

همایش آموزشی علمی - کاربردی

جوشکاری خطوط لوله

عبدالوهاب ادب آوازه

مهر ماه ۱۳۸۳



انجمن جوشکاری و آزمایشهای غیرمخرب ایران

نشانی: تهران : خیابان انقلاب خیابان شهید عباس موسوی (فرصت) ، پلاک ۷۱

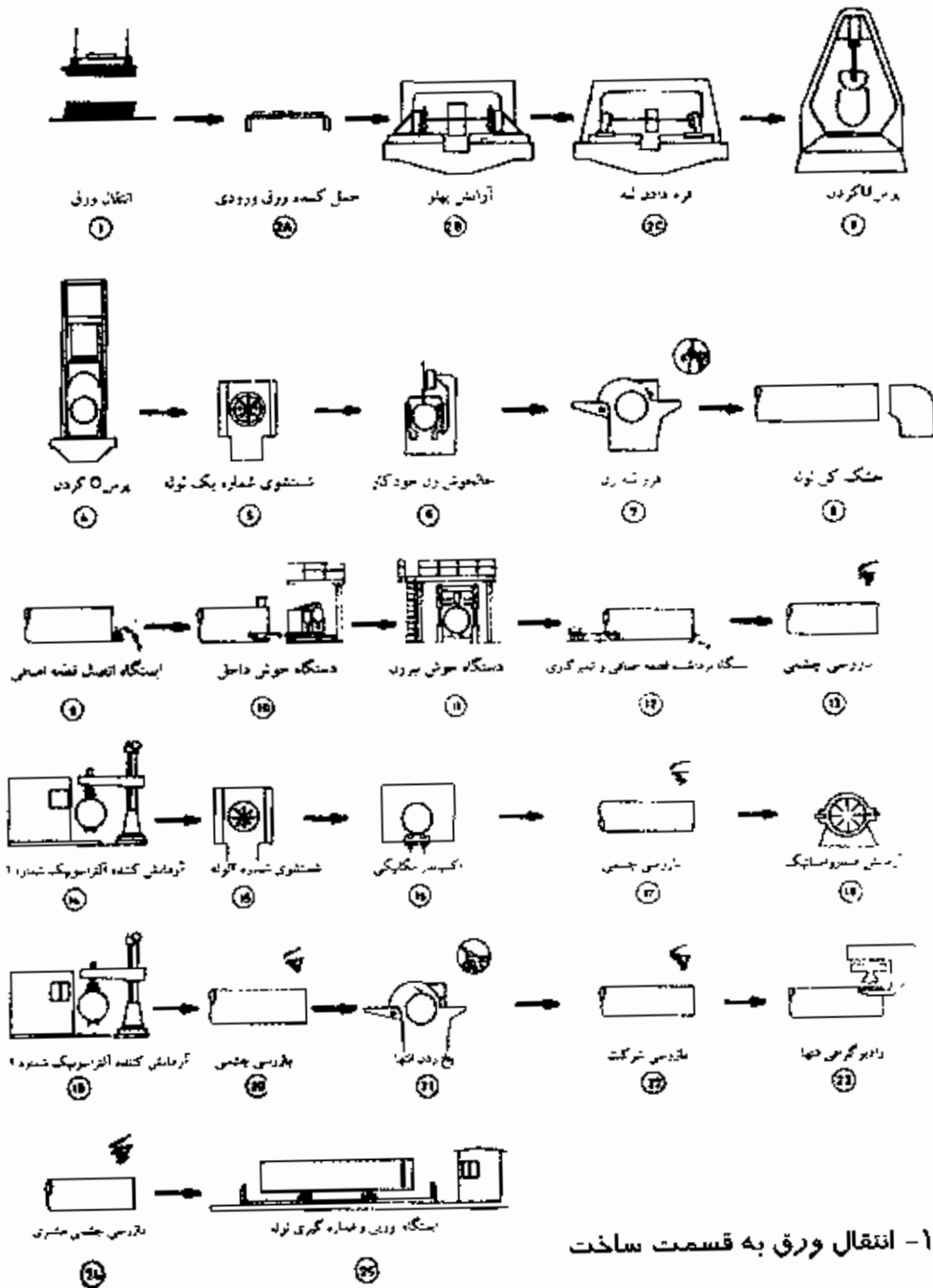
سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران تلفن و فاکس: ۸۸۲۹۵۸۸ - ۰۲۱

Email: info@iwnt.com

ساخت لوله

لوله به صورت بی درز و درزدار تهیه می شود. لوله درزدار هم دارای درز طولی مستقیم و هم دارای درز ماریچ است.
لوله های درزدار از ورق تهیه می شود. نمودار تولید لوله درز مستقیم و درز ماریچ در کارخانجات لوله سازی داخل کشور بطور ساده نشان داده شده است.

الف - نمودار تولید لوله درز ماریچ با جوش زیربودری (از داخل و بیرون)



۱- انتقال ورق به قسمت ساخت

- ۲- برش طرفین ورق و شکل دهی اولیه لبه های ورق
- ۳- "U" کردن ورق توسط پرس
- ۴- "O" کردن ورق توسط پرس
- ۵- دستگاه شستشوی لوله
- ۶- خالچوش زنی نقاطی از درزجوش با دستگاه
- ۷- گونیا کردن دو سر لوله
- ۸- خوشکاری داخلی
- ۹- خوشکاری خارجی
- ۱۰- اکسپند کردن لوله بمنظور تامین راستائی و گردی لوله و تقسیم تنش تمرکز در درزجوش
- ۱۱- یخ زدن دو سر لوله
- ۱۲- دستگاه تست هیدرولیک لوله

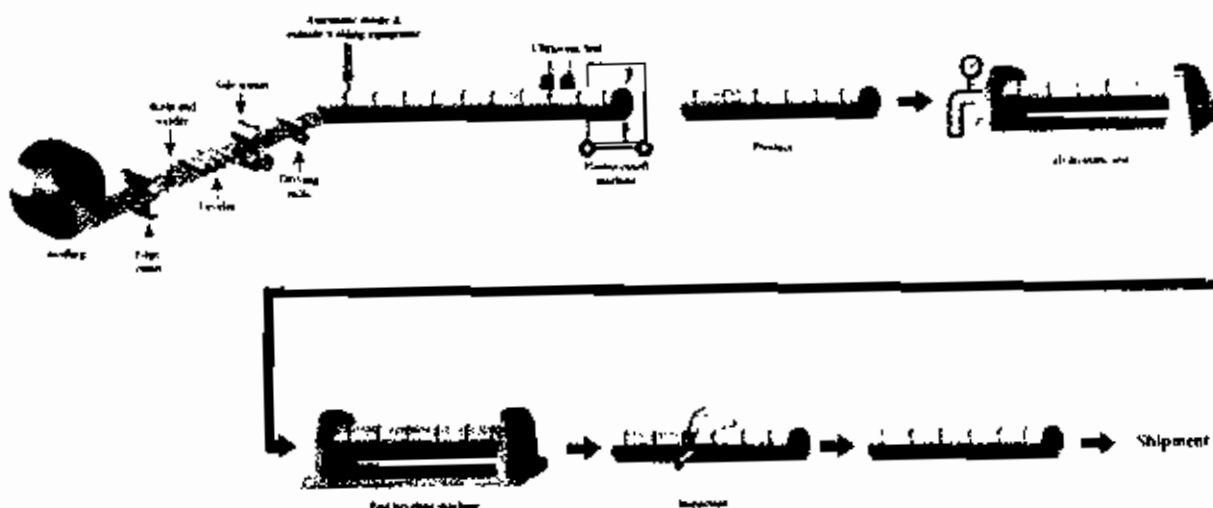
بازرسی و کنترل کیفیت

بازرسی و کنترل کیفیت کارخانه، بر روی مواد خام رسیده به کارخانه و در طول فرایند ساخت لوله تستها و آزمایشات گوناگونی بر مبنای استاندارد انجام می دهد که عبارتند از:

- چند ایستگاه بازرسی چشمی
- چند ایستگاه آلتراسونیک
- ایستگاه های پروتست
- کنترل فیزیکی لوله در چند نوبت
- کنترل دو سر لوله توسط ذرات مغناطیسی
- رادیوگرافی ایکس از دوسر تمام لوله ها
- ارسال نمونه به آزمایشگاه کنترل کیفیت (آزمایشگاه فیزیکی و متالوگرافی)
- ایستگاه بازرسی توسط بازرسی خریدار لوله

ب - نمودار تولید لوله درز مستقیم با جوش زیرپودری (از داخل و بیرون) در عکسهایی که در جلسه ارائه می شود، مراحل زیر مشاهده می گردد:

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| - دریافت مواد | - حمل به بازرسی |
| - انبار مواد اولیه | - بازرسی داخل و خارج |
| - حمل به دستگاه | - حمل به هیدروتست |
| - آماده سازی کلاف | - هیدروتست |
| - حمل به دستگاه | - حمل به BEVEL |
| - بازرسی کلاف | - سنگ زدن طرف A لوله |
| - سه غلطکی صاف کن مرحله اول | - BEVEL طرف A لوله |
| - برش ابتدا و انتهای کلاف | - حمل توسط جرثقیل |
| - هفت غلطکی صاف کن مرحله دوم | - چرخاندن لوله توسط جرثقیل |
| - لبه زنی | - حمل به BEVEL |
| - پخ زنی | - سنگ زدن طرف B لوله |
| - بازرسی طرح اتصال | - BEVEL طرف B لوله |
| - خم لبه ورق | - حمل به بازرسی نهایی |
| - شکل دهی لوله | - بازرسی نهایی |
| - جوش داخلی | - بازرسی توسط ناظر |
| - جوش خارجی | - حمل به قسمت توزین |
| - تست امواج مافوق صوت | - توزین |
| - برش لوله | - انتقال به دپوهای حمل |
| - حمل به قسمت تمیزکاری | - انبار تا ارسال |
| - تمیزکاری | - ارسال محصول نهایی |

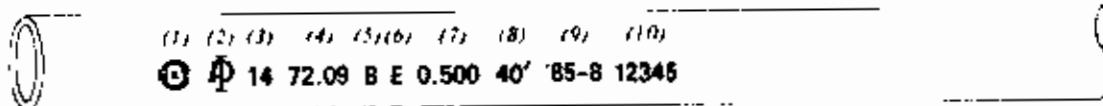


علامت شناسایی لوله

برای شناسایی لوله، علامت، حروف و اعداد بشرح زیر روی لوله به نحوه شایسته ای ثبت می گردد.

- ۱- علامت تجارتي کارخانه سازنده
- ۲- مونوگرام استاندارد مربوطه (API و غيره)
- ۳- قطر خارجي
- ۴- وزن لوله (پوند بر فوت يا كيلوگرم بر متر)
- ۵- گرید (A برای گرید A، B برای گرید B، X42، X46، X52، X56، X60، X65، X70 و X80 برای گریدهای مربوطه)
- ۶- فرایند ساخت
- ۷- برای لوله بی درز
- ۸- برای لوله درز حوشي، بجز جوش مداوم
- ۹- برای لوله درزجوشي با جوش مداوم
- ۷- ضخامت دیواره (اینچ یا میلیمتر)
- ۸- طول شاحه (فوت و دهم فوت یا متر و دهم متر)
- ۹- سال و ماه ساخت
- ۱۰- شماره ذوب

دو نمونه شماره شناسایی ثبت شده روی لوله طبق API و طبق ASTM در تصویر ارائه گردیده است.



(1) Manufacturer's Mark

(2) API Monogram

(3) Outside Diameter

(4) Fabricated Weight in Pounds per Foot

(5) Grade

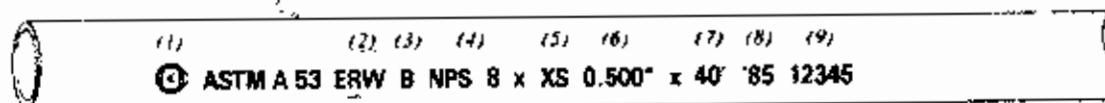
Grade A	A	Grade B	B
Grade X42	X42	Grade X46	X46
Grade X52	X52	Grade X56	X56

(6) Nominal Pipe Size Designator

(7) Length in Feet and tenths of a Foot

(8) Year Manufactured

(9) Heat Number



(1) Manufacturer's Brand

(2) Electric Resistance Welder

(3) Grade

E	Grade A
B	Grade B

(4) Nominal Pipe Size Designator

(5) X5 Extra Strong

(will be shown on extra strong pipe only)

(6) Wall Thickness

(7) Length in Feet and tenths of a Foot

(8) Year Manufactured

(9) Heat Number

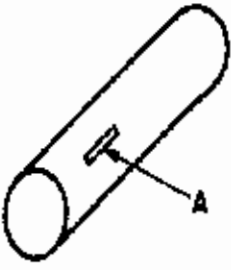
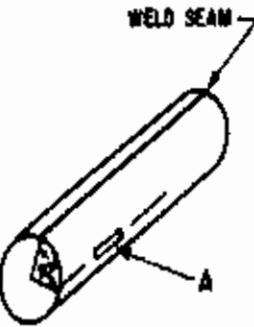

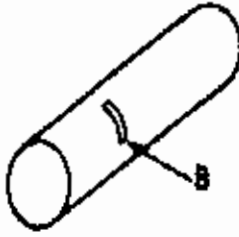
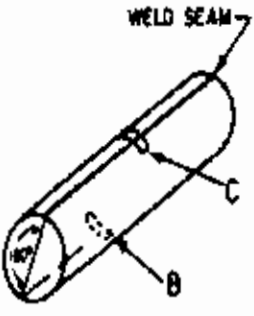

لوله های فولادی

مشخصات مکانیکی لوله های فولادی مورد استفاده در خطوط لوله، طبق استانداردهای API، EN (اروپا) و DIN (آلمان) در جدول زیر درج شده است.

طبقه فولاد طبق: API 5L-92 EN 10208-2 DIN 171	حداقل مقاومت تسلیمی		مقاومت کششی		حداقل ازدیاد طول درصد
	هرار پوند بر اینچ مربع	نیوتن بر ملیمتر مربع	هرار پوند بر اینچ مربع	نیوتن بر ملیمتر مربع	
A	30.0	207	48.0	331	28
L210	30.4	210	46.4	320	26
StE 210.7	30.4	210	46.4	320	26
B	35.0	241	60.0	413	23
L245MB	35.5	245	60.2	415	22
StE 240.7	34.8	240	53.7	370	24
X 42	42.0	289	60.0	313	23
L290MB	42.0	290	60.2	415	21
StE 290.7	42.0	290	60.9	420	23
StE 290.7 TM	42.0	290	60.9	420	23
X 46	46.0	317	63.0	434	22
L 320 M	46.4	320	66.7	460	21
StE 320.7	46.4	320	66.7	460	21
StE 320.7 TM	46.4	320	66.7	460	21
X 52	52.0	358	66.0	455	21
L 360MB	52.2	360	66.7	460	20
StE 360.7	52.2	360	74.0	510	20
StE 360.7 TM	52.2	360	74.0	510	20
X 56	56.0	386	71.0	489	20
L385M	55.8	385	76.9	530	19
StE 385.7	55.8	385	76.9	530	19
StE 385.7 TM	55.8	385	76.9	530	19
X 60	60.0	413	75.0	517	19
L415MB	60.2	415	75.4	520	18
StE 415.7	60.2	415	79.8	550	18
StE 415.7 TM	60.2	415	79.8	550	18
X 65	65.0	448	77.0	530	18
L450MB	65.3	450	77.6	535	18
TM StE 445.7	64.6	445	81.2	560	18
X 70	70.0	482	82.0	565	18
L485 MB	70.3	485	82.7	570	18
StE 480.7 TM	69.6	480	87.0	600	18
X 80	80.0	550	90.0	620	18
L555 MB	80.5	555	90.6	625	18
StE 550.7 TM	79.8	550	100.1	690	18

جدول - تجزیه شیمیایی لوله ها طبق API Spec SL (درصد)

نوع لوله	درجه و کلاس	کربن حداکثر	منگنز		فسفر		گوگرد حداکثر	کلسیم حداکثر	وانادیوم حداکثر	نیقابیوم حداکثر
			حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر				
بی درز										
منبسط نشده یا منبسط شده سرد	A25, C11	۰/۲۱	۰/۳۰	۰/۶۰	-	۰/۰۴۵	۰/۰۶	-	-	-
منبسط نشده یا منبسط شده سرد	A25, C11	۰/۲۱	۰/۳۰	۰/۶۰	۰/۰۴۵	۰/۰۸۰	۰/۰۶	-	-	-
منبسط نشده یا منبسط شده سرد	A	۰/۲۲	-	۰/۹۰	-	۰/۰۴	۰/۰۵	-	-	-
منبسط نشده یا منبسط شده سرد	B	۰/۲۷	-	۱/۱۵	-	۰/۰۴	۰/۰۵	-	-	-
منبسط نشده	X42	۰/۲۹	-	۱/۲۵	-	۰/۰۴	۰/۰۵	-	-	-
منبسط شده سرد	X46, X52	۰/۲۱	-	۱/۳۵	-	۰/۰۴	۰/۰۵	-	-	-
منبسط نشده یا منبسط شده سرد	X42, X46, X52	۰/۲۹	-	۱/۲۵	-	۰/۰۴	۰/۰۵	-	-	-
منبسط نشده یا منبسط شده سرد	X56, X60	۰/۲۶	-	۱/۲۵	-	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵
با توافق										X65, X70, X80
با درز										
ناحوش مقاومت الکتریکی یا فقط حوش پیوسته	A25 CI II	۰/۲۱	۰/۳۰	۰/۶۰	-	۰/۰۴۵	۰/۰۶	-	-	-
	A25 CI II	۰/۲۱	۰/۳۰	۰/۶۰	۰/۰۴۵	۰/۰۸۰	۰/۰۶	-	-	-
منبسط نشده یا منبسط شده سرد	A	۰/۲۱	-	۰/۹۰	-	۰/۰۴	۰/۰۵	-	-	-
منبسط نشده یا منبسط شده سرد	B	۰/۲۶	-	۱/۱۵	-	۰/۰۴	۰/۰۵	-	-	-
منبسط نشده یا منبسط شده سرد	X42	۰/۲۸	-	۱/۲۵	-	۰/۰۴	۰/۰۵	-	-	-
منبسط شده	X46, X52	۰/۲۰	-	۱/۳۵	-	۰/۰۴	۰/۰۵	-	-	-
منبسط شده سرد	X46, X52	۰/۲۸	-	۱/۲۵	-	۰/۰۴	۰/۰۵	-	-	-
منبسط نشده یا منبسط شده سرد	X56, X60	۰/۲۶	-	۱/۳۵	-	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵
منبسط نشده یا منبسط شده سرد	X65	۰/۲۶	-	۱/۴۰	-	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵
منبسط نشده یا منبسط شده سرد	X70	۰/۲۳	-	۱/۶۰	-	۰/۰۴	۰/۰۵	-	-	-
منبسط نشده یا منبسط شده سرد	X80	۰/۱۸	-	۱/۸۰	-	۰/۰۳۰	۰/۰۱۸	-	-	-

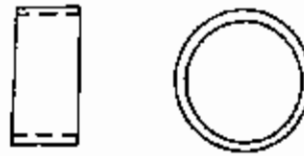
SIZE DESIGNATION	SEAMLESS PIPE	WELDED PIPE	
		LONGITUDINAL SEAM	HELICAL SEAM
$\leq 8-8/8$			
$\geq 8-8/8$			

A = Strip Specimen (any circumferential location for seamless)

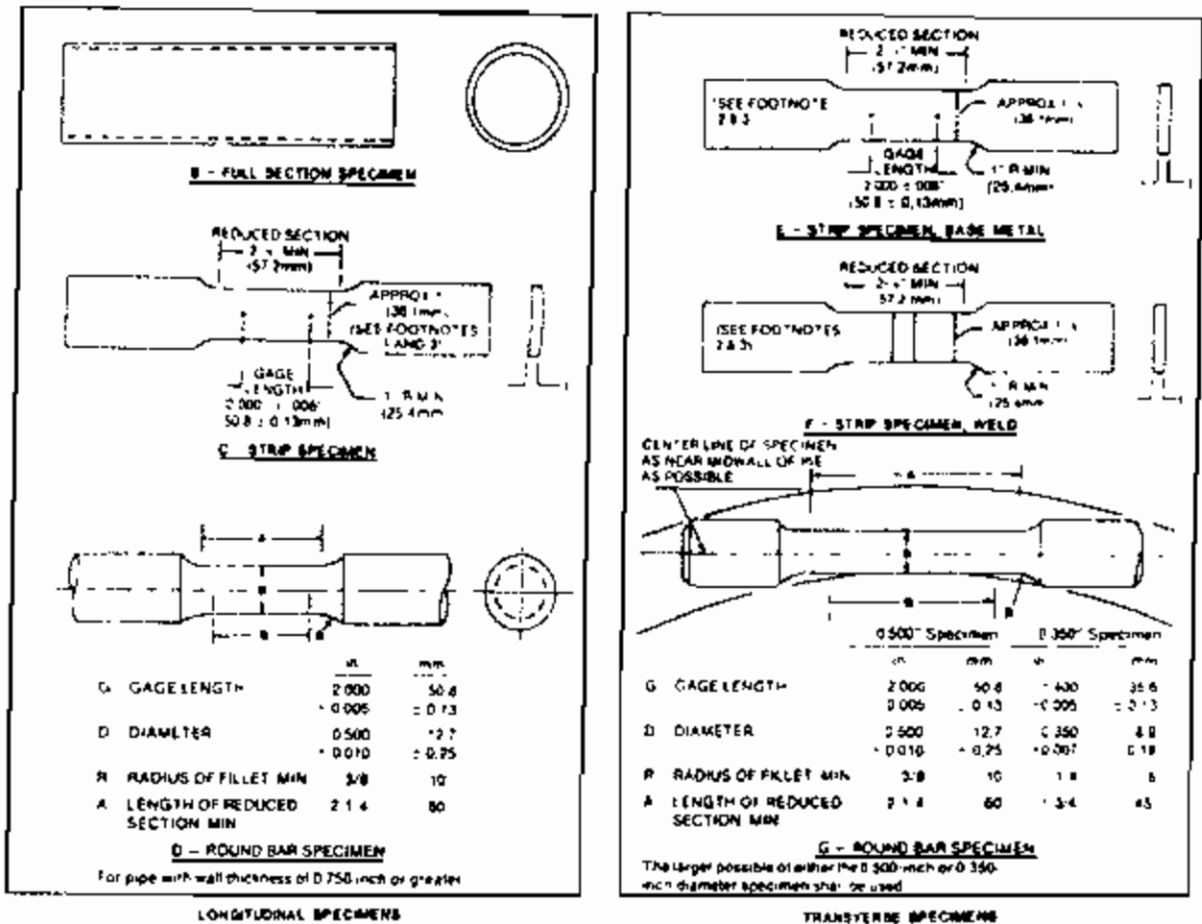
C = Transverse Weld Specimen

B = Transverse Specimen (any circumferential location for seamless). For double seam pipe the specimen shall be taken from a location midway between the welds.

جای درآوردن نمونه های آزمایش کشش
(برای تعیین مشخصات لوله طبق API SPEC 5L)



A - RING EXPANSION SPECIMEN



NOTE 1 See Par. 4.2 for gage width of testing is not done with proper rounded grips.

NOTE 2 Flattening of transverse and weld specimens shall be performed at room temperature.

NOTE 3 Hot flattening, artificial aging, or heat treatment of tensile specimens is not permitted.

نمونه های آزمایش کشش

(برای تعیین مشخصات لوله طبق API SPEC 5L)

عیوب آخال سرباره طویل شده

1		2		3
Maximum Dimensions		Minimum Separation		Maximum Number in any 6 in. (152.4 mm)
in.	mm	in.	mm	
1/16 × 1/16	(1.6 × 12.7)	8	(152.4)	1
1/16 × 1/8	(1.6 × 6.4)	3	(78.2)	2
1/16 × 1/4	(1.6 × 3.2)	2	(50.8)	3

*Maximum accumulated length of discontinuities in any 6 in. (152.4 mm) shall not exceed 1/2 in. (12.7 mm).



EXAMPLE 1: ONE 1/2" (12.7 mm) DISCONTINUITY



EXAMPLE 2: TWO 1/4" (6.4 mm) DISCONTINUITIES



EXAMPLE 3: THREE 1/8" (3.2 mm) DISCONTINUITIES

مثال های حداکثر نحوه پخش عیوب آخال سرباره طویل شده

آخال سرباره مدور و حفره های گازی

1		2		3		4
Size		Adjacent Size		Minimum Separation		Maximum Number in any 6 in. (152.4 mm)
in.	mm	in.	mm	in.	mm	
**1/16	(3.2)	**1/16	(3.2)	2	(50.8)	2
**1/16	(3.2)	1/16	(1.6)	1	(25.4)	Varies
**1/16	(3.2)	1/32	(0.8)	1/2	(12.7)	Varies
**1/16	(3.2)	1/64	(0.4)	3/8	(9.5)	Varies
1/16	(1.6)	1/16	(1.6)	1/2	(12.7)	4
1/16	(1.6)	1/32	(0.8)	3/8	(9.5)	Varies
1/16	(1.6)	1/64	(0.4)	1/2	(12.7)	Varies
1/32	(0.8)	1/32	(0.8)	***1/4	(6.4)	8
1/32	(0.8)	1/64	(0.4)	3/16	(4.8)	Varies
1/64	(0.4)	1/64	(0.4)	1/2	(12.7)	16

*The sum of the diameters of all discontinuities in any 6 in. (152.4 mm) not to exceed 1/2 in. (12.7 mm)

**Maximum size discontinuity for 0.250 in. (6.4 mm) wall and lighter shall be 1/32 in. (2.4 mm).

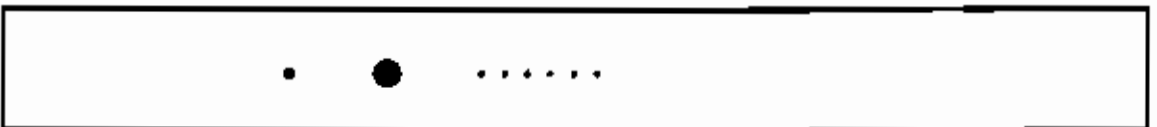
***Two discontinuities, 1/32 in. (0.8 mm) or smaller, may be as close as one diameter apart provided they are separated from any other discontinuity by at least 1/2 in. (12.7 mm).



EXAMPLE 1: TWO 1/8" (3.2 mm) DISCONTINUITIES



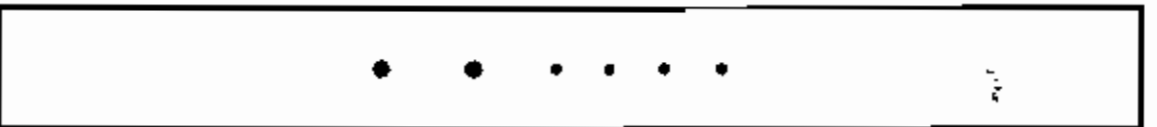
EXAMPLE 2: ONE 1/8" (3.2 mm), ONE 1/16" (1.6 mm), TWO 1/32" (0.8 mm) DISCONTINUITIES



EXAMPLE 3: ONE 1/8" (3.2 mm), ONE 1/32" (0.8 mm), SIX 1/64" (0.4 mm) DISCONTINUITIES



EXAMPLE 4: FOUR 1/16" (1.6 mm) DISCONTINUITIES



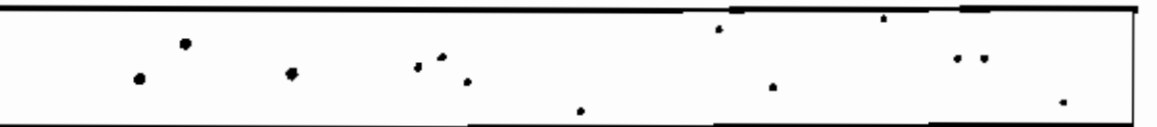
EXAMPLE 5: TWO 1/16" (1.6 mm), FOUR 1/32" (0.8 mm) DISCONTINUITIES



EXAMPLE 6: EIGHT 1/32" (0.8 mm) DISCONTINUITIES



EXAMPLE 7: SIXTEEN 1/64" (0.4 mm) DISCONTINUITIES



EXAMPLE 8: SCATTERED, THREE 1/32" (0.8 mm), TEN 1/64" (0.4 mm) DISCONTINUITIES

مثال‌های حداکثر نحوه پخش عیوب آخال سرپاره مدور و حفره‌های گازی

احداث خطوط لوله انتقال

- ۱- مشخصات فنی و نقشه‌ها
- ۲- تعیین مسیر (حریم و ناند عملیات ساختمانی)
- ۳- حاده دسترسی (راههای دسترسی، تسطیح، جاده دسترسی)
- ۴- تحویل گیری، حمل و نقل، بارگیری، تخلیه و انبار کردن کالا و مواد
- ۵- زنگ زدائی و پرایمرزی
- ۶- حفر کانال
- ۷- ریشه کردن لوله‌ها
- ۸- خم کاری لوله‌ها
- ۹- جوشکاری خط لوله و تعمیرات احتمالی
- ۱۰- بازرسی و آزمایش جوش
- ۱۱- پوشش و نوار پیچی (عایقکاری سرد یا گرم)
- ۱۲- عایقکاری شیرها و اتصالات
- ۱۳- آرمایش منفذ بابی عایقکاری لوله مدفون شونده
- ۱۴- استقرار لوله در کانال (لوله گذاری)
- ۱۵- ریختن خاک نرم دور لوله
- ۱۶- خاک ریزی برگشتی
- ۱۷- تقاطع با موانع هوایی یا موانع زمینی
- ۱۸- تقاطع با مسیر آبهای جاری
- ۱۹- تقاطع با رودخانه (عبور لوله از زیر آب)
- ۲۰- نصب شیرفلکه‌ها
- ۲۱- نصب اتصالات عایق
- ۲۲- کارهای بتنی، مهار و ساپورت (نصب فلنج مهارکننده)
- ۲۳- نصب تله ارسال توپک
- ۲۴- نصب تله دریافت توپک
- ۲۵- کوه نری و تسطیح مسیر
- ۲۶- آماده سازی کانال در آبرفت‌ها
- ۲۷- آماده سازی کانال در قسمتهای کوهستانی
- ۲۸- اتصال میان مسیری

- ۲۹- اعمال پوشش بتنی روی لوله
- ۳۰- بسترسازی عبور از رودخانه
- ۳۱- نصب شیرها، فیتینگ ها و متعلقات
- ۳۲- پوشش محافظ برای شیرها، فیتینگ ها و غلاف ها
- ۳۳- تمیزکاری داخل لوله با زدن توپک تمیزکاری
- ۳۴- اندازه گیری قطر داخلی لوله با زدن توپک اندازه گیری
- ۳۵- آبرزی و آزمایش فشار هیدرواستاتیک
- ۳۶- نصب و راه اندازی تاسیسات و تجهیزات سیستم حفاظت کاتدی
- ۳۷- نصب تاسیسات توپک باب
- ۳۸- علائم و نشانگذاری خط لوله
- ۳۹- رنگ آمیزی تاسیسات مختلف
- ۴۰- عملیات ساختمانی (گودبرداری، بتن و بتن آرمه)
- ۴۱- مرتب کردن و تمیز کردن نهائی محوطه عملیات
- ۴۲- مقررات حریم خطوط لوله انتقال
- ۴۳- آماده سازی برای راه اندازی و بهره برداری

اطلاعات دستورالعمل جوشکاری

۱-۱- مقدمه :

قبل از آنکه جوشکاری خط لوله شروع شود، بایستی دستورالعمل جوشکاری مناسبی تهیه شود و با انجام آزمایشهای لازم به تایید برسد و نشان دهد که طبق دستورالعمل می توان جوشهایی با خواص مکانیکی (مقاومت، قابلیت نرمی و سختی) مناسب و سالم بدست آورد. نتایج حاصل از این آزمایشات در فرم مخصوصی ثبت و بعنوان مدرک نگهداری میشود.

۱-۲- دستورالعمل جوشکاری طبق استاندارد *API 1104* بایستی اطلاعات زیر را داشته باشد

۱-۲-۱

۱- فرآیند

فرآیند جوشکاری مورد استفاده (دستی، نیمه خودکار یا خودکار) بایستی مشخص شود.

۱-۲-۲

۲- ماتریال لوله و فیتینگ

ماتریال مورد استفاده چه طبق استاندارد *API SPEC 5L* یا *ASTM* بایستی مشخص گردیده و ارائه گردد.

۱-۲-۳

۳- قطر و ضخامت لوله

محدوده قطر و ضخامت دیواره لوله بایستی مشخص و ارائه شود.

۱-۲-۴

۴- طرح اتصال

مشخصات هندسی اتصال بایستی با رسم شکل نشان داده شود که شامل: رابوچه پچ، اندازه و جبهه ریشه، فاصله بین دو لبه یا فاصله بین اعضا می باشد. شکل و اندازه جوشهای گوشه ای بایستی نشان داده شود.

۱-۲-۵

۵- فلز پرکننده و تعداد پاسها

اندازه و شماره طبقه بدی فلز پرکننده و حداقل تعداد پاسها و ترتیب و توالی پاسها بایستی مشخص گردد.

۶-۱-۲-

۶- خصوصیات الکتریکی

نوع برق متناوب یا مستقیم و در صورت برق مستقیم . قطب معکوس یا مستقیم
بایستی مشخص شود. محدوده ولتاژ و آمپراژ برای هرا لکتروود یا سیم جوش بایستی
ارائه گردد.

۷-۱-۲-

۷- خصوصیات شعله

شعله خنثی ، احیاء کننده یا اکسید کننده بایستی مشخص شود . اندازه اریفیس درنوک
مشعل برای هر اندازه سیم جوش بایستی مشخص گردد.

۸-۱-۲-

۸- وضعیت جوشکاری

ثابت بودن لوله یا چرخاندن لوله هنگام جوشکاری بایستی مشخص شود.

۹-۱-۲-

۹- جهت جوشکاری

جوشکاری عمودی بایستی مشخص شود که از پائین به بالا است یا از بالا به پائین .

۱۰-۱-۲-

۱۰- زمان بین پاسها

حداکثر زمان بین تکمیل پاس ریشه و شروع پاس دوم ، همینطور حداکثر زمان بین
اتمام پاس دوم و شروع پاس دیگر ، بایستی مشخص گردد.

۱۱-۱-۲-

۱۱- نوع گیره همترازی و موقع بازکردن گیره

برای سرهم کردن لوله ، آیا از گیره همترازی داخلی یا بیرونی استفاده میشود؟ . یا از
گیره استعاده نمی شود
در صورت استفاده از گیره همترازی ، حداقل چند درصد از پاس ریشه تکمیل شود.
تابنوان گیره را باز نمود.

۱۲-۱-۲-

۱۲- تمیزکاری ویا سنگ زنی

برای تمیزکاری از ابزار دستی استفاده می شود یا از ابزار برقی و یا از سنگ زنی و یا
هر دو استفاده می شود
مراتب بایستی در دستور العمل اعلام گردد.

۱۳-۱-۲

۱۳- عملیات حرارتی قبل و بعد از جوشکاری

روش گرم کردن ، درجه حرارت لازم ، روش کنترل درجه حرارت و محدوده درجه حرارت محیط برای عملیات حرارتی قبل و بعد از جوشکاری بایستی در دستورالعمل مشخص شود.

