موضوع :

تکنیک های جوشکاری

فهرست مطالب :

فصل اول 4
عملیات آماده سازی درز جوش در لوله ها 4
عملیات تمیز نمودن سطوح اتصال : 8
جفت نمودن لوله ها : 8
انجام دادن خال جوش ها : 9
متوقف نمودن جوشکاری 13
فصل دوم 14
پاس ریشه 15
اصول کلی برای جوشکاری پاس ریشه به روش سربالا..... 16
سوراخ کلید (KEY HOLE) 17
شروع به پاس ریشه 18
جوشکاری سربالای پاس ریشه 19
قطع نمودن و شروع مجدد..... 20
جوشکاری تخت پاس ریشه..... 23
جوشکاری نیمه دوم لوله 25
روش اتصال نهایی (Iie in) 25
بازرسی جوش 27
جفت نمودن بد، درز جوش با فاصله زیاد 28
آماده سازی بد و درز جوش بیش از اندازه بسته 32
آماده سازی بد، درز جوش باز و بسته در نقاط مختلف لوله 33
آماده سازی بد و پیشانی پخ خیلی نازک بوده 33
جوشکاری پاس ریشه با الکترودهای کم هیدروژن..... 34
خلاصه ای از جوشکاری پاس ریشه 37
فصل سوم 38
جوشکاری پاس ریشه با روش تیگ(GTAW)..... 38
روش تیگ(GTAW) 40

گاز محافظ 42
ترج مخصوص جوش آرگون (GTAW) 43
الکترودها 44
آماده سازی درز اتصال 47
روش جوشکاری پاس ریشه 48
برقراری اتصال (Iie- in) 53
پاس دوم 54
فصل چهارم 54
پاس های پر کن و پاس رو 54
لایه های چند تایی 55
آماده سازی برای پاس ریشه 56
تنظیم شدت جریان 58
زاویه الکترود 59
جوشکاری پاسهای میانی (پاسهای پر کن) 60
توقف و شروع مجدد 63
اتصال نهایی 64
پاس رو 65
الکترودهای کم هیدروژن 67
فصل پنجم 68
جوشکاری لوله های با ضخامت دیواره کم 68
روش سربالا 70
روش سرازیر 71
روش افقی (2G) 73
جوشکاری لوله در محیط آزاد 73
آماده سازی درز جوش 75
انجام خال جوش ها 76
پاس ریشه 78

توقف و شروع مجدد 81
اتصال نهایی 82
آماده سازی برای پاس دوم 82
پاس دو (HOT PASS) 83
پاس رو 89
جفت نمودن نامناسب لوله 89
موقعیت 45 درجه (6G) 90
فصل ششم 93
جوشکاری افقی لوله (حالت 2G) 93
آماده سازی لوله 94
جوشکاری پاس ریشه به روش 2G 94
توقف و شروع مجدد 97
به وجود آوردن اتصال (Iie in) 98
جفت نمودن اشتباه 99
انجام پاس ریشه با الکترودهای کم هیدروژن 100
پاس دوم 102
پاس سوم و چهارم 104
پاس های پنجم ، ششم و هفتم (پاس های رو) 105

فصل اول

عملیات آماده سازي درز جوش در لوله ها

عملیات آماده سازی درز لوله یکی از مراحل اساسی جوشکاری لوله بوده چرا که کیفیت جوش در ارتباط نزدیکی با نحوه آماده سازی لوله می باشد. در بعضی موارد، آماده سازی اشتباه اتصال میتواند منجر به بروز معایب و شکست در قطعه گردد.

جوشکار لوله می بایستی اطلاعات مهارت کافی جهت آماده سازی لوله داشته باشد که این خود اولین گام در جهت حصول به جوش با کیفیت قابل قبول می باشد.

عملیات ذکر شده از 4 مرحله تشکیل شده است :

1- آماده سازی لبه ها

2- تمیز نمودن سطوح اتصال درز جوش

3- جفت کردن لوله ها

4- خال جوش زدن لوله ها

هر کدام از این مراحل به طور جداگانه مورد بحث قرار خواهند گرفت ولی ابتدا خلاصه ای در مورد نحوه جوشکاری لوله آورده خواهد شد. تکه هایی از لوله با طول کوتاه یا به عنوان دیگر نیپل جهت صرفه جویی در لوله برای تمرین مورد استفاده قرار می گیرد. البته باید توجه نمود که طول لوله اگر خیلی کوتاه باشد سرعت سرد شدن جوش به حدی تحت تأثیر قرار گرفته که جوش شرایط کافی را جهت جوش طول های بلند از لوله مهیا نمی نماید. بنابراین معمولاً در طول 7 اینچ برای هر کدام از دو لوله ای که مورد جوشکاری قرار می گیرند توصیه میگردد. تجربه نشان داده است که طول ذکر شده در سرعت سرد شدن جوش تأثیری باقی نمی گذارد. همانطور که قبلاً نیز ذکر شد دو روش مختلف برای جوشکاری لوله مورد استفاده قرار می گیرند. برای لوله هایی با ضخامت کم، روش سرازیر و برای لوله های با ضخامت بالا ، روش سربالا استفاده می شود. به جز چند مورد جزئی از قبیل اندازه

اتصال و جوشکاری خال جوش ها، روش آماده سازی لوله برای هر دو روش یکسان می باشد.

1- آماده سازی لبه ها :

معمولاً از اتصال نوع جناغی یکطرفه جهت جوشکاری لوله ها استفاده می شود. به قسمت های مختلفی که مورد اتصال قرار می گیرند نام های مختلفی داده شده است که در شکل 1 ذکر شده است .این اسامی بیشتر در جوشکاری لوله ها مورد استفاده قرار می گیرند.

شکل شماره2 مشخصات استاندارد معین شده برای جوشکاری لوله های با ضخامت بالا که توسط روش جوشکاری قوس با الکترود روپوش دار انجام می گیرد را مشخص می کند. زاویه شیار این نوع اتصال75 درجه می باشد. جهت حصول به این زاویه، زمانی که لوله ها جهت شروع به جوشکاری جفت می شوند زاویه پخ در انتهای هر کدام از لوله می بایستی برابر با نصف زاویه شیار یعنی 37/5 درجه باشد.

شکل 2 مشخصات استاندار محل اتصال در جوشکاری لوله های با ضخامت بالاهنگام پخ زدن می بایستی دقت کافی نمود تا پهنای پیشانی پخ اندازه مناسب خود را پیدا کند. همانطور که در شکل 2 نشان داده شده است این مقدار برای لوله با ضخامت بالا برابر با 3/32 تا 1/8 اینچ می باشد.

معمولاً عملیات پخ زنی لوله ها توسط ماشین انجام میگیرد و در این حالت به غیر از عملیات تمیزکاری، احتیاجی به اعمال عملیات دیگری نمی باشد و میتوان لوله ها را مستقیماً جفت نمود اما بعضی اوقات عملیات پخ زنی انجان نگرفته و می بایستی قبل از شروع به کار ا نجام پذیرد. در این حالت لوله به وسیله برش اکسی استیلن بریده شده و توسط دستگاههای سنگ زنی عملیات پخ زدن انجام می گیرد.

گاهی اوقات نیز لوله ها توسط دستگاه برش اکسی استیلن بریده می شود که این امر احتیاج به مهارت و تجربه کافی دارد. در صورت موجود بودن از دستگاه پخ زنی که در شکل 2 به نمایش درآمده است استفاده می شود. این دستگاه به انتهای لوله بسته شده و برای برش تنظیم می گردد. سپس مشعل برش اکسی استیلن جهت برش محیط لوله تغذیه می گردد. با توجه به طراحی دستگاه تغذیه می تواند توسط چرخ دستی و یا توسط خود دستگاه انجام پذیرد.

سطح قطعه ای که توسط برش اکسی استیلن بریده می شود از لایه ای از اکسید پوشیده می شود که این لایه اکسید در صورتی که برطرف نگردد درکیفیت جوش حاصله تأثیرات مخرب و مضری خواهد داشت . بنابراین پس از برش و قبل از جوشکاری سطوح پخ از کلیه آلودگی ها از جمله لایه اکسیدی می بایستی پاک گردند. این عمل توسط عملیات سنگ زدن که در مرحله بعد انجام می گیرد سبب به وجود آمدن پخی عاری از هر گونه اکسید و دارای سطحی صاف و آماده برای جوشکاری میگردد.

در مورد لوله های با ضخامت م (1/8) کل سطح پخ توسط دستگاه سنگ دستی، سنگ زده می شود.

عملیات تمیز نمودن سطوح اتصال :

آلودگی هایی همچون گریس، روغن، زنگ و پوسته تأثیرات مضری در کیفیت جوش دارند. همانطور که قبلاً هم گفته شد می بایستی هیچگونه آثاری از لایه اکسیدی حاصل از برشکاری اکسی استیلن بر روی سطوح اتصال دیده نشود. جوشکار همچنین بایستی در مورد عدم حضور سایر آلودگی ها نیز اطمینان حاصل نماید که این کار را می توان با استفاده از برسهای دستی انجام داد.

جفت نمودن لوله ها :

دو لوله ای که قرار است مورد جوشکاری قرار گیرند می بایستی دقیقاً در یک امتداد قرار گیرند. سطوح داخلی و همچنین سطوح خارجی لوله باید کاملاً در امتداد هم باشند. جفت نمودن لوله نیز خود احتیاج به مهارت کافی دارد.

تکه های کوتاه لوله(nipples) تنها برای تمرین جوشکاری مورد استفاده قرار نگرفته بلکه جهت استفاده در کارگاهها و مناطق عملیاتی نیز می باشد طول لوله بکار رفته همانطور که قبلاً نیز گفته شد می بایستی 7 اینچ باشد. لوله از نوع فولاد کم کربن و با قطر هشت اینچ می باشد البته قطر واقعی خارجی لوله برابر با8/25 اینچ بوده و ضخامت دیواره نیز 0/406 اینچ می باشد.

برای جفت نمودن لوله ها، ابتدا فاصله درز اتصال را در نظر داشته، سیمی را که تقریباً دارای قطری برابر با این فاصله بوده پیدا نموده خم کرده و به شکل 7 در آورید (شکل 4)، سپس یکی از لوله ها را روی میز قرار داده و لوله دیگر را بر روی آن قرار دهید به طوری که سیم مورد ذکر بین دو لوله به صورت یک فاصله دهنده عمل نماید. در این حالت لوله ها را به یک پایه مستقیم تکیه دهید (c) . حداکثر تا ردیفی مجاز (عدم انطباق و بالا و پایین بودن دو لبه در جوشکاری لب به لب یا ورق) طبق استاندارد (ASME) از 1/16 نمی بایستی بیشتر باشد در این حالت لوله ها برای زدن خال جوش آماده می باشند.

انجام دادن خال جوش ها :

پس از آنکه لوله ها به طور کامل و ردیف روی هم قرار گرفتند، 4 خال جوش و با فاصله مساوی در اطراف لوله انجام میگیرد. این عمل توسط الکترود 1/8 E) (6010 انجام می پذیرد. طول هر خال جوش می بایستی تقریباً 3/4 باشد. از آنجایی که خال جوشها به عنوان قسمتی از پاس ریشه باقی می مانند بنابراین می بایستی بدون عیب انجام پذیرد. خال جوشها می بایستی استحکام لازم را داشته و نفوذ کافی را در ریشه داشته باشند.

در حالیکه لوله ها بر روی هم قرار گرفته اند اولین خال جوش را در یک نقطه می زنیم (شکلA-5) سپس سیمی که بین دو لوله قرار دارد را حرکت داده به طوری که فقط قسمت خم شده آن بین لوله ها قرار گرفته باشد (شکلB -5) سپس خال

جوش دوم را در محلی مخالف و روبروی خال جوش اول انجام می دهیم. در مرحله بعد سیم را به طور کامل از بین لوله ها خارج کرده و فاصله درز جوش را مورد بررسی قرار میدهیم. اگر درز یکطرف لوله نسبت به طرف دیگر آن فاصله بیشتری داشته باشد (بازتر باشد) خال جوش بعدی را در این منطقه انجام می دهیم. اگر این درز بسیار گشاد بود به طوری که قابل جوشکاری نبود در آنصورت لوله را به طوری که در شکل(C-5) نشان داده شده است چند دفعه بر روی میز می کوبیم تا آنکه این اشکال رفع گردد. سپس خال جوش سوم و چهارم را به اندازه 90 درجه فاصله نسبت به خال جوش اول و دوم انجام می دهیم .

در بیشتر حالات، انتهای خال جوشها می بایستی سنگ زده شود تا اتصال بین خال جوش و پاس ریشه ای که بعداً انجام خواهد پذیرفت به خوبی انجام پذیرد. البته این مسئله در همه موقعیت ها انجام نمی گیرد. گاهی اوقات دستگاه سنگ موجود نبوده بنابراین جوشکار می بایستی این اتصال را به خوبی برقرار سازد. اگر جوشکار قادر به انجام کار باشد در آنصورت در مورد خال جوش هایی که سنگ خورده اند و اتصال آنها به بقیه پاس ریشه هیچگونه مشکلی نخواهد داشت بنابراین در حین آموزش جوشکاری، توصیه می گردد که انتهای خال جوشها سنگ نخورند.

روش صحیح برای جوشکاری خال جوشها در پاراگراف بعدی توضیح داده خواهند شد. البته تمام این توضیحات با فرض اینکه مناسب انتخاب گردیده و دستگاه جوش سالم و بدون نقص می باشد در نظر گرفته شده است.

این نکته قابل ذکر می باشد که شروع به جوشکاری می بایستی به طور صحیح انجام پذیرد چه در مورد انجام دادن خال جوش بوده و یا یک پاس کامل. پس از برقرار شدن قوس، طول قوس بلافاصله نمی بایستی کوتاه گردد. می بایست زمان کافی برای پایدار شدن به قوس داده شده و همچنین زمان کافی برای برقرار شدن اتمسفرگاز محافظ نیز در نظر گرفته شود.

اگر قوس ناپایدار در مجاورت ریشه جوش قرار گیرد ممکن است که الکترود چسبیده و یا قطرات کوچکی از الکترود ذوب شده به گوشه های شیار پخ زده شده بچسبند که این امر خود منجر به محدودیت در حرکت قوس می گردد. اتمسفر گاز محافظ فلز مذاب را از اکسیده شدن محافظت می نماید. در صورت عدم حضور این گازها، فلز مذاب موجود در حوضچه مذاب با اکسیژن هوا ترکیب شده تشکیل اکسید داده و بدین ترتیب فلز مذاب براحتی نمی تواند در درز جوش جریان پیدا کند. در این حالت فلز رسوب داده شده به طور کامل ذوب نشده و همچنین نفوذ پاس ریشه نیز به اندازه کافی نمی باشد. نتیجه عمل جوش معیوبی بوده که می بایستی برطرف گردد.

برای انجام دادن خال جوشها روش صحیح این بوده که قوس در قسمت جلوی جوش و یا قسمتی از شیار که خط جوش در آنجا انجام می پذیرد برقرار گردد. (شکل 6) قوسی با طول بلند را برقرار کرده و سپس الکترود را در درون شیار به محلی که جوش از آنجا شروع خواهد شد انتقال دهید. این عمل علاوه بر آنکه سطح

شیار را پیش گرمایی نموده، زمان کافی برای استقرار و پایدار شدن قوس را نیز می دهد.

در طی این زمان ممکن است قطرات فلز انتقال یافته از الکترود به صورت جرقه درخارج از محل جوش پخش شوند.

الکترود می بایستی در زاویه مناسب نسبت به لوله قرار گیرد (شکل A7 و B) الکترود در بالای قسمتی که محل شروع جوشکاری است قرار می گیرد تا گوشه های شیار ذوب گردند سپس فاصله قوس کم شده تا اینکه طول قوس مناسب برای جوشکاری برقرار گردد. پس از تشکیل شدن سوراخ کلید (شکل B–6) و تشکیل شدن خط جوش، می بایستی به الکترود کمی حرکت سرد و گرم (whipping) داد.

سوراخ کلید (The keyhole)

سوراخ کلید یکی از بخش های اساسی در جوشکاری پاس ریشه می باشد. سوراخ کلید می بایستی 1 برابر قطر روپوش الکترود باشد. این عامل (key hole) با تشکیل دادن تاج کوچکی در قسمت عقب خط جوش، در واقع نفوذ کافی ریشه جوش را مشخص می نماید .

تاج مورد بحث (شکل 8) می بایستی دارای ارتفاعی به اندازه 1/16 بالاتر از سطح داخلی لوله باشد. در حین جوشکاری، جوشکار می بایستی به طور مداوم سوراخ کلید را زیر نظر داشته باشد. زمانی که این سوراخ گشاد گردید منجر به نفوذ زیادی خواهد شد. در آنصورت این امر را می توان با کاهش آمپر و یا با افزایش

سرعت جوشکاری بهبود بخشید. اگر سورخ کلید خیلی کوچک باشد در آنصورت برعکس مورد قبل، نفوذ ناکافی بوده که در این حالت نیز می بایستی آمپر را افزایش داده و یا سرعت جوشکاری را کاهش داد.

دادن حرکت سرد و گرم به الکترود (Whipping Technique)

زمانی که لوله ها در حالت 2G خال جوش خوردند در این حالت جوش در حالت افقی بوده و لازم است که جهت کنترل فلز در حوضچه مذاب کمی به الکترود حرکت سرد و گرم داد. حرکت سرد و گرم (شکل 9) در واقع حرکتی است که با دور نمودن قوس از حوضچه مذاب در جهت جوش و سپس مجدداً برگرداندن آن به حوضچه مذاب می باشد. قوس می بایستی از شیار جوش خارج نشود. طول این حرکت می بایستی کوتاه و به اندازه 1 قطر الکترود بوده تا اینکه محافظت گاز اطراف فلز کاملاً در همه حال به خوبی انجام پذیرد.پس از هر حرکت سرد و گرم الکترود می بایستی در گوشه بالای سوراخ کلید مکث کوتاهی نموده تا اینکه فلز مذاب رسوب داده شده و جریان حوضچه مذاب حفظ گردد. حرکت ذکر شده نمی بایستی با حرکت کامل دست بلکه با حرکت مچ دست انجام پذیرد. منظور از این حرکت، کاهش سیالیت فلز مذاب می باشد.

متوقف نمودن جوشکاري

مراحل ذکر شده تا زمانی که خط جوش به طول تقریباً 3/4 اینچ برسد ادامه یافته سپس متوقف میشود. این عمل با فشار دادن سریع الکترود در سوراخ کلید انجام می

شود(شکل 10) بعد از خاموش شدن قوس، سریعاً الکترود به خارج کشیده می شود. این نوع خاموش کردن قوس در نفوذ کامل ریشه هنگام شروع کردن مجدد قوس در این نقطه و اتصال آن با خط جوش قبلی بسیار مؤثر می باشد. خال جوشها قبل از شروع مجدد بقیه پاس، می بایستی به طور کامل تمیز شده و مورد بازرسی قرار گیرند. کلیه گل جوشها می بایستی توسط چکش جوشکاری برطرف شده و سپس توسط برس سیمی تمیز گردند. هر گونه عیبی می بایستی توسط سنگ و یا چکش برطرف شده و آن منطقه مجدداً جوشکاری گردد. گرچه این عمل معمولاً پس از کامل کردن گل پاس ریشه انجام میپذیرد، خال جوش کامل و بدون عیب در شکل 11 به نمایش درآمده است.

فصل دوم

جوشکاری به روش سربالا بر روی لوله های با ضخامت بالا (روش 5G)

پاس ریشه

پاس ریشه در واقع پایه و اصل یک جوش موفق در جوشکاری لوله بوده و می بایستی بطور کامل و بدون نقص انجام پذیرد. یک پاس ریشه خوب و کامل در شکل 12 نشان داده شده است.

می توان گفت که مشکل ترین روش جوشکاری لوله در واقع همان روش افقی یا 5G می باشد. پس از بدست آوردن مهارت کافی در انجام این روش، آموختن و انجام دادن روشهای دیگر ساده خواهد بود . به همین دلیل شروع جوشکاری با این روش 5G مفیدتر و کارآمدتر خواهد بود. روش مرسوم برای شروع، قراردادن لوله در گیره یا پایه لوله گیر مطابق شکل 13 می باشد.

دو تکه لوله ای که قبلاً خال جوش خورده اند همانطورکه در شکل 13-B نشان داده شده است در جای خود قرار گرفته اند. زمانی که لوله ها در گیره قرار گرفتند می بایستی طوری قرار گیرند که خال جوشها به حالتی که در شکل 13-C نشان داده شده قرار گیرند.

شکل14 نمائی از جزئیات قسمت های مختلف PIPE STAND را نمایش میدهد. باید توجه نمود که در این شکل کلیه اندازه های قسمت های مختلف به نمایش در نیامده است چرا که این عامل بستگی به اندازه و قطر لوله ای که مورد جوشکاری قرار می گیرد دارد و به طور کلی این عامل به اندازه و قطر لوله ای که مورد جوشکاری قرار می گیرد بستگی دارد و باید به طور کامل مشخص گردد. با توجه به

اطلاعات داده شده می توان یک PIPE STAND را طراحی نمود و مورد استفاده قرار داد.

