر از جنس St37 و سیم برنج (RBCuZn) به قطر ۲ میلی متر و روان ساز پودری از جنس FB3-J انتخاب کنید. مطابق با نقشه جوشکاری لوله به لوله را در حالت افقی اجرا کنید.





ساخت تبدیل استوانه به استوانه

مراحل انجام کار

۱ تمیزکاری قطعات

۲ کنترل تجهیزات جوشکاری

۳ نکات ایمنی

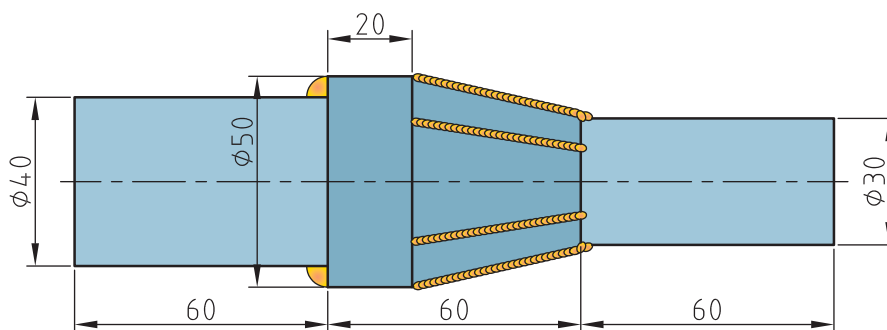
- رعایت نکات ایمنی یکی از موارد بسیار مهم در زردجوش می باشد که پیش از انجام جوشکاری باید مورد توجه قرار بگیرد.
- لباس کار بپوشید و از پیش بند چرمی استفاده کنید.
- در هنگام جوشکاری از دستکش استفاده کنید و همیشه احتمال بدهید قطعاتی که در مجاور کابین جوشکاری وجود دارند، داغ هستند.
- از عینک مخصوص جوشکاری با تیرگی مناسب (شماره شیشه ۴) برای زردجوش استفاده کنید.
- پوشیدن کفش ایمنی در هنگام جوشکاری الزامی است.
- هرگز قطعات داغ را با دستکش جابه جا نکنید برای این منظور از انبر استفاده کنید.
- پس از روشن کردن مشعل، مراقب باشید شعله را به طرف بالا، چپ و راست نگه ندارید تا باعث سوختن دوستانتان در کابین های مجاور نشود.

۴ مسائل زیست محیطی

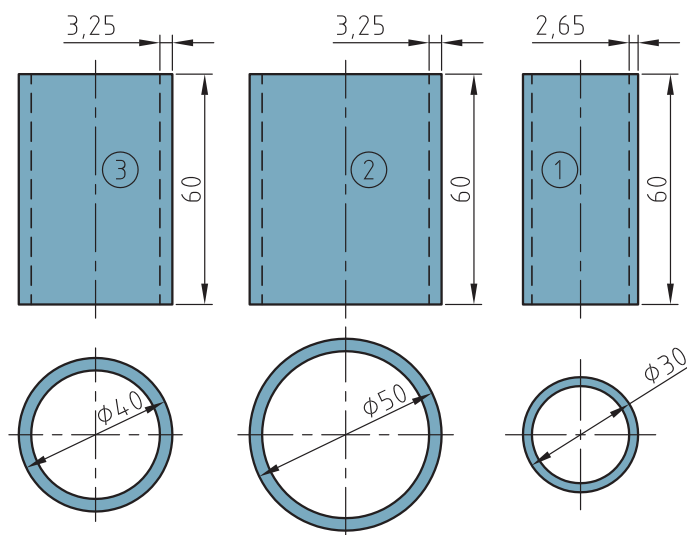
- استفاده از سیستم تهویه در خروج گازها و دودها

شرح فعالیت

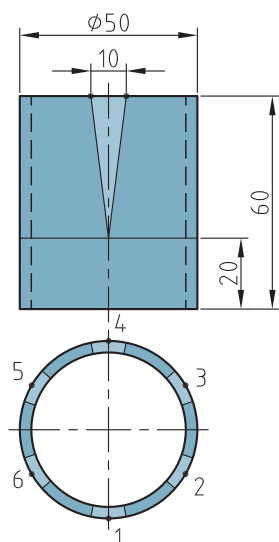
سه لوله به قطرهای خارجی ۳۰، ۴۰، ۵۰ میلی متر و ارتفاع ۶۰ میلی متر از جنس St37 و روان ساز پودری از جنس FB3-J انتخاب کنید و مطابق با نقشه یک تبدیل ۵ به ۳ بسازید و آنها را توسط زردجوش به یکدیگر اتصال دهید.