۱۴-۱-۲

۱۴- گاز محافظ ودبی گاز

ترکیب گاز محافظ مورد استفاده و محدوده دبی گاز (چندلیتر بر دقیقه) بایستی مشخص شود.

۱۵-۱-۲

۱۵- پودر جوشکاری

نوع پودر جوشکاری بایستی مشخص گردد.

۱۶-۱-۲

۱۶- سرعت حرکت

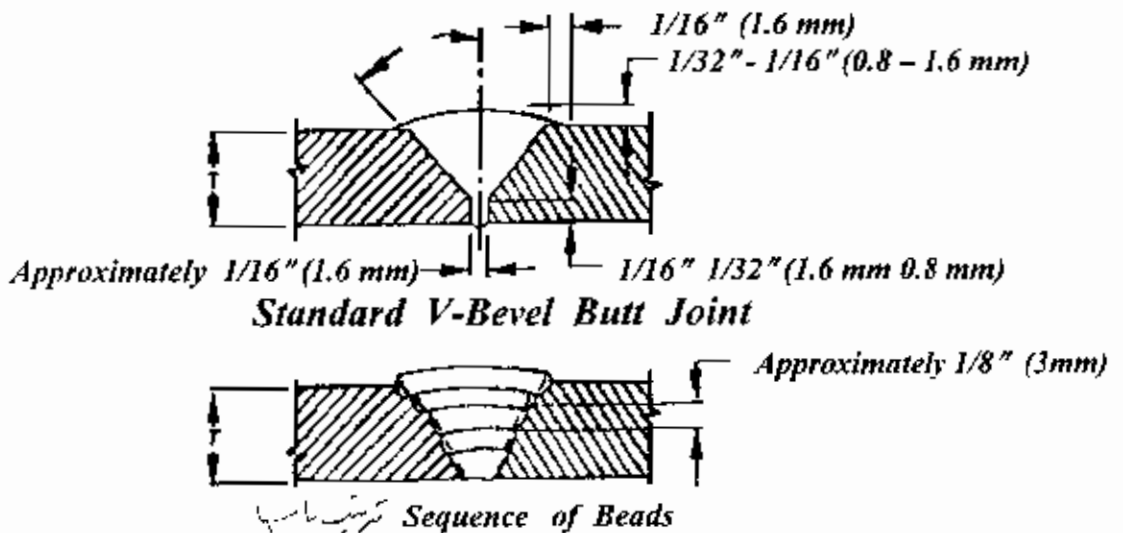
محدوده سرعت حرکت (اینچ یا میلیمتر بر دقیقه) برای هر پاس جوش بایستی مشخص شود.

Reference : API Standard 1104

PROCEDURE SPECIFICATION NO.

For..... Working of..... Pipe and fitting.....
 Process.....
 Material.....
 Diameter and wall thickness.....
 Joint design.....
 Filler metal and no. of beads.....
 Electrical or flame characteristics.....
 Position.....
 Direction of welding.....
 No. of weldings.....
 Time lapse between passes.....
 Type and removal of lineup clamp.....
 Cleaning and/or grinding.....
 Preheat/stress relief.....
 Shielding gas and flow rate.....
 Shielding flux.....
 Speed of travel.....
 Plasma gas composition..... Plasma gas flow rate.....
 Plasma gas orifice size.....
 Sketches and tabulations attached.....

Tested..... Welder.....
 Approved..... Welding supervisor.....
 Adopted..... Chief engineer.....



Note: Dimensions are for example only.

ELECTRODE SIZE AND NUMBER OF BEADS

Bead Number	Electrode Size and Type	Voltage	Amperage And Polarity	Speed

Figure 1 - Sample Procedure Specification Form

↑
برای سوال

Welding of Pipeline and Related facilities

Coupon Test Report

Date..... Test No.....
 Location.....
 State..... Weld Position Roll Fixed
 Welder..... Mark.....
 Welding time..... Time of day.....
 Mean temperature..... Wind break used.....
 Weather conditions.....
 Voltage..... Amperage.....
 Welding machine type..... Welding machine size.....
 Filler metal.....
 Reinforcement size.....
 Pipe type and grade.....
 Wall thickness..... Outside diameter.....

	1	2	3	4	5	6	7
Coupon stenciled							
Original Specimen Dimensions							
Original Specimen area							
Maximum load							
Tensile Strength							
Fracture Location							

Procedure Qualitying test Qualified
 Welder Line test Disqualified

Maximum tensile..... Minimum tensile..... Average tensile.....

Remarks on tensile-strength tests
 1.....
 2.....
 3.....
 4.....

Remarks on bend tests
 1.....
 2.....
 3.....
 4.....

Remarks on nick-break tests
 1.....
 2.....
 3.....
 4.....

Test made at..... Date.....
 Tested by..... Supervised by.....

Note: Use back for additional remarks. This form can be used to report either a procedure qualification test or a welder qualification test

Figure 2 - Sample Coupon Tests Report

تغییرات اساسی

۱-۱- تغییرات پارامترهای جوشکاری در روش جوشکاری

برای جوشکاری و حین جوشکاری پارامترهای جوشکاری تغییر می کنند. بعضی از این تغییرات حائز اهمیت است که به آنها «تغییرات اساسی» می گویند. تغییرات اساسی موحث میشود که تایید صلاحیت دستورالعمل، تجدید شود. برای تغییرات دیگر که اساسی نیستند، مشخصات روش جوشکاری تجدید نظر میشود، اما به تایید صلاحیت مجدد. نیازی نیست. تغییرات اساسی، که به تایید صلاحیت مجدد، نیاز دارند، عبارتند از:

۱-۱-۱-

۱- فرآیند جوشکاری یا روش کاربرد

تغییرات فرآیند جوشکاری یا تغییر روش قبلی، متغیر اساسی محسوب می شود.

۱-۱-۲-

۲- فلز مبنا

تغییر گروه فلز مبنا، تغییر اساسی است. اگر دو گروه مختلف فلز مبنا به همدیگر جوش داده میشوند، دستورالعمل بر اساس گروه با مقاومت بالاتر تنظیم میگردد. در استاندارد API 1104 فلز پایه به سه گروه بشرح زیر تقسیم میشود:

الف- فلز مبنا حداقل مقاومت تسلیمی مشخص شده کمتر از یا مساوی با ۴۲۰۰۰ پوند بر اینچ مربع.

ب- فلز مبنا حداقل مقاومت تسلیمی بیشتر از ۴۲۰۰۰ پوند بر اینچ مربع تا کمتر از ۶۵۰۰۰ پوند بر اینچ مربع.

ج- فلز مبنا با حداقل مقاومت تسلیمی مساوی با یا بیشتر از ۶۵۰۰۰ پوند بر اینچ مربع. برای گروه (ج) یعنی X65، X70 و X80 هر کدام بایستی تایید صلاحیت روش (PQR) جداگانه ای تهیه شود.

۱-۱-۳-

۳- طرح اتصال

تغییر عمده در طرح اتصال (یعنی اگر شیار جناغی به شیار لاله ای تغییر پیدا کند تغییر اساسی است ولی تغییر جزئی در زاویه پخ یا پایه پخ شیار جوشکاری، تغییر اساسی نمی باشد).

۱-۱-۴-

۴- حالت جوشکاری

تغییر جوشکاری لوله از حالت چرخان به حالت ثابت یا بالعکس، تغییر اساسی محسوب می شود.

۵-۱-۱

۵- ضخامت دیواره

تغییر ضخامت از یک گروه ضخامت دیواره به گروه دیگر ضخامت دیواره تغییر اساسی است.

تقسیم بندی گروه ضخامت دیواره بشرح زیر است:

- الف - ضخامت اسمی دیواره لوله کمتر از $\frac{E}{8}$ میلیمتر
 ب - ضخامت اسمی دیواره لوله از $\frac{E}{8}$ میلیمتر لغایت $\frac{19}{1}$ میلیمتر
 ج - ضخامت اسمی دیواره بیشتر از $\frac{19}{1}$ میلیمتر

۶-۱-۱

۶- فلز پر کننده

تغییرات ذیل در فلز پر کننده، تغییرات اساسی محسوب میشوند.

- الف - تغییر از یک گروه فلز پر کننده به گروه دیگر (طبق جدول)
 ب - برای ماتریال با حداقل مقاومت تسلیمی بیشتر از یا مساوی با ۶۵۰۰۰ پوند بر اینچ مربع، تغییر در طبقه بندی AWS فلز پر کننده.

گروه بندی فلز پر کننده

گروه	مشخصات	الکتروود	پودر
1	A 5.1 A 5.5	E6010, E6011 E7010, E7011	
2	A 5.5	E8010, E8011, E9010	
3	A 5.1 or A 5.5 A 5.5	E7015, E7016, E7018 E8015, E8016, E8018, E9018	
4 ^a	A 5.17	EL8 EL8K EL12 EM5K EM12K EM13K EM15K	P6XZ F6X0 F6X2 F7XZ F7X0 F7X2
5 ^b	A 5.18 A 5.18 A 5.28 A 5.28	ER70S-2 ER70S-6 ER80S-D2 ER90S-G	
6	A 5.2	RG60, RG65	
7	A 5.20	E61T-GS ^d E71T-GS ^d	
8	A 5.29	E71T8-K6	
9	A 5.29	E91T8-G	

یادآوری: الکتروود، سیم جوش و پودر دیگر نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد، اما PQR حداکانه لازم دارد

a - هر ترکیبی از پودر و سیم جوش در گروه E می تواند برای تایید صلاحیت دستورالعمل نگارنده شود. ترکیب پودر و سیم جوش بایستی طبق AWS مشخص شود مثل: F7A0-EL12 یا F6A2-EM12K. فقط جایگزینی همان طبقه بندی AWS بدون تایید صلاحیت مجدد مجاز است

b - برای سیم جوش گروه ۵ بایستی گاز محافظ مصرف شود

c - در مشخصه پودر، X بجای A یا P می باشد (A = همان صورت جوش داده شده، P = بعد از عملیات حرارتی)

d - فقط برای خوشکاری پاس ریشه

تغییرات فلز پر کسده در گروه خود برای جوشکاری فلز مبنای هم گروه بلامانع است. ارتظر خواص مکانیکی فلز مبنای و فلز پرکننده بایستی سازگار یا هم خانواده باشند.

۱-۲۲-۷

۷- خصوصیات الکتریکی

تغییر از جریان مستقیم به جریان متناوب و بالعکس، تغییر اساسی است. در صورت استفاده از برق جریان مستقیم، تغییر از الکتروود مثبت به الکتروود منعی یا بالعکس، تغییر اساسی محسوب میشود.

۱-۲۳-۸

۸- زمان بین پاسها

افزایش حداکثر زمان بین تکمیل پاس ریشه و شروع پاس دوم، تغییر اساسی است.

۱-۲۴-۹

۹- جهت جوشکاری

در جوشکاری عمودی، تغییر در جهت پیشرفت جوشکاری یعنی تغییر از جوشکاری سرازیر به سربالا یا از سربالا به سرازیر، تغییر اساسی می باشد.

۱-۲۵-۱۰

۱۰- گاز محافظ و دبی گاز محافظ

تغییر از یک گاز محافظ به گاز محافظ دیگر یا از یک مخلوط گازها به مخلوط گازهای دیگر، تغییر اساسی محسوب می شود.

افزایش یا کاهش عمده در محدوده دبی گاز (لیتر بر دقیقه) برای گاز محافظ نیز تغییر اساسی به حساب می آید.

۱-۲۶-۱۱

۱۱- پودر جوشکاری

تغییر پودر جوشکاری (مطابق جدول فلز پرکننده)، تغییر اساسی است.

۱-۲۷-۱۲

۱۲- سرعت حرکت

تغییر در محدوده سرعت حرکت (سانتیمتر بر دقیقه)، تغییر اساسی است.

۱-۲۸-۱۳

۱۳- پیش گرمایش

کاهش حداقل درجه حرارت مشخص شده برای پیش گرمایش، متغیر اساسی است.

۱-۲۹-۱۴

۱۴- عملیات حرارتی پس از جوشکاری (PWHT)

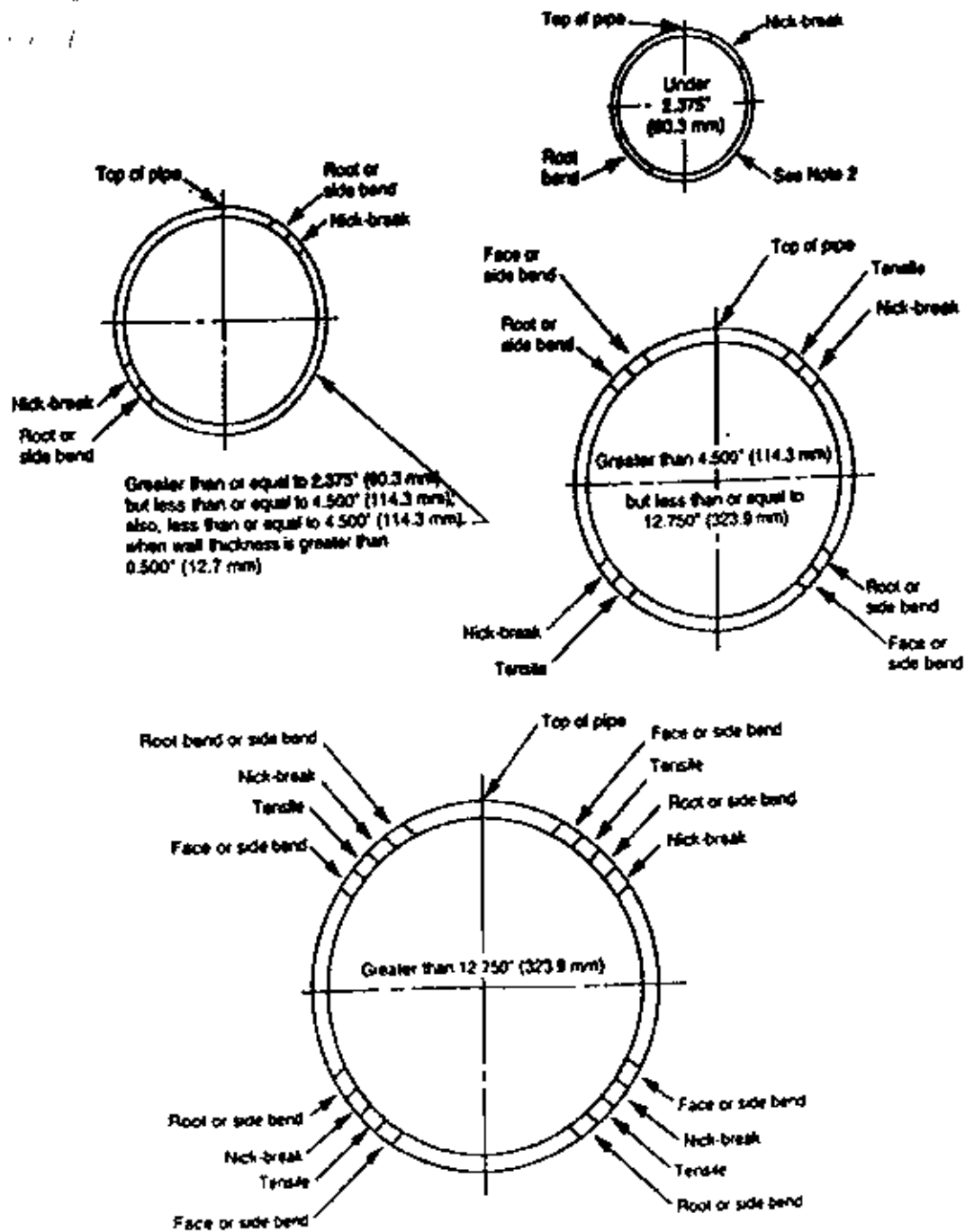
افروندن عملیات حرارتی پس از جوشکاری از محدوده یا مقادیر مشخص شده در دستورالعمل، تغییر اساسی محسوب می شود.

آزمایشات تایید صلاحیت دستورالعمل جوشکاری

۱ - ۲.۴.۸

۲.۴.۸ - ۱۰۱

۱۰۱

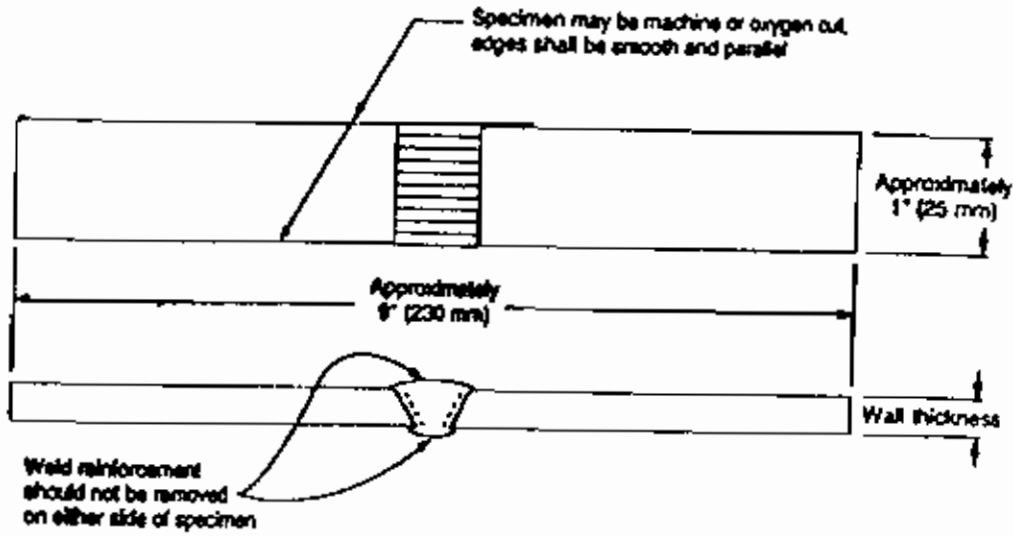


Notes

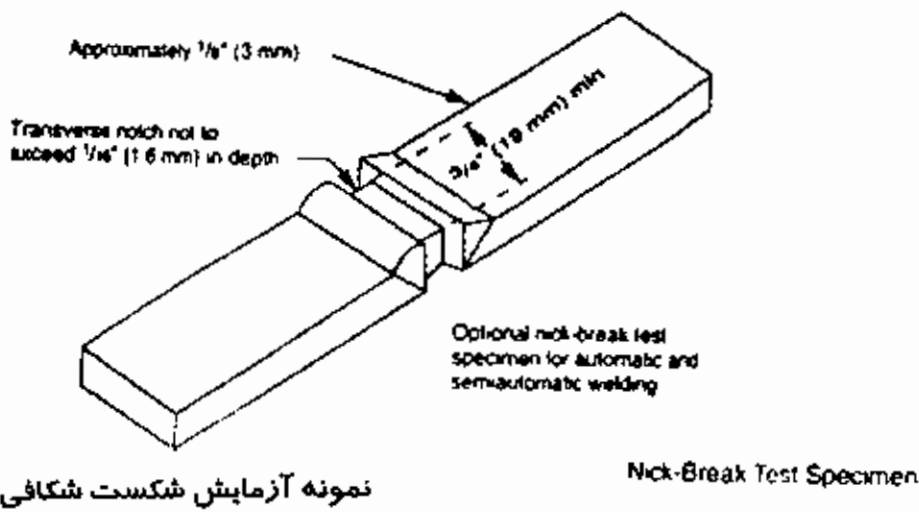
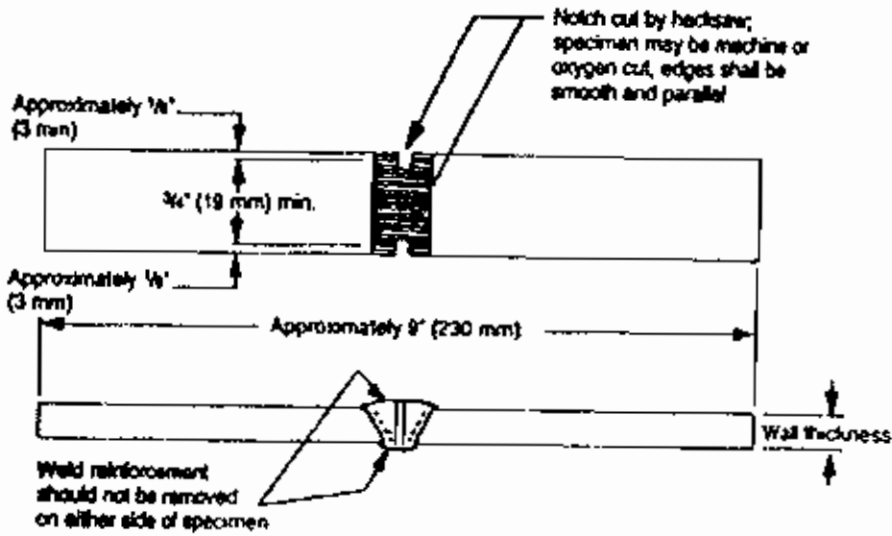
1. At the company's option, the locations may be rotated, provided they are equally spaced around the pipe. However, specimens shall not include the longitudinal weld.
2. One full section tensile specimen may be used for pipe with a diameter less than or equal to 1.315 in. (33.4 mm).

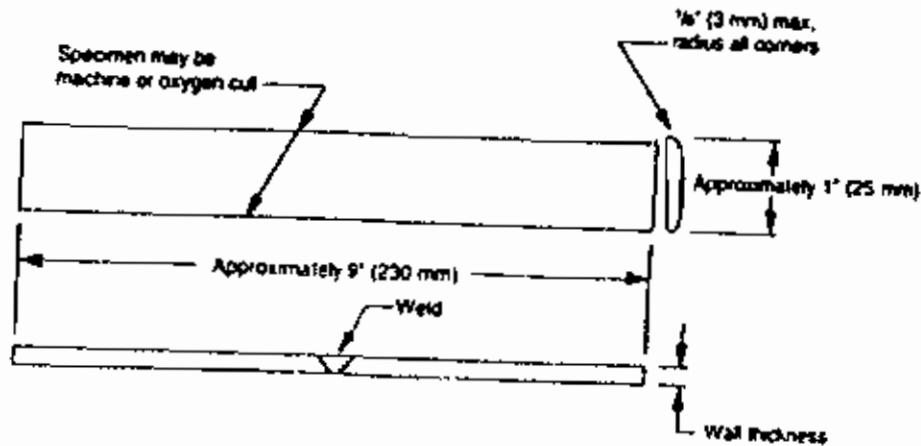
Location of Test Butt-Weld Specimens for Procedure Qualification Test

جای در آوردن نمونه های آزمایش جوش لب بلب برای آزمایش صلاحیت دستورالعمل



نمونه آزمایش مقاومت کششی Tensile Strength Test Specimen

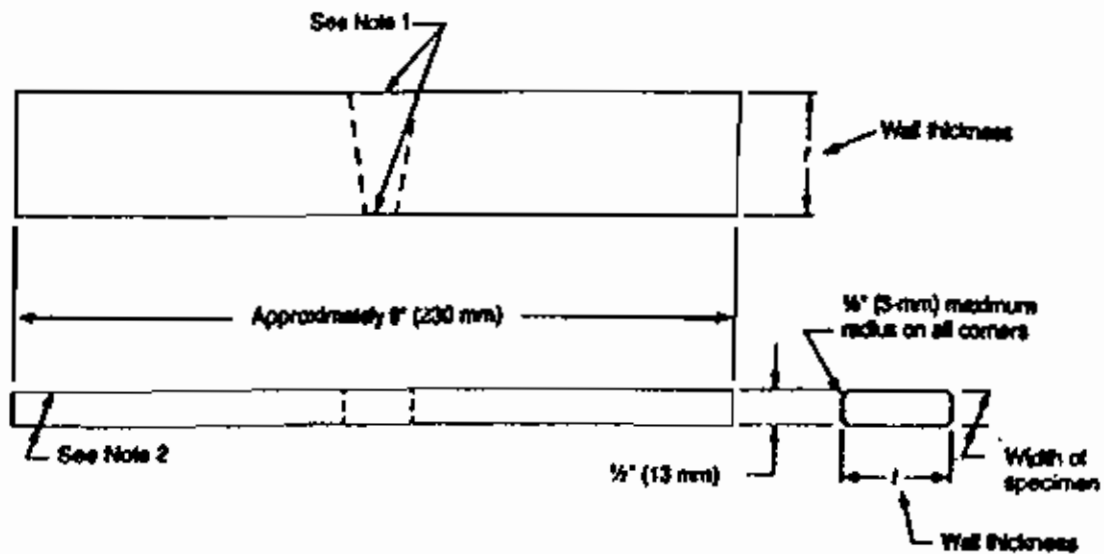




Note: The weld reinforcement shall be removed from both faces with the surface of the specimen. The specimen shall not be flared prior to testing.

Root and Face-Bend Test Specimen: Wall Thicknesses Less Than or Equal to 0.500 in. (12.7 mm)

نمونه آزمايش خمش ريشه و رويه: ضخامت ديواره کمتر يا مساوي ۱۳ ميليمتر



Notes:

1. The weld reinforcement shall be removed from both faces flush with the surface of the specimen.
2. Specimens may be machine cut to a width of 1/2 in. (13 mm), or they may be oxygen cut to a width of approximately 3/4 in. (19 mm) and then machined or ground smooth to a width of 1/2 in. (13 mm). Cut surfaces shall be smooth and parallel.

Side-Bend Test Specimen: Wall Thicknesses Greater than 0.500 in. (13 mm)

نمونه آزمايش خمش پهلو: ضخامت ديواره بيشتر از ۱۳ ميليمتر

نوع و تعداد نمونه ها برای آزمایش تایید صلاحیت دستورالعمل

ایچ	قطر خارجی لوله میلیمتر	تعداد نمونه ها					کل
		مقاومت کششی	شکست شکافی	خمش ریشه	خمش رویه	خمش پیلو	
ضخامت دیواره کوچکتر یا مساوی با ۱۲/۷ میلیمتر							
< 2.375	< 60.3	0b	2	2	0	0	4a
2.375-4.500	60.3 - 114.3	0b	2	2	0	0	4
> 4.500-12.750	114.3-323.9	2	2	2	2	0	8
> 12.750	> 323.9	4	4	4	4	0	16
ضخامت دیواره بزرگتر از ۱۲/۷ میلیمتر							
≤ 4.500	≤ 114.3	0b	2	0	0	2	4
> 4.500-12.750	> 114.3-323.9	2	2	0	0	4	8
> 12.750	> 323.9	4	4	0	0	8	16

یادآوری:

a- یک نمونه آزمایش شکست شکاف دار و یک نمونه خمش ریشه باید از هر کدام از دو نمونه خوش شده گرفته شود یا برای لوله با قطر داخلی کمتر یا مساوی ۱/۳۱۵ اینچ (۳۳/۴ میلیمتر) یک نمونه استحکام کششی باید تهیه شود.

b- برای موادی با حداقل استحکام تسلیم مشخص شده بزرگتر از PSI ۴۲۰۰۰ (Mpa ۲۹۰) حداقل یک نمونه تست کشش مورد نیاز است.

معیارهای پذیرش آزمایش های مخرب

الف - آزمایش کشش

برای هر نمونه مقاومت کششی جوش و منطقه ذوب، بایستی بزرگتر یا مساوی با حداقل مقاومت کششی مشخص شده جنس لوله باشد ولی نیازی نیست که بیشتر یا مساوی مقاومت کششی واقعی لوله باشد.

اگر نمونه خارج از جوش یا منطقه ذوب پاره شود و حداقل مقاومت کششی را داشته باشد، جوش قبول است.

اگر نمونه از جوش یا منطقه ذوب پاره شود ولی حداقل مقاومت مشخص شده لوله را داشته باشد، جوش قبول است.

اگر نمونه از فلز مینا بشکند ولی مقاومت کمتر از حد لازم داشته باشد، نمونه بایستی تکرار شود.

ب - شکست شکافی

سطوح در معرض نمونه شکست شکافی بایستی نفوذ و ذوب کامل نشان دهد. بیشترین اندازه منفذ گازی از $1/6$ میلیمتر بیشتر نباشد و مساحت منفذهای گازی بایستی از ۲ درصد مساحت سطح در معرض بیشتر شود.

آخال سرباره بایستی عمقی بیشتر از $1/8$ میلیمتر و طول بیشتر از ۳ میلیمتر یا نصف ضخامت دیواره لوله هر کدام کوچکتر است، باشد. بین دو آخال محاور بایستی حداقل ۱۳ میلیمتر فاصله وجود داشته باشد.

ج - آزمایش خمش ریشه و رویه

اگر ترک یا عیب دیگر بیشتر از $3/2$ میلیمتر یا نصف ضخامت دیواره، هر کدام کوچکتر است، در هر جهت در جوش یا منطقه ذوب نمایان نشود، جوش قبول است. ترک ناشی از آماده سازی لبه های نمونه که حین آزمایش بوجود آید و کمتر از ۶ میلیمتر طول در هر جهت داشته باشد، عیب محسوب نمی شود مگر آنکه عیب بدیهی دیده شود.

تمام نمونه های آزمایش خمش بایستی قبول شوند.

آزمون تایید صلاحیت جوشکار

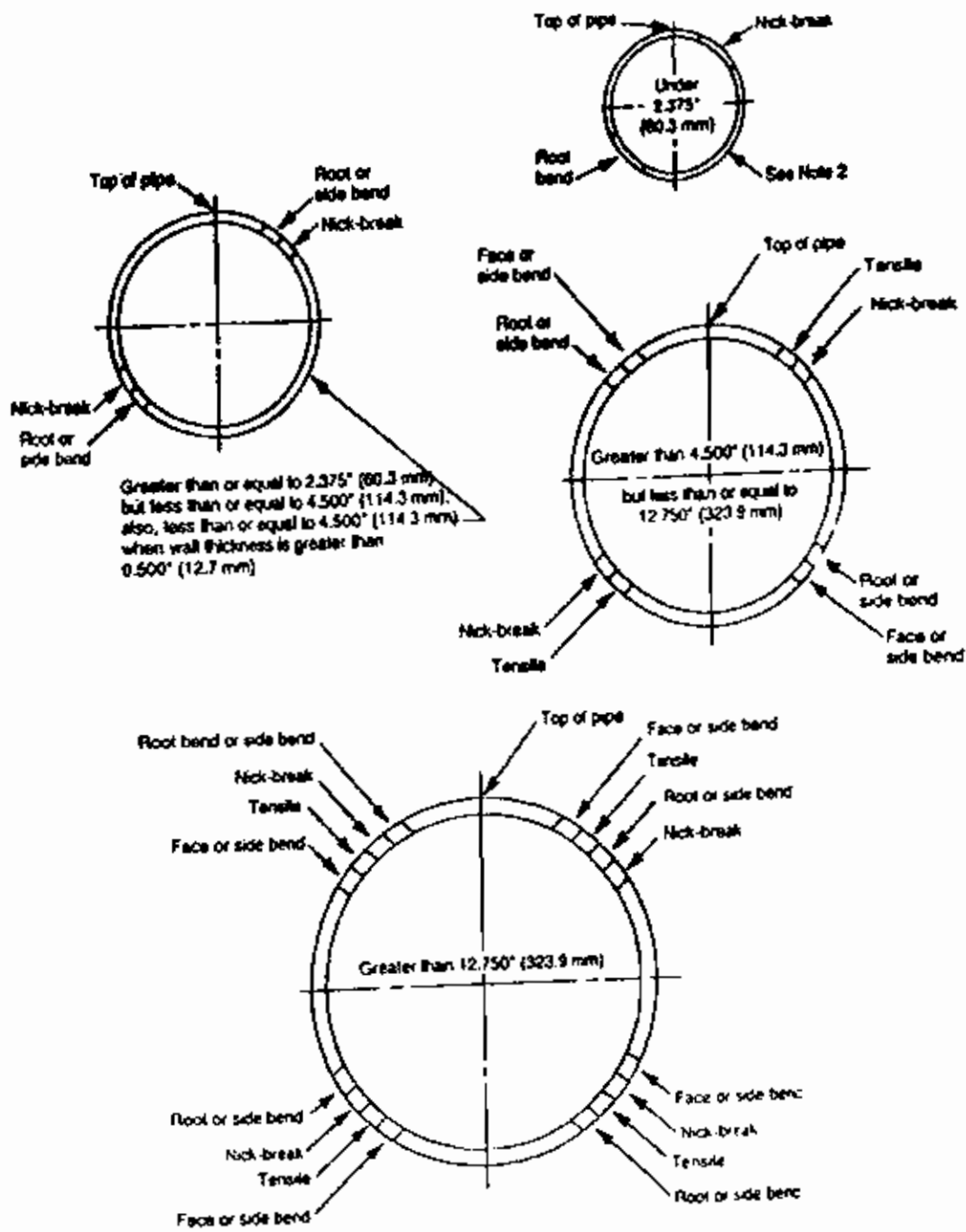
نوع و تعداد نمونه های آزمایش جوش لب بلب برای آزمون تایید صلاحیت جوشکار
و آزمایش مخرب جوشهای تولیدی

قطر خارجی لوله		تعداد نمونه ها					کل
اینچ	میلیمتر	مقاومت کششی	شکست شکافی	خمش ریشه	خمش رویه	خمش پهلو	
صحامت دیواره کوچکتر یا مساوی با ۱۲/۷ میلیمتر							
< 2.375	< 60.3	0	2	2	0	0	4a
2.375-4.500	60.3-323.9	0	2	2	0	0	4
> 4.500-12.750	114.3-323.9	2	2	2	0	0	6
> 12.750	> 323.9	4	4	2	2	0	12
صحامت دیواره بزرگتر از ۱۲/۷ میلیمتر							
≤ 4.500	≤ 114.3	0	2	0	0	2	4
> 4.500-12.750	> 114.3-323.9	2	2	0	0	2	6
> 12.750	> 323.9	4	4	0	0	4	12

یادآوری:

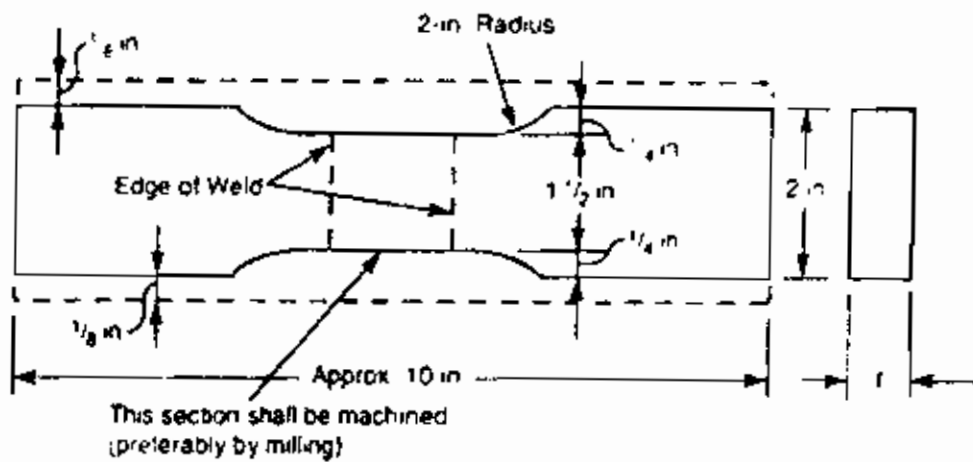
a- برای لوله های با قطر خارجی کمتر یا برابر با ۱/۳۱۵ اینچ (۳۳/۸ میلیمتر) نمونه ها از دو نمونه حوش یا یک نمونه استحکام کششی باید تهیه شوند.