اصول كلي براي جوشكاري پاس ريشه به روش سربالا

مراحل و مسائل ذکر شده در این بخش برای جوشکاری پاس ریشه کلیه لوله های با ضخامت بالا می تواند مورد استفاده قرار گیرد. به عنوان مثال، لوله ای کم کربن با قطر 8 اینچ (Schedule 60) مورد استفاده قرار گرفته است. قطر واقعی خارجی لوله 8/625 بوده و ضخامت دیواره لوله نیز 0/406 می باشد. برای جوشکاری این نوع لوله، الکترود E 6010 و با قطر 1/8 اینچ استفاده میشود. برای شروع به کار، ابتدا لوله می بایستی در گیره محکم شده و خال جوشها درموقعیت ساعت2، 5، 8 و 11 (C–13) انجام پذیرند. روش سربالا از آن جهت مورد استفاده قرار می گیرد که دیواره لوله ضخامت بالایی دارد. جوشکاری در موقعیت ساعت 30:6 شروع شده و در موقعیت 12 در یکطرف لوله پایان می پذیرد. به همین ترتیب طرف دیگر لوله از موقعیت 30: 6 آغاز گشته و در موقعیت 12 به اتمام می رسد. معمولاً سه حالت اصلی برای جوشکاری پاس ریشه لوله ای که در موقعیت 5G می باشد مورد استفاده قرار می گیرد. جوش در حالت بالاسر (4G) آغاز گشته سپس به تدریج به حالت عمودی (3G) تغییر پیدا کرده و سپس باز به تدریج به حالت تخت (1G) تغییر شکل پیدا می نماید. در این روش که از قسمت پایین به سمت بالای لوله جوشکاری انجام می پذیرد تغییر از یک حالت به دیگری می بایستی کاملاً به تدریج

انجام پذیرد. این مسئله بستگی به مهارت و توجه جوشکار در تغییر دادن تدریجی زاویه الکترود دارد.

سوراخ کلید (KEY HOLE)

قبل از آنکه وارد بحث های بعدی گردیم لازم است که صحبت کوتاهی در مورد سوراخ کلید داشته باشیم. همانطور که در شکل 15 مشهود است، سوراخ کلید در واقع سوراخی در ریشه جوش بوده که به شکل اشک یا گلابی می باشد.

زمان جوشکاری پاس ریشه، سوارخ کلید جهت دستیابی به نفوذ کافی جوش مورد نیاز می باشد. سوراخ کلید از طرف دیگر راهنمای اساسی برای جوشکار در جهت انجام دادن پاس ریشه می باشد. به این صورت که هنگام شروع به جوشکاری، جوشکار بایستی از تشکیل سوراخ کلید اطمینان حاصل نماید. زمانی که سوراخ کلید 1 برابر قطر روی روپوش الکترود یا اندکی کمتر باشد، مقدار صحیح نفوذ بدست می آید. در حین جوشکاری پاس ریشه، جوشکار می بایستی به طور مداوم به سوراخ کلید و تغییر اندازه آن توجه نماید. اگر این سوراخ گشاد گردید. نفوذ زیادی، سوختگی و یا بریدگی کناره جوش حاصل میگردد. از طرفی اگر سوراخ ذکر شده خیلی کوچک باشد نفوذ ناکافی رخ میدهد.

شروع به پاس ریشه

از آنجایی که جوش در پایین ترین قسمت لوله انجام می گیرد، لازم است که جوشکار به روی زانو نشسته و یا به حالت زانو زده (kneeling) قرار گیرد تا تسلط کافی بر لوله داشته باشد. در این حالت، جوشکار می بایستی کاملاً راحت باشد تا از هر گونه حرکت ناثبات در هنگام پیش بردن الکترود جلوگیری شود. انتخاب حالت راحت و مناسب برای جوشکار، اولین مرحله در جوشکاری پاس ریشه می باشد (شکل 16)

با تنظیم مناسب دستگاه جوش و انتخاب الکترود مناسب، جوشکار با برقرار کردن قوس بین موقعیت ساعت 6 و 30 : 6 در درز اتصال جوشکاری را آغاز می نماید. قوس می بایستی در درز جوش برقرار گردیده و این عمل بهیچوجه نمی بایستی بر روی خال جوش انجام پذیرد. قوس با طول بلند برای مدت کوتاهی می بایستی برقرار گردد. در حین این مدت، جوشکار می بایستی الکترود را به سمت جلو و عقب حرکت داده تا درز جلوی جوش پیشگرم گردد. این عمل علاوه بر پیشگرم نموده درز، ثبات کافی را به قوس داده تا اتمسفر گاز محافظ نیز برقرارگردد. زمانی که این قوس بلند در موقعیت بالاسری لوله برقرار میگردد در واقع هیچگونه فلزی از الکترود ذوب شده به قطعه کار انتقال پیدا نماید. پس از ثبات قوس و برقراری لایه گاز محافظ، الکترود به موقعیت 30 : 6 که نقطه اصلی شروع پاس ریشه می باشد برگردانده میشود. با نگهداشتن الکترود در زاویه مناسب (شکل 17) قوس به درون درز جوش رانده شده تا اندازه صحیح طول قوس برقرار گردد. در صورت نیاز، الکترود در این

موقعیت برای مدتی نگهداشته شده تا سوراخ کلید و حوضچه مذاب تشکیل شود، سپس الکترود به آرامی و با حرکات کوتاه به جلو رانده می شود.

جوشکاري سربالاي پاس ریشه

پس از تشکیل سوراخ کلید و حوضچه مذاب و با توجه به زاویه مناسب الکترود، الکترود در طول لوله به جلو رانده می شود. احتیاجی به حرکت جلو و عقب الکترود در طول اتصال درز نیست بلکه فقط حرکت مستقیم و خطی در جهت خط جوش کافی می باشد. حرکت الکترود می بایستی به آرامی و یکنواخت انجام پذیرد، با حفظ طول قوس مناسب، انتهای الکترود می بایستی نزدیک به قسمت بالای سوراخ کلید که در مجاورت خط جوش رسوب داده شده می باشد قرار گیرد. موقعیت الکترود در شکل 18 نشان داده شده است. در صورتی که تنظیم شدت جریان به طور صحیح باشد، در آنصورت احتیاجی به حرکت سرد و گرم در جهت کنترل حوضچه مذاب و اندازه سوراخ کلید نمیباشد. در حین جوشکاری شخص جوشکار می بایستی به حوضچه مذاب و سوراخ کلید توجه داشته باشد. همچنان که الکترود در طی درز جوش حرکت می کند، لبه های درز واقع در جلوی قوس را ذوب کرده و فلز مذاب به قسمت پشت قوس جریان پیدا می کند و به این صورت وارد حوضچه مذاب شده و به درز ریشه جوش راه پیدا میکند. همچنان که الکترود حرکت می نماید فلز مذاب موجود در حوضچه که در قسمت پشت باقی مانده منجمد شده و تشکیل خط جوش را میدهد، فلز مذاب موجود در حوضچه که در قسمت پشت باقی مانده منجمد شده و تشکیل

خط جوش را میدهد. از آنجایی که خط جوش به شکل دایروی در اطراف لوله رسوب می گردد، زاویه الکترود متناوباً می بایستی نسبت به موقعیت تغییر نماید.

در صورتی که اندازه سوراخ کلید خیلی کوچک باشد زاویه الکترود باید کمی کاهش پیدا کند که اینکار را می توان با مستقیم تر گرفتن الکترود و به سمت سوراخ کلید انجام داد. همچنین سرعت جوشکاری نیز کمی بایستی کاهش داده شود در صورتی که سوراخ کلید بیش از اندازه باز باشد زاویه الکترود بایستی کمی افزایش یابد. درصورتی که این عمل مؤثر نباشد می بایستی جوشکاری متوقف شده و قبل از شروع مجدد شدت جریان کاهش داده شود.

حرکت سرد و گرم گاهی اوقات در جوشکاری بالاسری به منظور کاهش اندازه سوراخ کلید و کنترل حوضچه مذاب انجام می گیرد ولی با این وجود این عمل توصیه نشده و در صورت امکان نمی بایستی انجام گیرد. در صورت نیاز به حرکت سرد و گرم زیاد، بهتر است که شدت جریان کاهش داده شود.

قطع نمودن و شروع مجدد

با پیشرفت عمل جوشکاری، الکترود مصرف شده و احتیاج به الکترود جدید می باشد، این عمل احتیاج به قطع کردن قوس دارد. عمل جوشکاری همچنین پس از آنکه اتصالی با جوش دیگر انجام می گیرد نیز قطع می گردد (همانند خال جوش) با این حال، روش انجام اتصال در بخش های بعدی توضیح داده خواهد شد.

برای قطع عمل جوش، قوس به وسیله درست کردن سوراخی در سوراخ کلید به وسیله الکترود و سپس خارج کردن آن از محیط عمل می باشد. با انجام این عمل سوراخ کلید در اندازه کامل ایجاد گشته و بدین ترتیب زمانیکه جوشکاری مجدداً آغاز میگردد نفوذ کامل بدست آمده است. قبل از شروع مجدد، گل جوش می بایستی به وسیله چکش جوشکاری کاملاً جدا شده و خط جوش نیز به وسیله برس سیمی به طول 1 یا بیشتر در محل سوراخ کلید تمیزگردد. کلیه آثار گل جوش می بایستی رفع گردد تا احتمال وجود هر گونه گل در فلز مذاب در زمان شروع مجدداً از بین رود. هنگام شروع مجدد، قوس می بایستی در روی قسمتی از خط جوش که تمیز گشته است برقرار گردد. پس از برقراری قوسی که طول آن کمی از حد نرمال بیشتر باشد، الکترود به سمت جلو تا به گوشه سوراخ کلید آورده شده و در آنجا مدتی ثابت نگهداشته تا قوس ثبات پیدا کند. این زمان طی شده همچنین موجب میگردد که حوضچه مذاب تشکیل گردد. زمانی که فلز مذاب به حد کافی در لبه های سوراخ کلید ظاهر شد، طول قوس را به حد نرمال خود تقلیل داده و حرکت الکترود شروع میگردد.

جوشکاری عمودی پاس ریشه در حالت سربالا

با ادامه جوشکاری، حالت آن به تدریج از بالا سری به عمودی (ازموقعیت ساعت 5 تا ساعت 4) تغییر پیدا میکند. همچنان که این تغییر انجام می گیرد متوجه می شویم که تمایل فلز مذاب به جاری شدن به سمت پایین نسبت به حالت بالا سری سرعت بیشتری پیدا میکند. در این موقعیت بوده که نیاز به حرکت سرد و گرم

احساس میگردد. این حرکت همیشه می بایستی هنگام جوشکاری بخش عمودی لوله انجام گیرد. این حرکت تا زمانی که جوشکاری در موقعیت ساعت 12 توقف می یابد ادامه دارد. همانطور که در شکل 19 مشهود است الکترود می بایستی در زاویه صحیح حفظ شود و همچنین مسیر حرکت الکترود مطابق شکل 20-A ادامه یابد. الکترود به اندازه قطر خود به سمت درون برده شده (شکل 20-B) و سپس به سمت سطح سوراخ کلید که می بایستی تقریباً یک و نیم برابر قطر الکترود باشد برگردانده می شود.

سپس الکترود می بایستی توقف کوتاهی در سطح سوراخ کلید که پایین ترین قسمت سوراخ کلید و مجاور فلز رسوب داده شده می باشد، داشته باشد. در این منطقه گرمای قوس میتواند توسط فلز جذب شده و فلز پر کننده از الکترود در این محل به منظور تشکیل خط جوش رسوب داده می شود. الکترود نمی بایستی مستقیماً روی سوراخ کلید توقف نماید چرا که گرمای اولیه ایجاد شده در این منطقه موجب گرمای تقویتی قوس در جهت ذوب کردن گوشه ها در اطراف سوراخ کلید می گردد. این عمل منجر به نفوذ زیادی و سوختگی جوش میگردد. حرکت سرد و گرم می بایستی توسط حرکت مچ دست انجام شود .

منظور از حرکت سرد و گرم این بوده که حوضچه مذاب به حد کافی خنک گردیده تا کمی از سیالیت خود را از دست بدهد. زمانی که فلز مذاب در حوضچه به صورت خمیری شکل می باشد، رسوب دادن فلز پرکننده از الکترود سبب سیالیت مجدد آن

می گردد. در حین حرکت سرد و گرم طول حرکت عرضی نمی بایستی بیش از حد باشد. در صورتی که این عامل بیش از حد باشد در اثر حفاظت ناکافی گاز فلز مذاب موجود در حوضچه مذاب در معرض اتمسفر هوا قرار گرفته و اکسیده می گردد که این مسئله خود منجر به ظهور حفره های گازی در جوش می شود. حرکت سرد و گرم بیش از حد همچنین موجب حبس گل جوش در جوش می شود.

بعضی از جوشکاران تمایل دارند که با شدت جریان بالا کار کنند و برای اینکه از جاری شدن بیش از حد مواد مذاب جلوگیری کنند حتی در حالت بالاسری نیز به الکترود حرکت سرد و گرم می دهند. در این مورد بهتر است که شدت جریان کاهش داده شده و از حرکت مورد ذکر نیز حداالامکان کمتر استفاده شود. طول این حرکت نمی بایستی از 1/5 برابر قطر الکترود تجاوز نماید. چرا که در غیر این صورت گازها نمی توانند عمل حفاظتی خود را بخوبی انجام داده و مشکلاتی همچون حبس گل جوش و حفره های گازی خواهیم داشت.

جوشکاري تخت پاس ریشه

زمانی که عمل جوشکاری پاس ریشه لوله به موقعیت ساعت 1 نزدیک می شود ما با حالت جوشکاری تخت مواجه هستیم. در این حالت کنترل حوضچه مذاب مشکلتر شده و حرکت سرد وگرم می بایستی ادامه یابد تا پاس ریشه در موقعیت ساعت 12 به اتمام رسد.

هنگام جوشکاری جوش شیاری جناغی یکطرفه، اتصال لب به لب در حالت تخت (1 G) فلز مذاب تمایل زیادی به ریزش از میان درز به روی جوش قسمت پایین لوله و تشکیل نفوذ زیادی در آن محل را دارد . در بعضی حالات سوختگی نیز حاصل میگردد، مخصوصاً اگر شدت جریان خیلی زیاد باشد. در بعضی کارگاهها برای جلوگیری از این امر، صفحات پشت بند در قسمت پشت درز اتصال قرار میدهند. اما در صورتی که جوشکار مهارت کافی در جهت استفاده از حرکت سرد و گرم و تنظیم صحیح شدت جریان داشته باشد احتیاجی به این مسائل نیست.

از آنچه تا کنون گفته شد نتیجه می گیریم که جوشکار می بایستی مرتباً سوراخ کلید و حوضچه مذاب را در جهت جلوگیری از نفوذ زیادی زیر نظر داشته باشد. همچنین می بایستی حرکت سرد و گرم را جهت کنترل حوضچه مذاب ادامه دهد. در صورتی که نشانه هایی از نفوذ زیادی مشاهده کرد می بایستی زاویه الکترود (شکل 21-B) افزایش یابد. زاویه نرمال الکترود برای جوشکاری – در این حالت در شکل 21-A نشان داده شده است (دو حالت فوق الذکر مقایسه گردد) در صورتی که این امر نیز نتیجه موفقیت آمیزی نداشت می بایستی جوشکاری متوقف گشته و شدت جریان کاهش یابد. از حرکت سرد و گرم بیش از حد نمی بایستی استفاده شود.

در صورتی که شدت جریان به طور صحیح تنظیم گشته و از حرکت سرد و گرم نیز به طور صحیح استفاده شده باشد، در آنصورت پاس ریشه کامل و بی عیب در حالت تخت در قسمت بالای لوله خواهیم داشت. زمانی که خط جوش به موقعیت

ساعت 12 رسید، جوش می بایستی متوقف گردد. پس از آنکه جوش به اندازه کافی خنک شد، پوشش گل جوش برطرف شده و جوشکاری طرف دیگر لوله آغاز میگردد.

جوشکاري نیمه دوم لوله

مراحل جوشکاری نیمه دوم نیز همانند نیمه اول می باشد. برای شروع نیمه دوم، محل شروع میبایستی در موقعیت 30 : 6 مجاور محل شروع نیمه اول می باشد. توصیه می گردد که با الکترود جدیدی این کار شروع شود تا خط جوشی یکنواخت و مداوم داشته باشیم.

خط جوش تا آنجائیکه به خال جوش در مجاورت موقعیت ساعت 8 بپیوندد، ادامه خواهد داشت . سپس مجدداً در طرف دیگر خال جوش آغاز گشته و در کل محیط ادامه می یابد. در صورت نیاز به تعویض الکترود و انجام اتصال به سایر خال جوش ها، جوشکاری متوقف گشته تا آنکه آخرین اتصال در موقعیت ساعت 12 انجام می گیرد.

روش اتصال نهايي (Iie in)

متصل شدن دو خط جوش در یک منطقه اصطلاحاً اتصال نهایی (Iie in) نامیده میشود. این نقطه می تواند خال جوش و یا جوش انجام شده در نیمه اول لوله باشد. در غیر این دو حالت، دو جوش می بایستی بدون ناپیوستگی و به طور کامل به همدیگر متصل باشند.

انجام عمل اتصال احتیاج به دقت زیادی دارد. برای داشتن اتصالی خوب، بهتر است که گوشه انتهایی جوش قبلی سنگ خورده، نازک شود. (شکل 22) این عمل به وسیله دستگاه سنگ دستی و صفحه سنگ با قطر کم انجام پذیرد. زمانی که ا نتهای خط جوش قبلی سنگ خورده و نازک می شود فلز موجود در آن منطقه نسبت به حالتی که سنگ نخورده سریع تر گرم میشود. بعضی اوقات تسهیلات کافی از جمله دستگاه سنگ در اختیارما نبوده و بنابراین مجبور هستیم که اتصال را مستقیماً به جوش سنگ نخورده انجام دهیم که این عمل مشکلتر می باشد. بنابراین شخصی که هنوز مهارت کافی در جوشکاری بدست نیاورده بهتر است که این عمل را بدون استفاده از سنگ انجام دهد. زمانیکه مهارت کافی در این امر بدست آورد در آنصورت اتصال به خط جوش سنگ خورده بسیار آسانتر می باشد.

بعضی اوقات عمل اتصال نهایی در هنگام نزدیک شدن به سوراخ کلید میبایستی انجام گیرد. در حالیکه در شرایط خاص دیگری این عمل هنگام نزدیک شدن به قسمت انتهایی طرف مخالف خط جوش انجام می پذیرد. این دو حالت درشکل 23 به نمایش درآمده است. در دو حالت ذکر شده، دو حالت مختلف جوشکاری مورد استفاده قرار می گیرد.

زمانیکه پاس ریشه به سوراخ کلید نزدیک میگردد، سرعت جوشکاری نمی بایستی تغییری نماید. با سرعت ثابت قبلی به جوشکاری ادامه داده و به سوراخ کلید نزدیک می شویم، همچنان که سوراخ کلید در حال پر شدن می باشد، حوضچه مذاب

را تحت نظر داشته و به محض اینکه حوضچه مذاب با جوش قبلی در حال اتصال کامل بودند، الکترود را به سمت نقطه اتصال برگردانده، قوس را بلند نموده وسپس با حرکتی قوس را قطع می نماییم. بعضی اوقات با نزدیک شدن قوس به محل اتصال نهایی سوراخ کلید از اندازه طبیعی خود گشادتر می شود. در این حالت از حرکت سرد و گرم برای خنک شدن فلز و جلوگیری از نفوذ بیش از اندازه در محل اتصال استفاده میشود. اتصال نهایی خوب و مطمئن در شکل 24 نشان داده شده است. در صورتی که طول قوس کوتاه بوده و سرعت جوشکاری خیلی سریع باشد هنگام نزدیک شدن به محل اتصال نهایی، نفوذ ناقص رخ خواهد داد. بنابراین باید سرعت جوشکاری آرامو طول قوس نرمال بوده تا آنکه حوضچه مذاب با خط جوش قبلی به خوبی در هم آمیخته شود.

بازرسي جوش

پس از آنکه کل پاس ریشه تکمیل گردد، خط جوش می بایستی جهت بروز احتمالی معایب جوش مورد بازرسی چشمی قرار گیرد. شکل 25 این معایب را نشان داده است که در بخش های بعدی به تفصیل مورد بحث قرار خواهد گرفت. قبل از آنکه پاس بعدی شروع شود کلیه معایب بزرگ میبایستی برطرف گردد. جهت این امر می توان از دستگاه سنگ دستی با صفحه سنگ نازک استفاده نمود. در صورتی که احتیاج به برطرف نمودن قسمت بزرگی از پاس جوش باشد در آنصورت آن قسمت لازم است که مجدداً مورد جوشکاری قرار گیرد. در هر حال اگر به روشها و مسائلی

که تا به حال ذکر شده است. با دقت توجه شود عیب مهمی در جوش بروز نکرده و احتیاجی به تعمیر نمیباشد.

جفت نمودن بد، درز جوش با فاصله زیاد

در صورت دقت و توجه در مراحل آماده نمودن لوله، مشکلی در جفت کردن لوله نخواهیم داشت اما بعضی اوقات و تحت شرایطی مجبور به استفاده از لوله ای که بد جفت شده است خواهیم بود. بعنوان مثال نداشتن تجربه در پخ زدن و یا اشتباه در اندازه گیری و اعمال پارامترها میتواند منجر به این مسئله گردد. یکی از مواردی که نتیجه جفت نمودن بد لوله می باشد باز بودن بیش از اندازه درز جوش می باشد. جوشکاری نمودن درز باز بیش از اندازه مشکل بوده و می بایستی در مورد جوشکاری آن و یا تعویض لوله تصمیماتی اتخاذ نمود. البته گاهی اوقات تعویض لوله می تواند امر پر هزینه ای بوده و از لحاظ اقتصادی صرفه نداشته باشد. البته این نوع تصمیم بستگی به نوع کار نیز دارد. به عنوان مثال درمراکز شیمیایی و یا اتمی از لوله ای که بد جفت شده است نمی بایستی استفاده کرد.

به هر حال در صورتی که درز بیش از اندازه باشد اولین مرحله کار، متصل نمودن لوله ها به هم بوسیله خال جوش بوده. در حالت افقی 5G، خال جوش ها در موقعیت 12، 3، 6 و 9 انجام میگیرد . درصورتی که درز در اندازه خود نرمال بوده خال جوشها در موقعیت 2، 5، 8 و1 انجام می گیرد. در صورتی که خال جوش در موقعیت ساعت 6 بود، جوشکاری در جهت مخالف خال جوش شروع میگردد.