اتصال لوله ۵ به ۳/۵ و استفاده از تبدیل توسط زردجوش

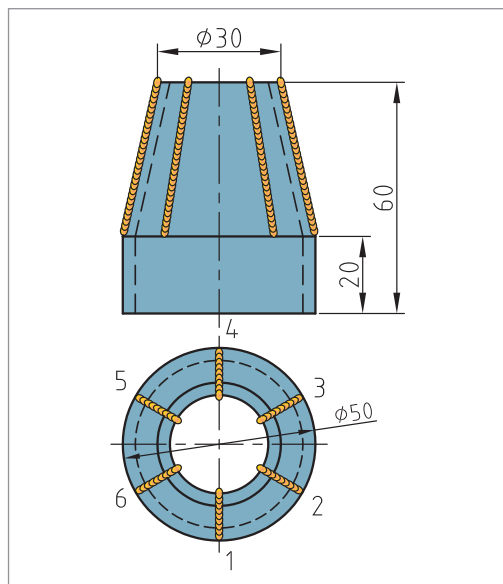


لوله به قطرهای خارجی ۲۵، ۴۰، ۵۰ میلی‌متر و ارتفاع ۶۰ میلی‌متر جهت اتصال دادن به یکدیگر



مطابق شکل روبه‌رو استوانه را به شش قسمت مساوی تقسیم کنید سپس از نقاط تقسیم‌بندی شده (نقطه یک) از هر طرف ۵ میلی‌متر سمت چپ و راست جدا کنید، تا نقاط B و C به دست بیاید. خط‌های عمودی به طول ۴۰ میلی‌متر به سمت پایین امتداد دهید تا به نقطه A برسید سپس از نقطه A به نقاط B و C وصل کنید تا مثلث ABC به دست بیاید و توسط کمان اره و قلم تیزبر مثلث ABC را ببرید. این کار را در محیط استوانه ادامه دهید تا شش مثلث ABC از استوانه ۲ برش بخورد.

طریقه خط‌کشی و بریدن و آماده‌سازی تبدیل لوله ۵ به ۲/۵



بریدن مثلث ABC مهارت و دقت زیادی می‌طلبد در بریدن آن دقت لازم را انجام دهید. بعد برش کاری لبه‌های برش خورده را توسط سوهان پلیسه‌زنی کنید و لبه‌های قطعه را صاف کنید. در ادامه لبه‌های ایجاد شده را به سمت داخل خم کنید تا لبه‌های قطعه به یکدیگر برسد و درز اتصال ایجاد شود. دقت کنید خم کاری از ریشه در ارتفاع ۴۰ میلی‌متری انجام شود تا تبدیل ظاهر مناسبی پیدا کند.

بعد از ایجاد برش و خم کاری توسط زردجوش لبه‌های ورق را جوش داده و آن را آب‌بندی کنید و تبدیل ۵ به ۳ ایجاد کنید و در نهایت لوله‌های شماره ۱ را به قسمت بالایی تبدیل و لوله شماره ۳ را به قسمت پایینی تبدیل جوش دهید.

در صورت لقی بیش از حد سر لوله‌ها در محل اتصال می‌توان سر لوله‌ها را گشاد کرد به طوری که قطعات در یکدیگر فیت شوند، سپس قطعات را جوش داد.

<p>شرح کار: اتصال دو پلیت فولادی به یکدیگر با اتصال لب به لب در وضعیت تخت</p>			
<p>استاندارد عملکرد: اتصال قطعات فلزی یکدیگر با به کارگیری روش اکسی استیلن مطابق با نقشه</p>			
<p>شاخص ها:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ تنظیم و راه اندازی تجهیزات ■ جوش آب بند ■ تمیزکاری برابر رویه ■ اتصال برابر رویه ■ جوش بدون عیب برابر رویه 			
<p>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: کارگاه جوشکاری اکسی استیلن استاندارد، تجهیزات کامل جوشکاری اکسی استیلن، سیم جوش های برنجی، فلاکس، برس سیمی، چکش، سندان، کمان اره، تجهیزات ایمنی، انبر برای جابه جایی قطعات</p> <p>زمان: ۲ ساعت</p>			
<p>معیار شایستگی:</p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده سازی مواد	۱	
۲	آماده سازی دستگاه	۲	
۳	اتصال قطعات با جوش برنج	۲	
۴	تمیزکاری و کنترل نهایی	۱	
	<p>شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: اطمینان از کیفیت کار انجام شده، ایمنی در محل کپسول، ایمنی در شیلنگ ها، ایمنی در محیط از نظر تمیز بودن قطعه کار و محیط کار از نظر روغن و غیره، ایمنی در محیط از نظر عوامل آتش زا و انفجاری.</p>		۲
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.