۲



- Notes
1. At the company's option, the locations may be varied, provided they are equally spaced around the pipe; however, specimens shall not include the longitudinal weld.
 2. One full section tensile strength specimen may be used for pipe with a diameter less than or equal to 1.315 in (33.3 mm).

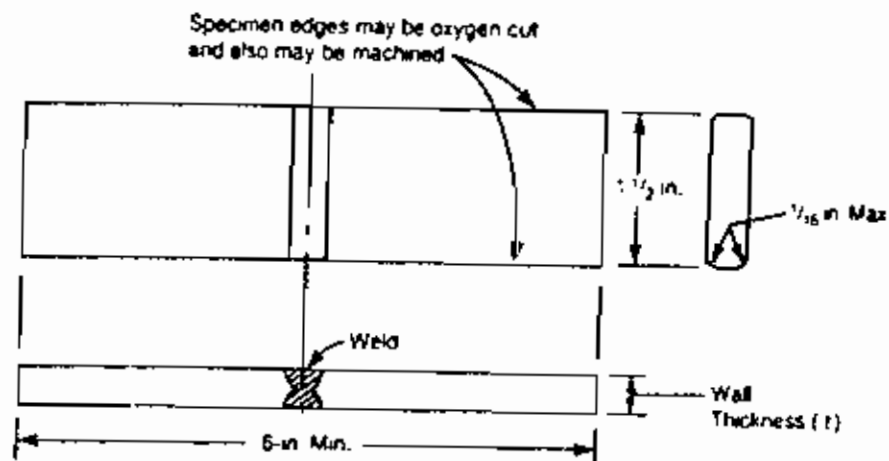
جای درآوردن نمونه های آزمایش جوش لب بلب برای آزمون جوشکار



NOTES

- 1 Weld reinforcement or flash may or may not be removed flush with base metal
- 2 To convert inches (in) to millimetres (mm) multiply by 25.4

نمونه آزمایش کنکشن با مقطع باریک شده طبق API/A C200



NOTES

1. Weld reinforcement or flash need not be removed flush with base metal
2. To convert inches (in.) to millimetres (mm), multiply by 25.4

نمونه آزمایش خمش راهنمایی شده طبق API/A C200






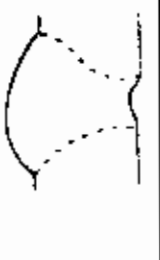
ورق ضخیم، نازک یا کویل برای ساخت لوله طبق *AHWA C200*

مشخصات فنی	درجه	حداقل نقطه تسلیم
		<i>Psi (Mpa)</i>
Steel Sheet- Coil or Flat		
ASTM A570/A570M	30	30,000 (207)
	33	33,000 (228)
	36	36,000 (248)
	40	40,000 (276)
	45	45,000 (310)
	50	50,000 (345)
ASTM A607/A607M	45	45,000 (310)
	50	50,000 (345)
ASTM A907/A907M	30	30,000 (207)
	33	33,000 (228)
	36	36,000 (248)
	40	40,000 (276)
ASTM A935/A935M	45	45,000 (310)
	50	50,000 (345)
ASTM A935/A935M	50	50,000 (345)
Steel Plate		
ASTM A36/A36M		36,000 (248)
ASTM A283/A283M	C	30,000 (207)
	D	33,000 (228)
ASTM A572/A572M	42	42,000 (290)
	50	50,000 (345)




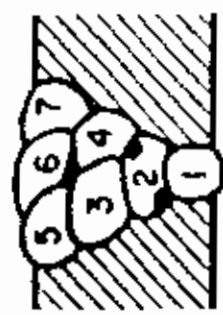
TROUBLE SHOOTING مشکل گشائی

عیب	شکل	علت	چگونگی پرهیز از عیب
تخلخل قابل دید	Porosity visible on the surface 	- نوسان دست اصافی و کنترل نشده - فلر مناسحر ازت زیاد دیده (افزایش ریسک در لوله جدار نازک) - محتوای خیلی زیاد رطوبت در روپوش الکترود	- نوسان دست اردوبرابر قطر الکترود بیشتر شود - قطر الکترود و آمپراژ متناسب با ضخامت دیواره لوله انتخاب شود. - الکترود در محفظه بسته نگهداری و دستورالعمل ایبار کردن الکترود رعایت شود.
سوراخ ریز عبر قابل دید	Pinholes not visible on the surface 	- فرایند اکسیزن گیری ناخیری در رسوب خوش - محتوای رطوبت روپوش الکترود خیلی کم یا خیلی زیاد	- از مرمم زدن اصافی فلز خوش رسوب داده شده پرهیز شود - به دستورالعمل نگهداری الکترودها توجه شود.
تخلخل طولیل شده اعلی در قسمت بیرونی گرده پاس خطی سانرایس، عملاً بدون کاجن مقصع	Piping or hollow bead almost exclusively in the reinforcement of stringer beads. therefore practically no indication of fusion visible 	- فاصله خیلی کم دو لوله در ریشه، گلزدائی بوسیله رقیق شدن اصافی مانعت شده است - ترکیب شیمیائی فلر مناسا مبرای آلومینیوم زیاد، تشکیل تجلج طولیل شده را تسهیل میکند	- فاصله دو لوله از یک مبلیمتر کمتر نشود - فاصله بیله دوله ریشه ۱/۵ مبلیمتر است. - درصد آلومینیوم در فولاد نایستی ۰/۰۴ درصد بیشتر نباشد اگر مشکل وجود دارد. از الکترود با قطر کوچکتر استفاده شود
آخال سرباره عموماً در رویه های شیار و ناحیه پاس خطی (رزل وار) بوجود می آید	Slag inclusions generally occurs in groove faces and in stringer bead area (waggon tracks) 	- تمپر کردن ناکافی در بین پاسها - ضعف سنگ رنی در پاس خطی - نوسان نادرست الکترود - خیلی کم بودن آمپر	- هر لایه ، یا مرس برقی دواز تمپر شود - قبل از آنکه پاس گرم خوش داده شود، پاس ریشه سنگ رده شود - بهبود نوسان الکترود - افزایش آمپر
ذوب ناقص (سرد خوشی)	Lack of fusion cold shuts 	- ذوب ناکافی رویه های شیار - خیلی کم بودن آمپر - آلودگی ویا اکسیدشدگی رویه های شیار	- آمپر متناسب با قطر الکترود و حالت خوشکاری انتخاب شود - رویه های شیار به درستی تمپر شود
ترک زیرمهره ای محصراً در منطقه تاثیر جرفرت سحت شده	Underbead cracks almost exclusively in the hardened PAZ 	عملکرد مرکز هیدروژن، نش، ساقنار سحت شده	- بیش گرمایش لوله برای تسهیل در دفع هیدروژن، افزایش گرمای ورودی نیز ترجیح دارد - احتیاط از جیش شاخه لوله - چون سحت شدن قابل ملاحظه ای حین خوشکاری پاس ریشه انتظار میرود، بنابراین پاس گرم بایستی بلافاصله پس از تکمیل پاس ریشه، خوش داده شود.
ترک ناشی از تنشهای مکانیکی معمولاً بر ناحیه پاس خصی	Cracks caused by mechanical stresses usually in the stringer bead region 	- حاجائی شاخه لوله حین خوشکاری پاس ریشه ویا قبل از اعمال پاس گرم - نامرایی لته خیلی زیاد، موجب کاهش مقطع عرضی شده و احتمال ترک را افزایش داده است.	- از حاجائی شاخه لوله خصوصاً حین خوشکاری پاس خطی ریشه، پرهیز شود. - برای حداکثر عدم همفراری معار که هر صورت باید حداقل نگهداشته شود، به استناد دارد و مشخصات قبی رجوع شود.
پریذگی کناره در ناحیه پاس خطی و پاس آخر	Undercut usually in the groove face and stringer bead 	- شدت جریان خیلی زیاد - نوسان نادرست دست	- انتخاب آمپر درست متناسب با قطر الکترود
گرده اصافی	Excess reinforcement 	- نوسان نادرست دست	- انتخاب آمپر متناسب با عرض اتصال - در نظر گرفتن حا برای پاس پوششی مطلوب، هنگام اعمال آخرین پاس پرکنی (یعنی بوسیله لایه های اصافی یا سنگ رنی لایه های پرکنی که خیلی زیاد هستند)
گود افتادگی پاس ریشه	Sagging stringer bead 	- شدت جریان خیلی زیاد - آماده سازی ضعیف اتصال، فاصله ریشه خیلی زیاد	- انتخاب آمپر درست متناسب با آماده سازی اتصال برای پاس ریشه
نشانه های قوس زنی	Striking marks 	- قوس زنی طرف راست یا چپ اتصال موجب سحت شدن موضعی میگردد و احتمال ترک ناشی از سحت شدن را بالا می برد.	- قوس در داخل شیار روشن شود.



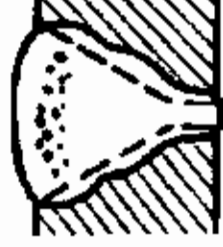

معیار پذیرش جوش با رادیوگرافی طبق API 1104

ملاحظات	حداکثر اندازه مجاز	شکل	شرح عیب	نام عیب
	طول ۲۵ میلیمتر (انفرادی) طول ۲۵ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع) ۸ درصد طول جوش (برای طول کمتر از ۳۰۰ میلیمتر)		نفوذ ناقص بدون بالا و پائین بودن لبه (برنشدن کامل ریشه جوش)	نفوذ ناقص (IP)
	طول ۵۰ میلیمتر (انفرادی) طول ۷۵ میلیمتر (مجموع)		نفوذ ناقص بخاطر بالا و پایین بودن لبه (نمایان بودن یک لبه در ریشه بخاطر عدم همترازی)	نفوذ ناقص (IPD)
	طول ۵۰ میلیمتر (انفرادی) طول ۵۰ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع)		نفوذ ناقص در پایه یخ (عیب زیرسطحی بین اولین پاس داخلی و اولین پاس بیرونی)	نفوذ ناقص (ICP)
	طول ۲۵ میلیمتر (انفرادی) طول ۲۵ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع) ۸ درصد طول جوش (برای طول کمتر از ۳۰۰ میلیمتر)		عیب سطحی بین فلز جوش و فلز مینای منتهی به سطح	ذوب ناقص (IF)
	طول ۵۰ میلیمتر (انفرادی) طول ۵۰ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع) ۸ درصد طول جوش (برای طول کمتر از ۳۰۰ میلیمتر)		ذوب ناقص بخاطر سرد جوشی (عیب بین دو فلز جوش مجاور یا بین فلزی جوش و فلز مینای غیر منتهی به سطح)	ذوب ناقص (IFD)
درجه سیاهی تعقر از درجه سیاهی فلز مینا بیشتر باشد			گودشدگی وسط جوش از طرف داخل لوله	تعقر داخلی (IC)




معیار پذیرش جوش با رادیوگرافی طبق API 1104

ملاحظات	حداکثر اندازه مجاز	شکل	شرح عیب	نام عیب
	حداکثر اندازه ۶ میلیمتر و درجه سیاهی BT از درجه سیاهی فلز مینابیشتر نباشد. حداکثر اندازه بیشتر از ضخامت لوله بازگتر نباشد و درجه سیاهی BT از درجه سیاهی فلز مینا بیشتر نباشد. مجموع حداکثر اندازه های BT جداگانه از ۱۳ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر یا طول کل جوش هر کدام کمتر است، بیشتر نباشد (برای لوله کوچکتر از قطر ۶۰ میلیمتر فقط یک BT به هر اندازه بیشتر نباشد)		قسمتی از پاس ریشه بخاطر نفوذ اضافی پاس دوم، سوخته شده و بطرف داخل لوله سوق داده شده است.	سوختگی سرتاسری (BT)
			سرباره جامد خیس شده در فلز جوش یا بین فلز جوش و فلز مینا	آخال سرباره (SI)
آخال سرباره طول شده باشد، تکی محسوب میشود ولی اگر بهای هر کدام از ۰/۸ میلیمتر بیشتر نباشد، عبور جداگانه به حساب می آید.	طول ۵۰ میلیمتر (انفرادی) طول ۵۰ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع) عرض ۱/۶ میلیمتر		خطوط سرباره پیوسته یا شکسته (معمولاً در منطقه ذوب)	آخال سرباره طول شده (ESI)
	طول ۱۳ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع) عرض ۳ میلیمتر ۴ تا عرض حداکثر ۳ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر ۸ درصد طول جوش (جمع ESI و ISI)		سرباره با شکل نامنظم که در هر جای جوش ممکن است وجود داشته باشد.	آخال سرباره منفرد (ISI)

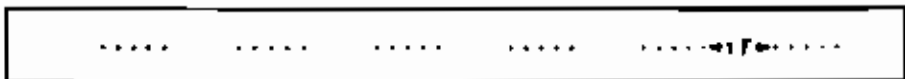
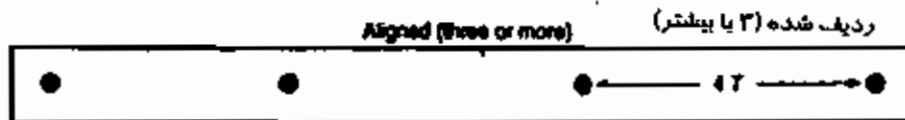
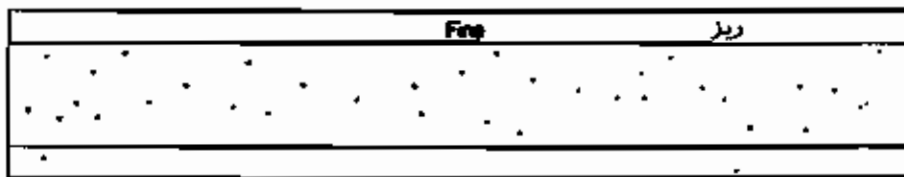
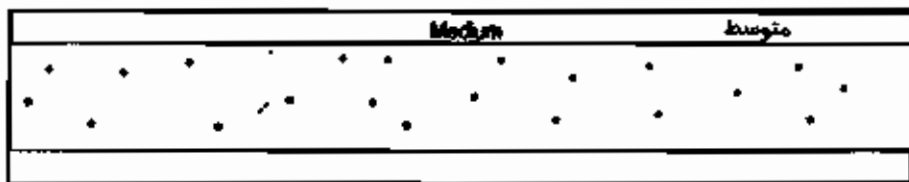
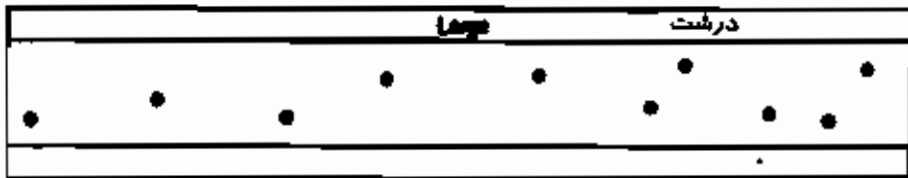
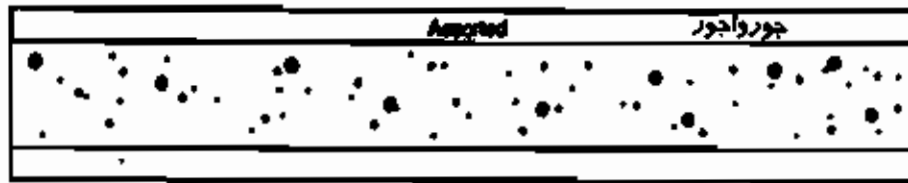
معیار پذیرش جوش با رادیوگرافی طبق API 1104

ملاحظات	حداکثر اندازه مجاز	شکل	شرح عیب	نام عیب
	اندازه ۳ میلیمتر ۰/۲۵ ضخامت قطعه نازکتر		منفذهای گازی حبس شده در فلز جوش ۰/۲۵ ضخامت	تخلخل (P)
	بیشتر از نمودار ارائه شده نباشد		منفذهای گازی برانگنده	تخلخل برانگنده (SP)
تخلخل خوشه ای باسپای میانی همانند تخلخل برانگنده در نظر گرفته شود.	تخلخل خوشه ای پاس رو: قطر خوشه ۱۳ میلیمتر طول ۱۳ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع) اندازه منفذ انفرادی در خوشه از ۱/۶ میلیمتر بیشتر نباشد منفذ در سطح مسطح (شکل ۱)		منفذهای گازی مجتمع	تخلخل خوشه ای (CP)
	طول ۱۳ میلیمتر (انفرادی) طول ۵۰ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع) HB های با طول بیشتر از ۶ میلیمتر به فاصله بیشتر از ۵۰ میلیمتر ۸ درصد طول جوش (مجموع)		تخلخل طولی شده خطی در پاس ریشه	تخلخل طولی شده (HB)

معیار پذیرش جوش با رادیوگرافی طبق API 1104

ملاحظات	حداکثر اندازه مجاز	شکل	شرح عیب	نام عیب
بجز ترک عمق یا ترک سازه‌ای در جاهای جوش	هر اندازه یا هر حای جوش مجاز نیست طول کمتر از ۴ میلیمتر ترک کم عمق یا ستاره ای چاله جوش		جدایش دو قسمت از فلز	ترک (C)
در بازرسی چشمی: عمق تا ۰/۸ میلیمتر یا ۱۲/۵ درصد ضخامت، عمق بیشتر از ۰/۴ تا ۰/۸ میلیمتر یا بیشتر از ۶ تا ۱۲/۵ درصد ضخامت، بطول ۵۰ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر طول جوش، عمق کمتر یا مساوی ۰/۴ میلیمتر یا کمتر یا مساوی ۶ میلیمتر طول جوش، عمق کمتر یا مساوی ۰/۴ میلیمتر یا کمتر یا مساوی ۶ درصد ضخامت با هر طول	طول ۵۰ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع EU) و یک ششم طول جوش (مجموع EU و IU)	 	شیار ایجاد شده در فلز مبنای کناره جوش	بریدگی کناره UC (E) بیرونی (I) ریشه
	طول ۵۰ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع) ۸ درصد طول جوش (مجموع)		تجمع چند نوع عیب (بجز نمود ناقص بخاطر بالا و پایی و بریدگی کناره)	تجمع عیوب (AI)

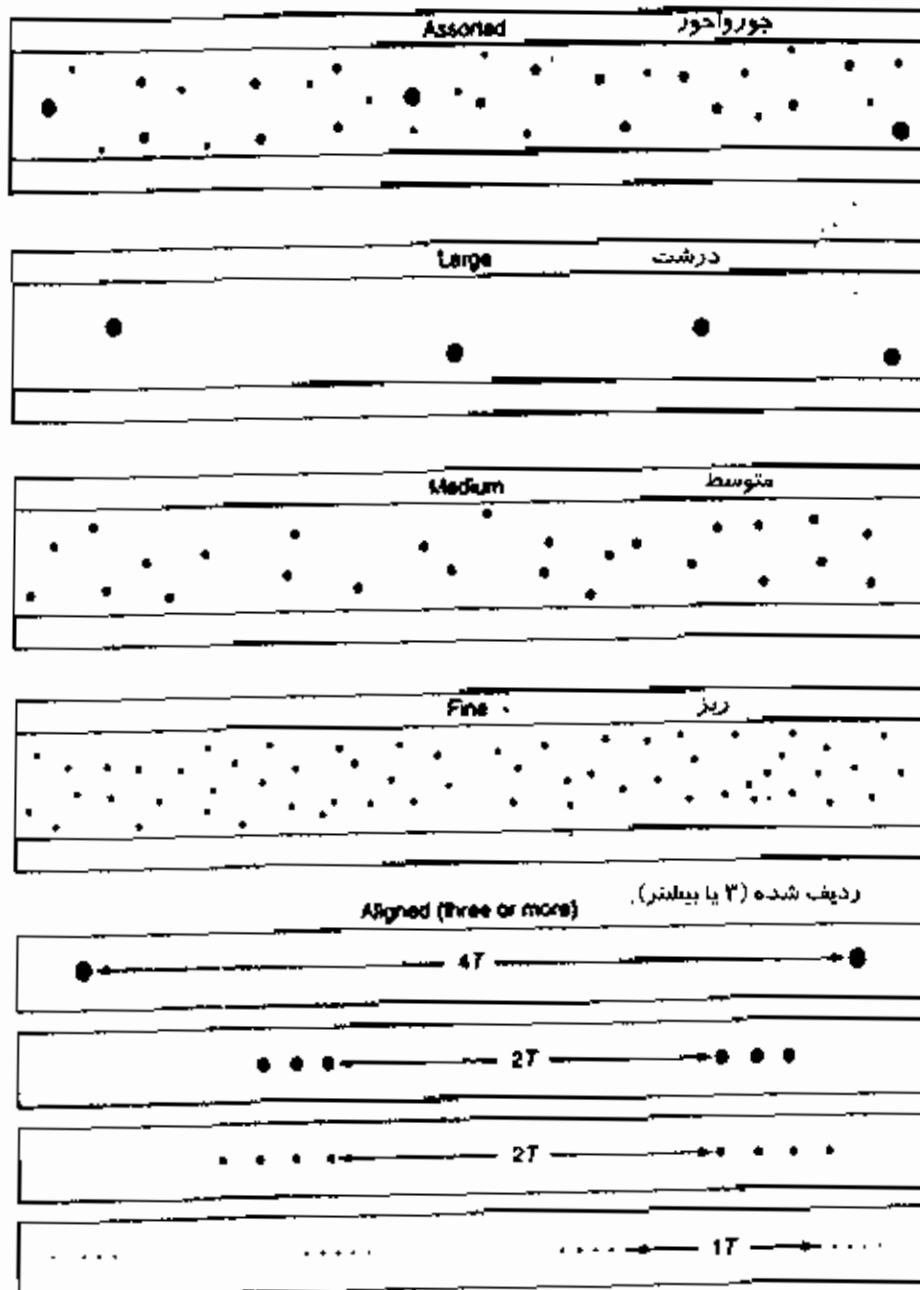
۹



یادآوری: اندازه‌ها، مقیاس ندارد.

حداکثر بخش حفره های گازی: ضخامت دیواره کمتر یا مساوی با ۱۲/۷ میلیمتر

حداکثر ۱۵٪ طول



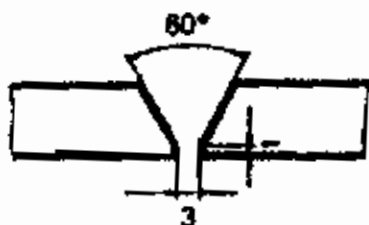
یادآوری: اندازه‌ها، معیاس ندارد.

حداکثر بخش حفره های گازی: ضخامت دیواره بیشتر از ۱۲/۷ میلیمتر

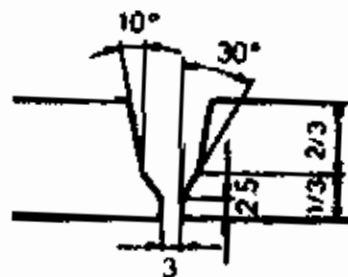
دستورالعمل جوشکاری با الکترودهای سلولزی

شماره ۲ -

۲-۱ آماده سازی لوله برای جوشکاری با الکترودهای روپوش سلولزی



ضخامت دیواره کوچکتر یا مساوی ۲۰ میلیمتر



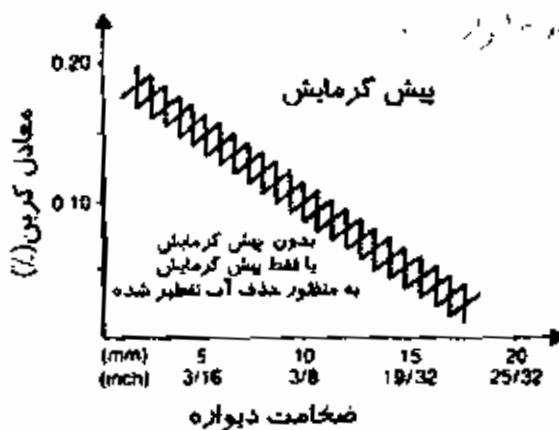
ضخامت دیواره بزرگتر از ۲۰ میلیمتر

۲-۲ پیش گرمایش

پیش گرمایش برای دفع هیدروژن مفید است و استعداد ترک زیرمهره ای و ترک هیدروژنی در جوش را خنثی می کند. فایده دیگر پیش گرمایش آنستکه سخت شدن منطقه جوش و کنار جوش را (بسته به سطح درجه حرارت پیش گرمایش و ترکیب شیمیایی فولاد) به حداقل می رساند.

تجربه نشان داده است که درجه حرارت ۱۵۰ درجه سانتیگراد برای پیش گرمایش کافی است. در هر صورت برای ضخامت دیواره لوله بیشتر از ۲۰ میلیمتر، بدون توجه به سطح کربن فولاد، بایستی پیش گرمایش اعمال شود. برای فولادهای پرکربن که استعداد سخت شدن دارند، درجه حرارت پیش گرمایش به حدود ۲۰۰ درجه سانتیگراد افزایش می یابد.

برای لوله های جدار نازک که استعداد افزایش سختی آنها کم است، گرم کردن دو سر لوله به حداقل ۵۰ درجه سانتیگراد توصیه می شود.



بستگی پیش گرمایش به ضخامت دیواره و معادل کربن

۳-۲- درجه حرارت بین پاسی

درجه حرارت بین پاسی بر فرایند متالورژیکی که حین انجماد و سرد شدن جوش به وقوع می پیوندد تاثیر دارد و بنابراین تا حد معینی بر خواص مکانیکی فلز جوش اثر می گذارد. درجه حرارت بین پاسی بر سرعت دفع هیدروژن نیز موثر است. بنابراین عموماً توصیه می شود که درجه حرارت بین پاسی از حداقل ۸۰ درجه سانتیگراد حین جوشکاری کمتر نشود.

وقتی از الکترودهای روپوش سلولزی با مقاومت بالا (نظیر مقاومت کششی ۹۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع) استفاده می شود، توصیه می شود که حداقل درجه حرارت بین پاسی از ۱۴۰ درجه سانتیگراد کمتر نسود.

۴-۲- ماشین های جوشکاری

الکترودهای روپوش سلولزی فقط می توانند با جریان مستقیم کار کنند. ماشینهای جوشکاری بایستی خصوصیات افست کننده و ولتاژ مدار باز بالا داشته باشند.

در جوشکاری قوسی دستی، فاصله بین نوک الکتروود و حوضچه جوش یا طول قوس را می توان ثابت نگهداشت. طول قوس با ولتاژ قوس رابطه مستقیم دارد. یعنی هرچه طول قوس بیشتر باشد، ولتاژ قوس هم بیشتر است. بنابراین اگر طول قوس ثابت نباشد، ولتاژ قوس هم ثابت نخواهد بود.

استفاده از ماشینهای جوشکاری با خصوصیات افست کننده، این تغییرات را بحداقل می رساند.

ولتاژ مدار باز ماشینهای جوشکاری روپوش سلولزی بایستی از ۷۰ ولت بیشتر باشد تا بتواند انرژی زیاد یونیزاسیون را برای تجزیه مواد متشکله روپوش الکتروود فراهم نماید.

ژنراتورهای مورد استفاده برای جوشکاری با الکترودهای سلولزی خطوط لوله، دارای ولتاژ مدار باز حدود ۸۰ تا ۱۰۰ ولت هستند.

الکترودهای با قطر بزرگتر، نیاز به آمپراژ بالا، همینطور ولتاژ بالا دارند، که ژنراتورها بایستی موقع جوشکاری تامین نمایند.

بخش ۳ - تکنیک جوشکاری با اکسئورهای روبروس سلولنوس

۱۲- پاس خطی یا پاس ریشه

پاس خطی یا پاس ریشه موقعی جوش داده می شود که با گیره های همترازی دو شاخه لوله در یک راستا نگهداشته می شوند.

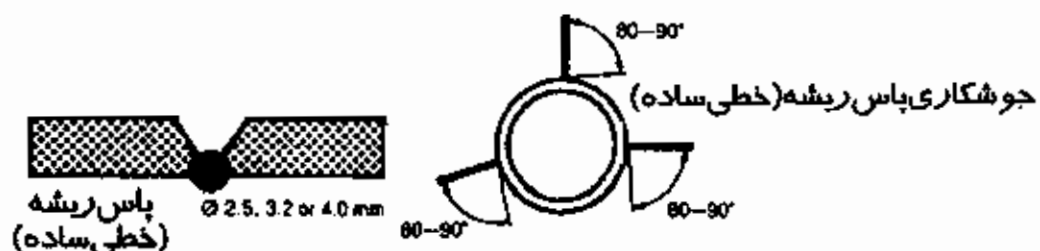
برای لوله با قطر بیشتر از ۲۰۰ میلیمتر (۸ اینچ)، عموماً از دو جوشکار بطور همزمان در طرفهای مقابل استفاده می شود. برای لوله های بزرگتر حتی سه یا چهار جوشکار ممکن است بطور همزمان لازم باشد تا پیچیدگی را کاهش دهد و بتواند فاصله دو لبه را دور تا دور لوله بطور یکنواخت نگهدارد.

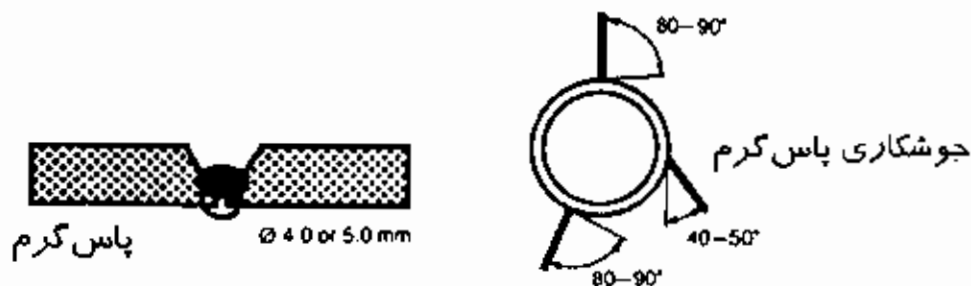
سه یا چهار جوشکار برای اجرای پاس ریشه لوله با قطر از ۷۰۰ میلیمتر (۲۸ اینچ) به بالا یا در زمینهای ناجور بکار گرفته می شود.

برای این قسمت مهم جوش که نیاز به نفوذ کامل دارد، قطر الکتروود، سرعت حرکت و آمپراژ بایستی متناسب با قطر و ضخامت دیواره لوله انتخاب گردد. برای لوله با قطر تا حدود ۲۵۰ میلیمتر (10^3) و ضخامت دیواره ۸ میلیمتر، الکتروود به قطر ۳/۲ میلیمتر و برای لوله های بزرگتر، الکتروود به قطر ۴ میلیمتر توصیه می شود. جوشکاری بصورت عمودی سرازیر انجام می شود، الکتروود طوری نگهداشته می شود که تماس خوب با سطوح پخ زده شده داشته باشد. دستورالعمل توصیه شده، الکتروود منفی است.

محدوده شدت جریان (آمپر)	قطر الکتروود (میلیمتر)
۸۰ تا ۵۰	۲/۵
۱۰۰ تا ۸۰	۳/۲
۱۵۰ تا ۱۲۰	۴

گیره همترازی بایستی موقعی رها شود که پاس ریشه در سرتاسر محیط لوله کامل شده باشد و برای لوله های بزرگتر، گیره همترازی پس از تکمیل جوشکاری پاس گرم آزاد می گردد. هنگام جوشکاری پاس ریشه، لوله ها تکان داده نشود تا از ریسک تشکیل ترک، پرهیز شود.





۲-۲- پاس گرم

قدری سنگ زنی سطح پاس خطی با سیمهای برس برقی از آخال سرباره جانبی (که در فیلم رادیوگرافی بصورت خطوط سرباره یا *WAGGON TRACKS* نشان داده میشوند) جلوگیری می کند. برای جوشکاری پاس گرم، الکتروود تقریباً عمودی نگهداشته می شود. آمپراژ زیاد با الکتروود متصل به قطب مثبت مورد استفاده قرار می گیرد. اندازه الکتروودی که معمولاً مورد استفاده قرار می گیرد عبارتند از:

۴ میلیمتر با ۱۵۰ تا ۱۸۰ آمپر یا

۵ میلیمتر با ۱۷۰ تا ۲۱۰ آمپر

شدت جریان بالا موجب نفوذ عمیق می گردد که هر نوع آخال سرباره باقیمانده را به سطح شناور می سازد و از آنیل شدن سرتاسری پاس ریشه، اطمینان می دهد.

پاس گرم بایستی بلافاصله پس از تکمیل جوشکاری پاس خطی شروع شود و در هیچ موردی بیش از ۱۰ دقیقه وقفه نیفتد. این موضوع برای گریدهای لوله با مقاومت زیاد، حائز اهمیت فراوانی است تا از ترک زیرمهره ای در فلز مبنا جلوگیری شود.

۳-۳- پاسهای پرکنی

اگر الکتروود قدری حرکت دایره ای یا پله ای داشته باشد، خصوصاً در ساعت ۱۲ تا ۲، ۱۲ تا ۱۰، ۴ تا ۶ و ۸ تا ۶، در آن صورت جوش بقدر کافی تخت و بدون بریدگی کناره و آخال سرباره خواهد شد. بعد از جوشکاری هر پاس برای پاک کردن سرباره از برس برقی کاسه ای استفاده می شود.

انتخاب قطر الکتروود به قطر و ضخامت دیواره لوله بستگی دارد.

اندازه الکتروود و شدت جریان توصیه شده برای پاسهای پرکنی با الکتروود متصل

به قطب مثبت، بشرح زیر است:

قطر ۴ میلیمتر	۱۲۰ تا ۱۵۰ آمپر
قطر ۵ میلیمتر	۱۶۰ تا ۲۱۰ آمپر
قطر ۵/۵ میلیمتر	۲۰۰ تا ۲۶۰ آمپر

جوشکاری عمودی سرازیر برای وضعیت های مختلف جوشکاری، جوشهای با ضخامت مختلف می دهد. بنابراین، قبل از جوشکاری پاس نهائی بایستی با استفاده از پاسهای نواری (STRIPPER PASSES) آن قسمت هائی از محیط لوله که لاغرتر هستند، تصحیح شوند.

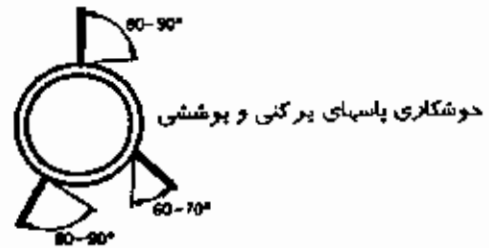
پاسهای نواری در وضعیت های ساعت ۲ تا ۴ و ساعت ۱۰ تا ۸ با سرعت نسبتاً زیاد انجام می شود.

۳-۳ پاس پوششی یا پاس آخر

پاس پوششی با قدری نوسان الکتروود انجام می شود. جوش لبه های شیار را بیش از ۱/۵ میلیمتر نبوشاند. اگر پاس آخر درست انجام شود، گرده جوش یک تا دو میلیمتر خواهد شد.

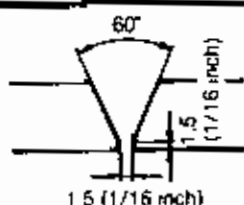
برای این پاس، الکتروود معمولاً به قطر ۵ میلیمتر با آمپر قدری کمتر از پاسهای پرکنی (۱۵۰ تا ۲۰۰ آمپر) خواهد بود تا از تخلخل اجتناب شود.