برای شروع به زدن خال جوش، ابتدا بهتر است که پلی از فلز جوش در طی شکاف ریشه به وجود بیاوریم. این به آن معنی بوده که نقاط کوچکی از خال جوش در کنار هم بچینیم تا آنکه آخرین نقطه جوش دو لبه را به هم اتصال دهد. (شکل 26)

باید توجه نمود که شدت جریان جوشکاری برای اتصال این نقطه جوشها کم باشد، پس از آنکه قوس برقرار گردید و ثبات کافی را دارا شد، طول قوس را کوتاه نموده اولین نقطه جوش را در ریشه بوجود می آوریم سپس این حجم کوچک جوش تمیز گشته و سپس نقطه جوش بعدی بر روی قبلی ایجاد می گردد تا آنکه پل ارتباطی بین درز ایجاد گردد. منظور از تشکیل این پل بوجود آوردن مکانی برای برقرار کردن قوس هنگام شروع به جوشکاری می باشد. خال جوشها اشاره شده هیچکدام به طور کامل ذوب نشده اند.بنابراین از آنجایی که حفاظت کافی از این نقاط انجام نشده است بنابراین احتمال آنکه دارای شکاف هایی باشند نیز هست. در نتیجه پس از آنکه خط جوش قوی و با نفوذ کافی ایجاد گردید، این نقاط می بایستی برطرف گردند. معمولاً این عمل پس از کامل نمودن جوش نیمه اول لوله توسط سنگ انجام می گیرد. بهتر است که کل پل برقرار شده و 1/2 از فلز جوش اطراف آن نیز توسط سنگ برداشته شود.

پس از آنکه پل ارتباطی ذکر شده برقرار شد بقیه خال جوشها انجام گرفته از شدت جریان پایین استفاده می شود. مطابق معمول این پل قبل از برقرار کردن تمیز

میگردد. سپس قوس در اتصال جوش و در قسمت جلوی پل و طول قوس بلند برقرارگشته تا آنکه قوس ثبات کافی را دارا شود. سپس قوس به محل درز نزدیک شده و طول قوس کوتاه می شود. طول قوس می بایستی از حد نرمال نیز کمی کوتاهتر باشد . قوس به آرامی در طول پل حرکت داده شده تا آنکه کمی فلز مذاب ظاهر گردد آنگاه می توان به رسوب دادن جوش پرداخت. در هنگام رسوب دادن حرکت U شکل انجام میگیرد. (شکل 27) این حرکت به منظور پر نمودن درز گشاد انجام می پذیرد از آنجایی که فاصله درز باز بوده سوراخ کلید به طور کامل تشکیل نمیشود با این وجود گوشه های درز بایستی کاملاً ذوب گردد.

یکی از مشکلات که ممکن است هنگام جوشکاری درزهای بیش از اندازه باز ایجاد گردد، نفوذ زیادی می باشد بنابراین جهت جلوگیری از این مشکل باید طول قوس از حد نرمال کوتاهتر بوده و همچنین شدت جریان نیز از حد نرمال کمتر باشد.

برای انجام حرکت U شکل، به الکترود بطورکامل حرکت عرضی داده شده تا آنکه قوس کل مسیر را خارج از حوضچه مذاب طی نماید. حرکت قوس می بایستی طوری بوده که در طول سطح پخ بوده و از گوشه های پخ دور باشد، همچنین اجازه داده شود که قبل از برگردانده شدن قوس به منطقه ذوب، حوضچه مذاب بطورکامل منجمد گردد.

مسائل ذکر شده نیاز به انجام حرکت U شکل با طول زیاد را ایجاب می نماید سپس هنگامی که قوس به منطقه ذوب برمی گردد، منطقه منجمد شده دوباره ذوب شده و بدین ترتیب حوضچه مذابی کوچکتر و با سیالیت کمتر تشکیل میشود.

در صورتیکه گرمایش بیش از حد در فلز انجام پذیرد، زاویه الکترود را کمی افزایش می دهیم، در صورتی که این امر نیز چاره ساز نباشد قوس را در فواصل زمانی کوتاه برقرارکرده و بدین ترتیب به جوش اجازه داده تا به اندازه کافی خنک شود. در صورتی که طول خال جوش 3/4 بوده قوس با روش معمول که در قسمت های قبلی توضیح داده شد، قطع میگردد.

جهت جوشکاری درز گشاد، پاس ریشه در منطقه ساعت 6 و در خلاف جهت انتهای خال جوش انجام میگیرد. قوس بر روی خال جوش روشن گشته، قوس با طول بلند بر روی قسمت انتهایی خال جوش نگهداشته شده تا آن بخش را پیش گرمایی نماید. به محض اینکه فلز مذاب ظاهر گشت، طول قوس کوتاه گشته و با حرکت U شکل پاس ریشه آغاز می گردد. باید توجه نمود که گرمایش بیش از حد و نفوذ زیادی انجام نشود. حرکت U شکل در کل طول نیمه لوله ادامه می یابد. قبل از شروع به جوشکاری نیمه دوم، همانطور که قبلاً ذکر شد پل جوش برقرار گشته و 1/2 از خال جوش برداشته می شود.

آماده سازي بد و درز جوش بيش از اندازه بسته

گاهی اوقات جوشکار با شرایطی که مواجه می گردد که درز جوش از مقدار توصیه شده کمتر میباشد. حتی گاهی اوقات درز جوش کاملاً بسته می باشد. این مشکل با بریدن گوشه های لوله با برش اکسی اسیتیلن و یا سنگ زدن گوشه های درز حل می گردد.

اما گاهی اوقات این اتصال بدون انجام دادن روشهای بالا مورد جوشکاری قرار میگیرد. در این حالت همان روش انجام شده برای جوشکاری با درز نرمال انجام گرفته فقط مقداری تغییرات انجام می پذیرد که ذکر خواهد شد. در صورتی که فاصله درز جوش بیش از اندازه کم و یا کاملاً بسته باشد، شدت جریان به اندازه 10 تا 20 آمپر افزایش می یابد. این عمل منجر به نفوذ بیشتر خواهد شد. همچنین می توان طول قوس را کوتاه نمود.

جوشکار می بایستی هنگام جوشکاری این نوع درز، مقدار نفوذ را در نظر داشته باشد. در صورتی که نفوذ بیش از اندازه رخ دهد، کمی حرکت سرد و گرم می تواند از این امر جلوگیری نماید. افزایش سرعت جوشکاری نیز می تواند مفید واقع گردد. در صورتی که شرایط ذکر شده مفید واقع نشد شدت جریان می بایستی کاهش یابد. نفوذ کم نیز با افزایش جریان و سرعت کم جوشکاری تصحیح میگردد.

در صورت برخورد با درز بسته، بهتر است که ابتدا در مورد قطعه ای از فلز ضایعاتی که درز بسته ای دارد امتحان نمود و پس از تنظیم جریان و بدست آوردن مهارت در سرعت جوشکاری این امر را در مورد لوله به اجرا درآورد.

آماده سازي بد، درز جوش باز و بسته در نقاط مختلف لوله

بعضی اوقات با ترکیبی از دو حالت فوق الذکر مواجه می شویم، به طوری که در نقطه ای از لوله درز بیش از اندازه و در نقطه دیگری بیش از اندازه بسته می باشد. این حالت در صورتی که لوله ها کج بریده شده و یا دو انتهای لوله منطبق نباشد به وقوع می پیوندد. برای این نوع جوشکاری روشهایی را که در دو حالت جداگانه توضیح دادیم می بایستی بکار گرفته شود. گاهی اوقات لازم است که درطول محیطی لوله چندین بار شدت جریان را کم کرده و یا زیاد نماییم.

در مرحله اول جهت جلوگیری از وقوع ترک، خال جوش اول در منطقه ای که درز جوش بسته میباشد انجام می پذیرد. از آنجایی که جوشکاری در این منطقه آسانتر بوده، شروع جوش را از آنجا آغاز می نماییم. البته اصل کلی شروع جوش از قسمت پایین لوله همیشه می بایستی مد نظر باشد. معهذا گاهی موقعیت ایجاب می نماید که جوشکاری را از منطقه ای که درز گشاد می باشد آغاز کنیم.

آماده سازی بد و پیشانی پخ بیش از اندازه پهن می باشد .

در حالتی که پیشانی پخ، طول زیادی دارد می توان انتهای دو لوله را برید ولی معمولاً لوله ها در این حالت با شدت جریان بیشتر برای نفوذ کامل مورد جوشکاری قرار میگیرند.

آماده سازي بد و پيشاني پخ خيلي نازك بوده

در این حالت گوشه های درز بخاطر نازک بودن سریع ذوب شده در حالیکه بقیه جوش هنوز سرد می باشد. روش برطرف کردن این مشکل کاهش شدت جریان و

استفاده از حرکت U شکل می باشد. با کاهش شدت جریان قوس، گرمای کمتری تولید کرده و مسئله سوختن گوشه های نازک درز منتفی می گردد. استفاده از حرکت U شکل نیز شیار اتصال را پیش گرم کرده و اتصال مناسبی بین فلز جوش و فلز پایه به وجود می آورد. همانطور که قبلاً گفته شد هنگام استفاده از حرکت U شکل لازم است که قبل از آنکه قوس به محل اول خود برگردد به حوضچه مذاب اجازه داده شود که به حالت خمیری درآید.

جوشكاري پاس ريشه با الكترودهاي كم هيدروژن

معمولاً در پاس ریشه از الکترود کم هیدروژن کمتر استفاده می شود. چرا که احتیاج به مهارت بسیار بالای جوشکاری دارد. پاس ریشه لوله های فشار قوی معمولاً با الکترودهای با قدرت نفوذ بالا مثل E 6010 و یا به وسیله روش GTAW جوشکاری گشته و سایر پاس ها توسط الکترود کم هیدروژن پر میگردد. اما با این وجود در صورتی که مهارت و دقت کافی در امر جوشکاری شود می توان پاس ریشه را با الکترود کم هیدروژن انجام داد. البته نکات زیر حتماً بایستی رعایت گردد.

همانطور که در شکل28 به نمایش درآمده است، قطر پوشش الکترودE 7018 (1/8) از الکترود E 6010 1/8 بیشتر می باشد. پوشش با ضخامت بالاتر الکترود E 7018 اجازه نزدیک شدن بیش از اندازه قوس را به پیشانی پخ نمی دهد. بنابراین برقرار نمودن طول قوس مناسب مشکل می باشد. جوشکاری با قوس بلند نیز سبب به وجود آمدن عیبی به نام Suck- in (مراجعه به شکل 25) می شود. علاوه بر آن،

ضخامت بیشتر پوشش مانع حرکت آزاد الکترود میگردد. بنابر دلایل فوق، جهت پاس ریشه از الکترود کم هیدروژن با قطر کمتر (093/) استفاده می شود. قطر پوشش این الکترود تقریباً برابر با قطر الکترود E 6010 سایز 1/8 می باشد.

هنگام جوشکاری با الکترود کم هیدروژن در صورت برقرار نمودن ناصحیح قوس، وجود رطوبت در درز جوش و یا الکترود مرطوب، مک های گازی تولید می گردند. جهت جلوگیری از به وجود آمدن این مک ها، قوس را در قسمت جلوی محل شروع روشن کرده و سریعاً طول قوس را به اندازه مورد نیاز می رسانیم. سپس قوس را به محل شروع برگردانده و به محض تشکیل حوضچه مذاب جوشکاری را آغاز میکنیم.

اتصال مرطوب را نیز با مشعل اکسی استیلن می توان گرم و خشک نمود. پوشش فلاکس الکترود نسبت به جذب رطوبت بسیار حساس بوده و می بایستی در محل خشک نگهداری شوند. الکترودهایی که در قوطی های باز می باشند در کوره بین درجه حرارت 300 و 400 درجه فارنهایت گرم می شوند. الکترودهایی که در معرض رطوبت قرار گرفته اند به مدت یک ساعت در درجه حرارت 800-600 درجه فارنهایت نگهداری میشوند.

هنگام استفاده از الکترودهای کم هیدروژن، از شدت جریانهای بالا استفاده میشود. این نوع الکترودها دارای قوس نرمی بوده ولی قدرت نفوذ آن به اندازه الکترودهای با پوشش نازکتر نمی باشد. پوشش ضخیم این نوع الکترود لایه

ضخیمی از گل جوش بر روی حوضچه مذاب تشکیل میدهد که باعث آن شده که سرعت خنک شدن آرامتر بوده و فلز مذاب مدت زمان بیشتری به حالت مایع باقی بماند.

ویسکوزیته گل جوش مذاب و فلز مذاب کمتر بوده این به آن معنی است که خاصیت سیالیت بیشتری را دارا میباشد. دو خاصیت فوق الذکر باعث میگردد که حوضچه مذاب به راحتی ریزش نماید. بنابراین جوشکاری در حالت بالاسری و حالت عمودی این نوع الکترودها مشکل بوده و احتیاج به تجربه دارد. روش کلی برای جوشکاری پاس ریشه الکترود کم هیدروژن همانند حالتهای قبلی ذکر شده می باشد. خال جوشها در اطراف لوله انجام شده سپس جوشکاری از قسمت پایین به بالا انجام می گیرد. تنها روش جوشکاری کمی متفاوت می باشد.

طول قوس در این نوع جوشکاری می بایستی بسیار کوتاه بوده، الکترود بسیار نزدیک به پیشانی پخ قرار گرفته تا نفوذ کافی حاصل شود. پس از برقراری قوس، طول قوس کوتاه میشود. از حرکت سرد و گرم بهیچوجه استفاده نمی شود.

مطابق شکل 29 از حرکت عرضی V شکل استفاده می شود. هدف از این نوع حرکت دادن زمان کافی به فلز جوش جهت خنک شدن و از دست دادن سیالیت (افزایش ویسکوزیته) جهت شره نکردن می باشد. همچنین این نوع حرکت، فلز جلوی جوش را پیش گرم می نماید. حرکت V شکل توسط حرکات یکنواخت و آرام مچ دست انجام می گیرد. قوس با حرکتی سریع از حوضچه به سمت گوشه های درز

برده شده، زمان کافی برای از دست دادن سیالیت حوضچه به وسیله حرکت برگشتی آرام قوس تأمین می شود. قوس به حوضچه برگشته و برای مدت کوتاهی مکثی در این ناحیه داریم. سپس این حرکت به سمت دیگر درز ادامه می یابد.

هیچگاه نمی بایستی فلز مذاب در حین حرکت قوس منجمد گردد. در صورتی که گل جوش در گوشه های جوش منجمد گردد منجر به عدم ذوب در گوشه های جوش خواهد شد. در صورتی که حوضچه مذاب در حین کار به طورمایع و ذوب نگهداشته شود در آنصورت هیچگونه گل جوش محبوس نخواهد شد چرا که گل جوش دارای نقطه ذوب پایین تری از فلز جوش می باشد. از آنجایی که قوس الکترودهای کم هیدروژن نرم بوده قدرت و نفوذ کمی دارد، حرکت قوس می بایستی نرم و با دقت کافی انجام شود تا از منجمد شدن حوضچه مذاب جلوگیری گردد.

خلاصه اي از جوشكاري پاس ريشه

یک پاس ریشه ایده آل می بایستی از عیوبی همچون سوختگی کناره جوش، خلل وفرج، ذوب ناقص، نفوذ ناقص و نفوذ زیادی به دور باشد. (شکل 25) از تمام این عیوب می بایستی با آموختن و تمرین روش های صحیح جوشکاری جلوگیری شود.

باید به خاطر سپرد که تمامی این عیوب در ارتباط با کار جوشکار می باشند. وجود خلل و فرج در جوش هیچگونه ارتباطی با دستگاه جوش نداشته، بلکه در اثر عدم تمیزکردن کامل جوش از گریس، روغن و سایر آلودگی ها، قبل و بین جوشکاری به وجود می آید. خلل و فرج همچنین در اثر پوشش معیوب الکترود و

وجود رطوبت در این پوشش نیز به وجود می آید. کلیه این عیوب الکترود می بایستی قبل از شروع به جوشکاری مورد بازرسی جوشکار قرارگیرد. درز جوش با فاصله صحیح و آماده سازی صحیح لوله همگی در نفوذ کامل جوش مؤثر می باشند. ترکیب فلز جوش نیز تحت تأثیر آماده سازی لبه ها می باشد. زمانی که فاصله درز و آماده سازی صحیح بوده، جوشکار قادر به حرکت دادن صحیح به الکترود و در هم آمیختن بهتر فلز پایه و الکترود می باشد.

ترکهای انقباضی هنگامی که جوش در حجم کم بر روی لوله های با ضخامت بالا انجام می گیرد، دیده می شود. اندازه و پهنای پاس ریشه می بایستی به اندازه کافی بوده تا قدرت مقاومت در برابرتنش های انقباضی بدون وقوع ترک را داشته باشد. این مسئله توجه به شرایط اتصال قبل از جوشکاری را ایجاب می نماید.

فصل سوم

جوشکاري پاس ریشه با روش تیگ(GTAW)

به ندرت برای جوش پاس ریشه این روش بکارمیرود مگر در حالات خاص که احتیاج به دقت زیادی دارد (مانند سفاین فضایی) . معمولاً فقط پاس ریشه توسط روش تیگ جوشکاری می گردد. با این وجود گاهی اوقات پاس دوم نیز با روش تیگ جوشکاری می شود چرا که عرض پاس یک انجام شده با این روش باریک می باشد. لوله های فولادی کم کربن، ضد زنگ و پر آلیاژ می توانند با این روش جوشکاری

شوند. خصوصاً برای لوله های فشار قوی که احتیاج به جوش های با کیفیت بالا دارند می توان استفاده نمود. خصوصیات کلی روش تیگ به شرح زیر می باشد :

1- حاصل آن جوش هایی با کیفیت خوب می باشد.

2- احتیاج به تمیزکاری و برطرف نمودن گل جوش پس از اتمام عملیات جوشکاری نمی باشد.

3- قوس و حوضچه مذاب توسط جوشکار براحتی قابل مشاهده می باشد.

4- توسط جریان قوس فلز فیلر منتقل نمی شود بنابراین از Spatter آثاری دیده نمی شود.

5- جوشکاری در تمام وضعیتها ممکن می باشد.

6- هیچگونه گل جوش به صورت محبوس شده دیده نمی شود.

با مقایسه جوش نشانده در دو روش جوش برق با الکترود روپوش دار و روش تیگ مشخص میشود که به خاطر موجود نبودن گل جوش در روش تیگ، جوش تمیزتر بوده و بنابراین در این روش عیوب ناشی از ناخالصی گل جوش (Siag inclusion) دیده نمی شوند علاوه بر آن سطح خارجی جوش (شکل 30-A) و همچنین سطح داخلی جوش در پاس ریشه (شکل 30-B) کاملاً یکدست و صاف می باشد. این امر احتیاج به برطرف نمودن گل جوش، سنگ زدن و کلیه عملیات تمیزکاری که پس از اتمام پاس ریشه انجام میشود را برطرف می نماید. یکدست بودن سطح جوش در قسمت داخلی لوله نیز هر گونه مزاحمت و اغتشاش در جریان

گاز تزریق شده به درون لوله را کاهش میدهد. این مسئله در بعضی موارد از جمله لوله های بکار رفته در تأسیسات هسته ای بسیار مهم می باشد.

پاس ریشه انجام شده توسط روش تیگ از لحاظ متالورژیکی نیز کاملاً سالم و بدون عیب می باشد. با انتخاب الکترود مناسب، جوش حاصله دارای خواص شیمیایی، متالورژیکی و فیزیکی کاملاً همانند فلز پایه را دارا خواهد بود. در این روش پوشش گاز خنثی و همچنین عدم احتیاج به حرکت سرد و گرم جهت نشاندن پاس جوش از اکسیده شدن جوش که معمولاً در جوش برق دیده میشود جلوگیری می نماید.

روش تیگ(GTAW)

در این نوع روش جوشکاری، فلز پایه و فلز پر کننده توسط گرمای قوس ایجاد شده بین قطعه کار و الکترود تنگستن (ذوب نشدنی) ذوب می شوند. گاز خنثی و یا مخلوطی از گازهای خنثی جهت محافظت منطقه ذوب از اثرات اتمسفر اطراف جوش بکار میرود. فلز پرکننده که به صورت مفتول میباشد به عنوان فلز کمکی مورد استفاده قرار می گیرد. در هنگام جوشکاری ورقه های نازک، احتیاجی به فلز پر کننده نمی باشد.

این روش در شکل 31 نشان داده شده است. الکترود تنگستن در تورچی که ضمناً وظیفه انتقال گاز خنثی که از انتهای نازل گاز و با سرعت 15 تا 30 فوت مکعب در ساعت خارج می شود را نیز بر عهده دارد، قرار میگیرد. افراد جوشکار راست دست،

تورچ را در دست راست و مفتول را در دست چپ می گیرند و افراد چپ دست عکس این عمل میکنند. تجهیزات

تجهیزات مورد نیاز :

1- دستگاه جوش

2- گاز محافظ و تجهیزات کنترل کننده گاز محافظ

3- تورچ تیگ

4- الکترود تنگستن

دستگاه جوشکاری

دستگاه جوشکاری بکار رفته برای جوش آرگون، به طور مخصوص جهت این روش طراحی شده است. این دستگاهها جهت جوش با قوص مصرفی طراحی شده و در صورتی که مجهز به تجهیزات مخصوص فرکانس بالا (HF) باشند هر دو جریان AC یا DC میتواند مورد استفاده قرار گیرد. با این حال بهترین جوشها با استفاده از دستگاه هایی که به طور خاص برای جوش آرگون طراحی شده اند حاصل میگردد.

دستگاههای جوش آرگون(GTAW) به صورت رکتیفایرAC/DW و یا ژنراتورهای DC می باشند. هر دو قطبیت مستقیم و معکوس می تواند با جریان مستقیم مورد استفاده قرار گیرد. جریان با فرکانس بالا هنگام استفاده از جریانDC

فقط جهت برقرار کردن قوس استفاده می شود و همیشه با جریان AC مورد استفاده قرار میگیرد. جریان جوشکاری توسط کنترل دستی و یا پایی برقرار می گردد.