در پاس آخر، تخلخل بیشتر بخاطر زیاد گرم شدن جوش یا نوسان اضافی می باشد.



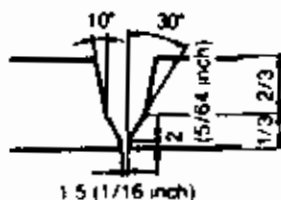
۵-۳- مصرف الکتروود روپوش سلولزی

مصرف الکتروود روپوش سلولزی برحسب کیلوگرم بر متر طول درز جوش، برای خوشکاری عمودی سرازیر با الکترودهای به طول ۳۵۰ میلیمتر با احتساب دور ریز ته الکتروود بمیزان ۷۰ میلیمتر بشرح زیر است:



ضخامت دیواره		مصرف الکتروود، کیلوگرم		
in.	mm	ø 4 mm 5/32 in.	5.5 یا 5.0 mm 7/32 in. یا 3/16	کل
13/16	20.63	0.45	2.60	3.05
7/8	22.22	0.45	3.05	3.50
15/16	23.81	0.45	3.55	4.00
1	25.40	0.45	4.05	4.50

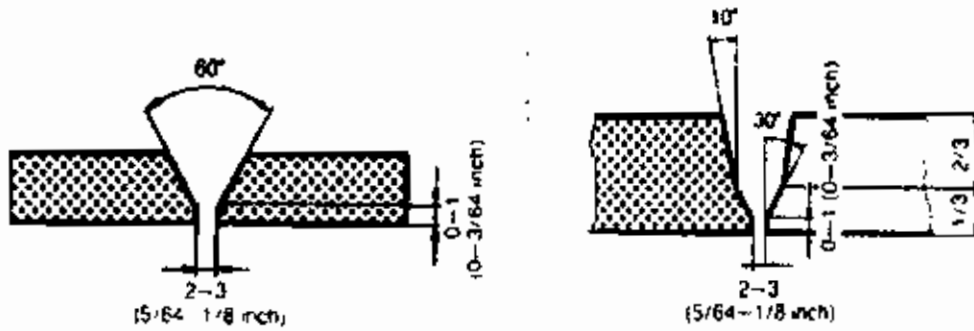
۱ کیلوگرم = ۲/۲۰۵ بود



ضخامت دیواره		مصرف الکتروود، کیلوگرم			
In.	mm	ø 3.2 mm 1/8 in.	ø 4 mm 5/32 in.	5.5 یا 5.0 mm 7/32 in. یا 3/16	کل
11/64	4.36	0.35			0.35
13/64	5.16	0.45			0.45
1/4	6.35	0.25	0.37		0.62
5/16	7.93		0.45	0.50	0.95
3/8	9.52		0.45	0.80	1.25
1/2	12.70		0.45	1.50	1.95
5/8	15.88		0.45	2.50	2.95
11/16	17.46		0.45	3.05	3.50
3/4	19.04		0.45	3.65	4.10
13/16	20.63		0.45	4.25	4.70
7/8	22.22		0.45	4.95	5.40
15/16	23.81		0.45	5.75	6.20
1	25.40		0.45	6.45	6.90

بخش ۲ - دستورالعمل جوشکاری با الکتروود روپوش قلیائی بصورت عمودی سرازیر

۴-۱ - آماده سازی توصیه شده برای لبه لوله

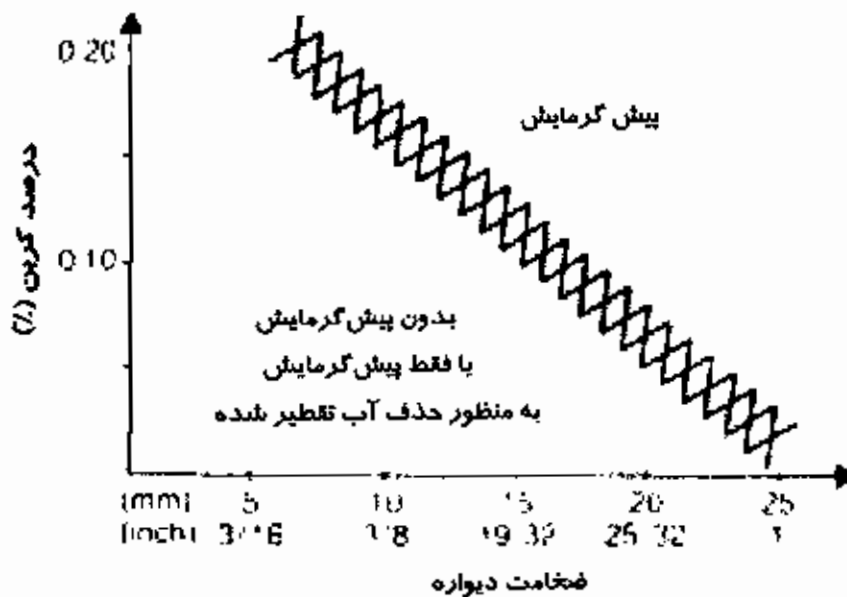


ضخامت دیواره کوچکتر یا مساوی ۲۰ میلیمتر

ضخامت دیواره بزرگتر از ۲۰ میلیمتر

۴-۲ - پیش گرمایش

در جوشکاری با الکتروود روپوش قلیائی با محتوای هیدروژن کم خطر ترک خوردن ناشی از هیدروژن کمتر است (نسبت به الکترودهای روپوش سلولزی). معیاد پیش گرمایش با درجه حرارت ۱۰۰ درجه سانتیگراد، خصوصاً برای جوشکاری لوله جدار ضخیم فولادهای مستعد به سخت شدن، توصیه می شود. شرح مواردی که پیش گرمایش برای آنها توصیه می شود، در نمودار درج شده است.



بستگی پیش گرمایش به ضخامت دیواره و معادل کربن

۲۳ - ۱ - درجه حرارت بین پاسی

درجه حرارت بین پاسی بر فرایند متالورژیکی که حین انجماد و سرد شدن جوش به وقوع می پیوندد تاثیر دارد و بنابراین تا حد معینی بر خواص مکانیکی فلز جوش اثر می گذارد.

بنابراین بطور کلی توصیه می شود که درجه حرارت بین پاسی تقریباً ۷۰ تا ۱۳۰ درجه سانتیگراد سراسر زمان جوشکاری حفظ شود.

۲۴ - ۱ - ماشین های جوشکاری

برای جوشکاری سر جوش لوله در احداث خط لوله، جوش سرازیر الکتروود روپوش قلیائی فقط با جریان مستقیم و الکتروود مثبت انجام میشود.

تحریر عملی نشان داده است که ماشین های جوشکاری مورد استفاده برای جوشکاری با الکتروودهای روپوش سلولزی برای جوشکاری با الکتروود روپوش قلیائی به روش عمودی سرازیر نیز مناسب هستند. ماشین های جوشکاری بایستی مشخصات افت کننده و ولتاژ مدار باز بالا داشته باشند.

نسخه ۵ - تکنیک جوشکاری با الکترودهی روبرو ملدانی

۵ - پاس خطی یا پاس ریشه

اگر جوشکاری پاس ریشه با الکترودهی روبرو ملدانی مجاز نباشد، در آن صورت می‌توان با الکترودهی E8018-G پاس یک تمام لوله‌های خط لوله را جوشکاری نمود.

برای کاهش پیچیدگی و حفظ فاصله دو لبه بصورت یکنواخت، لازم است دو یا چند جوشکار بطور همزمان جوشکاری نمایند.

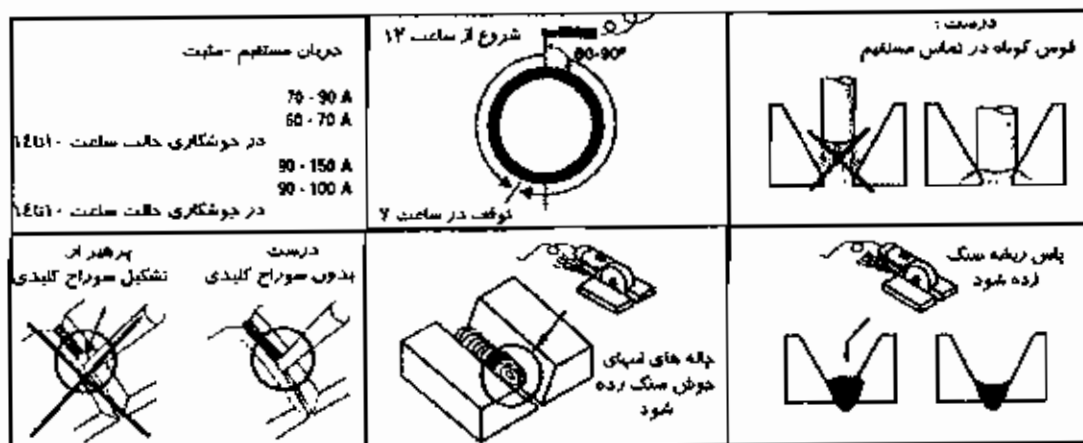
قطر الکترودهی توصیه شده ۲/۵ میلیمتر یا در صورت لوله‌های با قطر زیاد و ضخیم ۳/۲ میلیمتر است. تماس مستقیم با رویه‌های پخ حفظ شود. سنگ زنی چاله انتها ضروری است.

برای پرهیز از تغییر در ویسکوزیته سرباره و کنترل عالی سرباره، رویه‌های شیار بایستی بدون پلیسه و زنگ باشد.

برای جلوگیری از تخلخل بایستی از تشکیل سوراخ کلیدی حین جوشکاری پرهیز شود. شدت جریان زیاد می‌تواند موجب این مسئله شود.

هیچوقت پاس ریشه از هر دو طرف در وضعیت ساعت ۶ ختم نشود.

خاتمه پاس ریشه از هر دو طرف بایستی حدود وضعیت ساعت ۷ باشد. توصیه می‌شود طول قوس کوتاه نگهداشته شود. سرباره از روی هر پاس با سنگ زنی، تمیز شود.



۵ - پاسهای پرکنی

این پاس ها بسته به ضخامت قطعه با الکترودهی به قطر ۳/۲، ۴ و ۴/۵ میلیمتر انجام می‌شود. قطر ۴ میلیمتر ترجیح دارد.

قطر ۳/۲ میلیمتر	۱۱۰ تا ۱۶۰ آمپر
قطر ۴ میلیمتر	۱۸۰ تا ۲۱۰ آمپر
قطر ۴/۵ میلیمتر	۲۰۰ تا ۲۴۰ آمپر

شدت جریان بالا از نفوذ کافی و اقتصاد رضایتبخش فرایند مطمئن می‌سازد. از جوشکاری بدون نوسان دست پرهیز شود، چون ممکن است موجب حرکت حوضچه سریعتر از الکتروود شود، برای زمان قابل ملاحظه‌ای قوس را اتصال کوتاه نماید و موجب چسپیدن الکتروود گردد. این یک اثر منفی روی فرایند اکسیژن زدائی می‌گذارد و تخلخل را زیاد می‌کند. جوشکاران با تجربه می‌دانند که عرض نوسان جقدر باشد و سرعت حرکت را انتخاب می‌کنند، همچنین جاری شدن سرباره را بحساب می‌آورند. در وضعیت سقفی، عرض نوسان دست محدود می‌شود.

برای جوشکاری لوله جدار ضخیم رسوب دادن ۲ تا ۳ پاس پهلوی به پهلوی توصیه می‌شود، تمام سرباره‌ها قبل از اعمال جوش جدید برطرف گردد. اگر باقی ماندن سرباره بوسیله جوش جدید پوشانده شود، خصوصاً در وضعیت ساعت ۳، تمام حوضچه سرباره جاری خواهد شد بجلوی قوس حتی المقدور کوتاه نگهداشته شود.

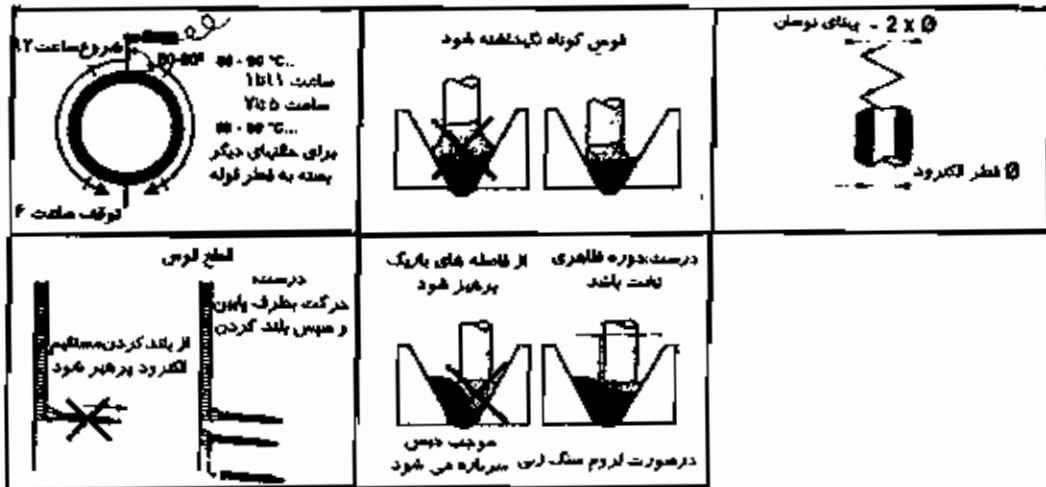
برای اجتناب از شکست از سختی توصیه می‌شود که پاس پرکن آخری بایستی با لوله همسطح باشد بطوریکه لبه‌های آماده سازی اتصال ذوب گردند. این برای اطمینان از آنکه پاس رو وقتی رسوب داده می‌شود، منطقه تاثیر حرارت را تمپر نماید.

۴-۵ - پاس رو

پاس رو با قدری حرکت نوسانی جوش داده می‌شود، حداکثر دامنه نوسان دست دو برابر قطر الکتروود در نظر گرفته می‌شود.

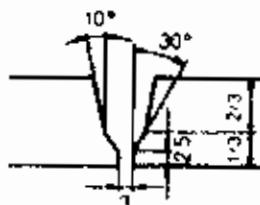
شدت جریان توصیه شده عبارتست از:

قطر ۳/۲ میلیمتر	۱۱۰ تا ۱۶۰ آمپر
قطر ۴ میلیمتر	۱۸۰ تا ۲۱۰ آمپر



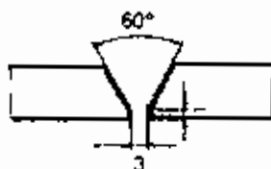
۵-۲- مصرف الکتروود روپوش قلیانی

مصرف الکتروود برحسب کیلوگرم برمتر طول جوش برای خوشکاری عمودی سرازیر با الکتروود روپوشدار به طول ۳۵۰ میلیمتر با احتساب دور ریز ته الکتروود بمیزان ۳۰ میلیمتر بشرح زیر است :



ضخامت دیواره		مصرف الکتروود، کیلوگرم		
in.	mm	ø 3.2 mm 1/8 in.	4 mm ø 5/32 in.	کل
13/16	20.63	0.20	2.60	2.80
7/8	22.22	0.20	3.00	3.20
15/16	23.81	0.20	3.40	3.60
1	25.40	0.20	3.90	4.10

۱ کیلوگرم - ۲:۲۰۵ پوند

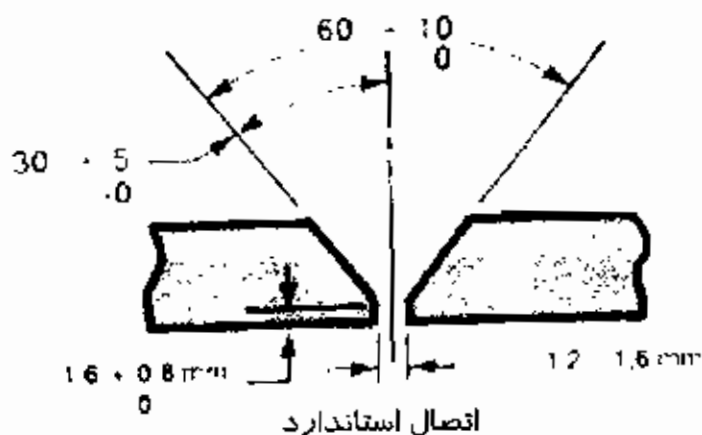
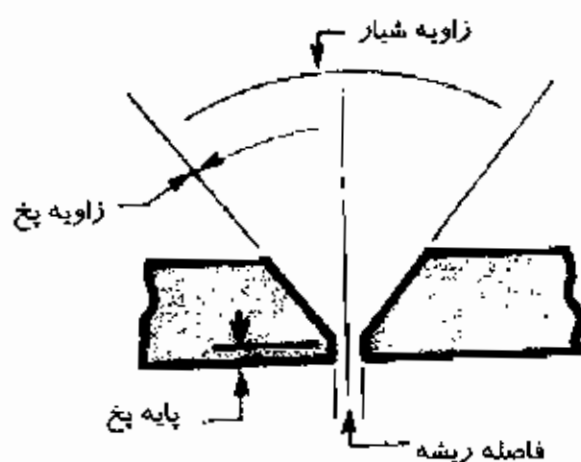


ضخامت دیواره		مصرف الکتروود، کیلوگرم			
in.	mm	ø 2.5 mm 3/32 in.	ø 3.2 mm 1/8 in.	ø 4 mm 5/32 in.	کل
11/64	4.36	0.30			0.30
13/64	5.16	0.20	0.20		0.40
1/4	6.35	0.20	0.35		0.55
5/16	7.93	0.20	0.65		0.85
3/8	9.52		0.20	0.90	1.10
1/2	12.70		0.20	1.55	1.75
5/8	15.88		0.20	2.45	2.65
11/16	17.46		0.20	2.95	3.15
3/4	19.04		0.20	3.50	3.70
13/16	20.63		0.20	4.00	4.20
7/8	22.22		0.20	4.75	4.95
15/16	23.81		0.20	5.40	5.60
1	25.40		0.20	6.00	6.20

۲-۱ - آزمون جوشکاری لوله در حالت عمودی سرازیر با الکترودهای سلولزی

۲-۱-۱ - آماده سازی و خال جوش زنی

هدف از این بحث پیشنهاد دستورالعمل آماده سازی و خال جوش زنی برای ساخت یک اتصال استاندارد روی مقاطع لوله فولاد کربنی، بمنظور تهیه نمونه تایید دستورالعمل جوشکاری یا آموزش و آزمون جوشکار است. توجه شود که برای تایید صلاحیت دستورالعمل جوشکاری، EN288-9 لازم دارد که آزمایشات روی تکه های کامل لوله انجام شود مگر آنکه بین طرفین قرارداد جور دیگری توافق شده باشد.



پلیسه ها و پره های ناشی از عملیات سنگ زنی برطرف شود.

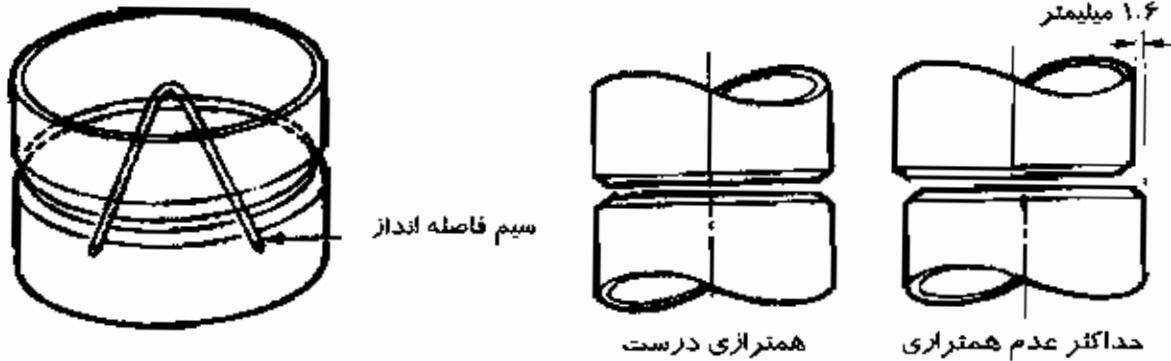
۲-۱-۲ - پارامترهای جوشکاری برای خال جوش زنی

الکتروود E6010 بقطر ۲/۵ میلیمتر، شدت جریان ۷۰ تا ۱۰۰ آمپر
الکتروود E6010 بقطر ۳/۲ میلیمتر، شدت جریان ۱۰۰ تا ۱۲۰ آمپر

۲۳ - ۶ - عملیات اجرایی

یک تکه لوله روی میز کار طوری قرار داده شود که طرف پخ زده آن بطرف

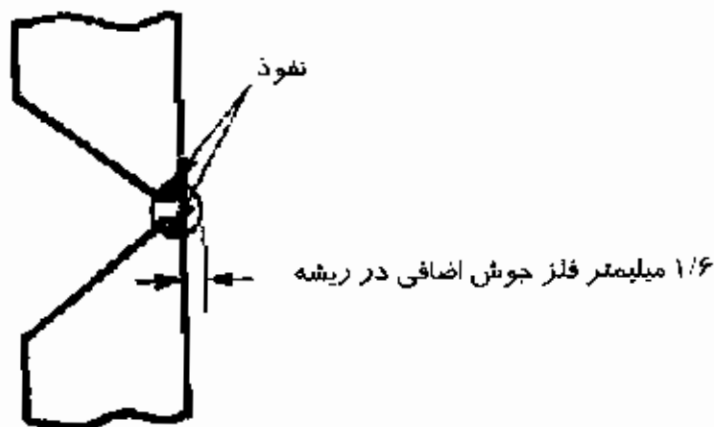
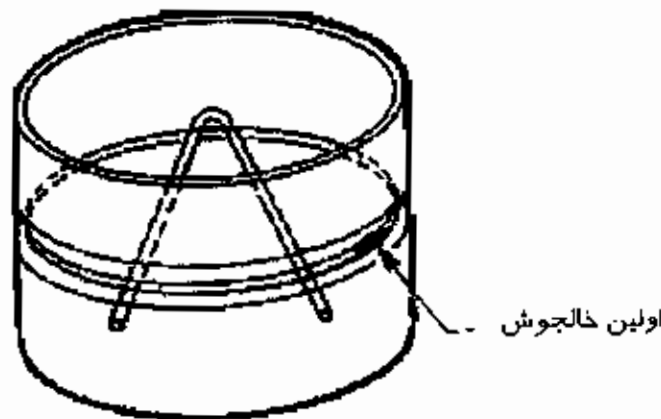
بالا باشد.



یک سیم بقطر $1/6$ میلیمتر خم شده و بعنوان فاصله انداز روی لبه فوقانی لوله مستقر روی میز کار قرار داده شود تکه لوله دیگر که پخ خورده روی لوله قبلی طوری قرار داده شود که قسمت پخ خورده بطرف پایین باشد. دو تکه لوله در یک امتداد تنظیم گردد.

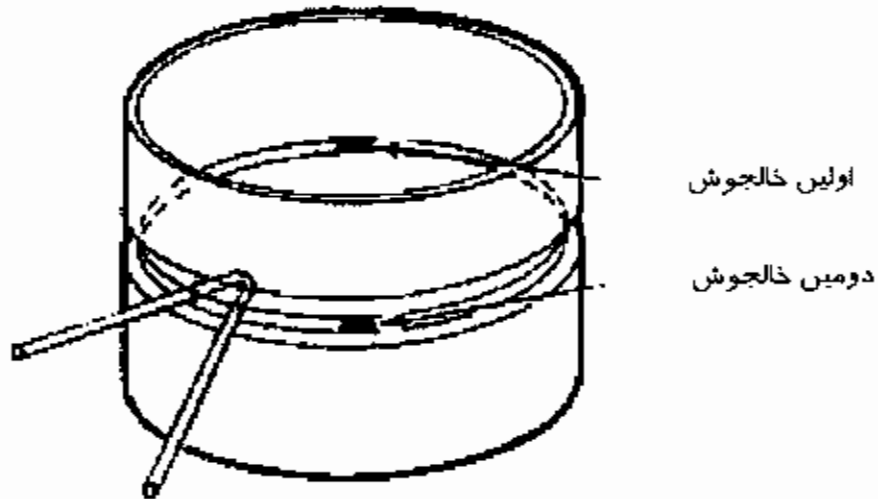
مطابق کد *API* عدم همتراری نبایستی از $1/6$ میلیمتر بیشتر باشد.

در این نقطه عمل خالچوش زنی، با انجام جوش بطول ۱۲ تا ۲۲ میلیمتر شروع شود.

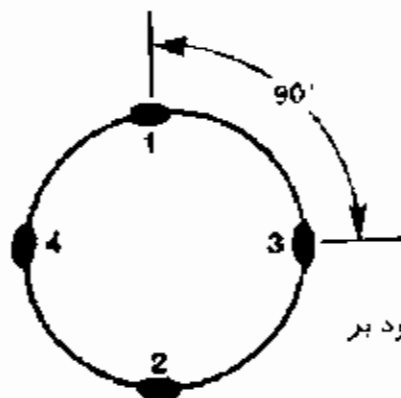
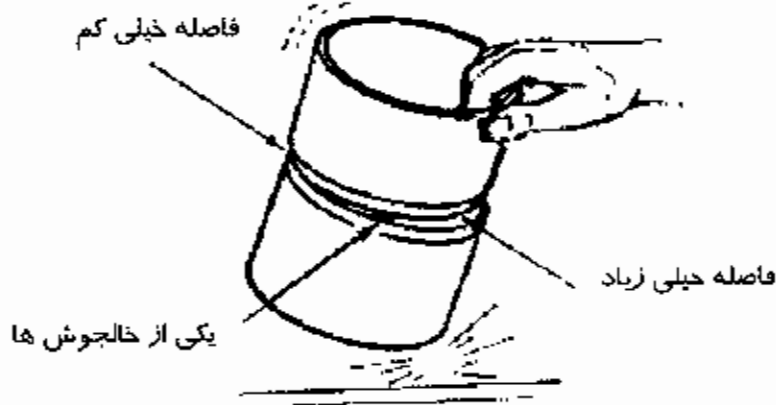


خالجوش بایستی در ریشه نفوذ کند و برجستگی داخلی $1/6$ میلیمتری داشته باشد و هر دو لبه را ذوب کند.

سیم فاصله انداز در جای دیگر قرار داده شود و خالجوش دوم انجام گیرد.



سیم فاصله انداز برداشته شود. اگر فاصله لبه ها در ریشه غیریکنواخت است، خالجوش سوم روی بیشترین فاصله زده شود. بطوری که جوش انقباض پیدا کرده لبه ها را نزدیک نماید. اگر فاصله بین لبه های طرف بیشترین فاصله خیلی زیاد است که نمیشود خالجوش زد، اول با فشار دادن لوله، فاصله تنظیم و سپس خالجوش زده شود.



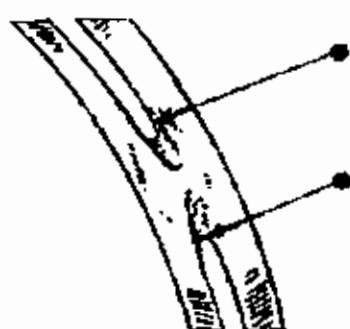
خالجوش سوم و چهارم عمود بر اولی و دومی زده شود.

سطح بیرونی خال‌جوش‌ها طوری سنگ زده شود که ضخامت آنها حدود ۱/۶ میلی‌متر شود، تا شروع اولین پاس تسهیل گردد.

قسمتی که برداشته میشود



تقریباً ۱/۱۶ میلی‌متر



لبه های اتصال بین خال‌جوش و رویه ریشه بچ گرد شود

انتهای خال‌جوش وصل شود

برای بدست آوردن جوش با کیفیت، آماده سازی درست اتصال و خال‌جوش زنی دقیق ضروری است. خال‌جوش زنی خطا موجب عیوب جوش نهائی خواهد شد.

اتصال 5G

این نوع اتصال معمولاً روی لوله قطر ۸ اینچ و بزرگتر انجام می شود.

۴- پارامترهای جوشکاری

الکتروود E6010، قطر ۴ میلی‌متر، جریان مستقیم، قطب مثبت، شدت جریان ۱۲۰ تا ۱۶۰ آمپر (پاس ریشه)

الکتروود E7010-G، قطر ۴ میلی‌متر، جریان مستقیم، قطب مثبت، شدت جریان ۱۵۰ تا ۱۶۰ آمپر (پاس گرم)

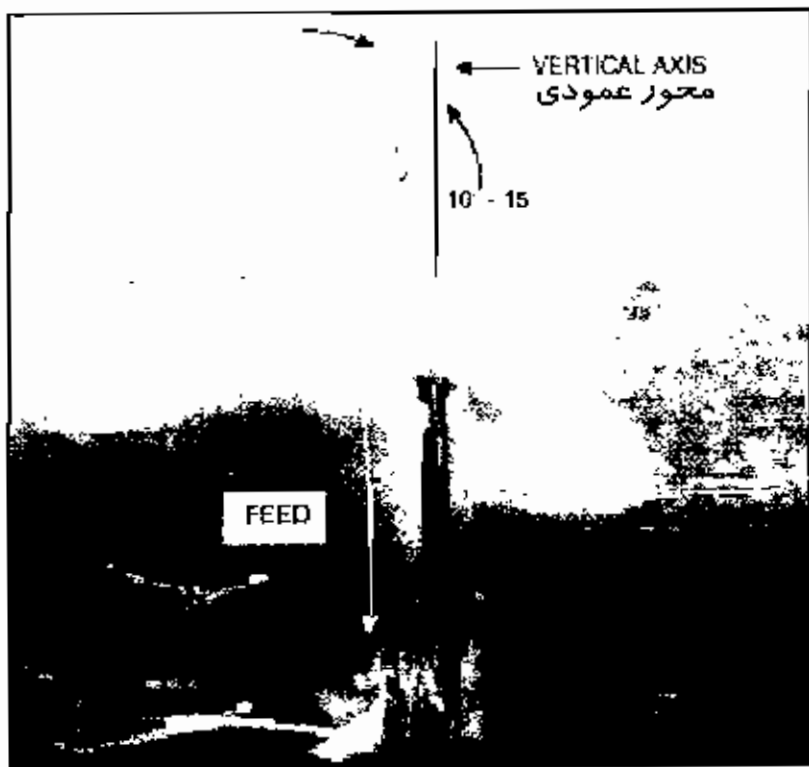
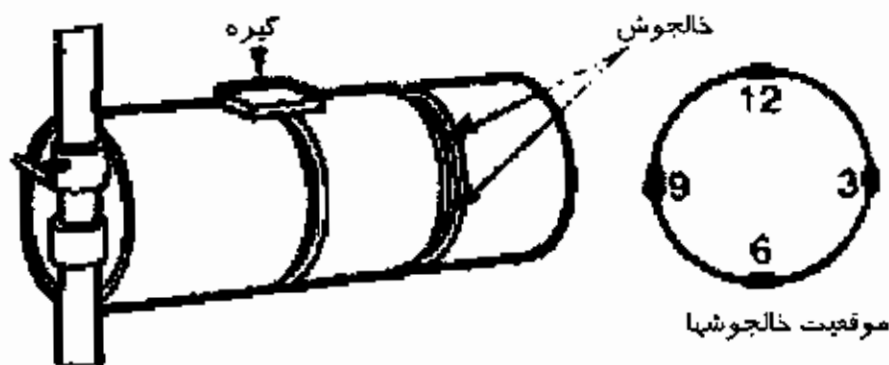
الکتروود E7010-G، قطر ۵ میلی‌متر، جریان مستقیم، قطب مثبت، شدت جریان ۱۵۰ تا ۱۶۰ آمپر (پاسهای پرکنی و پاس رو)

یا بطور جایگزین، مطابق نوع فولاد پایه مورد جوشکاری، E8010-G یا E9010-G استفاده شود.

مهم است که ژنراتور، ولتاژ مدار باز ۷۰ ولت داشته باشد.

۵-۲ - عملیات اجرایی

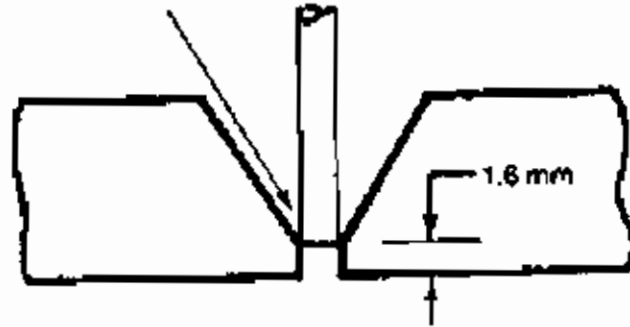
بعد از انجام آماده سازی و خالجوش زنی، با استفاده از لقمه ها یا گیره ها دو لوله در حالت افقی خوابانیده شود و در ساعت های ۳، ۶، ۹ و ۱۲ خالجوش زده شود. خالجوش با کمترین فاصله بین دولبه در ساعت ۱۲ قرار داده شود.



باس خطی ریشه با الکتروود بقطر ۴ میلیمتر جوش داده شود، شدت جریان ۱۲۰ تا ۱۶۰ آمپر تنظیم گردد.

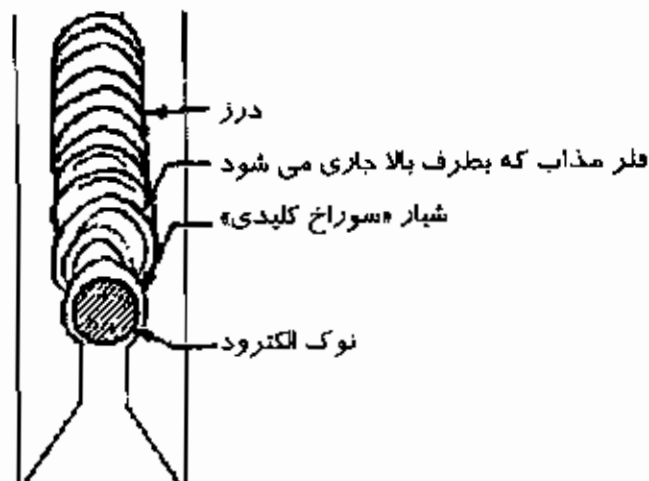
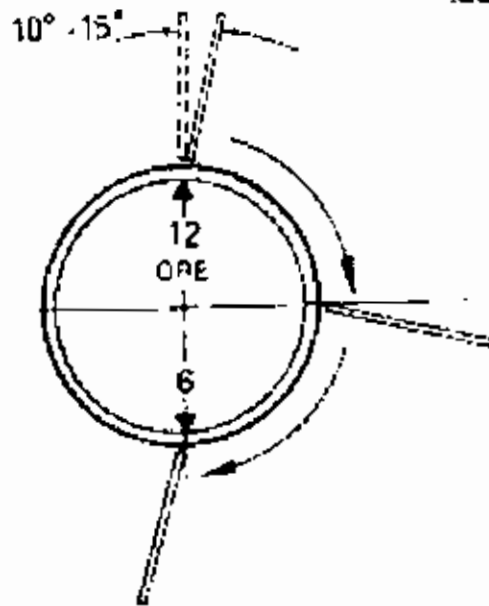
جوشکاری از ساعت ۱۲، با گرفتن الکتروود بصورت نیمساز شیار ولی ۱۰ تا ۱۵ درجه خارج از وضعیت عمودی شروع شود.