مشخصات جوشکاری به کار رفته بستگی به نوع فلز مورد جوشکاری دارد. راهنمایی های لازم در این مورد در جدول 1 آورده شده است.

گاز محافظ

جهت جلوگیری از آلوده شدن جوش توسط گاز اکسیژن و نیتروژن موجود در هوا، به عنوان گاز محافظ آرگون، هلیم و یا مخلوطی از این دو گاز مورد استفاده قرار میگیرد. از گاز آرگون معمولاً بیشتر استفاده میشود چرا که تهیه آن راحتتر بوده و بخاطر آنکه از هلیم سنگین تر می باشد، لذا پوشش محافظی بهتری را انجام میدهد. مقدار گاز مصرفی معمولاً برابر با 15 تا 30 فوت مکعب در ساعت (CFH) میباشد . (شکل 32)

گاز در سیلندر محافظت شده و کنترل جریان آن همانند کپسول گاز اکسیژن با gage انجام می پذیرد.علاوه بر آن برقراری گاز به ترج و جوش توسط سوئیچ تعبیه شده بر روی ترج و یا پدال کنترل شده توسط پا انجام میگیرد. پس از خارج شدن گاز از سیلندر، گاز خنثی از طریق سوپاپ کنترل کننده ای که خود توسط سوئیچی که پس از برقراری جریان فعال شده، تغذیه میگردد. توسط کنترل دستی می توان جریان گاز را به طور مداوم برقرار نمود ولی این عمل هزینه زیادی را در بر خواهد داشت.

ترچ مخصوص جوش آرگون (GTAW)

همانطور که در شکل A–33 نیز مشهود است ترچ، عمل نگهداری تنگستن و انتقال جریان را به قوس بر عهده دارد. این ترچها بسته به آمپراژ مورد استفاده در جوشکاری توسط سیستم آب و یا هوا خنک می شوند. برای جوشکاری پاس ریشه که توسط جریانی برابر با 75 تا 200 آمپر انجام میپذیرد احتیاجی به سیستم خنک کننده آب نمی باشد.

قسمت های مختلف ترچ در شکل های B–33 نشان داده شده است . نازل که الکترود را احاطه کرده است توسط (collet chuck) در جای خود محکم میگردد، در اندازه های مختلف از 0/20 تا 0/250 اینچ در دسترس میباشند. جهت جاگذاری الکترود درپوش (cap) را برداشته سپس collet در اندازه مناسب را در ترچ قرار میدهیم سپس الکترود را در ترچ قرار داده و طوری تنظیم می نماییم که نوک الکترود به اندازه اینچ از نازل بیرون باشد سپس درپوش را در جای خود قرار داده بعد از تنظیم نوک الکترود که معمولاً می بایستی به مقدار 1 تا 2 برابر قطر الکترود از نوک نازل بیرون باشد درپوش را به آرامی پیچاند و در جای خود محکم می نماییم. در این حالت ترچ ما آماده می باشد. دو نوع مختلف نازل معمولاً در دسترس می باشد. یک نوع سرامیکی ودیگری شیشه ای. نوع شیشه ای، شفاف بوده به طوری که در هنگام جوشکاری حوضچه مذاب را می توان براحتی از ورای آن دید.

الکترودها

الکترودهای مورد استفاده در جوشکاری تیگ از آلیاژهای تنگستن می باشند. بدین ترتیب دارای نقطه ذوب بالا (6900 f) و غیر مصرفی می باشند. الکترود می بایستی همیشه تمیز نگه داشته شده و بهیچوجه با حوضچه مذاب تماس پیدا نکند در غیر این صورت نوک الکترود توسط فلز موجود در حوضچه مذاب آلوده خواهد گردید. در صورت وقوع این امر، الکترود می بایستی از ترچ خارج شده و بخش آلوده شده توسط سنگ زدن و یا شکستن برطرف گردد.

سه نوع مختلف الکترود موجود می باشند :

1- تنگستن خالص

2- تنگستن با 1 یا 2٪ توریم

3- تنگستن زیر کونیم دار

راهنمایی های لازم در رابطه با موارد استفاده این سه نوع الکترود در جدول1 آورده شده است. الکترودهای توریم دار جهت جوشکاری اکثر لوله ها از جمله لوله های فولادی کم کربن به کار میروند.

شکل نوک الکترود اثر قابل توجهی در نفوذ، شکل و پهنای جوش را دارد. هنگامی که پاس ریشه لوله جوشکاری می شود، نوک الکترود می بایستی کاملاً همانند مواد نوک تیز باشد. عمل تیز کردن نوک الکترود می بایستی توسط سنگ سمباده دانه ریزی که فقط جهت این امر تخصیص داده شده است انجام پذیرد. سنگ سمباده می بایستی دانه ریز بوده تا نوک الکترود دارای سطحی کاملاً صاف و یکنواخت شده و

بدین ترتیب ثبات قوس حاصله هر چه بیشتر باشد. جهت این امر، سنگ سیلیکون کار باید با دانه های 60 گرید 0 تا M مورد استفاده قرار می گیرد. (مانند C-60-M-V) در صورتیکه نوک الکترود آلوده گردد مجدداً می بایستی سنگ بخورد.

مشخصات کامل جهت شکل نوک الکترود در شکل 34 ذکر شده است. همانطور که در شکل نیز می بینید زاویه ای که نوک الکترود می سازد می بایستی بین 22 تا 23 درجه بوده و یا طولی از نوک که سنگ می خورد بایستی برابر با 2 برابر قطر الکترود باشد.

در تمام روشهای جوشکاری، فلز داغ مذاب به نوعی مورد محافظت قرار می گیرد. در روش جوشکاری برق، این عمل توسط گازهای متصاعد حاصل از سوختن روپوش الکترود انجام می پذیرد. علاوه بر آن، فلز مذاب توسط پوشش سرباره که بر روی سطح فلز در حال انجماد تشکیل می شود محافظت می شود. در جوش لب به لب، پوشش ذکر شده سطح روی جوش را پوشانده، از طرفی مقداری از این سرباره از میان فلز مذاب به قسمت انتهای اتصال جریان یافته و سطح زیرین جوش را پوشانده، از طرفی مقداری از این سرباره از میان فلز مذاب به قسمت اتصال جریان یافته و سطح زیرین جوش کاملاً مورد محافظت قرار میگیرد . اینکه چه حجمی از سطح ذکر شده توسط سرباره مورد محافظت قرار میگیرد کاملاً مشخص نیست ولی در رابطه با جوشکاری لوله های فولادی کم کربن با الکترودهای مصرفی معمولاً در این رابطه مشکلی موجود نمی باشد.

لوله های فولادی کم کربن می تواند توسط روش تیگ نیز مورد جوشکاری قرارگیرد. گاز محافظ در مقادیر کافی به انتهای اتصال رسیده و سطح زیرین جوش را به خوبی محافظت می نماید. از طرفی سطح روئین جوش نیز توسط پوشش ضخیمی از گاز محافظ پوشانده میشود. در صورتی که لوله های فولادی پرآلیاژ جوشکاری میگردند، قسمت زیرین جوش احتیاج به محافظت بیشتری دارد. جهت حصول به این امر درون لوله توسط گاز محافظ پر شده و به این ترتیب از قسمت درونی لوله نیز محافظت پاس ریشه به خوبی انجام می گیرد. روش های مختلفی جهت حفظ گاز محافظ در درون لوله موجود میباشد. (شکل 35)

در یکی از این روش ها، دو پیستون که دارای حفاظ لاستیکی می باشند در دو طرف اتصال لوله قرار میگیرند (شکل 35-A) خود درز اتصال کاملاً پوشانده میشود تا گاز تزریق شده به درون لوله از آن طریق خارج نشود. تنها درز کوچکی در این ناحیه گذاشته میشود تا هوا خارج گردد. در حین جوشکاری در مناطقی که در جلوی جوش قرار دارند نوار محافظ برداشته میشود و گاز اضافی تزریق می شود تا جبران گاز خارج شده از منافذ فوق الذکر را بنماید. این روش در مورد لوله های با طول کوتاه انجام می پذیرد.

در حالتی که طول و قطر لوله در اندازه های بالا می باشد، درز اتصال توسط دو بادکنک پلاستیکی که درون لوله قرار میگیرند بسته می شود. (شکل 35-B) این بادکنکها می بایستی به قدر کافی از اتصال درز جوش دور نگه داشته شوند تا آنکه

گرمای حاصله از جوش آنها را نترکاند. همچنین محل قرار گرفتن بادکنکها بایستی از سمت خارجی لوله با علامتی مشخص گردد تا زمانی که جوشکاری پاس ریشه به اتمام رسید حرارت کافی توسط شعله اکسی استیلن در محل های علامت گذاری اعمال گردد تا بادکنک ها بترکند. خود درز اتصال نیز توسط (Tape) پوشانده شده و گاز محافظ از طریق لوله لاستیکی و یا لوله ای دیگر با طول کوتاه به درون لوله تزریق میگردد. روش دیگر پوشاندن به این صورت بوده که سطح درون لوله را توسط پولی استرن می پوشانیم. مزیت این دو روش در آن بوده که موادی که برای عایق کاری و پوشاندن استفاده می شود، می تواند پس از اتمام جوشکاری توسط هوای فشرده شده و یا جریان آب باد کرده و از لوله جدا گردد.

آماده سازي درز اتصال

روش آماده سازی در روش تیگ همانند روش جوش برق می باشد. اختلاف اصلی در ابعاد درز اتصال میباشد. پهنای پیشانی پخ در روش تیگ به 1/16 کاهش یافته و فاصله درز جوش نیز به تا اینچ کاهش می یابد. (شکل 36)

در جفت نمودن لوله باید دقت کافی نمود تا فاصله درز مناسب برقرار گردد. در صورتی که لوله های از جنس فولاد آلیاژی مورد جوشکاری قرار میگیرد، جریان گاز خنثی در فضای درون لوله نیز می بایستی برقرار باشد.

لوله های ازجنس فولاد پر آلیاژ، قبل از انجام خال جوشها بایستی بین 200 تا 300 درجه فارنهایت پیش گرم گردند. پس از انجام کلیه خدمات ذکر شده، 4 خال

جوش در اطراف لوله و در فواصل مساوی انجام میگیرد. از آنجایی که خال جوشهای مذکور قسمتی از جوش خواهند شد، لذا میبایستی دقت کافی در مورد آنها نیز اعمال گردد.

روش جوشکاري پاس ریشه

حتی قبل از آنکه شروع به انجام خال جوشها نماییم، تنظیمات لازم در رابطه با ترچ و دستگاه جوش به منظور برقرار نمودن جریان برق و گاز مناسب می بایستی انجام پذیرد. جهت جوشکاری لوله از جنس فولاد کم کربن (Sche dule 60) از الکترود تنگستن توریم دار با قطر 3/32 اینچ در ترچ گذاشته شده و سپس الکترود جای گذاری میشود. جهت جوشکاری پاس ریشه، الکترود می بایستی طوری در ترچ قرار گیرد که طول مناسب الکترود از انتهای نازل بیرون قرار گرفته باشد. این تنظیم به این صورت انجام گرفته که ترچ را در حالت عمودی و به طوری که نازل بر روی درز اتصال تکیه نماید (شکل 37) قرار داده، سپس در صورتیکه نوک الکترود در این حالت با سطح لوله تماس پیدا کند، تنظیم مذکورانجام گرفته است. توجه شود که جریان برق برقرار نباشد.

مراجعه به جدول 1 نشان میدهد که جوشکاری لوله از جنس فولاد کم کربن می بایستی با جریان مستقیم با قطبیت مستقیم (DCSP) انجام پذیرد. جدول 2 آمپراژهای مختلف مورد استفاده در جوشکاری را مشخص نموده است. به دلیل متغیرهای مختلفی که در حین جوشکاری با آن مواجه هستیم، لذا ذکر دقیق مقادیر

آمپراژ ممکن آمپر نمی باشد. در صورت استفاده از الکترود به قطر 3/32 اینچ و جریان (DCSP) مقدار جریان به کار رفته می بایستی بین 150 تا 225 آمپر باشد. سرعت جریان گاز محافظ نیز تقریباً 20 فوت مکعب در ساعت می باشد.

در حالتی که لوله در حالت 5G می باشد، خال جوشها در موقعیت 30 : 8 ، 30 : 4 ،30 :1 و30 :11 انجام میگیرد. پاس ریشه در موقعیت ساعت 6 شروع شده و به حالت سربالا تا موقعیت ساعت 12 ادامه می یابد، سپس نیمه دیگر لوله نیز به همین صورت جوش داده میشود.

روش جوشکاری انجام شده در حالت 5G و 2G متفاوت نمی باشد. بنابراین روشی که در پاراگراف های بعدی توضیح داده می شود، جهت هردو حالت می تواند به کار رود. در هر دو حالت (5G و 2 G) پاس ریشه نمی بایستی از خال جوش شروع گردد. همانطور که مشخص است، شروع جوشکاری از موقعیت ساعت 6 از لحاظ وضعیتی که جوشکار می بایستی بگیرد تا قادر به جوشکاری قسمت زیرین لوله باشد کمی مشکل می باشد ولی با این وجود، مرحله شروع جوشکاری در هردو حالت فوق الذکر یکسان می باشد.

روش برقرار کردن قوس همانند روش جوشکاری با الکترود پوشش دار نمی باشد چرا که در غیر این صورت الکترود تنگستن آسیب خواهد دید. جهت شروع به جوشکاری، جریان برق و گاز خنثی می بایستی خاموش باشد. ترچ در دست راست (برای چپ دستها، در دست چپ) و مفتول در دست دیگر قرار میگیرد. همانطور که

قبلاً نیز توضیح داده شد ترچ در حالتی قرار می گیرد به طوری که نازل با دقت بر روی دو سطح پخ خورده اتصال قرار داده شود. جهت آنکه الکترود کاملاً در مرکز درز اتصال قرار بگیرد، زاویه جانبی (side angle) الکترود و ترچ می بایستی صفر باشد به عبارت دیگر در این جهت الکترود می بایستی کاملاً عمود بر لوله باشد.

از طرف دیگر خود الکترود می بایستی هنگام جوشکاری با زاویه مشخصی قرار گیرد (شکل A–38 و B–38) همانطور که در شکل مشاهده می کنید ترچ می بایستی طوری قرار گیرد که الکترود، زاویه ای برابر 55 درجه داشته باشد. مفتول به کار رفته نیز می بایستی نزدیک به ترچ باشد تا پس از برقراری قوس و تشکیل حوضچه مذاب مورد استفاده قرارگیرد. درحالتیکه ابتدا قوس تشکیل شده است، مفتول نمی بایستی در منطقه قوس وارد شود. در حین جوشکاری، مفتول می بایست زاویه ای برابر 45 تا 70 درجه داشته باشد. (شکل A–38 و 39)

پس از قرار گرفتن ترچ و مفتول همانطور که توضیح داده شد جریان جوشکاری به وسیله پدال پایی و یا دکمه ای که بر روی ترچ قرار دارد برقرار می شود. جوشکار به آرامی و با دقت زاویه الکترود را کاهش داده و نوک آنرا به درون درز اتصال هدایت میکند. درحالیکه ترچ بر روی سطح پخ خورده تکیه کرده است، قوس برقرار شده و تثبیت می گردد. همانطور که در شکل 39 نیز مشاهده می نمایید، ترچ در موقعیت ذکر شده قرار می گیرد تا زمانی که زاویه الکترود به 30 درجه میرسد (زاویه مناسب جهت جوشکاری لوله) زاویه مفتول 45 تا 70 درجه می باشد.

با برقراری قوس، جریان گاز محافظ نیز برقرار شده و حوضچه مذاب را محافظت می نماید. پس از برقراری قوس، ترچ در همان منطقه حفظ می گردد تا آنکه دو لبه درز اتصال ذوب شده و حوضچه مذاب تشکیل گردد. پس از برقراری حوضچه مذاب، مفتول به درون حوضچه رانده می شود سپس جوشکار به ترچ حرکت عرضی داده و در درز اتصال به جلو حرکت میدهد. (شکل 40)

پس از برقراری قوس و تشکیل حوضچه مذاب و اضافه نمودن مفتول، ترچ به آرامی در طول درز اتصال به جلو حرکت داده شده و از طرف دیگر حرکت عرضی ترچ نیز انجام داده می شود. مفتول به طور مداوم به حوضچه مذاب تغذیه می شود. (شکل 41)

در حین جوشکاری، جوشکار می بایستی مرتباً حوضچه مذاب را تحت نظر داشته تا پاس ریشه با شکل ظاهری زیبا و ارتفاع مناسب تشکیل گردد. در حالت جوشکاری 5G ، اکثراً حوضچه مذاب تمایل به ریزش داشته و در نتیجه نفوذ اضافی مشاهده میشود. جهت جلوگیری از این امر سرعت حرکت ترچ و سرعت حرکت جانبی آن می بایستی افزایش داده شود. همچنین در صورت امکان، مفتول بیشتری به حوضچه مذاب تغذیه شده تا سبب خنک کردن حوضچه و کوچک شدن اندازه آن گردد. ضمناً جوشکار می بایستی دقت کافی نماید تا الکترود با لبه های درز اتصال و همچنین حوضچه مذاب تماس پیدا نکند. در صورت تماس، نه تنها نوک الکترود آلوده شده بلکه قوس نیز ثبات خود را از دست میدهد. در صورت وقوع این مسئله، جوشکاری

می بایستی متوقف گردیده و نوک الکترود مجدداً توسط سنگ تیز گردد.

یکی از مشکلات دیگری که گاهی اوقات جوشکار با آن مواجه می باشد این بوده که همچنانکه در طی جوشکاری نوک نازل بر روی درز اتصال داده شده و کشیده می شود. در اثر داغ شدن نوک نازک تمایل به چسبیدن پیدا می کند. جهت رفع این مشکل همانطور که در شکل A–42 نیز مشهود است گوشه های نوک نازل را سنگ گرفته و کمی شیب به آن میدهیم. (شکل B–42)

توقف و شروع مجدد جوشکاری

غیر از موارد ضروری، جوشکاری نمی بایستی بهیچوجه متوقف گردد. با این حال مواردی همانند جوشکاری خالجوش و یا رسیدن به موقعیت ساعت 12، ایجاب میکند که جوشکاری متوقف گردد. همچنین هنگام اتصال (Iine – in) با خال جوش نیز جوشکاری و می بایستی متوقف گردد.

با قطع نمودن جریان ، جوشکاری نیز متوقف میگردد. در صورتی که احتیاج به تعویض مفتول بوده و یا خط جوش حاصله پایان یافته، مفتول را از مطنقه جوشکاری خارج می نماییم، در غیر این صورت مفتول در حوضچه مذاب باقی خواهد ماند.

جهت شروع مجدد جوشکاری، در حالیکه همچنان جریان قطع می باشد، ترچ در مجاورت خط جوش قرار گرفته به طوری که زاویه الکترود 20 درجه باشد. باید توجه داشت که الکترود هیچگونه تماسی با خط جوش نداشته باشد. همانطور که در شکل

28 مشاهده گردید ترچ حول نازل چرخانده شده تا آنجا که زاویه الکترود برابر با 55 درجه شود.

پس از قرار گرفتن مفتول در موقعیت مناسب جریان جوشکاری برقرار شده و ترچ به آرامی به موقعیت زاویه 20 درجه چرخانیده میشود. مجدداً یادآوری می گردد که در این حالت الکترود به هیچ وجه نمی بایستی با لبه های درز و یا خط جوش حاصله تماس پیدا کند. پس از تثبیت قوس و تشکیل حوضچه مذاب، مفتول نیز تغذیه شده و به الکترود حرکت عوضی داده میشود.

برقراري اتصال (Iie- in)

هنگامی که جوش به خط جوش دیگری (خال جوش و یا محل اتصال دو نیمه) نزدیک میشود. تا زمانی که فاصله به 1/16 اینچ رسیده، جوشکاری ادامه داده می شود. در فاصله مذکور مفتول از منطقه حوضچه خارج شده ولی ترچ همچنان به حرکت خود ادامه میدهد، درصورت نیاز زاویه ترچ تغییر داده میشود احیاناً هیچگونه تماسی با فلز جوش نیابد.

پس از آنکه فاصله ذکر شده توسط فلز جوش پر شد جریان قطع میگردد. اتصال (Iie- in) با کیفیت ایده آل در شکل 43 نشان داده شده است . با رعایت نکات ذکر شده در بالا می توان به چنین اتصالی دست یافت.

پاس دوم

مراحل و روش به کار رفته برای پاس رو نیز همانند پاس بلند، می باشد تنها فرق حاصله این بوده که جهت انجام پس رو اندازه طولی از الکترود که بیرون از نازل قرار می گیرد می بایستی کوتاهتر باشد تا مقیاسی با پاس ریشه و یا حوضچه مذاب پیدا نکند، همانند پاس قبلی، نوک الکترود میبایستی تیز باشد. زاویه اکترود و مفتول همانندپاس یک بوده و همچنین در حرکت ترچ نیز هیچگونه تغییری داده نمی شود.

فصل چهارم

پاس هاي پر کن و پاس رو

جوشهای چند پایه جهت جوشکاری لوله ای با ضخامت دیواره بالا و اغلب لوله های با ضخامت کم مورد استفاده قرار می گیرد. جوش چند پاسه نسبت به جوش یک یا سه، انعطاف پذیری بیشتر داشته و عاری از عیوب ها میباشد. همچنین انجام دادن حالت چند پاسه آسانتر بوده چرا که کنترل حوضچه مذاب گسترده در حالت جوش یک پاسه مشکل تر میباشد.

از آنجایی که پاس جوش وسیع و گسترده نسبت به پاس کوچک آرامتر منجمد میگردد بنابراین منجر به رشد بیش از حد دانه ها شده که این امر خود منجر به کاهش انعطاف پذیری جوش میشود. در حالتی که جوش حاصله دارای پاسی به

اندازه نرمال بوده، انعطاف پذیری بهبود می یابد چرا که هر پاس در واقع پاس قبلی را پیش گرم مینماید. زمانیکه پاس جوش گسترده به آرامی خنک می گردد، فلز داغ مدت زمان بیشتری در معرض اتمسفر هوا قرارگرفته و بدین ترتیب اکسیدهایی که دارای آثار مضری برای جوش هستند پدید می آیند.

در این فصل در باره جوشکاری پاسهای میانی و پاس رو در لوله های با ضخامت بالا صحبت خواهیم کرد. همانند حالات قبل، هر لایه در پایین ترین قسمت لوله آغاز گشته (جوشکاری سربالا) و تا قسمت باالای لوله ادامه می یابد.

لايه هاي چند تايي

اولین لایه یا پاس در اتصال لب به لب چند پاسه، پاس ریشه می باشد. این لایه توسط یک یا چند لایه میانی (پاسهای پر کن) ادامه می یابد. پاس آخر اصطلاحاً پاس رو نامیده میشود. هر کدام از پاسهای میانی به وسیله شماره مشخص گشته و با پاس 2 آغاز میگردد. (همانند شکل 44) تعداد پاسها بستگی به ضخامت لوله دارد. مشخص است که لوله های با ضخامت بالا نسبت به لوله های با ضخامت کم نیاز به پاسهای بیشتری دارند. جا گذاری و چیدن مناسب پاسها در لوله در شکل بالا آمده است . این شکل به عنوان راهنمایی برای چیدن پاسها بر روی هم می تواند مورد استفاده قرار گیرد. هر لایه می بایستی کاملاً با فلزی که با آن در تماس است (فلز پایه و یا لایه دیگر) درهم آمیخته گردد و عاری از هر گونه حفره و یا سایر عیوب

باشد. این اتصال باید دارای استحکام و انعطاف پذیری در برابر بارهایی که ممکن است به آن وارد شود داشته باشد.

لایه های میانی می بایستی درز اتصال را کاملاً پر کرده و با سطح خارجی لوله در یک امتداد باشند. این مسئله شرط اساسی قبل از شروع جوشکاری پاس رو میباشد. در صورتیکه فاقد این حالت باشیم، پاس رو خوبی نخواهیم داشت. پاس رو می بایستی کمی برجسته بوده (تاج داشته) و گوشه های آن به خوبی با فلز پایه در هم آمیخته شده و سوختگی کناره جوش نداشته باشد.

آماده سازي براي پاس ريشه

پاس ریشه انجام شده در سطح خارجی دارای سطحی خشن بوده و میزان به مهارت و دقت جوشکار می ت واند سوختگی و کناره جوش و برجستگی، مخصوصاً در محل های شروع الکترود را نمایان سازد. بنابراین استفاده از چکش و برس سیمی کافی نمی باشد. (شکل 45)

پاس ریشه می بایستی به وسیله دستگاه سنگ از هر گونه سوختگی کناره جوش، نقاط زیر و خشن کاملاً پاک گردد. احتمال وجود هر گونه عیبی که قابل مشاهده نمی باشد کم گردد. عیوب قابل مشاهده را می توان تعمیر وتصحیح نمود ولی دارای مخارج بالایی می باشد. تحت شرایط نرمال از سنگ زدن بیش از اندازه پاس ریشه می بایستی احتراز نمود.

پاس ریشه باید بوسیله سنگ زدن از هر گونه سوختگی کناره جوش، نقاط داری سطح خشن و برجستگی برطرف گردد. الکترودهایی که دارای قدرت نفوذ زیادی هستند مانند E 6010 ، E 6011 و E 7010 به راحتی ذوب شده و حفره ها و سوختگی های کناره جوش را پر میکنند. زمانی که الکترودهای با عمق نفوذ کم مثل الکترودهای کم هیدروژن استفاده می شود می بایستی دقت کافی در آماده سازی اتصال داشت. قدرت نفوذ کم این نوع الکترودها در پرکردن حفره و سوختگی ها و برطرف نمودن برجستگی های روی جوش کارآیی خوبی ندارد. بنابراین برای برقرار نمودن قوس کوتاه با این نوع الکترودها، سطحی که بر روی آن جوشکاری می شود باید صاف و نرم باشد. بنابر دلایل ذکر شده، سطح پاس ریشه می بایستی کاملاً سنگ خورده و به حالت تخت در آید.

پاس ریشه به وسیله عملیات سنگ زنی جهت برطرف نمودن سوختگی کناره جوش واقع در خط ذوب بین فلز جوش و فلز پایه سنگ خورده و پهن می گردد. از آنجایی که الکترودهای کم هیدروژن دارای پوشش ضخیم تری میباشند، پهن کردن پاس ریشه محل مناسبی جهت حرکت آزاد الکترود مهیا می نماید. به طور خلاصه، درجه و نوع حاضر سازی پاس ریشه برای جوشکاری، پاس رو در ارتباط مستقیم با نوع الکترود مورد استفاده می باشد. هنگام استفاده از الکترودهای کم هیدروژن، سطحی که جوشکاری بر روی آن انجام می گیردمی بایستی صاف بوده و از هر

گونه عیبی به دور باشد در حالیکه در صورت استفاده از الکترودهای با قدرت نفوذی بالا، تنها عیوب مهم و اصلی باید برطرف شود.

تنظیم شدت جریان

با توجه به شرایط مختلف محل کار، دستگاه مورد استفاده و سایر عوامل نمی توان شدت جریان مشخصی را برای همه حالات ذکر نمود. برای پاس 2 و سایر پاس های بعدی، تنظیم شدت جریان به درجه حرارت درز اتصال لوله بستگی دارد. اگر لوله هنوز خیلی گرم باشد (200 تا 300 درجه فارنهایت) می توان همان شدت جریانی را که برای پاس ریشه بکار ببریم. در این درجه حرارت درز اتصال هنوز به قدری گرم بوده که نمی توان با دست آنرا لمس کرد. در حالتی که درجه حرارت به مقادیر زیر 200 درجه فارنهایت تنزل پیدا کند، میتوان شدت جریان را افزایش داد تا گرمای بیشتری برای ذوب فلز پایه و تشکیل حوضچه مناسب تأمین گردد

زمانیکه عملیات جوشکاری برای مدت طولانی متوقف گردد مانند طول شب، در آنصورت درز اتصال دارای درجه حرارتی برابر با درجه حرارت محیط خواهد شد. در این حالت توصیه میشود که درز جوش را شعله اکسی استیلن پیش گرم شود. در جوشکاری لوله های پرآلیاژ، پیشگرمی اجباری بوده و میبایستی حتماً انجام گیرد. این عمل شوکهای حرارتی و تنش های باقیمانده را کاهش میدهد.

وقتی که چنین لایه یا پاس از جوش رسوب داده شوند، انتقال حرارت جوش با سرعت کمتری انجام میشود. به عبارت دیگر گرما حداقل برای مدت کوتاهی ذخیره

میگردد. در این حالت اجتماعی به تغییر دادن شدت جریان نمی باشد. با این وجود اگر لایه های ذکر شده تا درجه حرارت محیط خنک شوند، به عنوان کاهش دهنده حرارت عمل کرده و به سرعت حرارت را از منطقه جوش دور مینمایند. در بعضی حالات، سرعت خنک شدن به حدی سریع بوده که همانندعمل کوئنچ می باشد. علاوه بر این گرمای بیشتری برای افزایش حرارت لایه های سرد جوش مورد نیاز می باشد (گاهی اوقات بیشتر از گرمای اعمال شده به وسیله قوس).

به همین دلیل زمانی که چند لایه یا پاس جوشکاری شده و اجازه خنک شدن به آنها داده می شود، پیش گرمی به وسیله شعله اکسی استیلن، قویاً توصیه میشود. در حالتی که چند لایه متوالی در لوله ای که ضخامت دیواره آن 3/4 یا بیشتر می باشد انجام می گیرد، پیش گرمایی عملی است که حتماً می بایستی انجام گیرد. به طور خلاصه تنظیم شدت جریان در رابطه با درجه حرارت لوله می باشد. در حالتی که گرم بوده (تقریباً 200 تا 300 درجه فارنهایت) شدت جریان کمتری نسبت به حالتی که دارای درجه حرارت محیط باشد میتوان به کار برد. در حالتی که اجازه داده می شود که لوله خنک گردد، پیش گرمایی اجباری می باشد.

زاویه الکترود

زاویه صحیح جهت جوشکاری لایه های میانی و پاس رو در شکل A–47 نشان داده شده است، زاویه کناری می بایستی طوری بوده که الکترود عمود بر سطح لوله باشد. شکل C–47 عمل اشتباهی را که معمولاً حتی به وسیله جوشکاران با تجربه نیز

رخ میدهد نمایش داده است و آن موقعیت جوشکاری از ساعت 9 به سمت 12 می باشد. زاویه الکترود در این حالت خیلی زیاد میباشد. در حالیکه سربالا جوشکاری می شود، قوس تولید حوضچه مذابی کرده که سیالیت کمتری داشته، تولید ناخالصی سرباره و ذوب نامناسب در گوشه های جوش را می نماید. زمانی که حوضچه مذاب حالت خمیری داشته، عمل ذوب و سیالیت به طور صحیح و آسان صورت نمی گیرد. سرباره که دارای نقطه ذوب کمتری نسبت به فلز می باشد، سریعاً روان گشته و به سمت گوشه های جوش جریان پیدا کرده و بین فلز جوش و فلز پایه محبوس می شود. بنابراین در حین جوشکاری، بایستی از حالت خمیری شدن حوضچه مذاب جلوگیری نمود. باید بدانیم که عوامل متعددی سیالیت حوضچه مذاب را تحت تأثیر قرار میدهند، ولی یکی از مهمترین این عوامل زاویه الکترود بوده که همیشه می بایستی مطابق شکل A47، B باشد.

جوشكاري پاسهاي مياني (پاسهاي پر كن)

قبل از شروع هر پاس، پاس قبلی می بایستی کاملاً تمیز گردد. همچنین هر پاس می بایستی در محل و موقعیت متفاوتی شروع گردد. این بدان معنی بوده که دو پاس نمی بایستی در یک نقطه شروع شوند. به عنوان مثال اگر پاس ریشه در موقعیت 6: 30 شروع شده است پاس دومی بایستی در موقعیت 6 شروع گردد. قوس بایستی در محل درز اتصال و روی جوش روشن گردد. این عمل در قسمت جلو انجام شده تا عمل پیش گرمی ناحیه ای که می خواهیم جوشکاری را در آن محل شروع کنیم

انجام شود. مطابق معمول قوس با طول زیاد در این منطقه برقرار شده و پس از ثبات، در موقعیت ساعت 6 قرار گرفته و پس از تشکیل حوضچه مذاب جوشکاری آغاز می شود.

تمام پاسهای میانی به وسیله حرکت اریب و عرضی الکترود انجام می شوند. (شکل 48) این حرکت در کلیه حالات الکترود در طول محیط لوله دنبال می شود. در قسمت انتهای هر حرکت عرضی کوتاهی داشته سپس جهت قوس برعکس می شود. از آنجایی که سطح لوله شکل منحنی داشته و حالت تخت ندارد، بایستی توجه کافی به طول قوس یکنواخت و زاویه الکترود نمود. تغییرات در طول قوس در عمق ذوب و اندازه حوضچه مذاب تأثیر میگذارد. توقف کوتاه در انتهای هر حرکت سبب شده که فلز پایه و جوش به خوبی درهم آمیخته شده و پاس جوش به خوبی با گوشه ها اتصال پیدا کند. هر گونه سرباره ای که احتمالاً در گوشه های جوش محبوس شده باشد با این عمل مجدداً ذوب شده و به سمت بقیه فلز که هیچگونه دخالتی در ذوب حوضچه و گوشه های اتصال ندارد رانده میشود. فلز مذاب موجود در حوضچه نیز هر گونه سوختگی کناره جوش را پر میکند.

از نکات مهم دیگر این بوده که سرعت جوشکاری بایستی در حدی تنظیم شود که حوضچه را به صورت سیال حفظ کرده و در موقعیتی که الکترود از ساعت 6 به ساعت 3 حرکت می نماید اجازه ندهیم که حوضچه فرو بریزد و شره کند. بعد از موقعیت ساعت 3 به بعد تمایل حوضچه به شره کردن کاهش یافته، بنابراین سرعت

جوشکاری را به تدریج کاهش داده تا پاس جوش منظم و یکنواختی را داشته باشیم.

برای الکترودهای با ضخامت پوشش کم مانند (E6010, E6011,E7011) طول قوس می بایستی 3/32 تا 1/8 اینچ باشد. این اندازه طول قوس گرمای کافی را تأمین نموده به طوری که سایز حوضچه می تواند به اندازه ای بوده که پذیرای فلز پر شونده ذوب شده (الکترود) بدون ایجاد جوش برجسته باشد. اگر طول قوس کوتاه بوده (1/16) اندازه حوضچه مذاب کاهش یافته، بنابراین مقدار فلز الکترودی که رسوب داده می شود محدود میگردد. زمانی که قطرات الکترود ذوب شده وارد محدوده کوچکتری از فلز مذاب میگردد، به سمت بالا رفته و در این حین، سریعتر خنک شده باعث آن شده که پاس جوش بیش از حد برجسته شده و شکل تاجی پیدا کند و (شکل 49) بعضی مواقع ذوب به اندازه کافی در گوشه ها انجام نپذیرد.

از بکار بردن شدت جریان بالا نیز باید احتراز نمود. در غیر این صورت جوشکار مجبور به افزایش سرعت جوشکاری و حرکت عرضی دست بوده تا از سر رفتن و شره کردن فلز مذاب جلوگیری نماید. همچنین در غیر این صورت جوشکار برای کنترل حوضچه از حرکت U شکل استفاده میکند که این عمل منجر به دور شدن گاز محافظ از فلز مذاب و آثار منفی در کیفیت و ظاهرجوش خواهد شد.

پاس سوم پهن تر از پاس دو بوده و کل شیار جوش را پر خواهد نمود. (شکل 50) این پاس نیز همانند پاس قبلی با حرکت عرضی الکترود دنبال میشود و در

انتهای هر حرکت مکثی خواهیم داشت. پهنای پاسهای متوالی جوش بستگی به ضخامت لوله و نظر خود جوشکار دارد.

محل قرار گرفتن پاسها نسبت به یکدیگر (مراجعه به شکل 44) به این صورت بوده که مرکز هر الکترود هنگام مکث کوتاه در گوشه پاس قبلی خواهد بود و یا برای پهن تر نمودن هر پاس طوری هر پاس را انجام داده که از گوشه پاس قبلی به اندازه قطر الکترود بیشتر و پهن تر باشد. ظاهر جوش می بایستی مرتب و منظم و فاقد عیب سوختگی کناره جوش باشد.

توقف و شروع مجدد

زمانی که به انتهای یک پاس رسیده و یا الکترود رو به اتمام می باشد، جوشکاری متوقف میگردد. این عمل معکوس کردن جهت مسیر الکترود برای مسافت کوتاهی و سپس قطع قوس خواهد بود. فلز مذاب در حوضچه (شکل 51) منجمد شده به صورت چاله ای در می آید. قبل از شروع مجدد، انتهای جوش می بایستی به اندازه 1/2 از اطراف چاله نیز سنگ بخورد. پوشش سرباره ای بایستی به طور کامل از این منطقه رفع شود. سپس قوس در قسمت جلوتر از چاله روشن شده و به صورت قوسی با طول بلند حفظ می شود. (شکل 52) زمانی که قوس ثبات خود را پیدا کرده و به منطقه چاله انتقال یافته و با طول قوس نرمال جوشکاری آغاز میگردد. قوس می بایستی به آرامی از یک گوشه تا گوشه مخالف در چاله حرکت داده شده تا

آنکه حوضچه مذاب تشکیل گردد. فقط در این حالت بوده که با حرکت عرضی مدام می توان پاس را رسوب داد.

قوس بهیچوجه نمی بایستی در چاله جوش روشن گردد. در صورت انجام این امر سبب خواهد شد که چند قطره آب از فلز الکترود ذوب شده به صورت نقاطی برجسته تشکیل شود چرا که هنوز حوضچه مذاب به خوبی تشکیل نیافته است. همچنین در صورت روشن کردن قوس در چاله جوش از این نقاط خلل و فرج خواهد آمد. خلل و فرج در اثر موجود نبودن گاز محافظ به اندازه کافی و همچنین عدم وجود سرباره کافی به وجود می آید. (شکل 53)

اتصال نهايي

در صورت دقت و توجه کافی، انجام اتصال نهایی در پاس های میانی و پاس رو مشکل نخواهد بود. هنگام رسیدن به محل اتصال نهایی، حرکت عرضی می بایستی به آهستگی آرام شده تا آنکه فلز مذاب تشکیل گردد سپس زمانی که حوضچه مذاب تشکیل شده در آن منطقه با پاس بعدی در هم آمیخت. جوشکار بایستی به این مسئله که آیا فلز مذاب، چاله را پر و به آرامی با پاس موجود در هم آمیخته شده یا نه دقت نماید. در صورت نیاز، جوشکار قوس را به اندازه 1/16 بر روی پاس قبلی حرکت داده تا اتصال نهایی به خوبی انجام گیرد. زمانی که در هم آمیختگی دو پاس به خوبی انجام گرفت قوس با حرکتی ناگهانی قطع خواهد شد.

پاس رو

پاس رو، آخرین پاس جهت تکمیل جوش انجام شده می باشد. این پاس می بایستی ظاهری منظم و یکنواخت داشته باشد. همانطور که در شکل 54 نشان داده شده است پاس رو می بایستی کمی برجستگی داشته باشد. در حالت افقی 5G یک پاس جوش جهت پاس رو انجام می گیرد ولی در حالت 2G از آنجایی که این امر مشکل بوده با پاس رو خود شامل 3 پاس متوالی در کنارهم میباشد.

جوشکاری آخرین پاس میانی در واقع آماده سازی برای انجام پاس رو میباشد. پاس قبل از پاس رو می بایستی کاملاً با سطح لوله در یک امتداد بوده، از وجود سوختگی کناره جوش و ذوب ناقص در کناره می بایستی احتراز شود. این عیوب می بایستی قبل از انجام پاس رو بر طرف گردد.

جهت انجام پاس رو، پاسهای قبلی می بایستی کاملاً تمیز گردد. در صورت استفاده از الکترودهای کم هیدروژن هر گونه برجستگی در سطح جوش بایستی کاملاً برطرف شود. معمولاً پاس رو به اندازه 1/16 آنطرفتر از گوشه های پخ را پر خواهد نمود.

از آنجایی که جوش می بایستی یکنواخت بوده و ظاهری زیبا داشته باشد، جوشکار در هر حالت باید در موقعیت راحت و مناسب بوده تا به آسانی بتواند الکترود را حرکت دهد. در هر حالتی که جوشکار حس نماید که حرکت الکترود دچار اشکال میگردد بایستی جوشکاری را متوقف کرده و موقعیت خود را نسبت به لوله تغییر دهد. همچنین قوس حتماً بایستی نه در روی جوش بلکه جلوتر از جوشی در

درز اتصال روشن گردیده و سپس به موقعیت ساعت 6 آورده شود. سپس پس از ثبات قوس، عمل جوشکاری با حرکت عرضی و کوتاه الکترود به اندازه 2 یا 3 بار دنبال شده تا حوضچه مذاب تشکیل گردد. همانطور که در شکل 55 نشان داده شده است، حرکت عرضی در پاس رو نیز بایستی دنبال گردد. زاویه الکترود و طول قوس نیز از عواملی هستند که در حین جوشکاری باید به آنها توجه نمود. در حین جوشکاری پاس رو، جوشکاری گوشه های پاس زیرین را به عنوان راهنمایی جهت اندازه پهنای پاس رو در نظر خواهند گرفت. در انتهای هر حرکت عرضی در گوشه ها مکث کوتاهی انجام می گیرد تا از سوختگی کناره جوش جلوگیری گردد.

جوشکارحوضچه مذاب را نیز از نظر دور نداشته و سرعت جوشکاری را طوری تنظیم می نماید تا تاج جوش (گرده جوش) بیشتر از 1/32 تا 1/16 اینچ بالاتر از سطح لوله نباشد. باید توجه کافی نمود تا گرده جوش بخصوص در حالت بالاسری و عمودی بیش از حد برجسته نگردد.

مشکلاتی که معمولاً در انجام پاس رو رخ میدهد عبارتند از :

1- لوله بسیار گرم بوده

2- اتصال جوش به خوبی تمیز نگشته

3- پاس های میانی اتصال جوش را به خوبی پر ننموده اند.

4- سوختگی و ذوب ناقص در گوشه پاسهای قبلی موجود می باشد.

در صورتیکه لوله بسیار گرم باشد فلز مذاب آرامتر خنک شده بنابراین کنترل حوضچه مذاب بسیار مشکل میگردد. در نتیجه پاس رو ظاهری زیبا نخواهد داشت. در اینگونه موارد می بایستی اجازه داد تا لوله تا درجه حرارت (200 تا 300 درجه فارنهایت) خنک شده سپس جوشکاری را آغاز نمود. در بعضی حالات می توان با کاهش دادن شدت جریان لوله گرم را نیز جوشکاری نمود.

تمیز کردن درز اتصال قبل از جوشکاری یکی از مسئولیت های مهم جوشکاری می باشد، سوختگی کناره جوش، ذوب ناقص در گوشه ها و پر نشدن کامل درز اتصال نیز مسائلی هستند که در حیطه کاری جوشکار میباشند. قبل از شروع به پاس رو کلیه این موارد می بایستی ترمیم گردد.

الکترودهاي کم هیدروژن

همانطور که قبلاً نیز گفته شد الکترودهای کم هیدروژن دارای قدرت نفوذ پائینی بوده بنابراین سطحی که بر روی آن جوشکاری می شود بایستی کاملاً صاف باشد. قبل از هر پاس، سطح اتصال بایستی کاملاً تمیز شده کلیه عیوب رفع گردد. آماده سازی صحیح در جوشکاری این نوع الکترودها، فاکتور بسیار مهمی می باشند.