الکتروود داخل اتصال حول داده شود

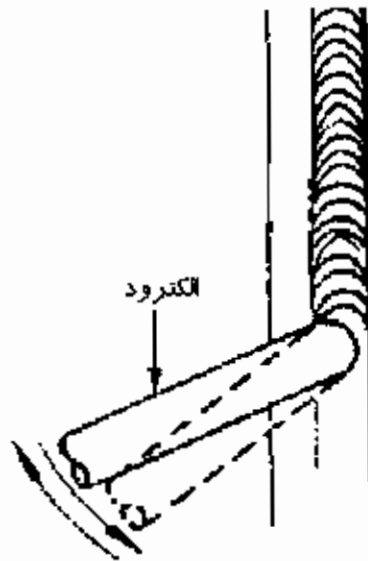


محور عمودی

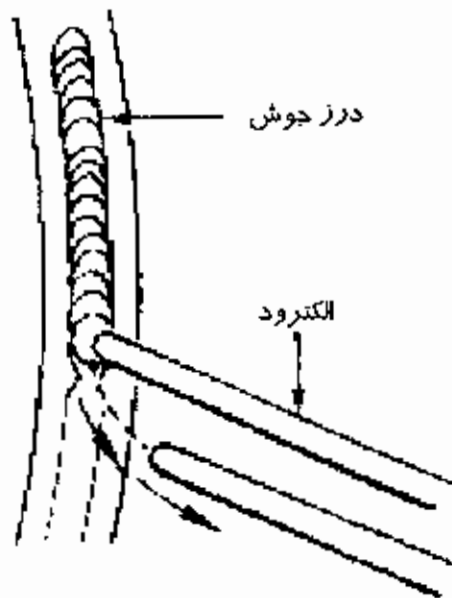
فوس در ریشه اتصال شروع شود (هرگز از لبه خال جوش بطرف سطح خارج لوله شروع نشود)، الکتروود بداخل اتصال بصورت منظم فشرده شود. برای بررسی بهتر حوضچه جوش، ممکن است زاویه از ۱۰ تا ۱۵ درجه به ۰ تا ۳۰ درجه تغییر داده شود. از روش کشیدن الکتروود استفاده گردد و الکتروود در نه اتصال نگهداشته شود. یک شیار «سوراخ کلیدی» که نوک الکتروود را در حرکتش دنبال می کند، تشکیل میگردد.



اگر مک تشکیل می شود، قدری الکتروود از یکطرف به طرف دیگر مطابق شکل نوسان داده شود.

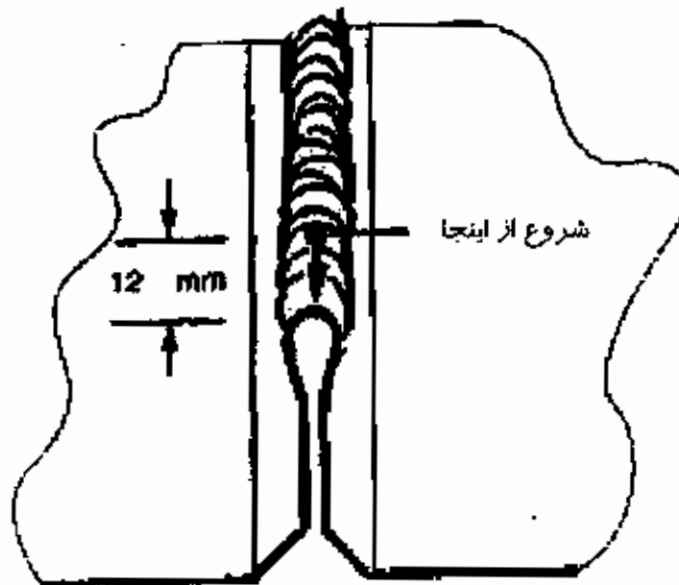


اگر قبل از خاتمه پاس، قطع قوس ضروری باشد، نوک الکتروود بایستی با سرعت بطرف پایین کشیده شود.



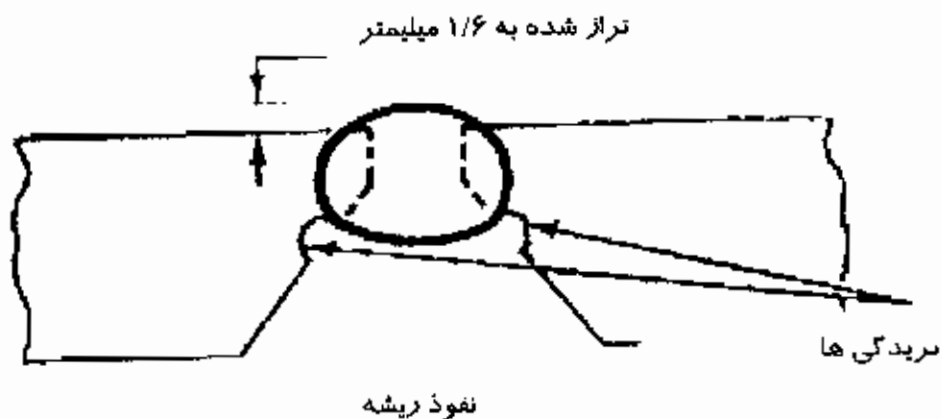
این کار از آخال سرباره در حوضچه جوش جلوگیری می کند. سرباره از چاله و از ۵۰ میلیمتر آخر جوش پاک شود. شروع مجدد بایستی از حدود ۱۲ میلیمتر قبل از چاله انجام شود و بطرف چاله با طول قوس قدری بیشتر از نرمال حرکت داده شود.

سپس الکتروود بطرف نُه اتصال حول داده شود تا چاله پر شود و جوشکاری به روش نرمال ادامه پیدا کند.



دستورالعمل شروع مجدد

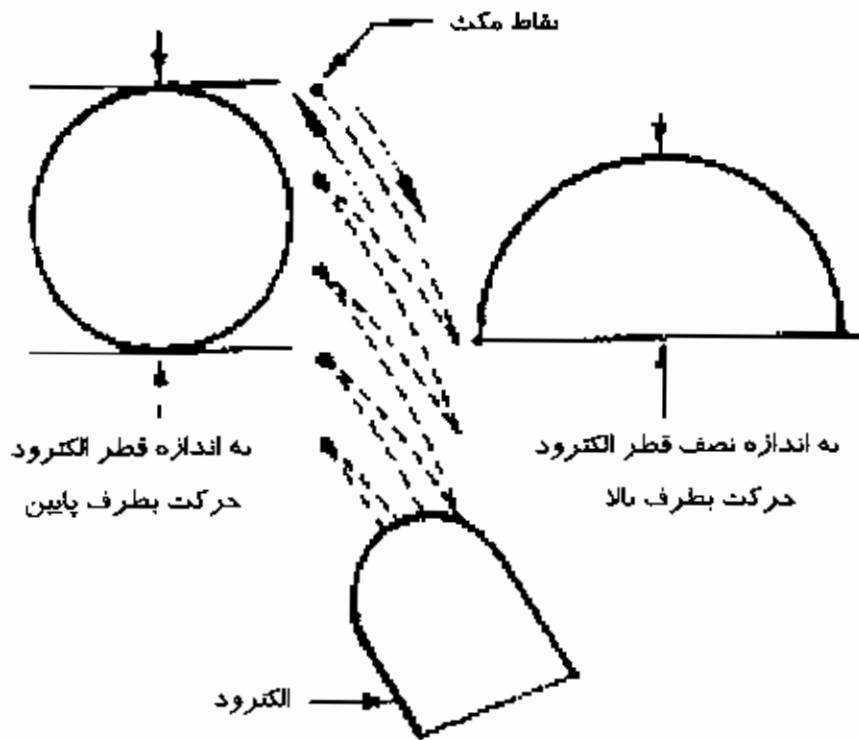
پاس تمام شده بایستی گرده جوش ب ضخامت $1/6$ میلیمتر در ریشه داشته باشد.



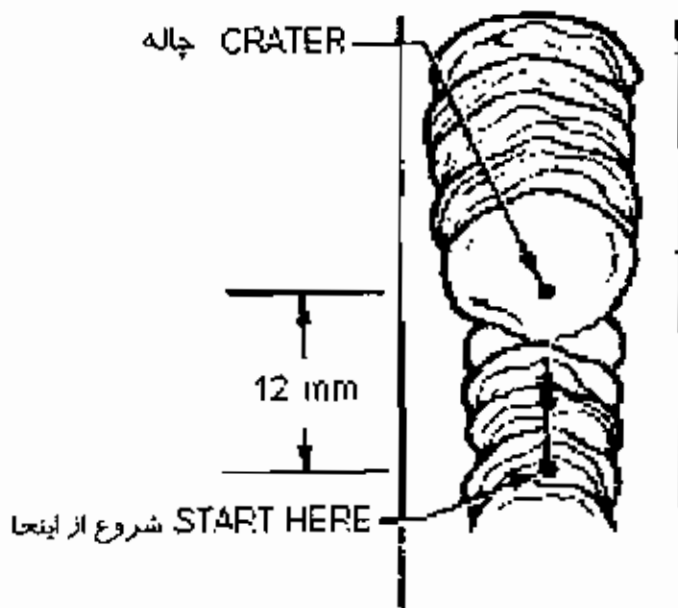
وقتی اولین بصفه پاس ته تمام شد، سرباره برداشته شود سپس فرآیند روی نصفه دوم اتصال تکرار گردد.

برای پاس گرم مطابق کلاس فولاد مورد جوشکاری از الکتروودهای $E7010-G$ ، $E8010-G$ یا $E9010-G$ بقطر 4 میلیمتر استفاده شود.

شروع از ساعت 12 ، با همان زاویه که قبلاً گفته شد، بطرف ساعت 6 با حرکت بالا و پایین، حوضچه حوش کنترل شود. حرکت بطرف جلو به اندازه قطر الکتروود و برای برگشت به اندازه نصف قطر الکتروود ترتیب داده شود. در این نقطه قدری صبر شود تا اینکه چاله قبل از حرکت به جلو پر شود.



طول قوس به اندازه قطر الکترود تنظیم شود. ضمن حرکت، طول قوس افزایش پیدا نکند. اگر قوس قبل از کامل شدن پاس قطع شد، سرباره از روی چاله پاک شود، قوس از ۱۲ میلیمتر جلوتر مجدداً از روی پاس یک شروع شود و به طرف چاله انتهای حوش حرکت نماید.



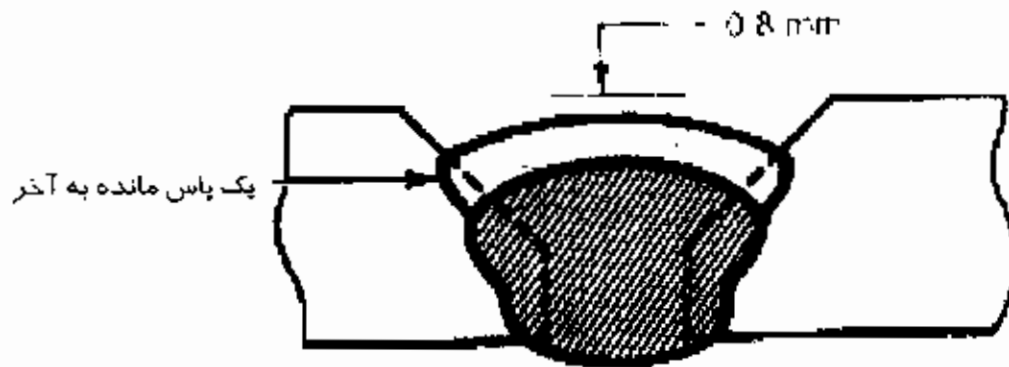
اطمینان حاصل شود که چاله پر گردیده است، سپس مطابق روال گفته شده قبلی جوشکاری ادامه یابد. جوشکاری نیمه دوم پاس نیز با همان دستورالعمل انجام گیرد.

بایستی یادآوری شود که فن «کشیدن» که با آن پاس ریشه جوش داده شد، موجب ذوب ناقص و آخال سرباره در لبه های درز می گردد.

بخاطر شدت جریان زیاد بکار رفته، پاس دوم با «پاس گرم» فلز زیادی به اتصال انتقال نمی دهد، ولی حرارت زیاد ترش، سرباره را آزاد می کند و ذوب بین لبه های جوش و فلز مینا را کامل می کند.

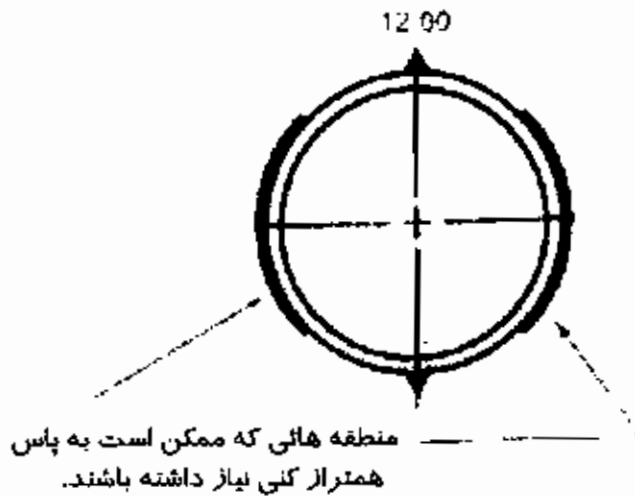
برای انجام پاس پرکنی (پاس سوم)، وضعیت شروع و زاویه کشیدن الکتروود همان است که برای پاسهای ریشه و گرم بیان شده است، ولی الکتروود بقطر ۵ میلیمتر با شدت جریان ۱۵۰ تا ۱۸۰ آمپر بایستی استفاده شود. حرکت نوسانی بکار گرفته شود، طول قوس مساوی قطر الکتروود حفظ گردد. با نشانه گرفتن نوک الکتروود روی لبه های پاس قبلی مکث شود. از یک لبه بطرف لبه مقابل با پایین آمدن به اندازه نصف قطر الکتروود حرکت داده شود.

اگر شروع مجدد قوس ضروری است همان دستورالعمل بیان شده برای پاس دوم رعایت گردد. بعد از جوشکاری نیمه دوم پاس، سرباره بطور کامل پاک شود.



برای پر کردن اتصال تا ۰/۸ میلیمتری سطح خارجی لوله، ممکن است رسوب پاسهای اضافی روی کل محیط ضروری باشد.

این پاسها بایستی عموماً در لایه ضخامت ۱/۶ میلیمتری انجام شود. از همان تکنیک بیان شده برای پاسهای قبلی استفاده شود. اغلب، بعد از انجام همه این لایه ها، اتصال در منطقه فوقانی و تحتانی از دو منطقه جانبی لوله ضخیم تر میشود و قبل از جوش دادن پاس رو، پر کردن یکنواخت نواحی لاغرتر را ضروری می سازد. در این مورد لایه های همتراز گنی با همان تکنیک شرح داده شده قبلی جوش داده می شود.



فن بکار برده شده برای پاس رو همانند روش بکاربرده شده برای پاسهای
قبلی است. ولی با حرکت نوسانی بیشتر. با نشانه رفتن نوک الکتروود روی لبه های پاس
قبلی، قدری مکث شود.
نوسان بشکل Z یا نیم هلالی با طول قوس، سرعت حرکت و شیب الکتروود کافی
بکار برده شود.

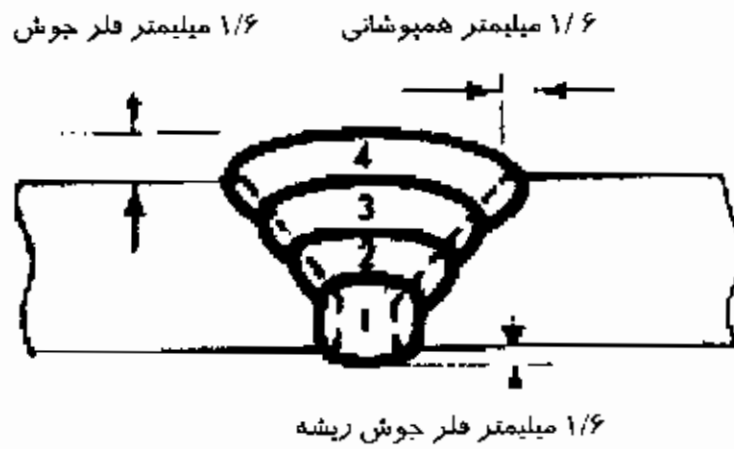


← Z - OSCILLATION
نوسان بشکل Z



HALF-MOON
OSCILLATION →
نوسان نیم هلالی

سرعت حرکت طوری باشد که گرده جوش 0.8 تا $1/6$ میلیمتر بدست آید و حدود $1/6$ میلیمتر روی لبه های شیار پوشش داده شود.



معيار پذيرش در بازرسي چشمي

طبق استاندارد API بايستي از نمونه جوش داده شده بازرسي چشمي بعمل آيد و نمونه جوش مورد ارزيابي قرار گيرد. بعد از انجام آماده سازي و الجوش زني ، قطعات ابتدا با شماره شناسائي علامتگذاري مي شود سپس در حالت 6G با دستورالعمل ارائه شده جوش داده مي شود. پس از اتمام جوش، تجزيه و تحليل چشمي روي جوش انجام مي شود

معيار پذيرش بازرسي چشمي بشرح زير است:

- ترک : جوش نبايستي ترک داشته باشد.
- نفوذ: ريشه اتصال بايستي نفوذ کامل نشان دهد.
- ذوب: ذوب بين فلز مينا و فلز پرکننده بايستي کامل بنظر برسد.
- آخال سرباره : آخال سرباره در منطقه ذوب شده نبايستي بيش از ۳/۲ ميليمتر براي هر ۱۵۲ ميليمتر جوش باشد.
- تخلخل : تخلخل نبايستي از ۱/۶ ميليمتر بزرگتر باشد ر نبايستي طول کل تخلخل از ۳/۲ ميليمتر در هر ۶/۵ سانتيمتر مربع سطح جوش بيشتر باشد.
- بریدگی کناره: عرض بریدگی کناره نبايستي از عرض ۰/۸ ميليمتر، عمق ۰/۸ ميليمتر بيشتر باشد و طول کل بریدگی کناره نبايستي از ۵۰/۸ ميليمتر در هر ۱۵۲ ميليمتر طول جوش و يا ۵ درصد ضخامت ديواره لوله اگر جوش کوتاهتر است، بيشتر باشد.
- گرده جوش: گرده جوش از طرف بيرون و از طرف ريشه نبايستي از ابعاد داده شده بيشتر باشد. گرده بايستي با سطوح فلز مسا بطور يکنواخت حور شده باشد و لبه‌هاي گرده بايستي بدون بریدگی کناره باشد.

جوشکاری در حالت 6G

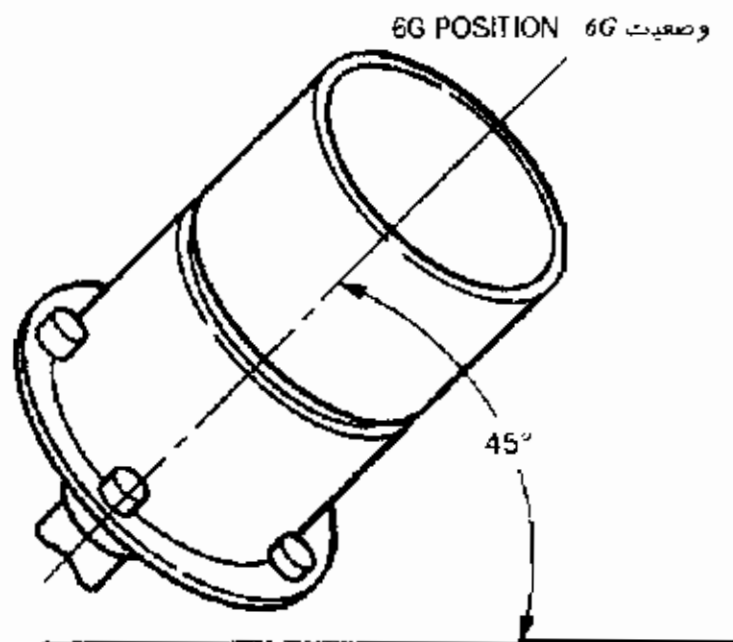
برای جوشکاری در حالت 6G ميتوان از لوله ۸ يانچ با ضخامت ۸/۲ ميليمتر استفاده نمود.

پارامترهاي جوشکاری

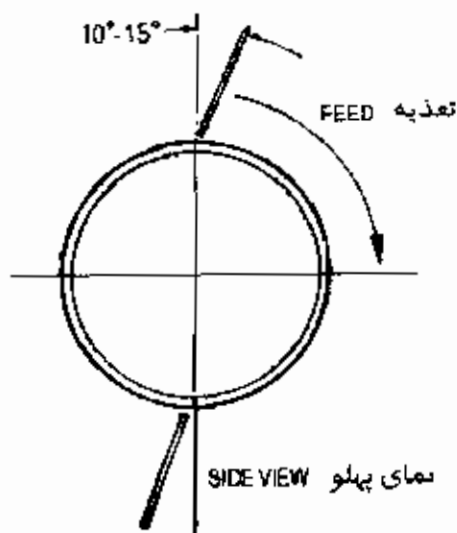
الکتروود E6010 بقطر ۲/۵ ميليمتر، شدت جريان ۷۰ تا ۱۰۰ آمپر.
الکتروود E6010 بقطر ۳/۲۵ ميليمتر، شدت جريان ۱۰۰ تا ۱۲۰ آمپر.
زيراتوز بايستي ولتاژ مدار باز ۷۰ ولت داشته باشد.

عملیات اجرایی

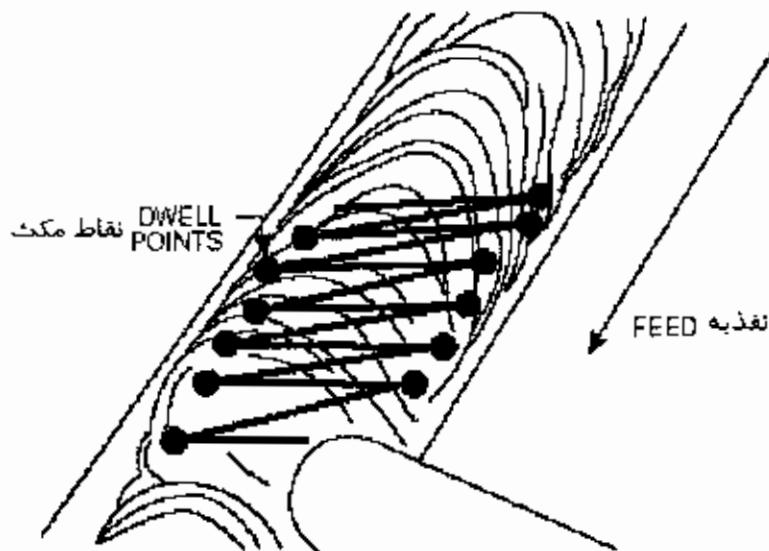
بعد از آماده سازی و خالجوش زنی، تکه لوله بصورت ۴۵ درجه نسبت به افق قرار داده شده و در ساعت‌های ۳، ۶، ۹ و ۱۲ خالجوش رده شود خالجوش مربوط به جایی که فاصله دولبه کمتر است در وضعیت ساعت ۱۲ قرار داده شود



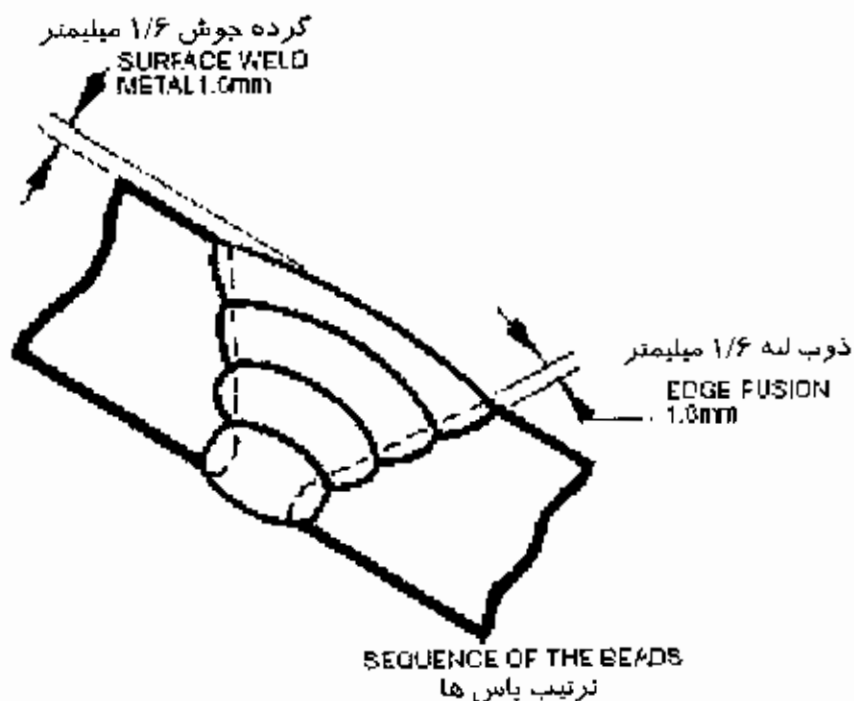
باهمان تکنیکی که قبلاً گفته شد پاس ریشه جوش داده شود. الکتروود موازی با سطح اتصال و با زاویه خواب ۱۰ تا ۱۵ درجه گرفته شود. اگر روپوش الکتروود بطور نامنظمی ذوب شود، نوک الکتروود از یکطرف به طرف دیگر قدری چرخانده شود. هر دو نیمه اتصال با همان تکنیک جوش داده شود. تئ پاس نایستی بیش از ۱/۶ میلیمتر به داخل لوله نفوذ کند.



برای پاس گرم الکتروود E6010 بطفر ۳/۲۵ میلیمتر استعاده شود. جوشکاری با همان زاویه الکتروود مشابه پاس ریشه از ساعت ۱۲ شروع شود. از حرکت مشابه نا پاس دوم حالت 5G استفاده شود. برای پاسهای پرکنی با زاویه ۸۰ تا ۹۰ درجه نسبت به محور لوله در طرفین درز جوش از ساعت ۱۲ جوشکاری شروع شود.



از ساعت ۱۲ به ساعت ۶ با حرکت نوسانی طولی شده جوشکاری انجام شود و بعد در صورت لزوم، پاسهای ترمیمی اجرا گردد.



مصروف الكتروود (سوئدی)

مصروف الكتروود بر حسب كیلوگرم برای خوشکاری عمودی سرازیر خط لوله

Pipe diameter mm	Wall thickness															
	6.3 mm (1/4")			9.5 mm (3/8")			12.5 mm (1/2")			18 mm (3/4")			19 mm (3/4")			
	Electrode bead and Ø			Electrode bead and Ø			Electrode bead and Ø			Electrode bead and Ø			Electrode bead and Ø			
beads	Fit 4 mm	Beveled 4 mm	Filling 5 mm	Kg Joint	Fit 4 mm	Beveled 4 mm	Filling 5 mm	Kg Joint	Fit 4 mm	Beveled 4 mm	Filling 5 mm	Kg Joint	Fit 4 mm	Beveled 4 mm	Filling 5 mm	Kg Joint
6	0.11	0.13	—	0.24	0.11	0.08	0.29	0.48	—	—	—	—	—	—	—	—
8	0.15	0.14	—	0.29	0.15	0.11	0.37	0.63	—	—	—	—	—	—	—	—
10	0.20	0.14	0.06	0.39	0.19	0.14	0.47	0.80	—	—	—	—	—	—	—	—
12	0.24	0.17	0.08	0.49	0.23	0.16	0.58	0.97	0.23	0.16	1.31	1.70	—	—	—	—
14	0.28	0.19	0.11	0.58	0.27	0.19	0.69	1.14	0.27	0.19	1.54	2.00	0.26	0.18	2.62	3.06
16	0.32	0.22	0.12	0.66	0.31	0.22	0.77	1.30	0.31	0.22	1.75	2.28	0.31	0.21	2.99	3.51
18	0.36	0.25	0.13	0.74	0.36	0.25	0.85	1.46	0.35	0.25	1.87	2.57	0.35	0.24	3.37	3.96
20	0.41	0.28	0.14	0.83	0.40	0.28	0.95	1.63	0.40	0.27	2.19	2.86	0.39	0.27	3.74	4.40
24	0.49	0.34	0.16	0.99	0.48	0.34	1.14	1.96	0.48	0.33	2.62	3.43	0.47	0.33	4.51	5.31
28	0.57	0.40	0.18	1.15	0.57	0.39	1.32	2.28	0.56	0.39	3.08	4.01	0.56	0.38	5.19	6.13
30	0.61	0.43	0.20	1.24	0.61	0.42	1.41	2.44	0.60	0.42	3.29	4.31	0.60	0.41	5.84	6.65
37	—	—	—	—	0.65	0.45	1.51	2.61	0.64	0.45	3.51	4.50	0.64	0.44	6.01	7.09
40	—	—	—	—	0.70	0.51	1.70	2.94	0.73	0.51	3.93	5.17	0.72	0.50	6.78	8.00
42	—	—	—	—	0.81	0.57	1.89	3.27	0.81	0.56	4.38	5.75	0.80	0.56	7.53	8.89
48	—	—	—	—	0.86	0.60	1.97	3.35	0.85	0.59	4.80	6.04	0.85	0.59	7.90	9.34
60	—	—	—	—	0.98	0.68	2.26	3.92	0.97	0.67	5.25	6.89	0.97	0.67	9.02	10.66
1524	—	—	—	—	1.23	0.86	2.83	4.92	1.21	0.84	6.56	8.61	1.21	0.84	11.28	13.33
Typical number of beads	7			5			7			13			16			

مصرف الکتروود برحسب کیلوگرم برای خوشکاری خط لوله بصورت عمودی سربالا

Pipe diameter mm	Wall thickness														
	9.5 mm (3/8")			12.8 mm (1/2")			16 mm (5/8")			19 mm (3/4")			26.4 mm (1")		
	Flat 3.25 mm	Peeling 4 mm	Kg/ Joint	Flat 3.5 mm	Peeling 6 mm	Kg/ Joint	Flat 3.25 mm	Peeling 4 mm	Kg/ Joint	Flat 3.6 mm	Peeling 6 mm	Kg/ Joint	Flat 3.25 mm	Peeling 6 mm	Kg/ Joint
6	0.23	0.61	0.64	0.23	1.05	1.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	0.32	0.81	1.13	0.32	1.41	1.73	0.32	2.13	2.45	-	-	-	-	-	-
12	0.45	1.22	1.67	0.45	2.13	2.58	0.45	3.22	3.67	0.45	4.50	4.95	0.45	7.57	8.02
16	0.63	1.83	2.26	0.63	2.77	3.40	0.63	4.44	5.07	0.63	5.94	6.57	0.63	10.02	10.85
20	0.77	2.04	2.81	0.77	3.48	4.26	0.77	5.31	6.08	0.77	7.44	8.21	0.77	12.52	13.29
24	0.90	2.45	3.36	0.90	4.22	5.12	0.90	6.44	7.34	0.90	8.96	9.88	0.90	15.16	16.05
28	1.09	2.81	3.90	1.09	4.90	5.99	1.09	7.48	8.57	1.09	10.43	11.52	1.09	17.80	18.88
32	1.22	3.27	4.49	1.22	5.62	6.84	1.22	8.62	9.84	1.22	12.02	13.24	1.22	20.18	21.40
38	1.41	3.69	5.04	1.41	6.30	7.71	1.41	9.80	11.21	1.41	13.43	14.84	1.41	22.63	24.04
40	1.54	4.04	5.58	1.54	6.98	8.52	1.54	10.66	12.20	1.54	14.88	16.42	1.54	25.06	26.62
48	1.86	4.90	6.76	1.86	8.39	10.25	1.86	12.84	14.70	1.86	17.92	19.78	1.86	30.21	32.07
60	-	-	-	2.31	10.52	12.83	2.31	20.68	22.80	2.31	22.41	24.72	2.31	37.74	40.05

یادآوری: برای لوله کمتر از قطر ۶ اینچ با ضخامت دیواره تا ۶/۸ میلیمتر می توان از الکتروود 6010 E قطر ۷/۵ میلیمتر برای پاس اول استفاده

وزن تقریبی الکتروود:

قطر ۳/۷۵ میلیمتر تقریباً ۲۸ گرم

قطر ۴ میلیمتر تقریباً ۴۰ گرم

قطر ۵ میلیمتر تقریباً ۶۷ گرم

الکترودهای جوشکاری خط لوله (ژاپنی)

Kind of pipe	Applicable pass	High cellulose type (VD)	Low hydrogen type (VU)	Low hydrogen type (VD)	High cellulose Low hydrogen (VU)
API A25 CL I A25 CL R G-A G-B X42 X46 X52	Root pass hot pass		LB 52U		KOBE 6010 KOBE-7010S
	Filler pass and cover pass	KOBE 6010 KOBE 7010S	LB 47 LB 52 LBM 52 LB-52-18	LB 78VS	LB 78VS
API X56	Root pass Hot pass	KOBE 6010 KOBE-7010S	LB 52U		KOBE 6010 KOBE 7010S
	Filler pass and cover pass	KOBE-7010S	LB 52 LBM 52 LB 52-18	LB 701S	LB 78VS
API X60	Root pass Hot pass	KOBE 6010 KOBE 7010S	LB 52U		KOBE 6010 KOBE 7010S
	Filler pass and cover pass	KOBE 7010S KOBE 8010S	LB 52 LBM 52 LB-52-18	LB 78VS LB 88VS	LB 78VS LB 88VS
API X65	Root pass Hot pass	KOBE-7010S KOBE 8010S	LB 52U		KOBE 7010S KOBE 8010S
	Filler pass and cover pass	KOBE 8010S	LB 57 LB 62 LB 62D	LB 88VS	LB 88VS
API X70	Root pass Hot pass	KOBE 7010S KOBE-8010S	LB 62U		KOBE 7010S KOBE 8010S
	Filler pass and cover pass	KOBE-8010S	LB 62 LB62D	LB 88VS	LB 88VS
API X80	Root pass hot pass		LB 62U		KOBE 7010S KOBE 8010S
	Filler pass and cover pass		LB 65D	LB 88VS	LB 88VS





شناسائی جوشکاران

در موقع آزمون تایید صلاحیت جوشکار، به هر جوشکار یک شماره یا مشخصه شناسائی اختصاص داده می‌شود. بدون توجه به دستورالعمل جوشکاری، مادام که آن جوشکار برای پروژه کار میکند، بایستی از همان مشخصه استفاده کند. اگر به هر دلیلی جوشکار، پروژه را ترک نمود، شماره مشخصه آن جوشکار بایستی به جوشکار دیگری واگذار گردد.

هر جوشکار موظف است مشخصه شناسائی خود را روی پوشش لوله در نزدیکی اتصال حوش با « مارکر » بنویسد.

در خط لوله جوشکاران طرف کانال با جوشکاران طرف جاده اشخاص متفاوت هستند.

برای مشخص کردن هر سر جوش لوله که ممکن است چندین جوشکار در تکمیل آن نقش داشته باشند، از « علامت پاس » به شرح زیر استفاده می‌شود:

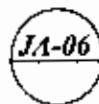
	دایره	پاس ریشه
	لوزی	پاس گرم
	مربع	پاس پُرکنی گرم یا اولین پاس پُرکنی
	مثلث	پاس پُرکنی و یا پاس آخر

هر جوشکار که طرف کانال کار می‌کند، علامت مشخصه خود را بالای خط وسط « علامت پاس » می‌نویسد.