روش کار برای جوشکاری پاس رو توسط این نوع الکترود همانند جوشکاری با الکترودهای با قدرت نفوذ زیادی می باشد منتها کمی فرق دارد. پس از روشن نمودن

قوس، طول قوس می بایستی سریعاً کوتاه گردد. حرکت سرد و گرم جهت کنترل حوضچه بکار نمیرود. از حرکتهای کوتاه عرضی استفاده میشود. در انتهای هر حرکت مکث کوتاهی خواهیم داشت. پوشش الکترود میبایستی خشک بوده و همچنین ترک یا عیب دیگری نداشته باشد. بایستی اتصال مرطوب توسط شعله اکسی استیلن خشک گردد. درهوای بارانی با الکترود کم هیدروژن بهیچوجه جوشکاری انجام نمی گیرد.

فصل پنجم

جوشكاري لوله هاي با ضخامت ديواره كم

لوله های با ضخامت کم، لوله هایی بوده که ضخامت دیواره آنها کمتر از 5/16 می باشد. قطر این نوع لوله ها می تواند از 1 تا 42 و یا حتی بیشتر (همانند لوله هایی که در خطوط شبکه بکار میرود) باشد. در حالتی که لوله افقی بوده (5G) هر دو روش سرازیز یا سربالا میتواند مورد استفاده قرار گیرد. به دلیل آنکه حالت

سرازیر روشی سریعتر بوده، در خطوط شبکه (جنس لوله از فولاد کم کربن) این روش ترجیح داده میشود.

علاوه بر ضخامت، قطر لوله نیز در بکار بردن روش جوشکاری تأثیر بسزایی دارد. لوله های با قطر و ضخامت کم مشکل آفرین بوده چرا که گرمای حاصله درجوش به سرعت در لوله منتشر نشده بنابراین گرما در منطقه جوش باقی می ماند. در این حالت گرمای اعمال شده به جوش می بایستی تحت کنترل قرارگیرد.

جهت کنترل گرمای ورودی در جوشکاری، لوله های با قطر کم شدت جریان را روی مقادیر کمتر تنظیم کرده و از الکترودهای با قطر کمتر (در مقایسه با الکترودهایی که برای لوله های با قطر بیشتر ولی ضخامت دیواره یکسان) استفاده می نماییم. هنگام جوشکاری لوله های با قطر پایین جوشکاری میبایستی به زاویه الکترود و طول قوس توجه کافی نمود.کنترل زاویه الکترود در لوله های با قطر پایین مشکل تر بوده چرا که زاویه الکترود مرتباً در طول محیط لوله می بایستی تغییرنماید. تغییر ناگهانی شدید در زاویه الکترود اثر مخربی بر کیفیت جوش خواهد گذاشت. جوشکار علاوه بر آنکه زاویه الکترود را تحت نظر داشته، از نظر بلند شدن بیش از حد طول قوس نیز می بایستی جلوگیری نماید در غیر این صورت : 1- گرمای ورودی به منطقه جوش افزایش یافته . 2- نفوذ جوش را کاهش خواهد داد. قبل از جوشکاری لوله های با قطر پایین، تمرینات بسیاری لازم می باشد.

روش سربالا

با اعمال این روش هم در مورد لوله های با قطر پایین و هم لوله های با قطر بالا به اتصال جوشی با کیفیت بالا میتوان دست یافت . این روش جهت جوشکاری لوله های پر آلیاژ و در موارد دیگر در صورتی که اتصال جوش با حداکثر کیفیت مورد انتظار باشد بکار میرود. برای لوله های با قطر بالا روش کار دقیقاً همانطور که در بخش های قبلی ذکر شد پاس ریشه به وسیله روش SMAW و یا GTAW تکمیل می گردد. روش جوشکاری برای پاسهای میانی و پاس رو نیز همانند اصول ذکر شده بخش های قبلی می باشد.

در جوشکاری لوله های با ضخامت و قطرکم، پاس ریشه و پاس های میانی نیز یکسان بوده با این وجود در جوشکاری پاس رو، روش به کار رفته کمی متفاوت می باشد. از آنجا که در لوله های با قطر و ضخامت دیواره کم گرمای بیشتری در منطقه جوش باقی می ماند، بنابراین درجه حرارت جوش هنگام نشاندن پاس رو خیلی بالا می باشد. در این حالت حرکت نیم دایره (شکل 56) مورد استفاده قرار می گیرد. هنگام استفاده از این حرکت شدت جریان کاهش داده می شود.

حرکت مذکور به صورت یکنواخت و بدون مکث در انتهای حرکت بکار میرود. این عمل سبب شده که منطقه ای که در شکل با دایره مشخص شده است هنگامی که قوس در جهت مخالف می باشد به آرامی خنک شده و مقدار قابل توجهی از سیالیت خود را از دست میدهد. زمانی که قوس به منطقه مشخص شده در دایره بازگشته و الکترود ذوب شده نیز به آن منطقه اضافه میگردد به دلیل گرمایش بیش از حد فلز

مذاب شره نمی کند. هنگام جوشکاری در طول محیط لوله، زاویه الکترود ثابت باقی می ماند. (شکل 57)

هنگامی که از این حرکت استفاده میشود، تمیز نمودن کامل درز اتصال بسیار مهم می باشد. از آنجائی که در انتهای هر حرکت مکثی می نماییم، احتمال اینکه سرباره در این منطقه محبوس مانده منجر به ذوب ناقص گردد موجود می باشد. بنابراین موقعیت قرار گرفتن جوشکار می بایستی طوری بوده که حرکت الکترود به راحتی و با دقت انجام گیرد. این امر هنگام جوشکاری لوله های با قطر کم بسیار مهمتر بوده زیرا که زاویه الکترود به طور مداوم می بایستی تغییر نماید. یک پاس رو با کیفیت خوب در شکل 58 به نمایش در آمده است.

روش سرازیر

لوله های با ضخامت کم می تواند توسط روش سرازیر جوشکاری گردد. این روش بسیار سریع و اقتصادی می باشد. در نتیجه جهت جوشکاری خطوط شبکه بکار میرود. در بیشتر حالات، ضخامت دیواره لوله های بکار رفته جهت خطوط شبکه در محدوده ضخامتی که می تواند توسط این روش مورد جوشکاری قرار گیرد می باشد. این روش جوش با کیفیت خوب در لوله های با ضخامت کم بجا می گذارد. درخطوط لوله ای که نفت خام، گاز طبیعی و سایر سوختها جریان دارند، هیچگونه

سستی در امر کیفیت جوش قابل پذیرش نیست. نشتی و سایر معایب خطرات بزرگی برای جان انسانها و محیط ببار خواهد آورد. اکثر خطوط لوله زیر خاک مدفون می گردند. برای آنکه از بی عیب بودن لوله ها اطمینان حاصل گردد معمولاً 50٪ از جوشها تست می شوند.

اجرای این روش سرازیر نسبت به روش سربالا متفاوت می باشد. حوضچه مذاب در این روش تمایل به سرازیر شدن به سمت پایین و در همان جهتی که قوس حرکت میکند میباشد. علاوه بر آن سرباره مذاب نیز در همان جهت روان بوده بنابراین عدم کنترل آن می تواند منجر به ناخالصی سرباره گردد. جهت نشاندن لایه ای سالم و بدون عیب از فلز جوش، قوس می بایستی مرتباً در قسمت جلوی حوضچه مذاب حرکت نماید. این عمل به وسیله استفاده از شدت جریان بالا و سرعت زیاد جوشکاری حاصل میگردد. در نتیجه لایه های حاصل شده نسبت به روش سربالا نازکتر می باشند. شکل 59 نحوه نشاندن لایه ها را در یک لوله خط شبکه نمایش میدهد. معمولاً چهار خال جهت اتصال بکار رفته، سپس پاس ریشه از قسمت بالای لوله به سمت پایین شروع میشود. پس از آنکه پاس ریشه به طور کامل انجام پذیرفت پاس دوم و یا اصطلاحاً HOT PASS آغاز میگردد.

هدف اصلی از انجام دادن پاس دوم، پوشاندن و مرمت هر گونه عیبی است که در پاس ریشه موجود بوده . توسط این پاس تنها مقدار کمی از فلز رسوب داده می شود و سپس لایه های میانی و پاس رو انجام میشود. برای تمرین این روش جوشکاری

انتخاب دو لوله 8 به طول 7 (SCHEDULE30) از جنس فولاد کم کربن توصیه میشود. قطر واقعی خارجی این لوله ها 8/625 بوده و ضخامت دیواره نیز 0/277 می باشد.

روش افقي (2G)

روش به کار رفته برای جوشکاری لوله های با ضخامت کم توسط روش 2G کاملاًهمانند جوشکاری لوله های ضخیم می باشد. بنابراین این روش در بخش های دیگر به تفصیل مورد بحث قرار خواهد گرفت.

جوشكاري لوله در محيط آزاد

بیشتر جوشکاری ها به روش سرازیر در محیط آزاد و روی لوله های خطوط شبکه انجام می گیرد. بنابراین قبل از آنک در مورد روش جوشکاری صحبت شود بهتر است بعضی از مسائل احتیاطی را که لازم است رعایت نمود ذکر می کنیم.

در جوشکاری لوله در محیط آزاد، ترک یکی از مشکلاتی است که با آن مواجه هستیم. به خصوص در مورد لوله های پر آلیاژی و با قطر بالا گریدهای مختلفی در ساخت لوله بکار رفته و معمولاً استاندارد API به صورت های X42 , X52 , X56 , X60 & X65 نمایش داده می شوند. با افزایش مقدار گرید، در واقع مقدار آلیاژ در آن لوله نیز افزایش می یابد. در درجات بالاتر مقاومت کششی و مقادیر سایر خواص مکانیکی نیز بیشتر می باشد. افزایش ذکر شده در خواص به خاطر مقدار آلیاژ بیشتر بوده به خصوص کربن، منگنز و شاید سیلیکون. کلمپس خارجی (شکل 60) جهت

تنظیم و در یک امتداد قرار دادن لوله ها بکار میرود. در روش سرازیر، پاس ریشه نازک بوده بنابراین اتصال دو لوله ضعیف می باشد. خال جوش های انجام شده با طول کوتاه می تواند هنگام جوشکاری منجر به ترک گردد. لذا زمانی که 50 تا 100٪ پاس ریشه انجام نشده برداشته نمی شود.

نوع دیگری از ترک که گاهی اوقات و مخصوصاً در لوله هایی که دارای مقدار آلیاژی بالاتر می باشند رخ میدهد ترک مجاور جوش می باشد. ترک مجاور جوش در لوله های پر آلیاژ و زمانی که جوش سریعاً خنک شده و در محیط رطوبت موجود باشد اتفاق می افتد. بنابراین اتصال جوش نبایستی سریعاً خنک شده و به درجه حرارت محیط برسد چرا که در این صورت گرمای موجود درجوش سرعت خنک شدن لایه بعدی را کاهش میدهد. این بدان معنی بوده که پاس دوم می بایستی حداکثر در مدت زمان 5 تا 7 دقیقه پس از اتمام پاس اول جوشکاری شود. در لوله های با قطر بالا برای یک جوشکار امکان اینکه به حدی سریع جوشکاری کند تا حرارت بین پاس دلخواه را در حد خود نگهدارد بسیار مشکل میباشد. بنابراین معمولاً دو یا چهار جوشکار در یک زمان بر روی یک لوله کار میکنند.

بادهای شدید نیز می تواند سبب خنک شدن سریع جوش گشته مخصوصاً اگر هوا سرد باشد. در صورتی که از چادرهای محافظ استفاده نشود در صورتی که سرعت باد از 25 تا 30 مایل در ساعت تجاوز نماید جوشکاری بایستی متوقف گردد. از آنجایی که رطوبت نیز می تواند تولید ترک مجاور جوش نماید در صورت بارش

باران یا برف نیز جوشکاری متوقف می شود. طبیعی است که در صورت بکار بردن سایبان و چادر میتوان در هوای بارانی و برفی نیز به کار ادامه داد. با این وجود منطقه جوش قبل از شروع به جوشکاری می بایستی توسط شعله اکسی استیلن خشک گردد. احتیاطات لازمه در مورد خشک بودن الکترودها نیز می بایستی رعایت گردد.

در صورتی که جوش سریعاً خنک شود مواد موجود در پوشش الکترود به کار رفته در روش سرازیر نیز در به وجود آمدن ترک مجاور دخالت می کنند. این مسئله نیز دلیلی دیگر برای بالا در نظر گرفتن درجه حرارت معین پاسها می باشند. معمولاً الکترودهای کم هیدروژن بکار رفته چرا که پوشش این نوع الکترودها حاوی هیچگونه موارد مضری نمی باشند. با وجود این الکترودهای کم هیدروژن با روش سرازیز نمی توان جوشکاری کرد زیرا که لایه ضخیم سرباره مذاب حاصل از این نوع الکترودها در جوش در هم آمیخته و منجر به پاس جوش معیوبی خواهد شد.

آماده سازي درز جوش

مشخصات استاندارد درز جوش برای لوله های با ضخامت کم در شکل 61 نشان داده شده است معمولاً قسمتی از لوله که مورد جوشکاری قرار می گیرد قبلاً در کارگاه پخ خورده و سپس به منطقه عملیاتی برده می شود. درغیر این صورت لازم است که لوله را با برش اکسی اسیتیلن بریده و سپس به وسیله دستگاه سنگ پخ زده،

سطح پخ می بایستی کاملاً تمیز بوده و عاری از هر گونه پوشش اکسید حاصل از برش اکسی اسیتیلن باشد.

قبل از جوشکاری درز اتصال باید از هر گونه ماده خارجی مانند گریس، روغن، زنگ زدگی و رنگ تمیز گردد. در منطقه عملیاتی این کار به وسیله دو کارگر که جلوتر از جوشکاران کار می کنند انجام می گیرد. بعضاً کارگر دوم جلوتر از جوشکاران لوله ها را جفت کرده و آماده جوشکاری می نماید. برای تمرین جوشکاری، لوله های کوتاه همانند لوله های با ضخامت بالا جفت می گردند منتهی در این مورد قطر سیمی که بین دو لوله قرار می گیرد بایستی 1/10 بوده که برابر با فاصله درز جوش می باشد.

انجام خال جوش ها

پس از آنکه لوله ها به طور صحیح فاصله داده شده و بر روی هم قرار گرفتند آماده جوشکاری میگردند (شکل 62) برای انجام خال جوشها و پاس ریشه الکترودهای E6010 IP, E6010 یا E7010-A مورد استفاده قرار می گیرند. در حالتی که ضخامت لوله 1/8 و یا کمتر بوده از الکترود 1/8 استفاده می شود. برای لوله های ضخیم تر از الکترود 5/32 استفاده می شود. در روش سرازیر الکترودهای کم هیدروژن مورد استفاده قرار نمی گیرند. در جوش پاس ریشه در روش سرازیر،

شدت جریان معمولاً خیلی بالا می باشد. این شدت جریان می بایستی بین 100 تا 140 آمپر جریان مستقیم می باشد. نحوه انجام خال جوشها در شکل 63 نشان داده شده است.

همچنین درشکل 63 زاویه صحیح الکترود 10 تا 15 درجه مشخص شده است. قوس در قسمت جلوی درز اتصال جوش روشن شده، طول آن بلند انتخاب شده تا ثبات لازم و حفاظت گاز فراهم گردد. همچنان که در شکل 64 نیز نشان داده شده است پس از آن قوس به محل درز جوش برده شده به طوری که به درون درز فشار داده شود. به خاطر به کار بردن شدت جریان بالا در پاس ریشه حتی موقعی که الکترود در تماس با فلز پایه لوله بوده نیز قوس برقرار می باشد. با حفظ زاویه صحیح الکترود جوشکار تشکیل حوضچه و سوراخ کلید را زیر نظر دارد. به محض آنکه فلز مذاب به اندازه کافی رسوب داده شود فاصله و درز را پر میکند الکترود را در درز جوش به سمت پایین حرکت داده و برای آنکه قوس خاموش نشود فشارکمی به انتهای الکترود داده می شود. ممکن است که در حین کشیدن الکترود در درز جوش به سمت پایین، الکترود به سطح کار بچسبند. در این مرحله در حالیکه انتهای الکترود در درز جوش حرکت می نماید به انبر الکترود می بایستی حرکت کوچکی داد. زمانی که پاس جوش به 3/4 رسید با حرکت سبک و ناگهانی الکترود را از منطقه سوراخ کلید دور کرده و بدین ترتیب قوس قطع می شود. برای یک فرد تازه کار در امر جوشکاری این روش مشکل می باشد. بنابراین بهتر است که این روش ابتدا در

روی ورق و سپس بر روی لوله انجام گیرد. بهتر است که تمرین را بر روی ورق در حالت عمودی (3G) (شکل 65) آغاز نمایید. در لوله های خطوط شبکه، موقعیت خال جوشها و روش انجام شده به عوامل زیادی بستگی داشته، زمانی که لوله ها در وضعیت افقی قرار داشته به وسیله جرثقیل لوله به آرامی به سمت بالا کشیده شده تا جوشکار بتواند در قسمت زیرین لوله انجام وظیفه نماید. بدین ترتیب خال جوش اول در موقعیت ساعت 6 انجام می گیرد. پس از آنکه لوله دوباره به سمت پایین آورده شد، دومین خال جوش در موقعیت 12 و خال جوشهای بعدی نیز در موقعیت های 3 و 9 انجام می گیرد. در صورتیکه زمینی که لوله ها بر روی آن قرار می گیرند دارای شیب به سمت پایین یا بالا باشد اولین خال جوش معمولاً در موقعیت 12، خال جوش دوم در موقعیت 6 و خال جوشهای بعدی نیز در موقعیت 3 و 9 میباشد. جهت تمرین جوشکاری، لوله ها در لوله گیر قرار گرفته و خال جوشها در موقعیت 2، 5، 8 و11 می باشد.

پاس ریشه

جهت آماده سازی پاس ریشه ابتدا خال جوشها توسط برس سیمی از سر براه و سایر مواد زاید تمیز میگردد. خال جوشها نیز همانند شکل 67 سنگ زده شده، نازک می شوند. روش جوشکاری پاس ریشه همانند جوشکاری خال جوشها می باشد. با استفاده از شدت جریان زود، الکترود و اندازه الکترود، همانند زاویه الکترود بایستی 10 تا 15 درجه انحراف داشته باشد. (شکل 68)

برای شروع پاس ریشه، قوس در محل موقعیت ساعت 2 و در قسمت جلوی جوش روشن شده تا سبب پیش گرمی محل اتصال گردد. پس از ثبات قوی الکترود به محل درز جوش برده شده و در آن محل با فشار کمی که به آن وارد می شود جوشکاری آغاز میگردد. جوشکار می بایستی به طور مداوم تشکیل حوضچه مذاب و سوراخ کلید را تحت نظر داشته باشد. زمانی که فلز پایه ذوب شده و فلز مذاب حاصل از الکترود تشکیل پلی از فلز مذاب را در طول شکاف درز میدهد سپس جوشکار میتواند شروع به حرکت الکترود نماید . این حرکت به صورت کشیدن الکترود در امتداد درز جوش ادامه می یابد. در این صورت سوراخ کلید کوچک و هلالی شکل (شکل 69) در قسمت بالای الکترود به وجود می آید.

سوراخ کلید یکی از عوامل اساسی در تشکیل پاس جوش می باشد. زمانی که دو طرف درز جوش ذوب شده و بدین ترتیب فضای کافی برای جریان فلز مذاب به سمت انتهای اتصال درز مهیا شد، در واقع سوراخ کلید تشکیل شده و نفوذ کافی در پاس ریشه به وجود آمده است. گرده جوش پاس ریشه تشکیل شده در قسمت داخلی لوله بایستی ارتفاعی بیشتر از 1/16 نداشته باشد.

قدرت قوس سبب آن شده که مقداری از فلز مذاب به سمت بالای درز جریان یافته و بدین ترتیب خط جوش را ساخته و همچنین حرکت به سمت پایین آن را به تعویق می اندازد. با در نظر گرفتن عمل فلز مذاب و سوراخ کلید، جوشکار می تواند سرعت پیشروی الکترود را تخمین زده و به مرحله اجرا در آورد. به کار بردن روش سرازیز

مشکلاتی را نیز در پی خواهد داشت. به عنوان مثال همیشه مقداری کمی از عیب سوختگی کناره جوش در این روش مشاهده می گردد. (شکل 70) با این وجود این عیب در کیفیت نهایی جوش تأثیری نداشته چرا که توسط پاس دوم (HOT PASS) برطرف خواهد شد.