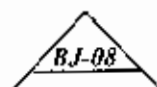
هر جوشکار که طرف جاده کار می‌کند، علامت مشخصه خود را زیر خط وسط علامت پاس می‌نویسد.

مثال ها:

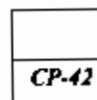
۱ - JA-06، پاس ریشه، طرف کانال



۲ - BJ-08، پاس های پُرکنی و پاس آخر، طرف کانال



۳ - CP-42، پاس گرم و پُرکنی گرم، طرف جاده



ردیف تراکم (Class Location)

طبق مفاد مقررات خطوط لوله انتقال گاز طبیعی شرکت ملی گاز ایران واحد ردیف تراکم از منطقه ای به عرض ۵۰۰ متر که محور خط لوله در وسط آن قرار گرفته باشد (یا ۲۵۰ متر از طرفین خط لوله) و بطول یک کیلومتر در امتداد خطوط لوله تشکیل میشود.

مناطق از نظر تراکم واحدهای مسکونی بشرح زیر به چهار ردیف تقسیم میشوند:

هر واحد ردیف تراکم در خارج از محدوده شهرها و شهرک ها که تعداد واحدهای ساختمانی بمنظور سکونت افراد در آن ۸ و یا کمتر باشد ردیف ۱ نامیده میشود.

هر واحد ردیف تراکم در خارج از محدوده شهرها و شهرک ها که تعداد واحدهای ساختمانی بمنظور سکونت افراد در آن از ۸ بیشتر یا از ۳۶ کمتر باشد ردیف ۲ نامیده میشود.

هر واحد ردیف تراکم در خارج از محدوده شهرها و شهرک ها که تعداد واحدهای ساختمانی بمنظور سکونت افراد در آن از ۳۶ بیشتر باشد ردیف ۳ نامیده میشود.

مقررات بازرسی فنی تجهیزات پالایش نفت برای خطوط لوله انتقال نفت و گاز حداقل درصد رادیوگرافی را بشرح زیر بیان نموده است:

۱۰ جوشها در مناطق با ردیف تراکم ۱

۱۵٪ جوشها در مناطق با ردیف تراکم ۲

۴۰٪ جوشها در مناطق با ردیف تراکم ۳

۷۵٪ جوشها در مناطق با ردیف تراکم ۴

مطلب این صفحه برای طول یک مایل و عرض نیم مایل در *ASME-B31.8* درج گردیده است.

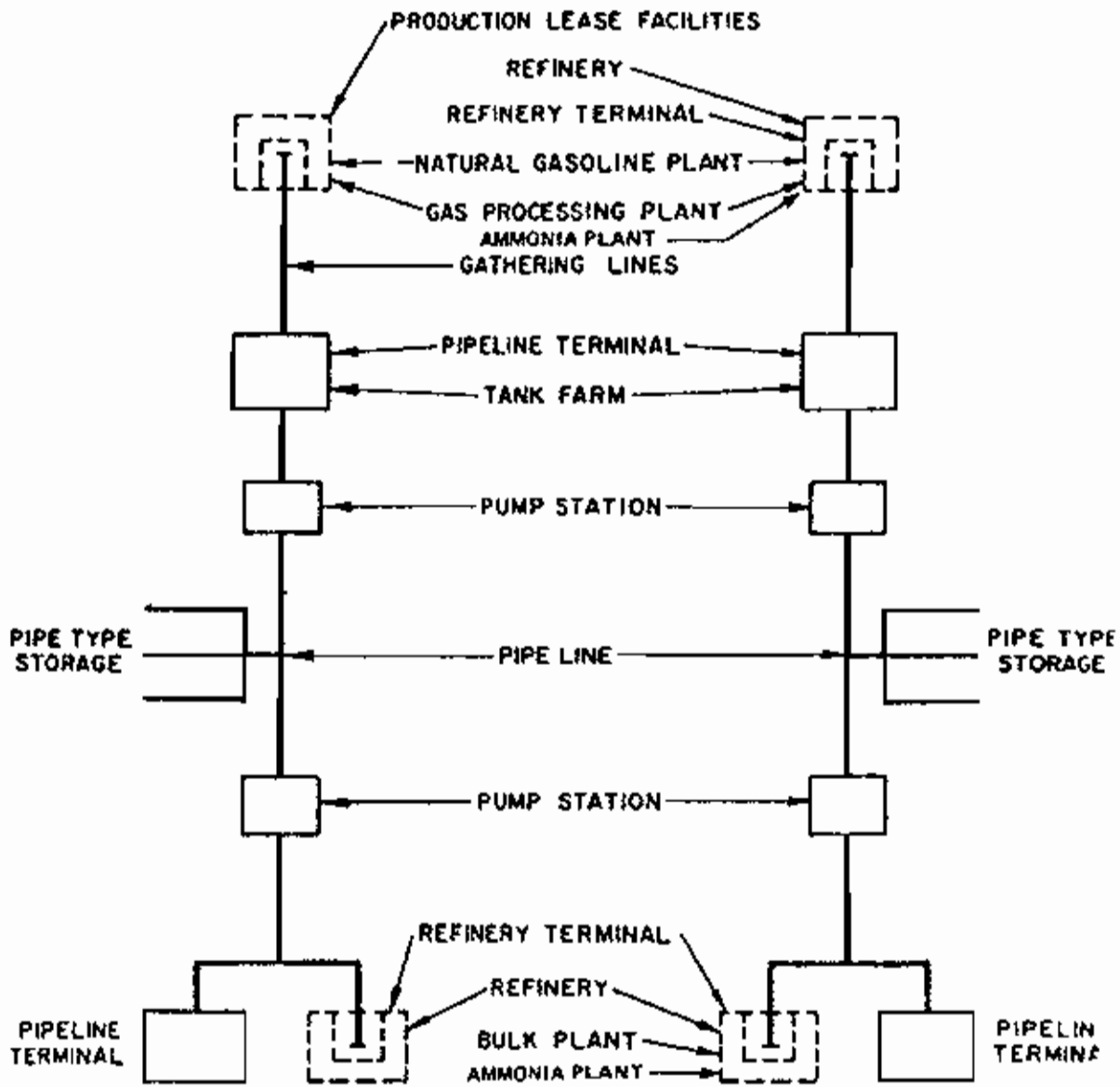
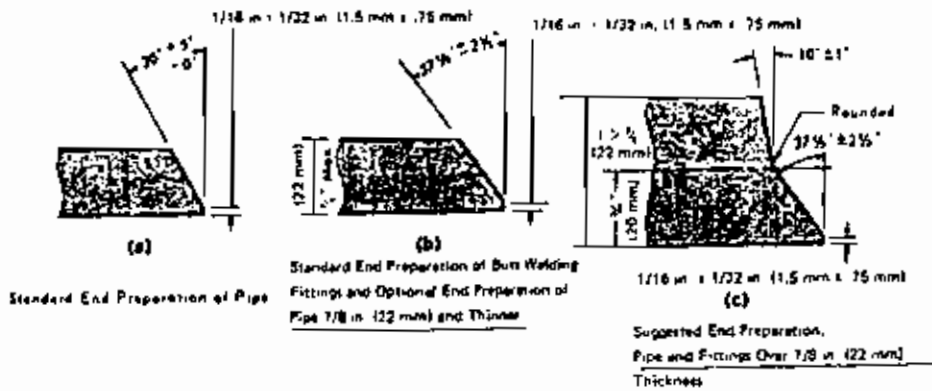


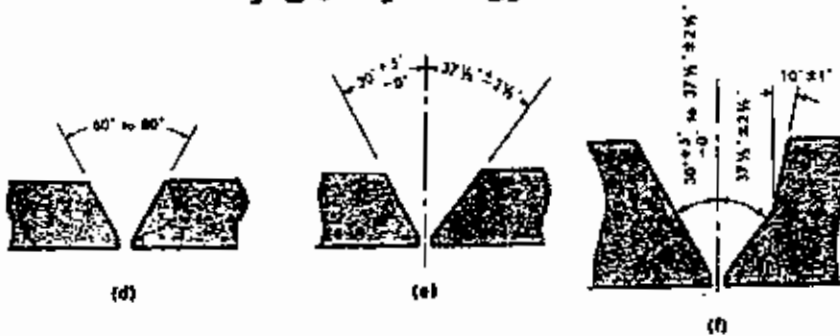
DIAGRAM SHOWING SCOPE OF CRUDE OIL, CONDENSATE, NATURAL GASOLINE, NATURAL GAS LIQUIDS AND LIQUEFIED PETROLEUM GAS TRANSPORTATION PIPING SYSTEMS

DIAGRAM SHOWING SCOPE OF LIQUID PETROLEUM PRODUCT, CONDENSATE, NATURAL GASOLINE, NATURAL GAS LIQUIDS, LIQUID ANHYDROUS AMMONIA AND LIQUEFIED PETROLEUM GAS TRANSPORTATION PIPING SYSTEMS

دامنه کاربرد ASME-B31.4

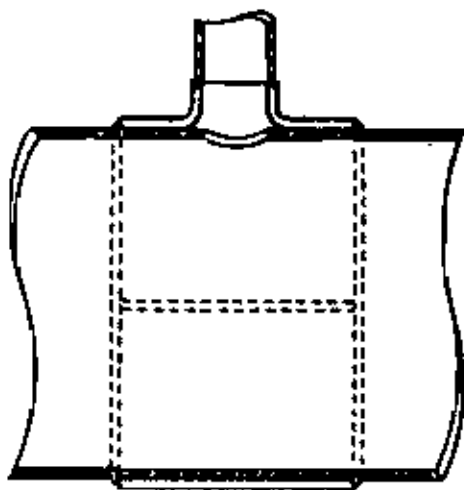


آماده سازی استاندارد انتهای لوله



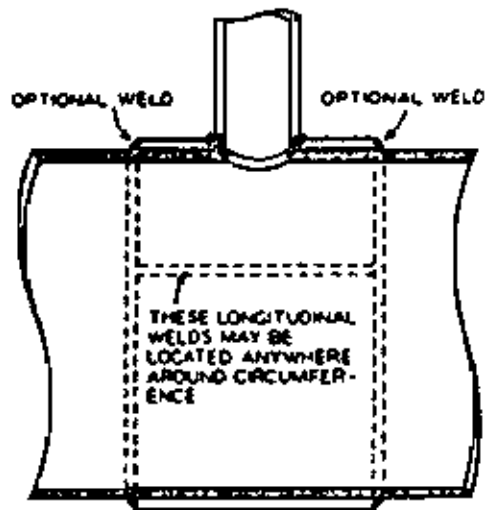
ترکیب قابل قبول آماده سازی انتهای لوله

طرح اتصال قابل قبول جوش سربسری با ضخامت دیواره مساوی



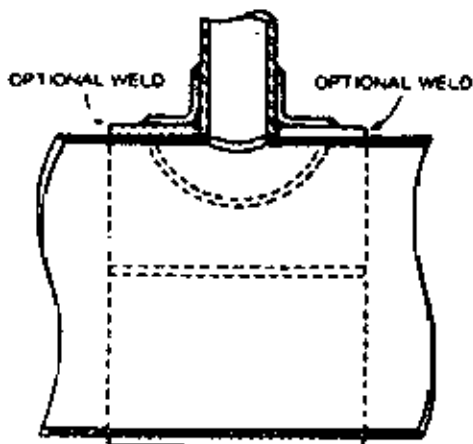
TEE TYPE

NOTE: SINCE FLUID PRESSURE IS EXERTED ON BOTH SIDES OF PIPE METAL UNDER TEE, THE PIPE METAL DOES NOT PROVIDE REINFORCEMENT

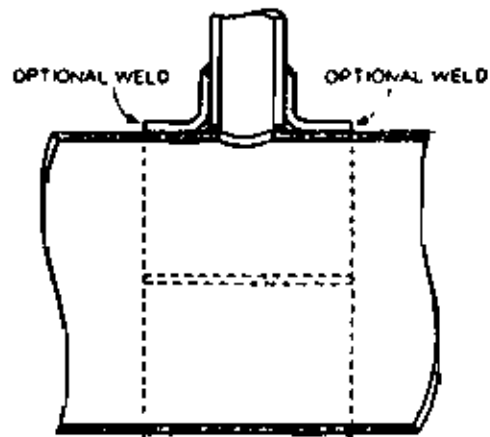


SLEEVE TYPE

NOTE: PROVIDE HOLE IN REINFORCEMENT TO REVEAL LEAKAGE IN BURIED WELDS AND TO PROVIDE VENTING DURING WELDING AND HEAT TREATMENT (SEE 404 3.1(d)(8)) NOT REQUIRED FOR TEE TYPE



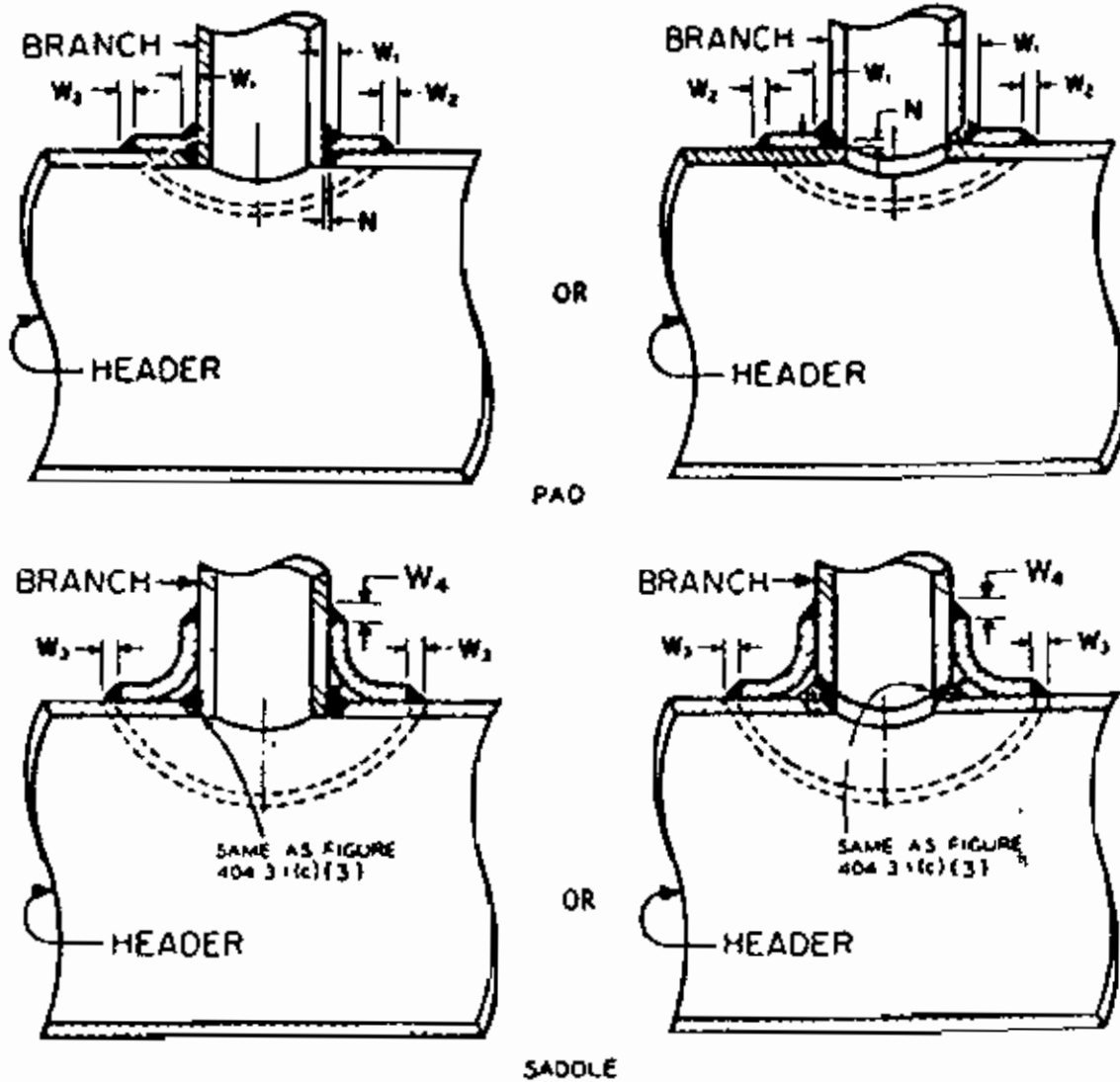
SADDLE AND SLEEVE TYPE



SADDLE TYPE

If the encircling member for tee, sleeve, or saddle type is thicker than the header and its ends are to be welded to the header, the ends shall be chamfered (at approximately 45 degrees) down to a thickness not in excess of the header thickness.

جزئیات جوشکاری برای انشعاب با تقویت دور تا دوری



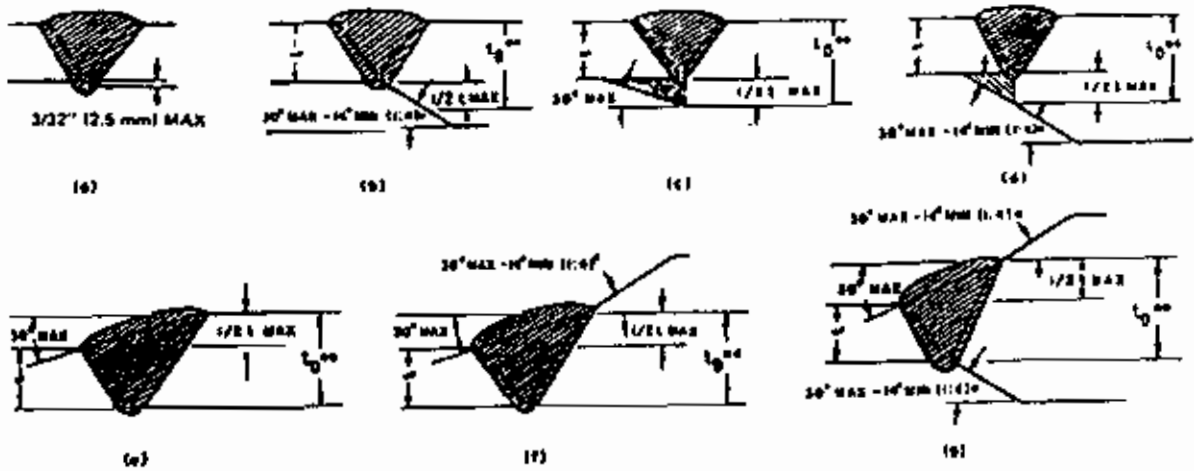
- T_b = Nominal Wall Thickness of Branch T_h = Nominal Wall Thickness of Header
 M = Nominal Wall Thickness of Pad Reinforcement Member
 M_b = Nominal Wall Thickness of Saddle at Branch End
 M_h = Nominal Wall Thickness of Saddle at Header End
 W_1 (Minimum) = The Smaller of T_b , M , or 3/8 inch (10 mm) W_1 (Maximum) = Approx. T_h
 W_2 (Minimum) = The smaller of $0.7 T_h$, $0.7 M$, or 1/2 inch (13 mm) W_2 (Maximum) = Approx. T_h
 W_3 (Minimum) = The Smaller of $0.7 T_h$, $0.7 M_b$, or 1/2 inch (13 mm)
 W_4 (Minimum) = The Smaller of T_b , M_b , or 3/8 inch (10 mm)
 N = 1/16 inch (1.5 mm) (Minimum), 1/8 inch (3 mm) (Maximum) (Unless Back Welded or Backing Strip is Used)

All Welds to Have Equal Leg Dimensions and a Minimum Throat = $0.707 \times$ Leg Dimension

If the reinforcing member is thicker at its edge than the header, the edge shall be chamfered (at approximately 45 degrees) down to a thickness so leg dimensions of the fillet weld shall be within the minimum and maximum dimensions specified above.

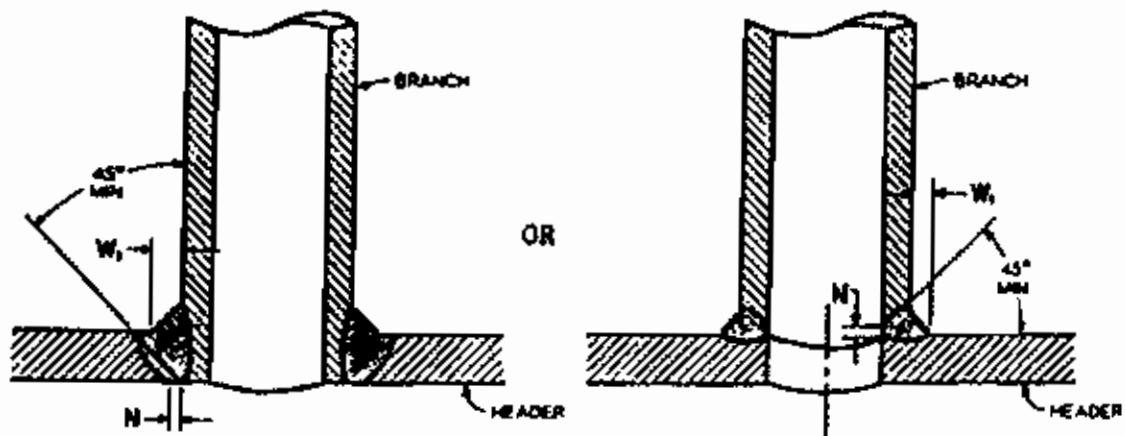
A hole shall be provided in reinforcement to reveal leakage in buried welds and to provide venting during welding and heat treatment [see 404.3.1(d)(8)].

جزئیات جوشکاری برای انشعاب با تقویت



طرح اتصال قابل قبول جوش سربس با ضخامت دیواره نامساوی

API -



۲۵۱۸

When a welding saddle is used it shall be inserted over this type of connection - see Fig. 404.3.1 (c) (2)

T_h = nominal wall thickness of header

T_b = nominal wall thickness of branch

W_1 (minimum) = the smaller of T_h , T_b or 3/8 inch (10 mm)

$N = 1/16$ inch (1.5 mm) (minimum), 1/8 inch (3 mm) (maximum) (unless back welded or backing strip is used)

جزئیات جوشکاری برای انشعاب بدون تقویتی

روید ترمیم

آزمایش الکتروود

در این قسمت مطالب مربوط به بازدید و کنترل ظاهری از استاندارد روسی و مطالب مربوط به آزمایش جوش خالص و درزجوش از: «*Lloyds register of shipping*» که با استاندارد آلمان «*Deutsche industrie normen DIN 1913*» و استاندارد انگلیس «*British standard BS 639*» و ... تا حدودی استاندارد روسی، نزدیک است تهیه شده و از پاره ای نکات جالب چند استاندارد اخیر استفاده شده و به استاندارد اول افزوده شده است.

در این مطالب الکتروودهای خاصی مورد نظر نبوده و اعداد مورد قبول برای آن الکتروودها داده نشده تا بتوان از این مطالب برای الکتروودهای گوناگون کشورهای مختلف که برای جوشکاری قوسی دستی فولادهای ساده ساختمانی تهیه و عرضه می شوند، استفاده نمود.

بازدید ظاهری روپوش

روپوش الکتروود بایستی محکم، بادوام، بدون ترک و یکنواخت باشد. در بازدید ظاهری موارد ذیل مورد توجه قرار میگیرد:

الف - لخت بودن الکتروود روپوشدار تا قطر ۶ میلیمتر تا نیم قطر و برای الکتروود بزرگتر تا ۳ میلیمتر از سرالکتروود مجاز است.

ب - برجستگی ها و سوارخهای تکی به اندازه تا یک چهارم ضخامت روپوش مجاز است.

ج - فرورفتگی ناحیه ای نبایستی تعدادشان بیش از سه و طولشان بیش از ۲ میلیمتر و عمقشان بیش از نصف ضخامت روپوش باشد.

د - منفذها نبایستی تعدادشان بیش از سه عدد در هر ۱۰۰ میلیمتر طول روپوش بوده و قطر هر منفذ بیش از ۲ میلیمتر و عمق آن از نصف ضخامت روپوش بیشتر باشد.

ه - روپوش نبایستی بیش از ۲ ترک موئی و بطول بیشتر از ۱۲ میلیمتر داشته باشد.

استحکام روپوش

طبق استاندارد روسی برای پی بردن به استحکام الکتروود آزمایش ریز را انجام می دهند.

الف - الکتروودهای تا قطر ۳ میلیمتر را از فاصله یک متری آزادانه و بطور افقی بر روی صفحه فولادی رها می کنند.

ب - الکتروودهای قطر بزرگتر از ۳ میلیمتر را از فاصله نیم متری آزادانه و بطور افقی بر روی صفحه فولادی رها می کنند.

روپوش بین الکتروود نبایستی در این سقوط آسیب ببیند.

تبصره: جدا شدن ناحیه ای روپوش که طول آن از ۲۰ میلیمتر تجاوز نکند اشکالی ندارد.

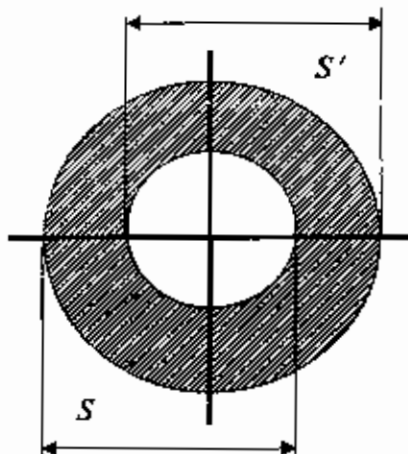
مقاومت روپوش در مقابل رطوبت

روپوش الکتروود بایستی در مقابل رطوبت مقاومت کند و پس از آنکه بمدت ۲۴ ساعت در آب ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتیگراد قرار گرفت علامت خرابی در آن پدیدار نگردد و چسبندگی خود را از دست ندهد.

تبصره: ساختن الکتروود با روپوشی که در مقابل گرما مقاوم نباشد مجاز بوده و در اینصورت بایستی در پروانه الکتروود ذکر شود.

هم مرکز بودن روپوش

روپوش الکتروود بایستی با میله الکتروود هم مرکز باشد و بطور یکنواخت میله را پوشانده باشد. اختلاف ضخامت روپوش $e = S - S'$ (شکل ذیل) نسبت به قطر میله الکتروود بایستی از مندرجات جدول تجاوز نماید.

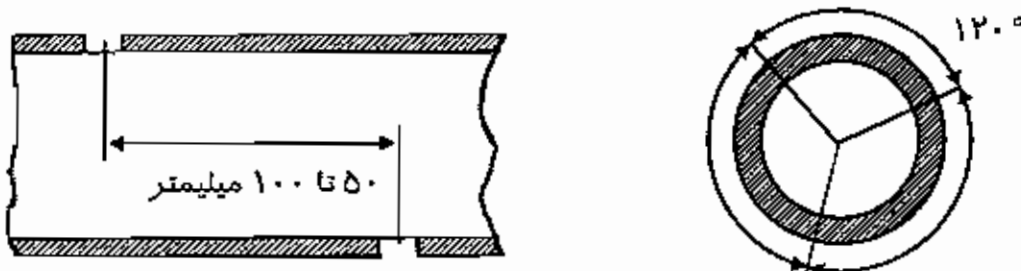


جدول - اختلاف ضخامت فلز

قطر میله الکتروود میلیمتر	اختلاف محار ضخامت روپوش میلیمتر $e = S - S'$
۱/۶	۰/۰۵
۲	۰/۰۸
۲/۵	۰/۱۰
۳	۰/۱۵
۴	۰/۲۰
۵	۰/۲۵
۶	۰/۳۰

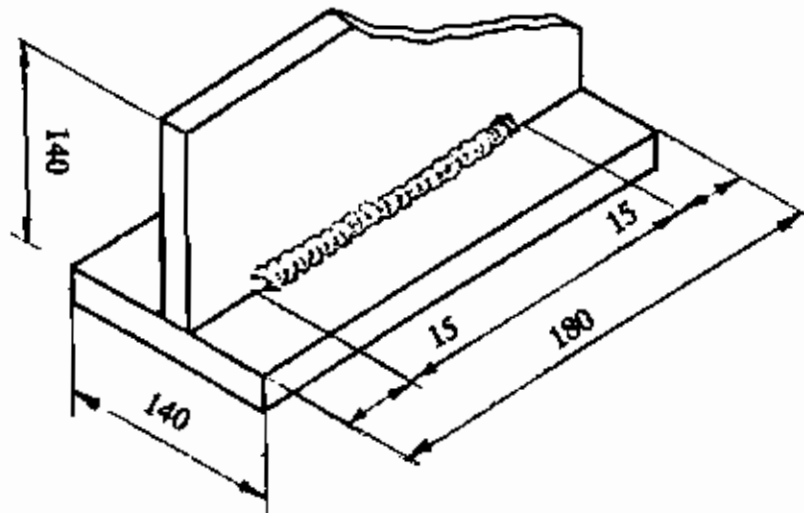
شکل - هم مرکز نبودن روپوش

برای تعیین یکنواختی ضخامت روپوش بایستی در سه محل که نسبت بهم تحت زاویه ۱۲۰ درجه قرار داشته و فاصله ۵۰ تا ۱۰۰ میلیمتر از هم باشند، ضخامت روپوش اندازه گیری شود.



شکل - تعیین یکنواختی روپوش

ضخامت روپوش بایستی با میکرومتر و با دقت ۰/۰۱ میلیمتر کنترل شود. کنترل هم مرکز نبودن روپوش را می توان با دستگاه های مخصوص (مغناطیسی و غیره) بدون تخریب روپوش انجام داد.



معمولاً ورقها از همان فلزی انتخاب می شود که الکتروود مزبور برای جوشکاری آن فلز در نظر گرفته شده است ولی برای فولادهای کم کربن و کربن متوسط و فولادهای عادی ساختمانی (استاندارد $GOST\ 9\ 96\ 7$ روسی) میتوان از ورقهای ($CT3$) طبق استاندارد روسی- $GOST\ 280$) نیز استفاده نمود.

دو ورق بطور عمود برهم قرار داده شده و تک زده می شوند. آنگاه با همان قطر الکتروود مورد آزمایش در حالت تخت جوشکاری گوشه ای انجام می گیرد. از هر طرف بطول $1/5$ سانتیمتر بدون جوشکاری رها می شود.

بعد از جوشکاری برای تسهیل در شکستن وسط درز جوش، چاک کوچکی روی جوش با تیغ اره یا قلم تیزبر ایجاد می شود.

سپس نمونه را بر روی زمین قرار داده و با چکش یا پتک به بالای ورق روئی (از طرف مقابل جوش) ضربه زده می شود تا جوش شکسته شود.

با مطالعه مقطع شکسته شده جوش (از نظر دانه بندی، وجود منفذ در جوش، وجود ترک در جوش یا فلز مینا، نفوذ جوش و...) به خواص تکنولوژی جوش پی برده می شود.

آزمایش جوش خالص

این سری آزمایش مشتمل بر آزمایش کشش و آزمایش ضربه روی فلز حاصل از ذوب الکتروودها تحت شرایط معینی می باشد. مجموعه آزمایش فلز تمام جوش مطابق شکل ذیل تهیه میشود.

جوشکاری یک بار از اول پلیت بطرف آخر و بار دیگر از آخر پلیت به اول و بالعکس بطور متناوب صورت می گیرد.

ضخامت هر لایه از جوش نبایستی از ۲ میلیمتر کمتر و از ۸ میلیمتر بیشتر باشد.

کیفیت اجرای جوشکاری

جوشکاری الکتروود بایستی خصوصیات ذیل را داشته باشد:

- الف - قوس بایستی به آسانی روشن شده و پایدار باشد. نوع جریان برق و شدت جریان جوشکاری طبق توصیه سازنده الکتروود انتخاب می شود.
- ب - روپوش بایستی بطور مناسب با میله مغزه ذوب شده تا در انتهای الکتروود، روپوش بصورت لوله یا شاخک باقی نماند. تا مانع ذوب مداوم الکتروود نشود.
- ج - روی گرده جوش بایستی سرباره محافظ تشکیل شود که پس از سرد شدن به راحتی برداشته شود.
- د - فلز درزجوش و فلز مبنا بایستی ترک نداشته باشد.

نمونه برداری

الکترودهائی که دارای نوع و قطر یکسان بوده و روش ساخت واحدی داشته و یکجا عرضه می شوند «پارتی» نام دارند.

برای الکترودهای جوشکاری فولادهای ساختمانی و مقاوم حرارت حداکثر وزن پارتی ۲۰ تن و برای الکترودهای جوشکاری فولادهای عالی حداکثر وزن هر پارتی ۵ تن می باشد.

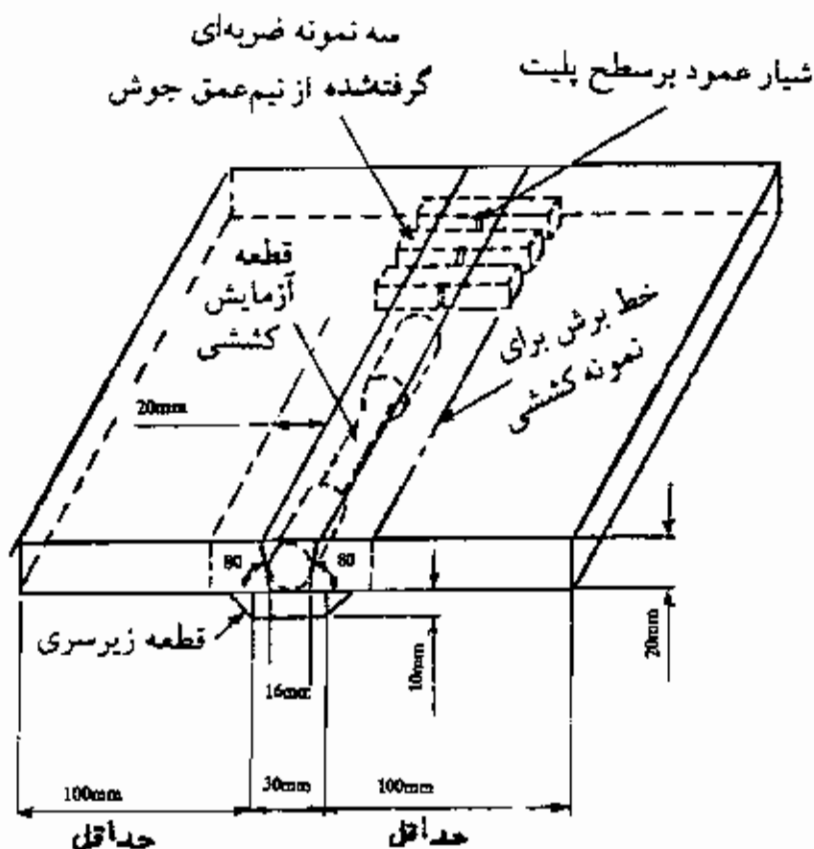
بازدید ظاهری و اندازه گیری بایستی با برداشتن تا ۰/۵ درصد الکترودها از محلهای مختلف هر پارتی (که از ۱۰ عدد الکتروود کمتر نباشد) و بررسی آنها صورت پذیرد.

بازدید ظاهری الکترودها بدون استفاده از وسایل بزرگ نما انجام می شود. از هر تن الکتروود حداقل ۳ الکتروود برای هر یک از موارد کنترل ظاهری (استحکام روپوش - وضعیت ظاهری، مقاومت در مقابل رطوبت و هم مرکز نبودن) انتخاب می شود.

برای کنترل کیفیت جوشکاری و آزمایشات مکانیکی و غیره به تعداد لازم نسبت به قطر الکتروود و حجم آزمایش نمونه گیری انجام می شود.

آزمایش تکنولوژی

خواص الکتروود را از نظر تکنولوژی جوش می توان با جوشکاری گوشه ای دو قطعه ورق روشن نمود (مطابق شکل).



شکل - مجموعه آزمایش جنس جوش خالص

در فاصله بین جوشکاری دو لایه نمونه در هوای آرام رها میشود تا به درجه حرارت ۲۵۰ درجه سانتیگراد خنک شود. درجه حرارت روی سطح وسط درزجوش بوسیله پیرومتر یا وسایل مناسب دیگر کنترل می شود.

بعد از اتمام جوشکاری مجموعه آزمایش هیچگونه عملیات حرارتی لازم ندارد و بایستی در هوای آرام خنک شود

درجه حرارت پلیت مینا و تسمه زیر سری هنگام شروع جوشکاری لایه اول ۱۰ تا ۳۰ درجه می باشد.

جنس پلیت ها و تسمه زیرسری بکاررفته از نوع فولاد ساده ساختمانی (فولاد کم کربن و بدون آلیاژ) می باشد.

اگر الکترود مورد آزمایش در طولهای مختلف عرضه می شود، برای آزمایش بایستی از بزرگترین طول متداول استفاده شود.

الکترودی که برای جوشکاری با هر دو جریان متناوب و مستقیم توصیه شده موقع آزمایش از جریان متناوب استفاده می شود.

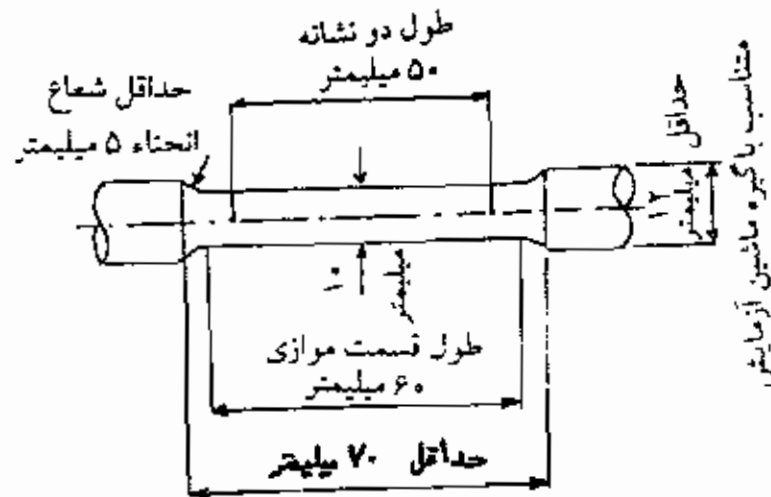
این مجموعه با الکترودهای بقطر ۳/۲۵ میلیمتر به بالا جوشکاری می گردد.

آزمایش کششی

از هر مجموعه آزمایش یک نمونه آزمایش کشش مطابق شکل ذیل تراشیده می شود. بایستی دقت لازم بعمل آید تا محور طولی این نمونه با خط مرکزی جوش و نیم ضخامت پلیت مطابقت داشته باشد.

برای خارج کردن هیدروژن قطعه آزمایش کشش بمدت ۶ تا ۱۶ ساعت در درجه حرارت ۲۵۰ درجه سانتیگراد نگهداری میشود.

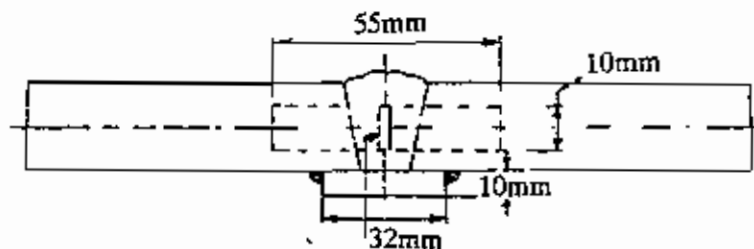
حد نهائی مقاومت کششی و تنش تسلیمی و افزایش طول نسبی نمونه بایستی کمتر از حداقل پیش بینی شده در استاندارد الکتروود باشد.



شکل - نمونه آزمایش کشش

آزمایش ضربه

سه قطعه آزمایش با شیار ۷ از هر مجموعه جوش خالص تهیه می شود. قطعه آزمایش با مقطع مربع ۱۰ میلیمتری و بطول ۵۵ میلیمتر بوده و در وسط طول یک طرف آن شیار ۷ شکل بطور عمودی با شیب ۴۵ درجه، عمق ۲ میلیمتر و شعاع ریشه ۰/۲۵ میلیمتر آماده می گردد. ابعاد مزبور بایستی دقیقاً مراعات گردد.



شکل - وضعیت نمونه آزمایش ضربه

قطعات آزمایش طوری بریده می شوند که محورهای طولی آنها عمود بر جوش بوده و سطح بالای آن ۵ میلیمتر از سطح بالای پلیت فاصله داشته باشد.

شیار بایستی در مرکز جوش قرار گرفته و در سطح قطعه آزمایش عمود بر سطح پلیت درآورده شود. آزمایش ضربه با ماشین ضربه ای استاندارد انجام می شود.

درجه حرارت آزمایش در مقدار مقاومت بضره تاثیر بسزائی دارد.

میانگین مقاومت ضربه ای بدست آمده برای سه نمونه (کیلوگرم متر بر سانتیمتر مربع) بایستی جوابگوی خواسته های مقاومت ضربه ای استاندارد در درجه حرارت مربوط ۲۰، ۰، ۲۰- و غیره باشد.

اگر میانگین سه مقاومت بضره اول بیشتر از ۱۵ درصد از مقدار لازم کمتر باشد، سه نمونه آزمایش اضافی بایستی تهیه شود و نتایج بدست آمده به قبلی ها اضافه شود تا میانگین جدیدی بدست آید که بایستی جوابگوی مقاومت ضربه ای لازم باشد.

اگر میانگین سه مقاومت بضره دوم نیز بیشتر از ۱۵ درصد از مقدار لازم کمتر باشد، آنوقت شش نمونه آزمایش ضربه بایستی آماده شده و میانگین این شش نمونه آزمایش جدید بایستی خواسته ها را برآورده سازد.

آزمایش درزجوش

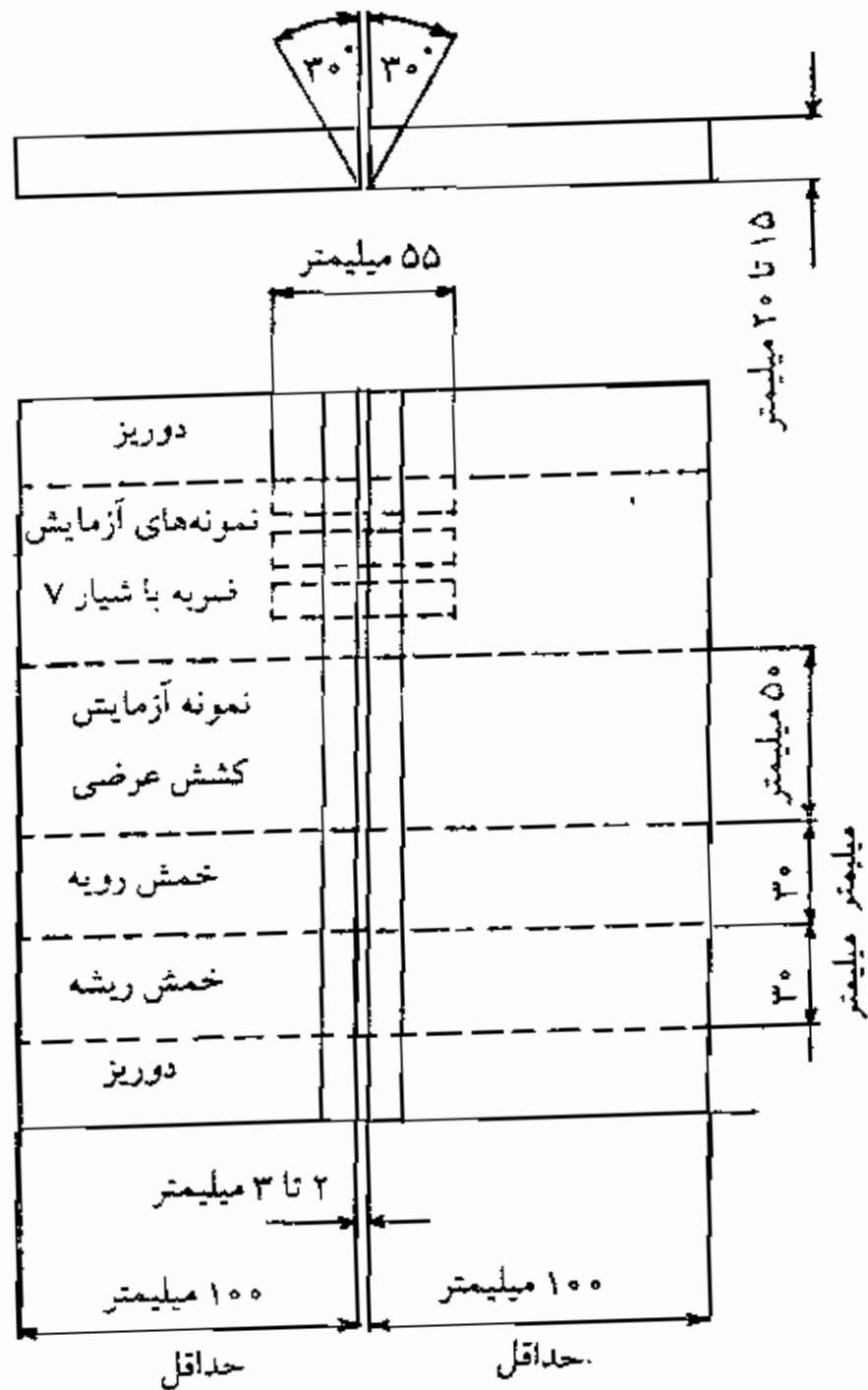
اتصال جوش لب بلب برای هر حالت جوشکاری (تخت، عمودی و سقفی) که الکتروود برای جوشکاری در آن حالت توصیه شده مطابق شکل بعد انجام میشود.

این مجموعه آزمایش با جوش دادن دو قطعه ورق بضحامت ۱۵ تا ۲۰ میلیمتر و پهنای حداقل ۱۰۰ میلیمتر تهیه می شود. طول ورقها بایستی بقدری باشد که بتوان نمونه های لازم را از آن درآورد. لبه ورقها با زاویه ۳۰ درجه پخ زده می شوند بطوری که اتصال با زاویه ۶۰ درجه و با فاصله ریشه ۲ تا ۳ میلیمتر را تشکیل دهند.

جوشکاری اتصال لب بلب به روش عادی صورت گرفته و بین دولیه مجموعه در هوای آرام رها شده تا به درجه حرارت ۲۵۰ درجه سانتیگراد خنک شود (درجه حرارت در وسط جوش روی سطح درزاندازه گیری می شود).

این مجموعه احتیاج به هیچگونه عملیات حرارتی ندارد ولی توصیه می شود که برای عیب یابی تحت عمل رادیوگرافی (با اشعه ایکس یا گاما) قرار گیرد.

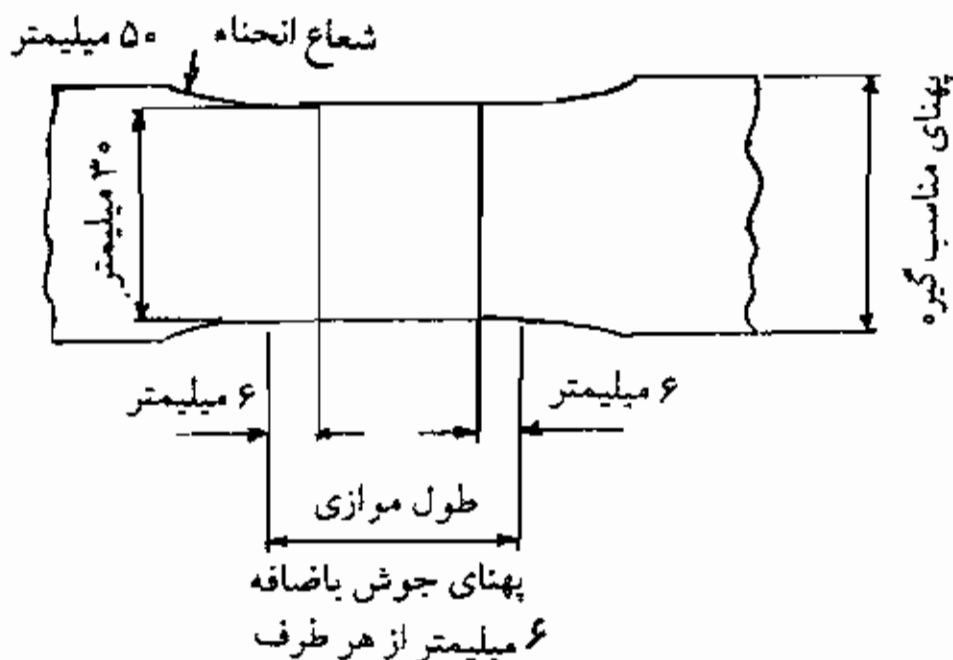
سرانجام از هر مجموعه یک نمونه کششی، دو نمونه خمشی (یکی خمش رویه دیگری خمش ریشه) و سه نمونه ضربه مطابق شکل بریده و آماده شود.



شکل - مجموعه آزمایش درزجوش (اتصال لب بلب)

آزمایش کشش

نمونه آزمایش کشش درزجوش مطابق شکل زیر فرم داده میشود. سطوح بالا و پایین جوش با سوهانکاری - سنگ زدن یا صفحه تراشی هم سطح پلیت می گردند. حدنهائی مقاومت کششی نمونه نبایستی کمتر از مقاومت لازم باشد.



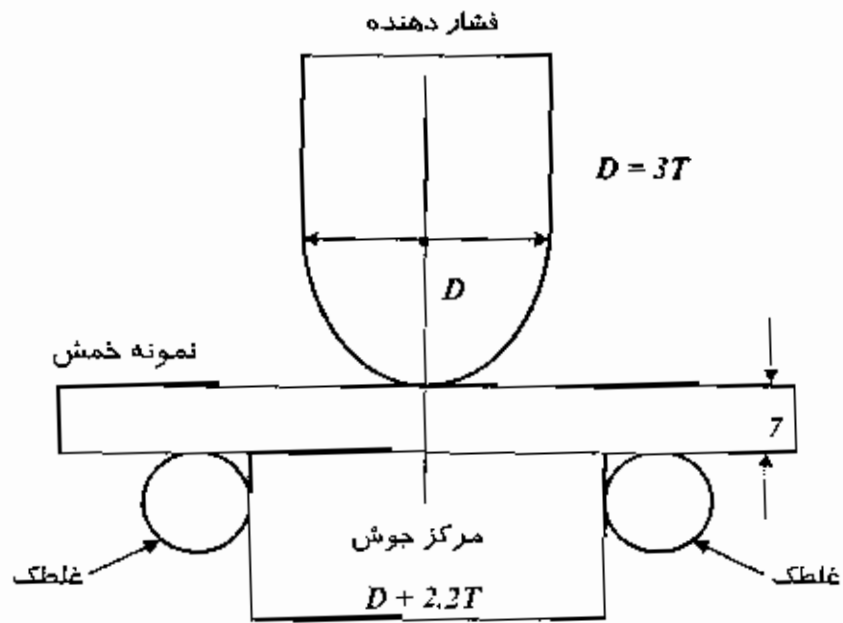
شکل - نمونه کشش عرضی درزجوش

آزمایش خمش

عرض نمونه های خمشی ۳۰ میلیمتر می باشد. سطح دو طرف جوش بایستی با سوهان، سنگ سنباده یا ماشین هم سطح پلیت اصلی شده و گوشه های تیزگرد شوند (حداکثر شعاع گرد کردن گوشه ها ۲ میلیمتر است).

نمونه ها با غلظتی که قطر آن سه برابر ضخامت نمونه است تا ۱۲۰ درجه خم می شوند. در یکی از نمونه های هر مجموعه بایستی رویه جوش تحت کشش و دیگری ریشه جوش تحت کشش قرار گیرد.

نمونه وقتی از آزمایش قبول می شود که در تکمیل خمش هیچگونه ترک یا عیب غیر مجازی در سطح خارجی نمونه پدیدار نگردد.

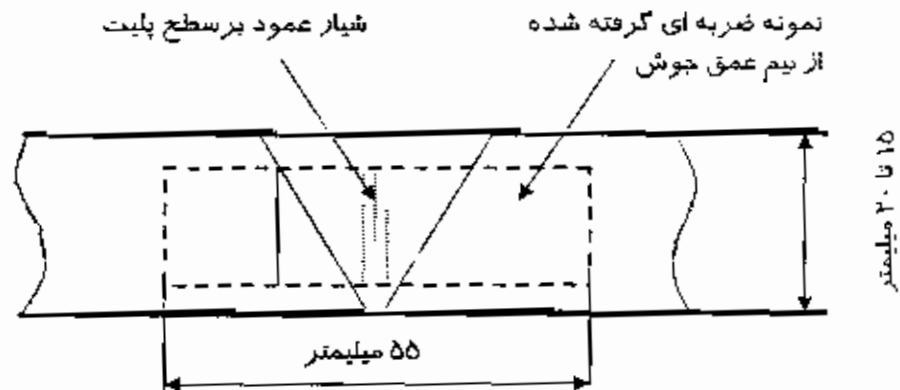


شکل - آزمایش خمشی درزجوش

آزمایش ضربه

از هر مجموعه سه ضربیه آزمایش ضربه با شماره ۷ تراشیده می شوند. نمونه ها مطابق شکل با همان اندازه های نمونه های ضربه ای جوش خالص تهیه می گردند. نمونه های آزمایش ضربه از وسط ضخامت پلیت با شیاری عمود بر سطح پلیت گرفته میشوند.

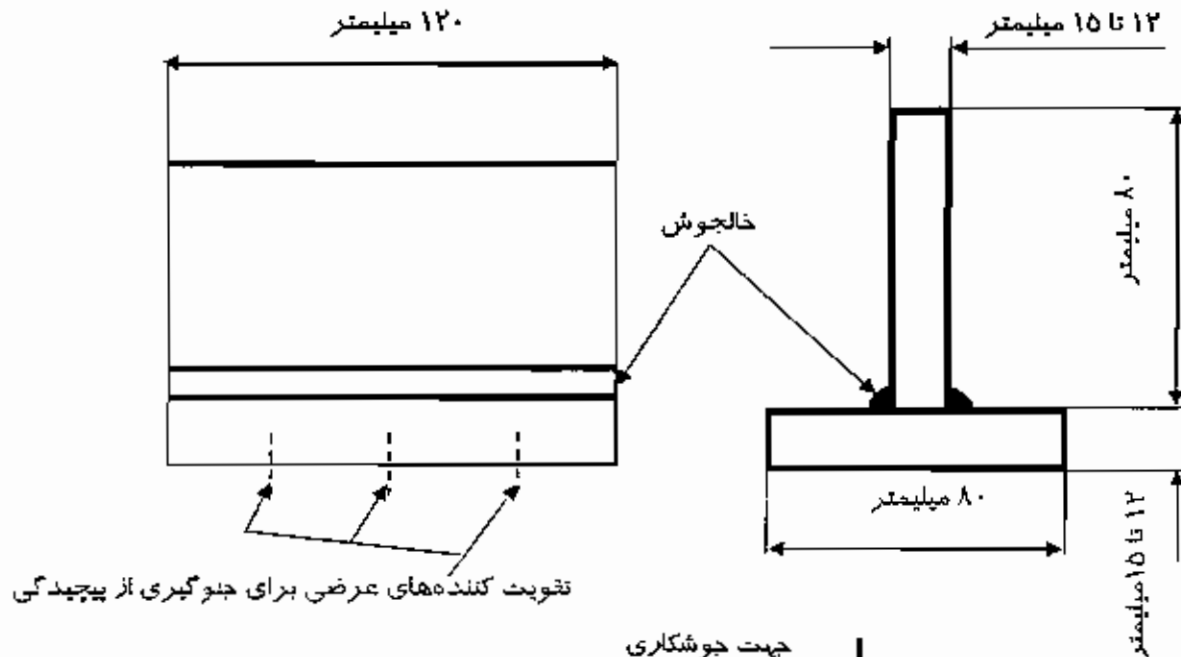
مقدار میانگین نتایج ضربه ای بدست آمده بایستی همانند نمونه های ضربه ای جوش خالص جوابگوی خواسته های استاندارد باشد.



شکل - نمونه آزمایش ضربه از درزجوش

آزمایش ترک گرم

دو پلیت به ضخامت ۱۲ تا ۱۵ میلیمتر به ابعاد ۸۰×۱۲۰ میلیمتر به همدیگر بشکل اتصال سپری (T) مربعی مطابق شکل جوش داده می شوند.



تقویت کننده‌های عرضی برای جلوگیری از پیچیدگی

شکل - آزمایش ترک گرم

سطح زیرین پلیت عمودی بایستی مستقیم بوده و به سطح فوقانی پلیت زیرین بچسبد. هرگونه ناهمواری سطح پلیت بایستی قبل از جوشکاری برداشته شود. خالجوش ها جهت سوار کردن دو قطعه در دو انتهای سطح تماس پلیت ها انجام می شود. برای جلوگیری از پیچیدگی پلیت زیری با سه تقویت کننده عرضی محکم می شود.

جوش گوشه ای فقط در یک لایه انجام می شود. جوشکاری در حالت مسطح و با حداکثر شدت جریان توصیه شده (بوسیله سازنده) صورت می پذیرد.

دومین جوش گوشه ای بایستی بلافاصله بعد از تکمیل اولین جوش گوشه ای و از آن انتهای نمونه که در آن اولین جوش گوشه ای تمام شده شروع شود.

هر دو جوش گوشه ای بایستی با سرعت ثابت و بدون نوسان دست (بدون حرکت موجی) انجام شود.

برای جوشکاری تمام طول هر گوشه ۱۲۰ میلیمتری طولهای ذیل از الکترودها ذوب می‌شوند:

جدول - طول ذوب هر الکتروود برای آزمایش ترک گرم

طول الکتروود ذوب شده (میلیمتر)		قطر الکتروود (میلیمتر)
اولین گوشه	دومین گوشه	
۲۰۰	۱۵۰	۴
۱۵۰	۱۰۰	۵
۱۰۰	۷۵	۶

بعد از جوشکاری سرباره از روی جوش پاک شده و پس از سرد شدن کامل به کمک ذره بین یا بوسیله مایعات نافذ، نمونه مورد بررسی قرار می‌گیرد تا ترکها در صورت بودن کشف گردند. سپس اولین جوش گوشه ای (طرف اول) با تراشیدن یا سنگ زدن برداشته شده و جوش دوم با نزدیک کردن دو پلیت به یکدیگر و تحت کشش قرار دادن ریشه جوش (با بتک زدن یا فشردن درگیره) شکسته می‌شود. پس از شکستن جوش بایستی به دقت وجود ترک گرم مورد بررسی قرار گیرد. نبایستی ترکی در جوشهای گوشه ای اعم از ظاهری یا داخلی (بجز ترکهای چاله جوش) وجود داشته باشد.

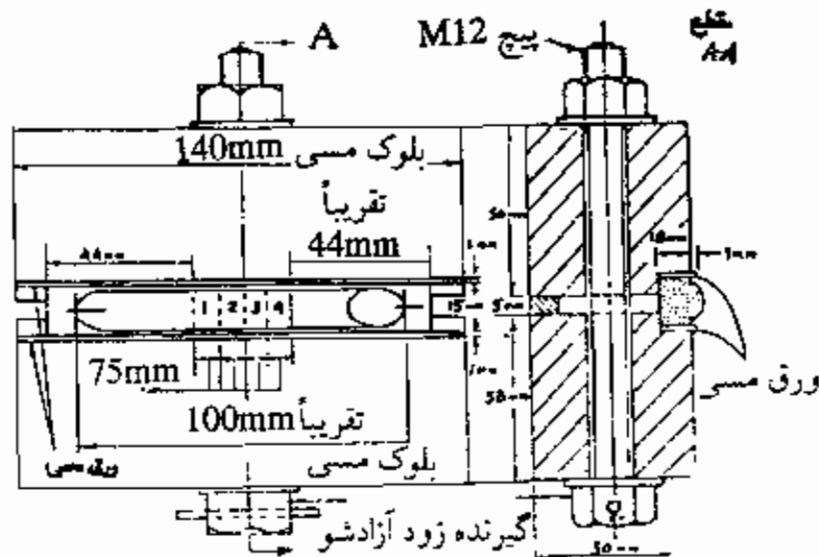
آزمایش هیدروژن

الکترودهائی که هیدروژن کمتری در جوش عرضه می‌کنند و حرف H را در طبقه بندی خود دارند می‌توانند تحت آزمایش هیدروژن قرار گیرند.

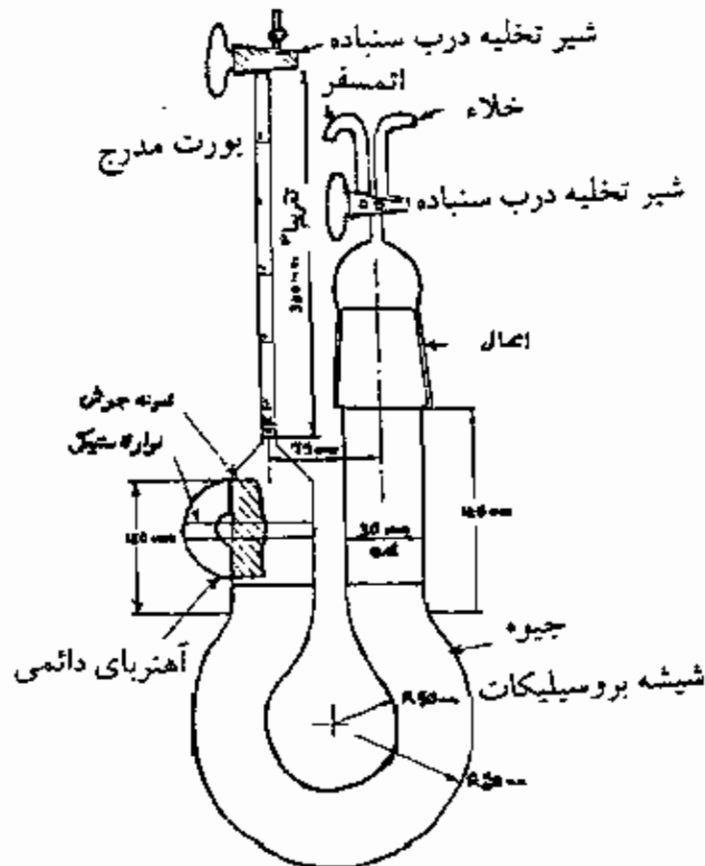
چهار قطعه ورق به ابعاد $۱۲ \times ۲۵ \times ۱۲۵$ میلیمتر آماده می‌شود. نمونه ها با دقت ۱/۱- گرم توزین می‌شوند. روی هر یک از این ورقها نوار منفردی به پهنای ۲۵ میلیمتر و طول حدود ۱۰۰ میلیمتر با الکتروود ۴ میلیمتری و شدت جریان حدود ۱۵۰ آمپر جوش داده می‌شود. حدود ۱۵۰ میلیمتر از طول الکتروود برای جوشکاری مصرف میشود.

قبل از جوشکاری الکترودها را بایستی طبق توصیه سازنده خشک کرد یا اگر توصیه ای از طرف کارخانه سازنده صورت نگرفته باشد بمدت ۲ ساعت الکترودها را تحت درجه حرارت ۲۵۰ درجه سانتیگراد قرار داد.

در فاصله ۳۰ ثانیه از جوشکاری هر نمونه سرباره پاک شده و نمونه در آب حدود ۲۰ درجه سانتیگراد خنک شود. پس از ۳۰ ثانیه دیگر نمونه ها بایستی پاک شده و در دستگاه مناسب مخصوصی جهت جمع آوری هیدروژن بکمک گلیسرین قرار داده شود. گلیسرین حین آزمایش در درجه حرارت ۴۵ درجه سانتیگراد نگهداری می شود.



شکل - نمونه آزمایش هیدروژن



شکل - اندازه گیری هیدروژن

هر چهار نمونه بایستی ظرف مدت ۳۰ دقیقه جوشکاری شده و بترتیب مذکور در دستگاه جمع آوری هیدروژن قرار داده شود. نمونه ها بمدت ۴۸ ساعت در گلیسرین غوطه ور نگهداشته شده و پس از خروج با آب و الکل پاک شده و خشک گردند و آنگاه با دقت ۰/۱ گرم توزین شوند. مقدار گاز خارج شده با دقت ۰/۰۵ سانتیمتر مکعب اندازه گیری شده و به شرایط درجه حرارت ۲۰ درجه سانتیگراد و فشار ۷۶۰ میلیمتر جیوه تبدیل می شود.

درصد هیدروژن فلز جوش بوسیله دستگاه مخصوصی اندازه گیری می شود. مقدار هیدروژن برحسب سانتیمتر مکعب به ازاء هر گرم فلز جوش گزارش می شود. اگر میانگین هیدروژن در چهار آزمایش از ۰/۱ سانتیمتر مکعب بر گرم تجاوز کند الکتروود مزبور با هیدروژن کنترل شده بحساب نمی آید.

الکترودهای پرنفوذ

اثر الکتروودی از صرف سارنده بعنوان الکتروود پرنفوذ معرفی شود علامت *D.P.* یا علامت دیتری در طقه سدی الکتروود ذکر می شود. برای الکتروود پرنفوذ آزمایش ویژه ای در نظر گرفته شده که در آن توصیه های سازنده در مورد روش جوشکاری و شدت جریان جوشکاری بایستی مراعات گردد.

آزمایشات جوش لب بلب دوطرفه

دو پلیت به ضخامت دوبرابر قطر سیم الکتروود به اضافه ۲ میلیمتر بطور لب بلب با یک لایه از هر طرف در حالت مسطح جوش داده می شوند.

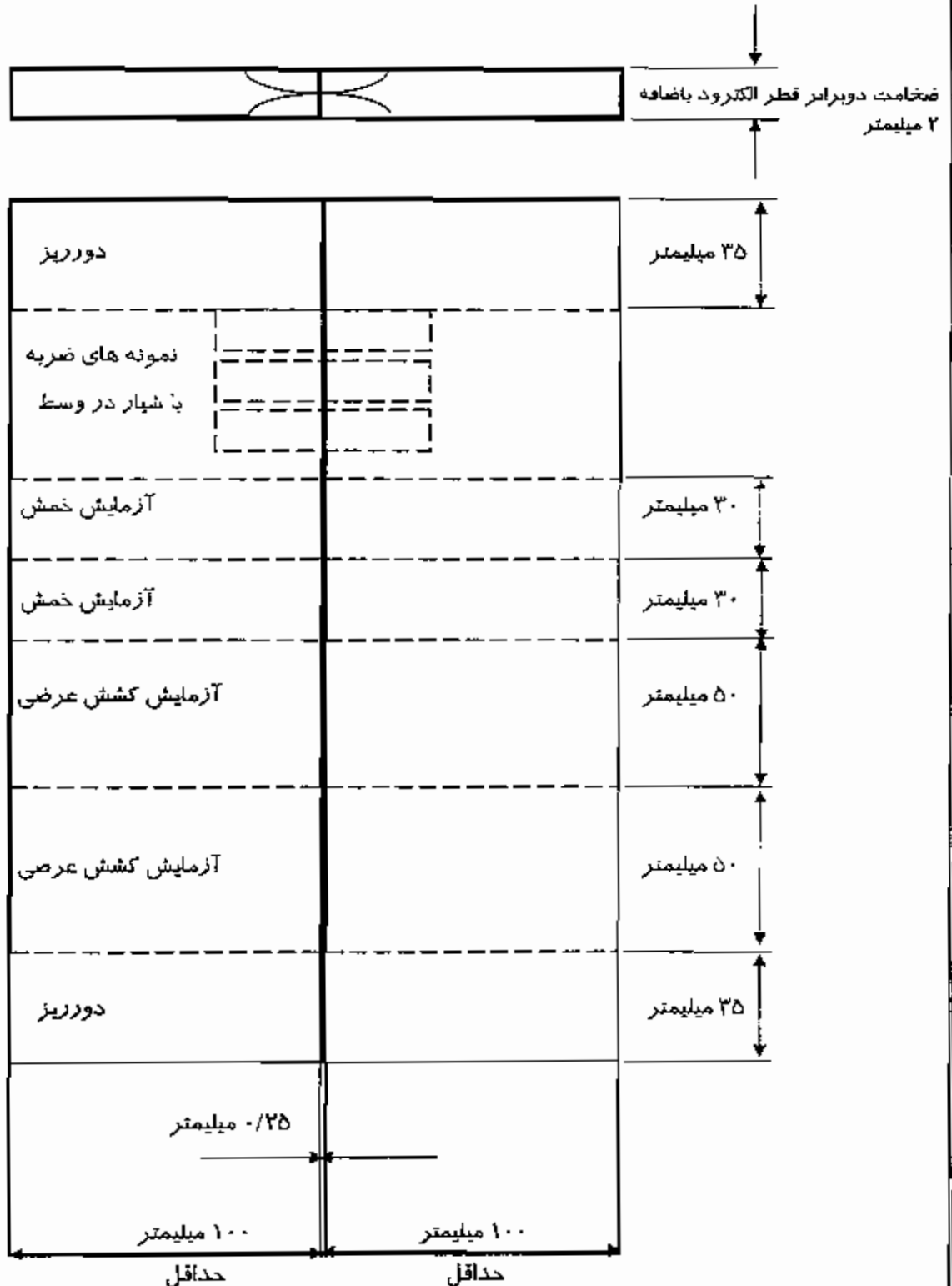
حداقل عرض دو ورق ۱۰۰ میلیمتر بوده و طول آنها بایستی اجازه درآوردن قطعات آزمایش لازم را بدهد. لبه های دو ورق صاف و بدون پچ بوده و پس از تک زدن بایستی بیشتر از ۰/۲۵ میلیمتر از هم فاصله داشته باشند.

قطعه آزمایش با بزرگترین اندازه الکتروود (از ۸ میلیمتر بیشتر نباشد) جوشکاری می شود. از این مجموعه جوشکاری شده دو نمونه کششی عرضی، دو نمونه خمشی و سه نمونه ضربه ای با شیار ۷ بریده میشود. دو انتهای مجموعه دور ریز بحساب می آیند که بایستی بیشتر از ۳۵ میلیمتر عرض داشته باشند. مقطع این دور ریزها هم صیقلی شده و اچ کاری میشوند تا ذوب کامل و نفوذ داخلی جوش را نشان دهند.

در برش تمام نمونه ها چگونگی ذوب بررسی می شود.

آزمایش کشش عرضی

دو نمونه کششی عرضی مطابق شکل آماده می شوند. سطوح بالا و پایین جوش سوهان ، سنگ زده شده یا ماشین کاری می شود تا به سطح پلیت اصلی برسند.
حد نهائی مقاومت کششی نمونه آزمایش نبایستی کمتر از مقدار لازم باشد.