شدت جریان بالایی که همراه قوس با طول کوتاه در این روش بکار میرود سبب آن شده که جریان بیشتری از الکترود (نسبت به حالتی که طول قوس بلند بوده) بگذرد و دلیل این مسئله آن بوده که مقاومت قوس به عبور جریان در این حالت کمتر می باشد. جریان بیشتر سبب داغ شدن الکترود میشود. گاهی اوقات افزایش حرارت الکترود تا به حدی بوده که پوشش الکترود در انتهای الکترود شکسته شده و می ریزد. در نتیجه قوس منحرف شده و الکترود به درز اتصال می چسبد. در صورت وقوع این امر، الکترود به آرامی به چپ و راست نوسان داده می شود . (شکل 71) گاهی اوقات فاصل درز جوش در نقاط مختلف لوله یکسان نبوده به طوری که در بعضی اوقات بیش از حد باز بوده و در نقاط دیگر بیش از حد بسته و باریک در حالتی که درز جوش بسیار بسته بوده، سرعت حرکت و زاویه الکترود کاهش داده میشود و در محل هایی که درز باز بوده، سرعت حرکت الکترود افزایش داده می شود. از طرفی افزایش سرعت منجر به بوجود آمدن مک های گازی در پشت سر قوس و در فاصله 1/8 خواهد شد. در این موقعیت جوشکار انبر الکترود را

درجهت حرکت خط جوش به پایین آورده و سپس دوباره به موقعیت اولی خود بر میگرداند. (شکل 72)

این عمل سبب آن شده که قدرت قوس موجب راندن مقداری از فلز جوش به درون مک شود. جوشکار باید دقت کافی داشته که به محض اینکه مک تشکیل شد این عمل را انجام دهد. واضح است ک اگر جوش از این مک ها خیلی جلوتر باشددیگر نمیتوان با روش ذکر شده آن را پر نمود . همچنان که کار پیش میرود جوشکار بایستی تمام توجه خود را متمرکز نماید. او می بایستی الکترود را در زاویه صحیح نگه داشته، تشکیل حوضچه مذاب و خط جوش را نیز تحت نظر داشته باشد. در تمام موقعیت ها به تشکیل سوراخ کلید دقت نماید. در صورت کاهش اندازه این سوراخ، سرعت جوشکاری را کاهش داده و زاویه الکترود را نیز کم نماید. در صورتی که این عمل مؤثر نبود، جوشکاری را قطع کرده و شدت جریان افزایش یابد. همچنین سوراخ کلید نبایستی بیش از اندازه گشاد گردد چون موجب نفوذ بیش از حد و سوختگی جوش میگردد. (شکل 73) درصورت وقوع سوختگی، منطقه معیوب قبل از ادامه جوش می بایستی برداشته شود. شدت جریان کمی کاهش یافته و سپس جوشکاری ادامه یابد.

توقف و شروع مجدد

زمانی که لازم است تا جوشکاری متوقف گردد، قوس باید با حرکت آهسته و سبک انتهای الکترود به سمت پایین و دور از سوراخ کلید قطع گردد. (شکل 74) این عمل از مخلوط شدن سرباره با فلز جوش مذاب و تشکیل ناخالصی سرباره

جلوگیری میکند. قبل از شروع مجدد خط جوش، سرباره می بایستی به اندازه 3 از محل اطراف خط جوش کاملاً تمیز گردد. برای شروع قوس در فاصله ای برابر 1/2 عقب تر در روی خط جوش روشن شده و سپس به سمت سوراخ کلید و با طول قوس بلند رانده شود. پس از ثبات قوس در محل خط جوش قبلی به درون درز جوش برده شود. پس از تشکیل حوضچه مذاب، جوش ادامه می یابد.

اتصال نهايي

زمانی که گوشه های خال جوش سنگ خورده و نازک میگردد دیگر مشکلی برای اتصال نهایی نخواهیم داشت. الکترود در طی درز اتصال کشیده می شود. زمانی که به انتهای خط جوش و محل اتصال رسید. الکترود از قسمت شیب دار محل سنگ خورده به سمت بالا حرکت می نماید.جوشکار با در نظر گرفتن حوضچه مذاب زمانی که بین خط جوشها در هم آمیختگی کافی ایجاد شد، جهت سیر الکترود برای مسافت کوتاهی برعکس شده و سپس قوس خاموش میگردد.

آماده سازي براي پاس دوم

پاس ریشه تمام شده و آماده در شکل 75 نشان داده شده است. گوشه های سطح خارجی پاس دارای سوختگی کناره جوش بوده و ذرات سرباره نیز در آن نقطه به چشم میخورد. معولاً در روش سرازیر، گرده جوش نیز برجسته بوده. دلیل به وجود آمدن این برجستگی نیز بخاطر تفاوت درجه حرارت در فلز مذاب بوده به طوری که در گوشه ها نسبت به مرکز خط جوش سردتر بوده، فلز الکترود که در

گوشه ها به خوبی ذوب نشده تمایل به روان شدن به سمت نقاط داغتر حوضچه یعنی مرکز آن دارد. بنابراین فلز در مرکز جوش جمع شده و حالت تاجی شکل و برجسته پیدا میکند.

ابتدا پوشش سرباره می بایستی از پاس ریشه برطرف گردد. سپس خط جوش می بایستی سنگ خورده تا برجستگی تاجی شکل و همچنین نقاط دارای سوختگی کناره و ناخالصی سرباره برطرف شده و آماده جهت پاس بعدی گردد. (شکل 76) پاس ریشه نبایستی بیش از حد سنگ بخورد و نباید وقت زیادی برای اینکار صرف کرد. پس از آنکه پاس ریشه سنگ خورد به وسیله برس عمل تمیزکاری ادامه یافته تا هرگونه سرباره محبوس احتمالی نیز برطرف گردد.

پاس دو (HOT PASS)

منظور و هدف اصلی از انجام پاس، دو روش سرازیر، ذوب کردن سرباره های احتمالی باقیمانده و کامل نبودن ذوب گوشه بین پاس ریشه و فلز پایه میباشد. توسط این پاس، تنها مقدار ناچیزی از فلز اضافه میگردد .بایستی توجه نمود که اتصال جوش می بایستی هنگامی که این پاس و پاسهای بعدی انجام می گیرد به اندازه کافی گرم باشد. پاسهای بعدی نیز بلافاصله پس از آنکه این پاس به اتمام رسید انجام میشود. شدت جریان بکار رفته برای پاس رو کمی بیشتر از شدت جریان بکار رفته برای پاس ریشه میباشد. می توان گفت که تقریباً این مقدار می تواند در

محدوده 110 تا 150 آمپر باشد. الکترودهای بکار رفته نیز همانند قبل ,E6010 E6010 IP & E7010 – A با سایز 1/8 تا 5/32 می باشد. زاویه الکترود با 10 تا 15 درجه انحراف در کلیه موقعیت ها در طول محیط لوله میباشد.

جهت حصول به جوشی سالم و بدون عیب، هر خط جوش بایستی در موقعیتی مختلف از پاس قبلی شروع شده و اتمام پذیرد. این بدان معنی بوده که پاس رو نبایستی دقیقاً درموقعیت 12 شروع شده بلکه به اندازه 1 اینچ دورتر و در طرفین موقعیت 12 شروع گردد. برای شروع جوشکاری پس از ثبات قوس به محل شروع آورده شود طول قوس به اندازه 3/32 تا 1/8 انتخاب می شود. در این نقطه زاویه صحیح الکترود 10 تا 15 درجه از حالت قائم انحراف دارد.

قوس در محل شروع برای مدت کوتاهی ثابت نگه داشته شده تا حوضچه مذاب تشکیل گردد. سپس حرکت سرد و گرم ادامه می یابد. (شکل 77) هدف از انجام حرکت سرد و گرم کنترل حوضچه مذاب و راندن مقداری از فلز مذاب به گوشه های جوش و پر کردن سوختگی های کناره جوش میباشد. جهت کاهش سیالیت حوضچه و جلوگیری از بیش از حد روان شدن فلز، طول این حرکت بایستی به اندازه 1 برابر قطر الکترود و در جهت حرکت الکترود بوده و تغییری نیز در طول قوس به وجود نیاید. در طی این حرکت هنگام رسیدن به چاله جوشها مکث کوتاه داشته تا چاله موجود پر گردد. کل این پاس توسط حرکت سرد و گرم دنبال می شود. در کلیه

حالات، زاویه صحیح الکترود می بایستی حفظ شود. همچنین به پر شدن کامل گوشه های خط جوش نیز بایستی توجه نمود.

در این مرحله استفاده از شدت جریان بیشتر سبب ذوب سرباره و ذوب کامل گوشه ها خواهد شد. در صورت نیاز، قوس با حرکت آرام و سریع الکترود به سمت پایین و دور از جوش قطع میگردد. قبل از شروع مجدد، کلیه سرباره از چاله جوش تمیز میگردد و پاس رو نیز به اندازه 1 اینچ جلوتر از چاله جوش تمیز میگردد. قوس مجدداً در روی پاس ریشه و 1/2 اینچ جلوتر از چاله جوش (شکل 78) روشن شده پس از پیدا کردن ثبات و تشکیل گازهای محافظ به چاله جوش انتقال یافته و به طول قوس نرمال کوتاه میگردد و در این نقطه نگهداشته شده تا اینکه چاله کاملاً پرگردد سپس جوش با حرکت سرد و گرم ذکر شده ادامه می یابد.

برای انجام اتصال نهایی در قسمت زیرین لوله مشکلی نداریم. به این صورت خط جوش انجام شده در نیمه اول از سرباره پاک شده و سپس نیمه دوم آغاز میگردد. با نزدیک شدن به نیمه اول در قسمت زیرین لوله، جوشکار سرعت جوشکاری را کم نکرده بلکه با همان سرعت و پس از آنکه ملاحظه شد که حوضچه مذاب در هم آمیختگی کافی را با پاس نیمه اول لوله حاصل نموده قوس را قطع می نماید.

پاس های میانی (پاس های پرکن)

پس از کامل شدن (HOT PASS) یک یا مقدار بیشتری از پاسهای میانی جهت پر نمودن درز اتصال بکار میرود. آخرین پاس میانی می بایستی همسطح لوله و یا

1/32 اینچ پایین تر از سطح لوله باشد. از آنجایی که منظور از پاسهای میانی، پر کردن درز اتصال می باشد لذا از الکترود های با قطر بیشتر استفاده می شود.

البته اندازه الکترود بکار رفته بستگی به ضخامت دیواره لوله دارد. جهت تمرین جوشکاری، الکترود 5/32 اینچ توصیه میگردد و بدین ترتیب از شدت جریان بیشتری نیز استفاده می شود. شدت جریان توصیه شده بین 130 تا 150 آمپر می باشد. در این مرحله نیز زاویه الکترود دارای 10 تا 15 درجه انحراف از حالت قائم داشته که در کلیه حالات می بایستی حفظ گردد. طول قوس به اندازه قطر یک الکترود می باشد. قبل از شروع هر پاس، پوشش سرباره می بایستی توسط برس سیمی از پاس قبلی برطرف گردد. با آنکه روش یکسانی برای جوشکاری کلیه پاسهای میانی بکار میرود ولی روش کار در موقعیت های مختلف و در اطراف لوله متفاوت می باشد.

این موقعیت ها عبارتند از : تخت (11 تا 1/30) ، عمودی (1/30 تا 5) و بالا سری (5 تا 7) منطقه که جوشکاری آن مشکل می باشد. بین موقعیت 2/30 و 4 می باشد. در این منطقه، تکنیک متفاوتی بکار میرود. جوشکاری در حالت تخت در قسمت بالای لوله هیچگونه مشکلی برای یک جوشکار با تجربه نخواهد داشت. همانند شکل 79 . خط جوش با حرکت دایروی شکل الکترود ایجاد میگردد. قطر این دایره می بایستی 1 تا 2 برابر قطر الکترود بکار رفته بوده تا آنکه گاز محافظ به طور مداوم بر روی فلز مذاب حضور داشته باشد.

زمانی که قوس در حوضچه مذاب بوده به الکترود مکث کوتاهی داده تا زمان کافی برای اضافه کردن فلز پر کننده به آن داده شود. این حرکت ادامه یافته تا آنکه به موقعیت عمودی3G برسیم. در این حالت حرکت دایروی به حرکت آرام عرضی تغییر شکل می یابد. حرکت عرضی می بایستی در هر مرحله به اندازه قطر الکترود به سمت پایین رفته و در انتهای هر حرکت نیز مکث کوتاهی داشته تا عمل ذوب کافی در گوشه ها به خوبی انجام پذیرد. هنگامی که جوش در موقعیت 30 : 2 بوده فلز مذاب تمایل به ریزش و شره کردن با سرعت بیشتری دارد.جهت جلوگیری از این امر، سرعت جوشکاری کمی افزایش یافته و در حین حال حرکت عرضی نیز قطع نمی شود. همراه با آن زاویه الکترود به 20 تا 25 درجه نسبت به حالت قائم تغییر می یابد. (شکل 81)

تغییر زاویه الکترود در کنترل حوضچه مذاب بسیار مهم می باشد. با نگهداشتن الکترود در زاویه با شیب بیشتر و همچنین حفظ قوس در گوشه های چاله جوش، نیروی قوس با راندن فلز مذاب نزدیک قوس به سمت بالا حوضچه مذاب را حمایت می نماید. زمانی که تمایل فلز مذاب به ریزش و شره کردن به مقدار قابل توجهی کاهش یافت، سرعت الکترود کاهش یافته و زاویه الکترود به حد نرمال خود یعنی 10 تا 15 درجه برمیگردد. معمولاً این عمل در موقعیتی نزدیک به ساع 4 رخ میدهد. حرکت آرام عرضی تا رسیدن به موقعیت ساعت 5 ادامه می یابد. در این مرحله (حالت بالاسری) فلز مذاب تمایل به ریزی به سمت پایین را دارد. در اینجا دو نیروی

کشش سطحی و نیروی قوس بوده که فلز مذاب را در اتصال جوش نگه میدارد. با این وجود در صورتی که حوضچه مذاب بیش از حد وسیع گشته و فلز مذاب سیالیت زیادی داشته باشد، عمل ریزش مذاب انجام خواهد گرفت. جهت جلوگیری از این امر، حرکتی که اصطلاحاً نعل اسبی نامیده می شود انجام می گیرد. (شکل 82)

این حرکت سبب کاهش اندازه حوضچه همچنین کاهش سیالیت فلز مذاب میگردد، در حالیکه در عین حال ذوب و در هم آمیختگی را هم در گوشه ها بهبود می بخشد. الکترود در حرکت نیم دایره ی با مکث در انتهای هر حرکت دنبال میشود. در حالیکه در یک گوشه مکث کوتاهی داریم، فلز مذاب در گوشه دیگر منجمد گشته ودر مرکز جوش نیز فلز موجود یا منجمد شده و یا حالت خمیری شکل دارد بنابراین سیالیت خود را از دست داده است. حرکت آرام مچ دست انجام گرفته و پیشروی الکترود به سمت پایین به اندازه یک قطر الکترود می باشد.

در موقعیتی که محدوده مابین ساعت 2 تا 4 و 8 تا 10 می باشد، سرعت الکترود نسبت به حالت بالا یا پایین بیشتر میباشد تا کنترل حوضچه مذاب به خوبی انجام شود. به خاطر این در این مناطق فلز کمتری رسوب داده میشود. بنابراین در این مناطق ضخامت فلز جوش به اندازه بالا یا پایین نمی باشد. قبل از شروع به پاس رو، این نقاط بایستی پر گردد. جهت این امر، پاس های دیگر Streipper beads در مناطق ذکر شده انجام می گیرد. (شکل 83) روش انجام شده برای این پاسها متفاوت نبوده و همان حالتی که برای موقعیت 3 تا 4 ذکر شد اینجا نیز بکار میرود.

پاس رو

پاس رو می بایستی ظاهری زیبا داشته و ارتفاع گرده جوش (تقریباً 1/16 اینچ) باشد. الکترود، طول قوس و زاویه الکترود همانند پاسهای میانی می باشد. دو حرکت متفاوت (شکل 84) جهت پارس رو مورد استفاده قرار می گیرد. در هر حالت، حرکت می بایستی پهن تر از پاس قبلی بوده تا کاملاً درز اتصال را پر نماید. در انتهای هر حرکت مکث کوتاه خواهیم داشت.

همانطور که در شکل 84–A به نمایش در آمده است از موقعیت 12 تا 5 حرکت عرضی آرام (Slant weave) انجام می گیرد. در حالت بالاسری از موقعیت 5 تا 6 از حرکت نیم دایره ای (شکل 84–B) استفاده می شود. در هر دو حالت سرعت حرکت باید آنچنان باشد که ارتفاع گرده جوش بیش از 1/16 نگردد. برای جلوگیری از سوختگی کناره جوش حفره های گازی در حالیکه که الکترود با حرکت آرام و یکنواخت پیش میرود. طول قوس مناسب، زاویه الکترود و سرعت حرکت نیز می بایستی حفظ گردد.

جفت نمودن نامناسب لوله

در حالتی که عمل جفت نمودن به خوبی انجام نگرفته باشد، عملیات انجام شده جهت رفع این مشکل همانند روش سرازیر می باشد. در صورتیکه درز جوش بیش از اندازه باز بوده، دگمه جوشها در هر دو گوشه درز نشانده تا آنکه پلی بین دو گوشه ایجاد گردد که سپس قوس بر روی آن حرکت نموده و عمل اتصال دو گوشه به خوبی انجام گیرد. در این حالت شدت جریان کمی کاهش داده میشود. تنها تفاوت مهم

در جوشکاری پاس ریشه می باشد. جهت انتقال قوس در طول درز گشاد در حالت سرازیر، پاس ریشه از خال جوش آغازگشته و حرکت انجام شده به صورت دایره ای میباشد. پس از اتمام پاس ریشه، پاسهای میانی و پاس رو با همان روشی که برای لوله با درز جوش نرمال بکار میرود پر میگردد.

در حالتی که پاس بیش از اندازه بسته بوده، خال جوش و پاس ریشه با کشیدن الکترود در امتداد درز دنبال می شود. منتها از شدت جریان بالاتری استفاده می شود تا نفوذ کافی حاصل شود. معمولاً شدت جریان 15 آمپر بیشتر از حالتی که درز به اندازه نرمال بوده می باشد. در حین جوشکاری، جوشکار می بایستی به نفوذ جوش توجه کافی مبذول دارد. در صورت نفوذ ناقص، سرعت کاهش یافته و در صورت مؤثر نبودن شدت جریان افزایش خواهد یافت. مجدداً سایر پاسها همانند روش نرمال می باشد. در صورتیکه پیشانی پخ خیلی پهن باشد، از جریان بالاتر استفاده می شود و در صورتی که این فاکتور نازک باشد شدت جریان به اندازه 10 آمپر نسبت به حالت نرمال کمتر بکار میرود. اگر سوختگی و یا نفوذ زیادی داشتیم، شدت جریان باز هم کاهش می یابد.

موقعیت 45 درجه (6G)

در بعضی موقعیت ها، لازم است که لوله را در حالت 45 درجه جوشکاری نماییم. روش بکار رفته همانند حالت 5G بوده منتها تفاوت هایی موجود بوده که در اینجا به شرح آن می پردازیم : همانند شکل 85 ، پاس ریشه با کشیدن الکترود در امتداد درز

جوش از بالا به پایین انجام می یابد. پاس رو نیز با روش مشابه 5G انجام می گیرد. پاس های میانی کمی متفاوت از حالت قبل می باشند. ابتدا الکترود می بایستی طوری نگهداری شود که نوک آن به سمت راست قسمت بالای لوله باشد . (شکل 86) نسبت به خط عمود بر سطح جوش، زاویه الکترود در صفحه ای که جوش را قطع نماید 10 تا 15 درجه انحراف خواهد داشت. زاویه کناری الکترود نیز 25 تا 30 درجه نسبت به صفحه ای که از درز اتصال جوش عبور می نماید، میباشد. شدت جریان بکار رفته و طول قوس (به اندازه قطر الکترود) همانند روش 5G می باشد.

در حالت تخت، در بالای لوله حرکت دایروی و یا بیضی شکل خواهیم داشت. (شکل 87) الکترود در محل هایی که به صورت نقطه توپر نشان داده شده است مکث خواهد داشت. در صورت امکان این حرکت تا موقعیت 5 ادامه خواهد داشت اما در حالت عمودی بین موقعیت 2 و 4 ، حوضچه جوش به سمت پایین روان گشته و شره می نماید. در این صورت زاویه الکترود به اندازه 20 تا 25 درجه افزایش یافته و حرکت انجام شده به صورت حرکت آرام عرضی دنبال خواهد شد. (مراجعه به شکل 80)

گاهی اوقات لازم بوده که سرعت جوشکاری نیز افزایش یابد تا آنکه الکترود در قسمت جلوی حوضچه مذاب حرکت کند. از نیروی قوس باید کمک گرفته شود تا فلز مذاب را به عقب رانده و همچنین حرکت الکترود می بایستی آرام و یکنواخت باشد.

زمانی که به حالت بالا سری می رسیم حرکت نعل اسبی جهت اتمام جوشکاری مورد استفاده قرار می گیرد.

فصل ششم

جوشكاري افقي لوله (حالت 2G)

هنگامی که لوله ها در حالت عمودی قرار میگیرند، روش بکار رفته همانند روشی می باشد که لوله ها در حالت افقی می باشند لذا این بخش تحت عنوان جوشکاری افقی لوله معرفی می گردد. در جوشکاری افقی لوله با مشکلاتی مواجه می گردیم که مشخصه جوشکاری در حالت 2G می باشند. فلز مذاب حوضچه متمایل به ریزش به سمت پایین را داشته، همچنین لبه لوله بالایی در حالت مذاب به سمت پایین جریان یافته و بدین ترتیب سوختگی کناره جوش و سوراخ کلیدی شکل وسیع را در پاس ریشه موجب میگردد. بنابراین جهت جلوگیری از این عیوب، موارد ذکر شده در این بخش بایستی مورد توجه قرار گیرد. شمایی از جوش با ظاهر و کیفیت مناسب در لوله با ضخامت بالا در شکل 88 نشان داده شده است.

پهنای هر پاس نمی بایستی از 3 برابر قطر الکترود تجاوز نماید تا از حرکت بیش از اندازه مجاز الکترود جلوگیری شود. به این جهت جوشکاری در حالت 2G احتیاج به پاس های بیشتری دارد. پس از انجام پاس ریشه و پاس دوم، بقیه پاسها همانند چیدن آجرها جهت ساختن یک دیوار در کنار هم قرار می گیرند.

جهت حصول به جوش با کیفیت بالا، جوشکار ابتدا می بایستی روش صحیح را آموخته و سپس با دقت آنرا اعمال نماید. حرکت الکترود در کل طول جوشکاری می بایستی تغییر ننماید. طول قوس، سرعت جوشکاری و زاویه الکترود نیز می

بایستی ثابت حفظ گردد. در حین جوشکاری پاس ریشه، سوراخ کلیدی شکل می بایستی به طور مداوم تحت نظر بوده و در حین جوشکاری کلیه پاسها نیز. جوشکار می بایستی حوضچه مذاب را از چشم دور نگاه ندارد.

آماده سازي لوله

آماده سازی لوله همانند مراحل ذکر شده در حالت 5G می باشد. بهتر است که از لوله با طول 7 اینچ استفاده شود. پخ حاصله می بایستی مطابق استاندارد بوده کاملاً تمیز گردد سپس لوله ها در حالتی که بین آنها سیمی جهت فاصله درز اتصال مناسب قرار گرفته، بایستی مطابق استاندارد بوده کاملاً تمیز گردد سپس چهار خال جوش در فواصل مساوی انجام می گیرد.

جوشكاري پاس ريشه به روش 2G

جوشکاری پاس ریشه لوله در حالتی که دو لوله بر روی هم بروی میز جوشکاری قرار گرفته اند ممکن است ولی معمولاً این روش مناسب نبوده و بهتر است همانطور که در شکل 89 هم نشان داده شده است لوله ها را توسط گیره در جای خود ثابت نمود. مقدار جریان مورد استفاده در روش 2G نسبت به روش 56G کمتر می باشد. جریان بیش از اندازه کنترل فلز مذاب را در حوضچه و گوشه بالایی جوش مشکل می نماید. بهتر است قبل از شروع جوشکاری بر روی لوله، مقدار جریان را در روی دو تکه فلز ضایعاتی که پخ خورده و کنار هم قرار داده شده اند امتحان نمود.

زاویه مناسب الکترود برای جوشکاری پاس ریشه به روش 2G درشکل 90 به نمایش در آمده است. این زاویه از ابتدا تا انتهای پاس ریشه می بایستی حفظ گردد. زاویه جانبی (side angle) الکترود نسبت به صفحه افقی از 5 درجه نمی بایستی بیشتر باشد. اگر زاویه مذکور از 5 درجه بیشتر باشد ایجاد عیب خوردگی کناره جوش و در نتیجه ترک، خصوصاً در لوله های با ضخامت بالا میگردد. طول قوس جهت پاس ریشه در این روش 1/32 اینچ بالاتر از پیشانی درز (root face) میباشد. همانطور که می دانید طول قوس در روش 2G نسبت به روش 5G کوتاهتر می باشد. شروع جوشکاری از خال جوش نمی بایستی باشد بلکه در حدود 2 دورتر از خال جوش قوس برقرار شده و جوشکاری شروع میگردد. (شکل 91)

قوس در درز اتصال روشن شده سپس مدت کوتاهی نگهداشته شده تا قوس تثبیت شده و گازهای محافظ ناشی از سوخت پوشش الکترود تشکیل گردد. سپس طول قوس را به اندازه استاندارد (1/32 اینچ) کوتاه نمود و سوراخ کلیدی شکل را تشکیل میدهیم سپس جوشکار با انجام حرکت سرد و گرم آغاز میگردد.

شکل 92 نحوه حرکت سرد و گرم را در انجام پاس ریشه به روش 2G نشان میدهد. ا ین حرکت کاملاً همانند حرکت سرد و گرمی است که در روش 5G بکار میرفت. این حرکت بدین صورت بوده که ابتدا قوس کمی از حوضچه جوش به بیرون رانده میشود تا فلز مذاب حالت سیالیت خود را از دست داده و سپس قوس دوباره به گوشه سوراخ کلیدی شکل و یا قسمتی از سوراخ کلیدی شکل که در

مجاورت جوش می باشد، آورده شود. در این ناحیه، قوس مدت کوتاهی نگهداشته میشود تا الکترود ذوب شده و حوضچه مذاب حالت مایع پیدا کند و کل عملیات ذکر شده مرتباً تکرار می شود. باید توجه نمود که قوس مستقیماً بر روی سوراخ کلیدی شکل قرار نگیرد در غیر این صورت سبب نفوذ زیادی و سوختگی خواهد شد.

منظور از حرکت سرد و گرم در پاس ریشه، کنترل حوضچه، مذاب و جلوگیری از فرو ریزش آن می باشد. طول هر بار حرکت ذکر شده بایستی به اندازه یک یا دو برابر قطر الکترود بکار رفته باشد. در صورتی که طول ذکر شده بیش از این مقدار باشد گازهای محافظ از اطراف فلز مذاب دور شده و بنابراین اثرات مضری بر کیفیت جوش خواهد گذاشت. در حین جوشکاری به سوراخ کلیدی شکل و فلز مذاب بایستی دقت کافی نمود. در صورتیکه اندازه سوراخ کلیدی شکل از حد مجاز افزایش یابد، سرعت جوشکاری بایستی افزایش داده شده و زاویه الکترود نیز کاهش داده شود. با افزایش سرعت جوشکاری، گرمای زیادی به یک نقطه اعمال نمی گردد. از طرفی کاهش زاویه الکترود موجب آن گردیده که مقداری از گرمای قوس در حین عمل سرد و گرم از طریق درز جوش خارج گردد. جهت کنترل سوراخ کلیدی شکل، جوشکار می بایستی به طور مداوم طول قوس کوتاه برابر با 1/32 اینچ را حفظ نماید.

اعمال نکات ذکر شده همراه با حرکات سرد و گرم، موجب کنترل بهتر حوضچه مذاب نیز میگردد. در صورتیکه اندازه سوراخ کلیدی شکل از کنترل خارج شده و فلز مذاب شروع به ریزش کند در آنصورت بایستی جوشکاری را متوقف نموده، شدت

جریان را کاهش داده مجدداً به جوشکاری ادامه داد. در هنگام کار جوشکار بایستی در صورتی که خسته بوده به کار ادامه ندهد. خستگی دستهای جوشکار منجر به کاهش سرعت جوشکاری و اشکالاتی در رابطه با کنترل طول قوس میگردد. همچنین خستگی سبب لرزش دست جوشکار نیز میگردد. جهت جلوگیری از موارد ذکر شده، بهتر است که به محض اینکه جوشکار احساس خستگی نمود کار را قطع نموده، چند دقیقه ای استراحت نموده و سپس مجدداً به کار خود ادامه دهد. با تمرین و رعایت مسائل مذکور پاس ریشه خوبی را میتوان انجام داد. شکل 93 پاس ریشه را از سطح داخلی و خارجی نشان میدهد.

توقف و شروع مجدد

در جوشکاری لوله به دلایل مختلف مجبور هستیم که قوس را قطع نموده و مجدداً برقرار نماییم. هنگام جوشکاری پاس ریشه، با حرکت نهایی الکترود از سوراخ کلیدی شکل دوره شده و بدین ترتیب قوس قطع میشود. در سایر پاسها، قوس مسافت کوتاهی در جهت عکس پیشروی جوش برده شده سپس با حرکت ناگهانی از منطقه جوش دور شده و حفره جوش از خود بجا می گذارد.

قبل از شروع مجدد، تمام گل جوش می بایستی از انتها به اندازه 1/2 اینچ برطرف گردد. در جوشکاری پاس ریشه، قوس در مسافت 1/2 اینچ عقب تر از سوراخ کلیدی شکل روشن شده، قوس با طول زیاد حفظ شده تا آنکه ثبات خود را پیدا کرده و گازهای محافظ به اندازه کافی تشکیل شود. سپس قوس به انتهای پاس جوش برده

شده و طول قوس کوتاه میگردد. بعد از این جوشکار، تشکیل حوضچه مذاب را زیر نظر خواهد داشت. به محض آنکه به اندازه کافی تشکیل شد، حرکت سرد و گرم را شروع کرده و به جوشکاری ادامه داده می شود.

هنگام جوشکاری پاسهای پرکن و پاس رو، قوس می بایستی جلوتر از حفره انتهایی جوش (Crater) برقرار گردد. بعد از آنکه قوس به خوبی برقرار شد، به محل حفره انتهایی جوش آورده شده و طول قوس به اندازه مجاز کوتاه میگردد. قوس در حفره مذکور چندین بار و به آرامی حرکت داده می شود تا حفره پر شده و سپس جوشکاری تداوم می یابد.

به وجود آوردن اتصال (lie in)

این نوع اتصال در حالیکه جوشکاری به سمت سوراخ کلیدی شکل ادامه می یابد انجام میگیرد. روش انجام این نوع اتصال کاملاً همانند روش ذکر شده در روش 5G می باشد. در حالیکه جوشکاری به سمت سوراخ کلیدی شکل ادامه می یابد، جوش می بایستی با سرعت نرمال و با حرکت سرد و گرم انجام می پذیرد. زمانی که سوراخ کلیدی شکل در حال بسته شدن و پر شدن می باشد، حرکت سرد و گرم بر روی انتهای پاس جوش انجام می گیرد. جوشکارمی بایستی فلز مذابی که فاصله بین دو جوش را پر می نماید دقت کند و زمانی که این فاصله کاملاً پر شد، دور کردن ناگهانی الکترود از جوش قوس را قطع نماید.

جفت نمودن اشتباه

روش بکار رفته برای جوشکاری در حالتی که مشکلاتی در رابطه با جفت نمودن اشتباه لوله خواهیم داشت همانند حالت 5G می باشد. زمانی که درز اتصال بیش از اندازه باز می باشد، ابتدا با دگمه جوش(nugget) پلی بر روی پیشانی جوش ساخته می شود. احتیاجی نیست که دگمه جوشهای حاصله به طور کامل جوش داده شوند. دلیل برقراری آنها، تنها به وجود آوردن پل و محلی بوده که قوس بر روی آن برقرار شده و جوش آغاز گردد. قبل از شروع به جوشکاری نیمه دوم لوله، کلیه دگمه جوشها به اندازه 1/2 اینچ از اطراف آنها نیز می بایستی توسط سنگ برداشته شود.

هنگام جوشکاری درز اتصالی که بیش از اندازه باز می باشد، جریان جوشکاری کمی کاهش داده شده به الکترود حرکت U شکل داده می شود. خال جوشها در پل هایی که قبلاً طرز تشکیل آنها توضیح داده شده نشانده میشود. حرکت U شکل ذکر شده بایستی به حد کافی بزرگ بوده تا کاملاً قوس را از حوضچه مذاب به خارج هدایت نماید به حوضچه می بایستی زمان کافی داده شده تا قبل از برگشت الکترود جهت انجام حرکت U بعدی کاملاً منجمد گردد. باید توجه نمود که در حین حرکت ذکر شده و خارج شدن قوس از حوضچه مذاب، قوس می بایستی کاملاً بر روی پیشانی پخ رانده شود. در صورتی که حرکت تنها تا لبه های درز انجام یابد، لبه ها ذوب شده بنابراین درز اتصال بیشتر باز خواهد شد. همانطور که در شکل 94 می بینید نوک الکترود کاملاً به سمت لوله بوده و طول قوس کوتاه می باشد.

گاهی اوقات در حین جوشکاری پاس ریشه چنین درزهایی (بیش از اندازه باز) با مشکلاتی همانند یکنواخت نبودن حرکت U شکل و همچنین یکسان نبودن طول قوس در حین حرکت مواجه می گردیم که در این حالت برای مدت کوتاهی جوشکاری قطع شده تا جوش خنک گردد. در صورتی که درز اتصال بیش از اندازه بسته باشد جریان بالاتری بکار برده ولی از طول قوس به حد نرمال استفاده می شود. ا ین روش سبب اعمال گرمای بیشتر و در نتیجه نفوذ بیشتر خواهد شد. حوضچه مذاب نمی بایستی بیش از اندازه وسیع باشد تا ریزش ننماید. در صورت وقوع این شکل انجام حرکت سرد و گرم توصیه میگردد.

در صورتی که اندازه پیشانی پخ کم باشد، آمپراژ کاهش داده شده و به الکترود حرکت U شکل داده می شود در صورتی که اندازه پیشانی پخ زیاد باشد، آمپراژ افزایش داده میشود. در صورت ریزش حوضچه مذاب، حرکت سرد و گرم و حرکت U شکل انجام میگیرد.

انجام پاس ریشه با الکترودهاي کم هیدروژن

با وجود آنکه الکترودهای کم هیدروژن ندرتاً جهت جوشکاری پاس ریشه بکار میرود ولی با این وجود در صورتی که تکنیک صحیح بکار گرفته شود میتوان این روش را انجام داد. روش بکار رفته کاملاً متفاوت با جوشکاری پاس ریشه با الکترود E 6010 و یا الکترودهای مشابه می باشد. اولاً لوله هایی که در این روش جوشکاری می گردند می بایستی با دقت و بدون هیچگونه اشکالی جفت شده باشند. در مواردی

که درز اتصال بیش از اندازه باشد، پوشش ضخیم این نوع الکترودها و آرام بودن سرعت خنک شدن جوش حاصله منتج از گل جوش ضخیم سبب ریزش جوش خواهد گردید. پوشش الکترود بایستی کاملاً خشک باشد. شکل 95 نحوه صحیح موقعیت الکترود را نشان میدهد. زاویه الکترود نسبت به سطح افق بایستی 10 درجه باشد. در این صورت نوک الکترود متوجه لوله بالایی خواهد بود. در حین جوشکاری، نوک الکترود به آرامی در طول درز کشیده می شود.

پاس ریشه الکترودهای کم هیدروژن نفوذ کمی داشته و طول قوس بکار رفته نیز می بایستی کوتاه باشد. به این دلیل جریان بکار رفته می بایستی کمی بیشتر باشد. علاوه بر آن جریان بالاتر از چسبیدن الکترود جلوگیری خواهد نمود. قوس کمی جلوتر از محل شروع برقرار شده به سرعت طول آن کوتاه گردیده و به محض تشکیل حوضچه مذاب سپس به محل شروع پاس ریشه برگردانده میشود.طول قوس در کل پاس می بایستی کوتاه نگهداشته شده و از حرکت سرد وگرم می بایستی احتراز نمود. همچنان که الکترود را در وضعیتی که درشکل 95 نشان داده شده حفظ نماییم، الکترود را در درز اتصال کشیده و حرکت میدهیم. با رعایت موارد ذکر شده، پاس ریشه با کیفیت خوب حاصل خواهد شد.

پاس دوم

قبل از نشاندن هر پاس، سطح جوش می بایستی کاملاً تمیز گردد. دراین حالت نیز از فرو ریزش حوضچه مذاب در اثر نیروی جاذبه می بایستی جلوگیری نمود.حوضچه مذاب نمی بایستی بیش از حد وسیع گردد. جهت حصول به جوش مناسب به عواملی چون زاویه مناسب الکترود، طول صحیح قوس، سرعت مناسب و حرکت صحیح الکترود می بایستی توجه نمود. شکل 96 روش صحیح جوشکاری پاس دو را نشان میدهد. همانند پاس قبلی در این پاس نیز طول قوس می بایستی کوتاه بوده ولی بر خلاف پاس یک که نوک الکترود متوجه لوله بالایی بود در این پاس الکترود درحالت افقی و با زاویه 5 تا 10 درجه نگهداشته میشود. جریان به کار رفته بیشتر از حالت قبلی می باشد. حرکت الکترود همانطور که درشکل نیز مشهود است به صورت دایره ای میباشد. این حرکت شبیه به حروف تایپ شده 1 بوده که کمی به سمت چپ خم شده باشد. طول هر حرکت دایره ای 1/5 برابر قطر آن می باشد. هنگامی که این حرکت بکار میرود، فلز مذاب دردو جهت رانده میشود.بخشی از حوضچه که در مجاورت قوس نمی باشد تمایل به جاری شدن به سمت پایین را دارد. در حرکت ذکر شده سبب آن شده که حوضچه مذاب به آرامی در هر جهتی رانده شده و در صورتی که طول حرکت دایره ای شکل (1/5 برابر قطر الکترود) حفظ شود از فرو ریزش حوضچه جلوگیری خواهد شد. بنابراین حرکت ذکر شده عامل مهمی درکنترل حوضچه مذاب میباشد.

پهنای جوش در پاس دوم با در نظر داشتن لبه های پاس ریشه کنترل می گردد. جهت ذوب مناسب و جلوگیری از خوردگی کناره جوش، اجازه نفوذ فلز مذاب به سطح پخ خورده هر دو لوله بایستی داده شود. در حالت 2G و برای لوله های با ضخامت بالا (3/8 اینچ و بالاتر) پهنای هر پاس از 3 برابر قطر الکترود نمی بایستی تجاوز نماید. در لوله های کم کربن با ضخامت پایین حرکت دایره ای شکل با طول بیشتر می توان بکار برد. (شکل 97)

جهت جلوگیری از ریزش حوضچه، قوس به سمت پایین حرکت داده می شود و سپس با حرکت دایره ای و خارج از حوضچه به سمت لبه بالایی لوله برمیگردد. هنگامی که قوس به لبه لوله بالایی برمیگردد درآن نقطه مکث کوتاهی داده میشود تا حوضچه مجدداً تشکیل شده وفلز مذاب در گوشه اتصال جریان یابد. از آنجایی که حرارت در لوله های با ضخامت کم باقی می ماند لذا حوضچه کاملاً منجمد نشده و به سرعت مجدداً تشکیل میگردد.

این روش در رابطه با لوله های با ضخامت بالا نمیتواند مورد استفاده قرار گیرد چرا که لوله های ضخیم خیلی سریعتر حرارت خود را از دست میدهند و حوضچه مذاب نمی تواند برقرار بماند به کار بردن حرکت دایره ای با طول زیاد در لوله های با ضخامت بالا سبب ذوب ناقص فلز جوش با فلز پایه و فلز مجاور پاس جوش میگردد. مشکل دیگری که در این رابطه رخ میدهد این بوده که هنگامی که الکترود خارج از محوطه حوضچه باشد فلز جوش در معرض اتمسفر قرار گرفته سبب به وجود آمدن

اکسیداسیون و خلل و فرج میگردد. این عمل در لوله های پر آلیاژ به سرعت به وقوع پیوسته، بنابراین حرکت ذکر شده هرگز در این گونه لوله ها نمی بایستی انجام پذیرد.

پاس سوم و چهارم

همانند شکل 98-A پاس سوم بر روی قسمت پخ خورده لوله پائینی می نشیند. شکاف عمیقی در بخش بالای پاس سوم به وجود آمده که پاس چهارم در آن منطقه نشانده میشود. (شکل 98-B)

در حین انجام پاس 3 انتهای الکترود می بایستی به اندازه 5 تا 10 درجه به سمت لبه پایینی مایل باشد. (شکل 98-A) زاویه خود الکترود همانند قبل به اندازه 5 تا 10 درجه می باشد. حرکتی که جهت نشاندن پاس دوم بکار رفته بود جهت پاس سوم نیز به کار میرود (دایره ای شکل) درحقیقت این حرکت جهت کلیه پاسهای باقیمانده نیز به کار میرود.

هنگام جوشکاری پاس سوم، دقت شود تا از نشانده شدن این پاس نزدیک به لوله بالایی جلوگیری شود.می بایستی شکاف بازی که محل نشاندن پاس چهارم می باشد در قسمت بالا و مجاور لوله بالایی برقرار شود. در صورتی که این شکاف بیش از حد باریک باشد امکان نشاندن پاس چهارمی که بدون عیب باشد مشکل بوده وعیوب عدم ذوب و ناخالصی سرباره را خواهیم داشت. پس از نشاندن پاس سوم و چهارم می بایستی توجه نمود تا قوس را از لبه های لوله دور نگهداریم چرا که این نقاط سریعاً توسط گرمای قوس سوخته و موجب عیب سوختگی کناره جوش می گردد.

هنگامی که الکترود نزدیک به لبه ها قرار میگیرد حوضچه مذاب مستقیماً بر روی لبه ها نباید قرار گیرد بلکه مواد مذاب را به سمت لبه ها براند. در این حالت عدم سوختگی و ذوب خوب در گوشه ها را خواهیم داشت. پاس چهارم در شکاف ذکر شده و در قسمت بالای پاس سوم نشانده می شود. همانطور که در شکل A-98 نیز می بینید زاویه جانبی الکترود (5 تا 7 درجه) در هنگام جوشکاری پاس چهارم بسیار مهم می باشد چرا که از نیروی قوس می بایستی کمک گرفت تا حوضچه مذاب در محل خود در شکاف فوق الذکر جای گیرد. نیروی قوس فلز مذاب را به سمت بالا رانده و در محل خود نگه میدارد. اندازه حوضچه می بایستی کوچک و در حد 2 تا 3 برابر قطر الکترود حفظ شود. سپس با حرکت دایره ای شکل و سرعت ثابت حرکت الکترود، جوش با ظاهر خوب و از نظر متالورژیکی بدون عیب حاصل می شود.

پاس هاي پنجم ، ششم و هفتم (پاس هاي رو)

این پاسها به عنوان پاس های رو در حالت 2G عمل می کنند در لوله های با ضخامت خیلی بالا پاسهای پنجم، ششم وهفتم به عنوان پاس های پرکن بوده و به همان روشی که در مورد پاس سوم و چهارم ذکر شد نشانده میشود. پاس های رو بایستی تشکیل گرده جوش به ارتفاع 1/8 اینچ را بدهند. همانند قبل این پاسها نیز از پائین به بالا نشانده می شوند. بدین صورت که پاس پنجم برروی پاس سوم نشانده میشود . (شکل 99) این پاس می بایستی به اندازه یک قطر الکترود از پاس سوم

پهن تر بوده و لبه پائین لوله را بپوشاند. معمولاً مقداری از فلز مذاب این پاس به سمت پایین فرو ریزی می نماید ولی باید توجه نمود که هیچگونه سوختگی کناره جوش به وقوع نپیوندد.

پاسهای ششم و هفتم در قسمت بالای پاس پنجم نشانده می شوند. هنگام جوشکاری این پاس ها، زاویه جانبی الکترود می بایستی تقریباً همانند شکل 100 باشد . مجدداً حرکت دایره ای شکل برای کنترل حوضچه که اندازه آن باید 2 تا 3 برابر قطر الکترود باشد بکار رفته و ضمناً طول کوتاه قوس نیز نبایستی فراموش گردد. از آنجایی که پاسهای رو بایستی ظاهری زیبا و بدون عیب داشته باشند جوشکار باید بهترین حالت را حفظ نماید. حرکت آرام و دقیق قوس به وجود آورنده پاس رو، زیبا خواهد بود.