شکل - مجموعه آزمایش جوش لب بلب دوطرفه الکتروود پرنفوذ

آزمایش خمش

دو نمونه آزمایش خمش به پینای ۳۰ میلیمتر تهیه شده و برجستگی جوش تراشیده میشود و گوشه های تیز گرد می شود (با شعاع حداکثر ۲ میلیمتر). این نمونه ها بایستی خمش ۱۲۰ درجه را حول فشاردهنده ای با قطر سه برابر ضخامت نمونه بدون ظهور عیب غیرمجاز تحمل نمایند. در یک نمونه رویه و در نمونه دیگر ریشه تحت کنترل قرار می گیرد.

آزمایش ضربه

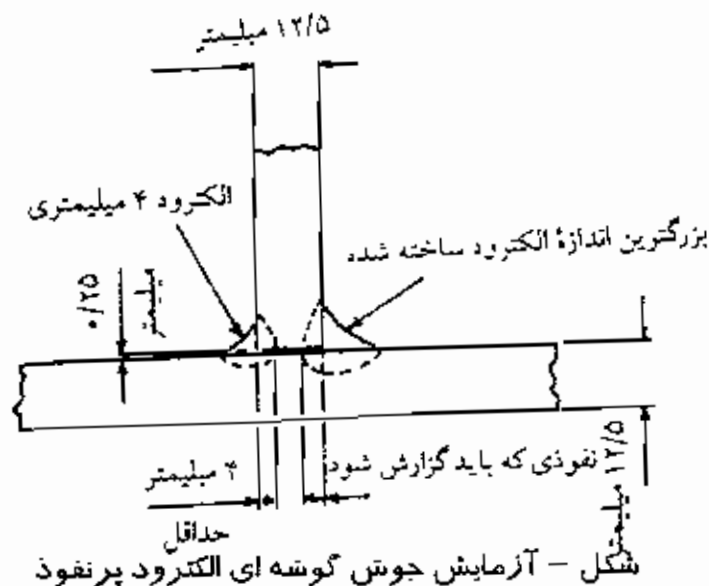
سه نمونه ضربه ای با شماره ۷ مطابق آنچه که قبلاً در آزمایش جوش لب لبب الکترودها گفته شد تهیه و مورد آزمایش قرار می گیرد.

آزمایش جوش گوشه

با ورقهای بصحامت حدود ۵ تا ۱۲ میلیمتر یک مجموعه جوش گوشه ای مطابق شکل آماده میگردد. خوشکاری نا یک لایه برای هر گوشه در سطح افقی انجام میگردد. طول گوشه ۱۶۰ میلیمتر بوده و فاصله بین ورقه بایستی از ۰.۲۵ میلیمتر بیشتر باشد.

جوش گوشه ای یک طرف نا انکترود ۴ میلیمتری و طرف دیگر با بزرگترین انکترود انجام میشود. شدت جریان در فاصله حدود توصیه شده بوسیله سازنده الکتروود بوده و خوشکاری به روش عادی صورت می گیرد.

در فاصله ۳۵ میلیمتری از دو انتها با اره یا ماشین کاری جوشهای گوشه ای را بریده و مقطع آنها پرداخت شده و «اج کاری» می نسوند. گوشه ساخته شده با الکتروود ۴ میلیمتری بایستی نفوذ ۴ میلیمتر را نشان دهد. نفوذ مربوط به گوشه دیگر در گزارش درج می شود.



تعیین راندمان الکتروود

برای تعیین راندمان الکتروود یک قطعه ورق فولادی معمولی (کربن تا ۰/۲۵ درصد) بضامت ۱۲ میلیمتر و عرض ۷۵ میلیمتر و طول ۳۰۰ میلیمتر انتخاب می شود. سطح ورق بوسیله سنباده نرم و یا وسایل مناسب دیگر از پوسته، گرد، رنگ، زنگ و روغن پاک می گردد. وزن دقیق این قطعه ورق یادداشت می شود. سپس پنج عدد از الکتروود مورد آزمایش انتخاب شده و با حداکثر شدت جریان توصیه شده (بوسیله سازنده) روی پلیت ها جوش داده میشود. جوشکاری در حالت تخت انجام شده و توصیه سازنده الکتروود در مورد نوع جریان برق و نوع اتصال قطبی رعایت شود. الکتروودهای مزبور تا رسیدن به ته الکتروودی بطول حدود ۵۰ میلیمتر بطور مداوم جوش داده میشوند. سرپاره روی جوش و ذرات پخش شده روی ورق پس از خاتمه هر پاس (هر لایه) پاک می شوند.

با چهار بار وزن کردن از فرمول زیر راندمان الکتروود محاسبه می شود:

$$R = \frac{m_2 - m_1}{m_3 - m_4} \times 100$$

که در آن:

m_1 = وزن قطعه مورد جوشکاری قبل از جوشکاری.

m_2 = وزن قطعه ورق بعد از جوشکاری (وزن ورق به اضافه وزن جوش جایگزین شده روی آن).

m_3 = وزن سیم مغزه پنج الکتروود کامل (قبل از جوشکاری).

m_4 = وزن سیم مغزه پنج ته الکتروود باقی مانده.

(وزنهای مورد اشاره معمولاً با دقت ± 1 گرم اندازه گیری می شود).

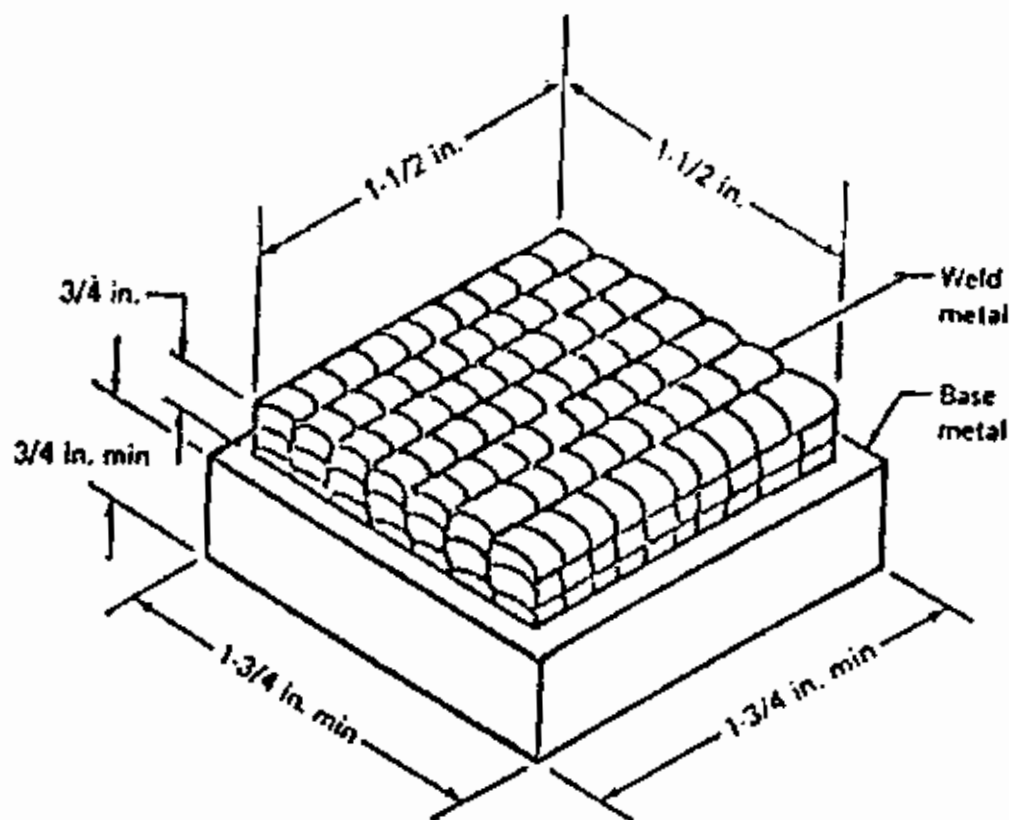
R = راندمان الکتروود است.

تجزیه شیمیایی

برای تجزیه شیمیایی جنس جوش روی سطح یک قطعه ورق فولادی با الکتروود مزبور در حالت تخت جوش روکشی انجام شده و سپس بر روی آن چند لایه دیگر ذوب می شود. برای دسترسی به جنس جوش با درجه خلوص بیشتر حداقل چهار لایه جوشکاری لازم است و براده فلزی مطابق روش متداول مورد تجزیه شیمیایی قرار می گیرد. گاهی بهنگام تهیه نمونه برای آزمایش مکانیکی جنش جوش خالص براده لازم جهت تجزیه شیمیایی از جوش خالص گرفته میشود.

PART C - SPECIFICATIONS FOR WELDING RODS.
ELECTRODES AND

SFA - 5.21



SI Equivalents	
in.	mm
3/4	19
1-1/2	38
1-3/4	44

Chemical Analysis Test Pad
بالشتک آزمایش تجزیه شیمیایی

آزمایش کیفیت الکتروود با پرتونگاری

AWS الکتروودها را از نظر پرتونگاری به سه دسته: درجه ۱، درجه ۲ و بدون درجه تقسیم کرده که جزئیات آن در جدول نیازمندیهای پرتونگاری ملاحظه می شود.
برای آزمایش کیفیت الکتروودها از نظر پرتونگاری، آزمایش سلامت (Soundness Test) پیشنهاد گردیده است.

برای آزمایش سلامت دو قطعه ورق یا لوله بصورت شبیاری لب بلب با آن نوع الکتروود توسط جوشکار مجاز جوش داده می شود.

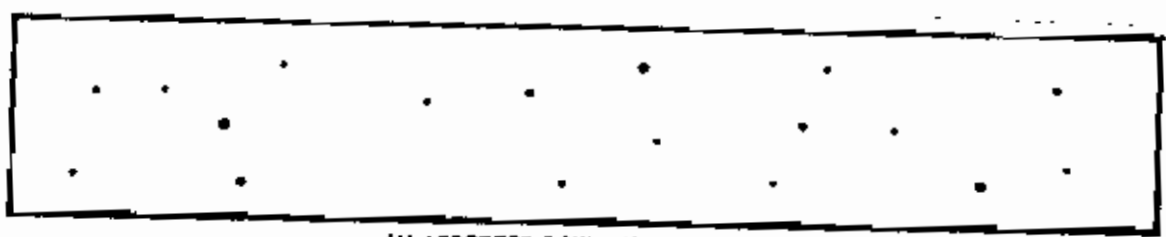
فیلم حاصل از پرتونگاری نمونه با الگوهای استاندارد مقایسه می شود. چنانچه عیوب مدور فیلم از عیوب مدور نشان داده شده در الگو درشت تر یا با تراکم بیشتر باشد، الکتروود قابل قبول نیست. در غیر اینصورت کیفیت الکتروود از نظر پرتونگاری قبول است.

نیازمندیهای پرتونگاری

استاندارد پرتونگاری	طبقه بندی AWS A5.5
درجه I	EXX15-X EXX16-X EXX18-X EXX20-X
درجه II	EXX10-X EXX11-X EXX13-X E7027-X
بدون درجه	E6012 E6022

SFA-5.5

2001 SECTION II

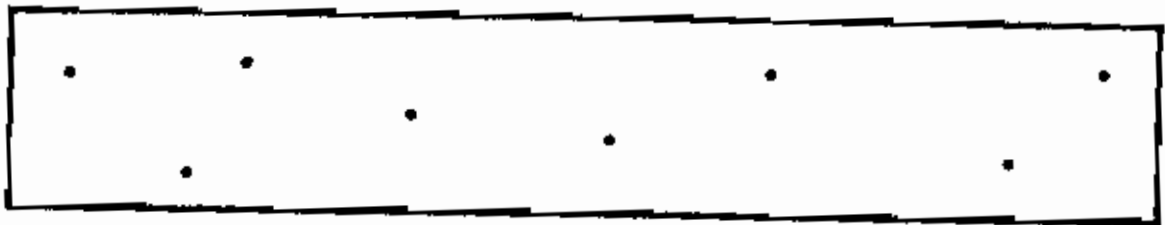
**(A) ASSORTED ROUNDED INDICATIONS**

SIZE 1/64 in. (0.4 mm) TO 1/16 in. (1.6 mm) IN DIAMETER OR IN LENGTH. MAXIMUM NUMBER OF INDICATIONS IN ANY 6 in. (150 mm) OF WELD = 18, WITH THE FOLLOWING RESTRICTIONS:

MAXIMUM NUMBER OF LARGE 3/64 in. (1.2 mm) TO 1/16 in. (1.6 mm) IN DIAMETER OR IN LENGTH INDICATIONS = 3.

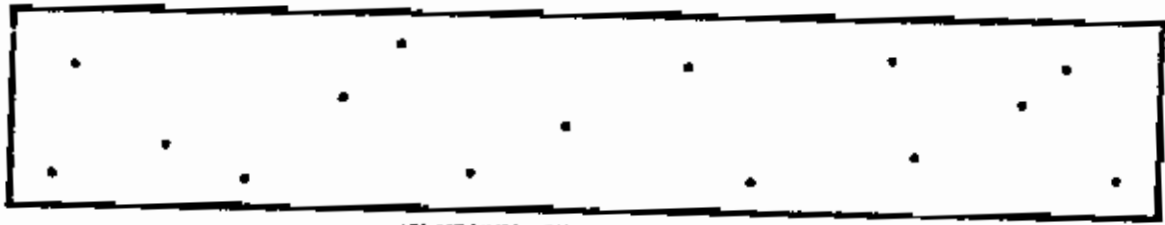
MAXIMUM NUMBER OF MEDIUM 1/32 in. (0.8 mm) TO 3/64 in. (1.2 mm) IN DIAMETER OR IN LENGTH INDICATIONS = 5.

MAXIMUM NUMBER OF SMALL 1/64 in. (0.4 mm) TO 1/32 in. (0.6 mm) IN DIAMETER OR IN LENGTH INDICATIONS = 10.

**(B) LARGE ROUNDED INDICATIONS**

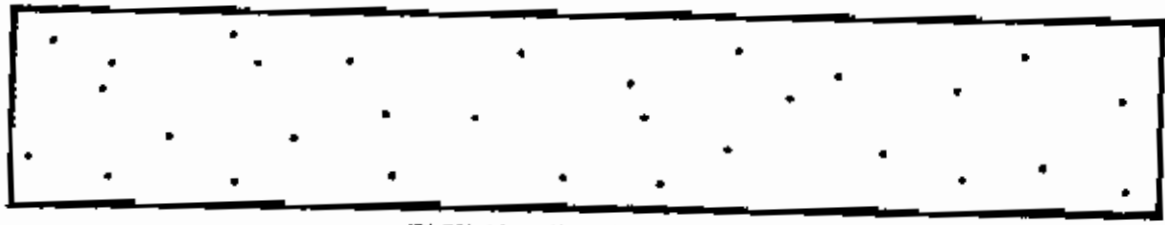
SIZE 3/64 in. (1.2 mm) TO 1/16 in. (1.6 mm) IN DIAMETER OR IN LENGTH.

MAXIMUM NUMBER OF INDICATIONS IN ANY 6 in. (150 mm) OF WELD = 8.

**(C) MEDIUM ROUNDED INDICATIONS**

SIZE 1/32 in. (0.8 mm) TO 3/64 in. (1.2 mm) IN DIAMETER OR IN LENGTH.

MAXIMUM NUMBER OF INDICATIONS IN ANY 6 in. (150 mm) OF WELD = 15.

**(D) SMALL ROUNDED INDICATIONS**

SIZE 1/64 in. (0.4 mm) TO 1/32 in. (0.6 mm) IN DIAMETER OR IN LENGTH.

MAXIMUM NUMBER OF INDICATIONS IN ANY 6 in. (150 mm) OF WELD = 30.

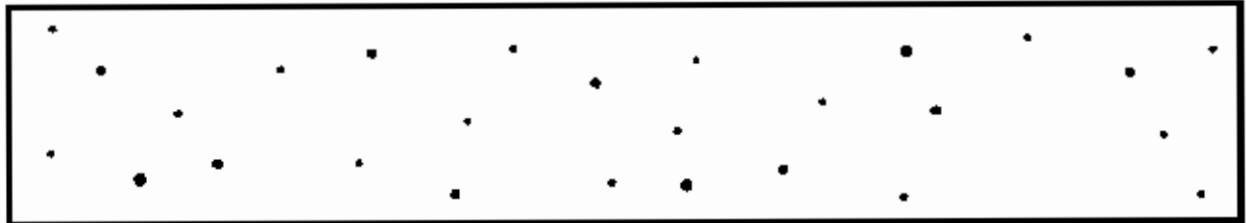
Notes:

1. In using these standards, the chart which is most representative of the size of the rounded indications present in the test specimen radiograph shall be used for determining conformance to these radiographic standards.
2. Since these are test welds specifically made in the laboratory for classification purposes, the radiographic requirements for these test welds are more rigid than those which may be required for general fabrication.
3. Indications whose largest dimension does not exceed 1/64 in. (0.4 mm) shall be disregarded.

FIG. 6 RADIOGRAPHIC ACCEPTANCE STANDARDS FOR ROUNDED INDICATIONS (GRADE 1)

PART C — SPECIFICATIONS FOR WELDING RODS,
ELECTRODES, AND FILLER METALS

SFA-5.5



(E) ASSORTED ROUNDED INDICATIONS

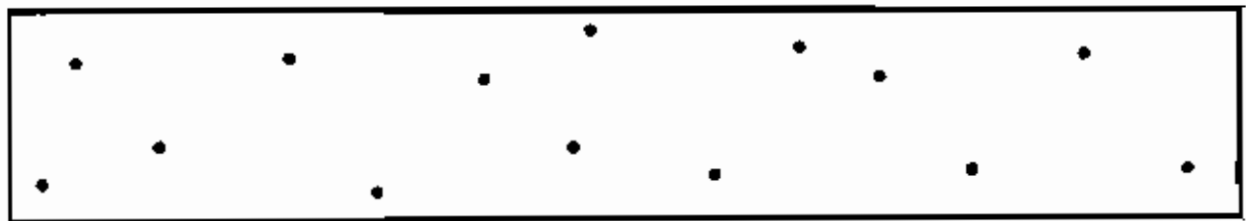
SIZE 1/64 in. (0.4 mm) TO 5/64 in. (2.0 mm) IN DIAMETER OR IN LENGTH.

MAXIMUM NUMBER OF INDICATIONS IN ANY 6 in. (150 mm) OF WELD = 27, WITH THE FOLLOWING RESTRICTIONS:

MAXIMUM NUMBER OF LARGE 1/16 in. (1.6 mm) TO 5/64 in. (2.0 mm) IN DIAMETER OR IN LENGTH INDICATIONS = 3.

MAXIMUM NUMBER OF MEDIUM 3/64 in. (1.2 mm) TO 1/16 in. (1.6 mm) IN DIAMETER OR IN LENGTH INDICATIONS = 8.

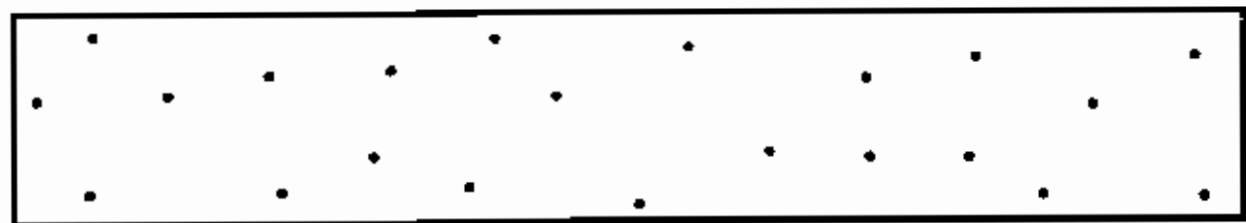
MAXIMUM NUMBER OF SMALL 1/64 in. (0.4 mm) TO 3/64 in. (1.2 mm) IN DIAMETER OR IN LENGTH INDICATIONS = 16.



(F) LARGE ROUNDED INDICATIONS

SIZE 1/16 in. (1.6 mm) TO 5/64 in. (2.0 mm) IN DIAMETER OR IN LENGTH

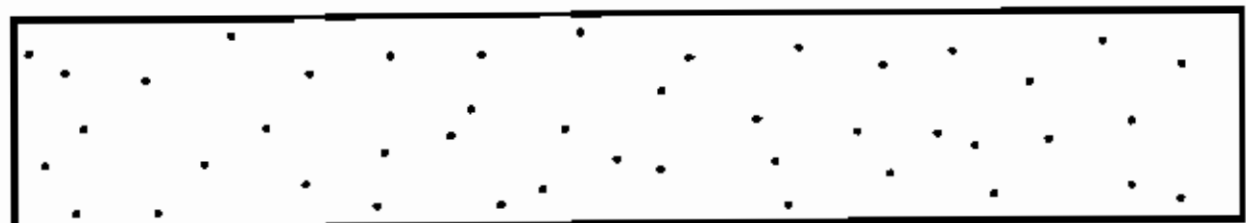
MAXIMUM NUMBER OF INDICATIONS IN ANY 6 in. (150 mm) OF WELD = 14.



(G) MEDIUM ROUNDED INDICATIONS

SIZE 3/64 in. (1.2 mm) TO 1/16 in. (1.6 mm) IN DIAMETER OR IN LENGTH.

MAXIMUM NUMBER OF INDICATIONS IN ANY 6 in. (150 mm) OF WELD = 22



(H) SMALL ROUNDED INDICATIONS

SIZE 1/64 in. (0.4 mm) TO 3/64 in. (1.2 mm) IN DIAMETER OR IN LENGTH.

MAXIMUM NUMBER OF INDICATIONS IN ANY 6 in. (150 mm) OF WELD = 44.

Notes:

1. In using these standards, the chart which is most representative of the size of the rounded indications present in the test specimen radiograph shall be used for determining conformance to these radiographic standards.
2. Since these are test welds specifically made in the laboratory for classification purposes, the radiographic requirements for these test welds are more rigid than those which may be required for general fabrication.
3. Indications whose largest dimension does not exceed 1/64 in. (0.4 mm) shall be disregarded.

FIG. 6 RADIOGRAPHIC ACCEPTANCE STANDARDS FOR ROUNDED INDICATIONS (GRADE 2) (CONT'D)

مواظبت و نگهداری الکترودها

کلیات

الکترودهای یکی از مصالح ضروری و ارزشمند می باشد. موفقیت جوشکاری قوسی دستی تا حدود زیادی به کیفیت روپوش الکتروده بستگی دارد. بعلاوه اینکه روپوش الکتروده نقش مهمی در جوش بازی می کند، نایبستی با الکترودهایی که تمام یا قسمتی از روپوششان ریخته شده است، جوشکاری شود. اگر روپوش الکتروده خیس شود یا رطوبت ببیند، بازدهی الکتروده پایین می آید. رطوبت باعث ایجاد بخار آب ضمن جوشکاری شده، هم پاشیدگی و اتلاف الکتروده زیاد میشود و هم در جوش تخلخل بوجود می آید. از نظر اثرات بدی که هیدروژن در جوشکاری میتواند داشته باشد و با تشخیص اینکه منبع هیدروژن، رطوبت روپوش الکتروده است، انبار کردن و عملیات صحیح بر روی الکتروده برای بدست آوردن نتایج بهینه ضروری است. روپوش الکتروده هم در مقابل رطوبت و عوامل جوی و هم از نظر مکانیکی آسیب پذیر است و کمی بی دقتی یا سهل انگاری در نگهداری و حمل و نقل الکترودها موجب پایین آمدن کیفیت اتصالات می گردد. برای انبار کردن، خشک کردن، مواظبت از الکتروده در کارگاه موارد زیر توصیه می شود.

انبار کردن الکترودها

الکترودها در اطاقک یا انبار مناسبی نگهداری شوند که حد اقل درجه حرارت آن $+ 15$ درجه سانتیگراد و حداکثر رطوبت نسبی 50% باشد. الکترودها بایستی در قفسه های جداگانه برحسب نوع قطر و محموله چیده شوند. آب پاشی بین ردیف قفسه ها ممنوع است. در چیدن یا برداشتن کارتن ها و بسته ها دقت بعمل آید که الکترودها در اثر سقوط یا برخورد به قطعات مجاور آسیب نبینند. به پرسنل حمل و نقل الکتروده بایستی آموزش لازم داده شوند. الکتروده نایبستی بیشتر از مقدار لازم برای مصرف حدود دو روز از انبار اصلی خارج شود.

خشک کردن الکتروود

خشک کردن الکتروود بایستی در خشک کن مناسب مطابق نوع روپوش الکتروود و با رعایت نکات زیر انجام شود.

الکتروود مصرفی طبق استاندارد AWS اگر از نوع E7018 باشد، این الکتروود روپوش قلبیاتی با هیدروژن کنترل شده کاملاً قبل از مصرف خشک شود. خشک شدن بمدت ۲ ساعت در درجه حرارت ۳۵۰ درجه سانتیگراد انجام گیرد و آنگاه درجه حرارت برای مصرف به حدود ۱۰۰ تا ۱۲۰ درجه سانتیگراد تقلیل یابد.

در مرحله مصرف برای جلوگیری از جذب رطوبت یا آلودگی های دیگر، الکتروود در گرمکن سیار قرار داده می شود. الکتروودی که در گرمکن نگهداری شود بایستی ظرف مدت یک شیفب به مصرف برسد. الکتروودهایی که در گرمکن بمدت بیشتر از یک شیفب روزانه باقی بمانند بایستی دوباره در درجه حرارت ۳۵۰ درجه سانتیگراد خشک شوند. هر الکتروود بایستی بیش از دو بار خشک شود.

الکتروودها بایستی طوری در خشک کن چیده شوند که قبل از طی سیکل کامل خشک شدن، اشتباهاً بمصرف نرسد.

توصیه های کلی

وقتی که الکتروود از انبار خارج شد یا وقتی الکتروود از خشک کن خارج شد، جوشکار مسئول مواظبت از آن است.

تا کردن و خم کردن الکتروود و برداشتن روپوش الکتروود مجاز نیست.

در مواردی که به الکتروودهای نامرغوب برخورد می شود مراتب به بازرسی فنی یا کنترل

کیفیت اطلاع داده شود. جوشکاری با الکتروودهای آب دیده و زنگ زده ممنوع است.

الکتروود در بسته بندی های خلاء

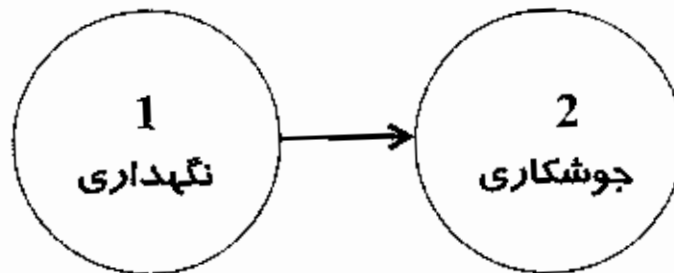
بعضی از سازندگان الکتروودهای روپوش قلیائی کم هیدروژن ، آنها را در بسته بندی های خلاء موسوم به *Vac Pac* ارائه می کنند. *E-7018* سال

Vac Pac مشتمل بر فویل آلومینیومی چند لایه است. جعبه که خودش پلاستیکی است، الکتروود را از ضربه و سایش محافظت می کند.

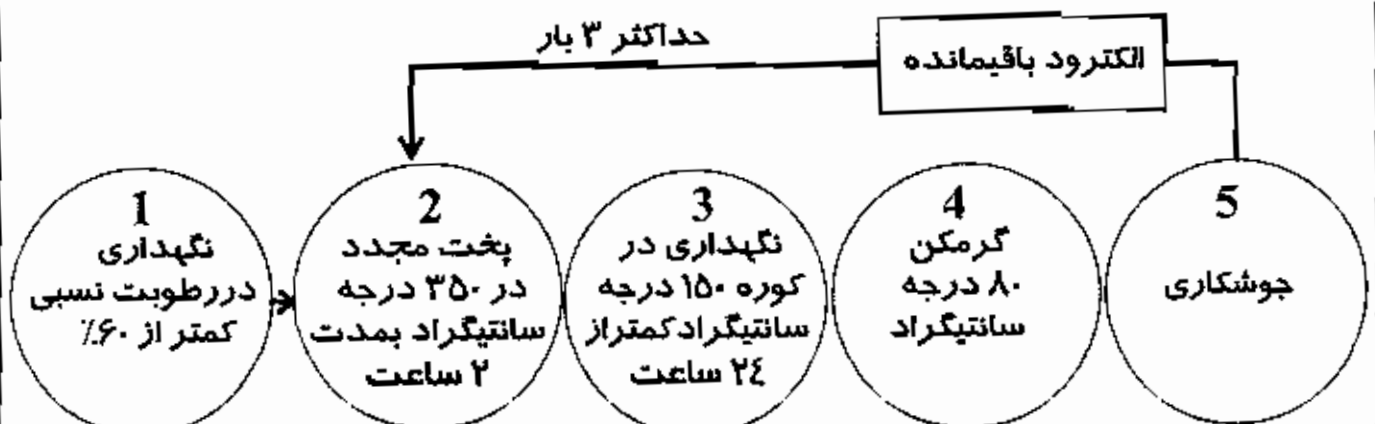
الکتروودها بلافاصله پس از تولید، در بسته بندی *Vac Pac* قرار داده می شوند و هوای جعبه تخلیه می شود و آب بندی می گردد. این بسته بندی همیشه شرایط خوب نگهداری الکتروود را تضمین می کند. اطلاعات کامل محصول روی بسته بندی چاپ می شود.

سازنده متعقد است که الکتروودها داخل بسته بندی خلاء خشک باقی می مانند و بدون لزوم خشک کردن، آماده به مصرف هستند. این بسته بندی ها اگر پاره و خراب نشوند، تا سه سال می توانند نگهداری شوند.

دستورالعمل *Vac Pac*



دستورالعمل خشک کردن مجدد غیر *Vac Pac*



الکترودهای ارتشی با پسوند *M* بایستی الزامات:

- چقرمگی بیشتر
- درصد رطوبت کمتر
- کمتر بودن محدوده های اجباری هیدروژن قابل نفوذ برای فلز جوش را برآورده نمایند.

پسوند (-۱) بمعنی آنستکه :

- \star الکترودهای *E7016-1* و *E7018-1* دارای مقاومت به ضربه بیشتر یا چقرمگی بهبود یافته هستند.
- \star الکتروود *E7024-1* دارای قابلیت نرمی بیشتری است.
- درجه حرارت تبدیل آنها پایین تر است.

\star

EXXXX-1HzR

\star

H_Z بمعنی آنستکه مقدار میانگین هیدروژن قابل نفوذ در جوش کمتر از *Z* میلی لیتر *H₂* بر ۱۰۰ گرم فلز جوش است.

$$\frac{Z \cdot 100}{\text{گرم فلز جوش}} = H_Z$$

Z می تواند ۴، ۸ یا ۱۶ باشد.

R بمعنی آنستکه الکتروود الزامات آزمون رطوبت جذب شده را برآورده می کند.

بعضی از سازندگان الکتروود مقاوم حرارت تولید می کنند که دارای علامت *MR (Moisture Resist)* می باشد. این الکترودها بشرط آنکه روپوش ویژه آنها، خراش نداشته و صدمه ندیده باشند، نیازی به بخت ندارند و مستقیماً مورد استفاده قرار می گیرند.

نیازمندیهای درصد رطوبت در روپوش

حد اکثر رطوبت (درصد وزنی)	طبقه بندی <i>AWS A5.5</i>
۰/۴	<i>E7015, E7016-X, E7018-X</i>
۰/۲	<i>E8015-X, E8016-X, E8018-X</i>
۰/۱۵	<i>E9015-X, E9016-X, E9018-X, E10015-X, E10016-X, E10018-X, E11015-X, E11016-X, E11018-X, E12015-X, E12016-X, E12018-X, E12015-X, E12016-X, E12018-X</i>
۰/۱۰	<i>E12018-MI</i>

کلیات انتخاب الکتروود

ضرورت کاری همیشه مبنای انتخاب الکتروود است. مطالعه چک لیست انتخاب الکتروود، کارانتخاب را آسان می سازد. اگر عوامل موثر در کار الکتروود بدقت مورد بررسی قرار گیرد، آنگاه در انتخاب الکتروودی که پایداری قوس، همواری جوش، سهولت تمیز کردن سرباره و حداقل پاشیدگی راداشته باشد یا جوش مرغوبی بدهد، مشکلی وجود نخواهد داشت. برای اطمینان از در نظر گرفتن تمام انتخابهای ممکن خصوصیات ویژه سایر الکتروودها در گروه های مختلف نیز بایستی مورد بررسی قرار گیرند. اگر برای کار معینی بیش از یک الکتروود با شرایط مساوی، مناسب بنظر برسد، برتری آنها نسبت به یکدیگر بایستی با انجام جوشکاری آشکار شود.

بسیاری از الکتروودهای جوشکاری قوسی برسیله مشخصات کمیته مشترک *ASTM* و *AWS*

طبقه بندی می شوند. ذیلا نمونه هایی از این مشخصات ارائه می گردد.

* مشخصات الکتروودهای جوشکاری قوسی فولاد ساده (کربن)

ASTM-A233 *AWS-A5.1*

* مشخصات الکتروودهای جوشکاری قوسی فولاد کم آلیاژ:

ASTM-A316 *AWS-A5.5*

* مشخصات الکتروودهای جوشکاری فولاد مقاوم خوردگی کرم دار و کرم نیکل:

ASTM-A298 *AWS-A5.4*

* مشخصات الکتروودهای جوشکاری آلومینیوم و آلیاژهای آلومینیوم:

ASTM-B104 *AWS-A5.3*

* مشخصات الکتروودهای جوشکاری مس و آلیاژهای مس:

ASTM-A226 *AWS-A5.6*

انتخاب الکتروود

انتخاب درست الکتروود برای کار جوشکاری معمولی یکی از مهمترین تصمیماتی است که بایستی گرفته شود. طبیعت فلز جوش و مناسب بودنش بعنوان ماده اتصال دهنده برای قطعات جوش شونده به انتخاب درست نوع الکتروود بستگی دارد.

امروزه پیشرفت خیلی زیاد فرایند جوشکاری قوسی فلزی محافظت شده تا حدود زیادی مرهون کیفیت بالای الکتروودهای موجود است.

الکترودها را می توان طبق موارد ذیل طبقه بندی نمود :

۱- خصوصیات کاری

۲- نوع روپوش

۳- خصوصیات جوش

مد نظر قرار دادن اندازه الکتروود نیز حائز اهمیت است. بایستی خاطر نشان شود که الکترودهای زیادی دارای سیم مغزه یکسان هستند ولی خصوصیات کاری و طبیعت فیزیکی و شیمیایی فلز جوش آنها با هم فرق دارد و این تفاوت از روپوش آنها ناشی می شود. مطالعه دقیق خصوصیات اساسی الکترودهای جوشکاری نه تنها به کسب دانش فنی برای انتخاب درست الکتروود کمک می نماید بلکه در تسلط بر فنون استادانه جوشکاری مفید خواهد بود.

اندازه الکتروود

انتخاب درست اندازه الکتروود برای استفاده در کار مشخصی به اندازه انتخاب درست طبقه بندی الکتروود اهمیت دارد. نکات ذیل بایستی در مورد اندازه الکتروود مورد توجه قرار گیرد:

طراحی اتصال

یک جوش گوشه ای را میتوان نسبت به یک جوش لب بلب بازرسی الکتروود بزرگتری جوش داد.

ضخامت قطعه

بدیهی است هر چه ضخامت قطعه بیشتر باشد از الکتروود بزرگتری می توان استفاده نمود.

ضخامت لایه های جوش

ضخامت قطعه جوش شونده و حالت جوشکاری در انتخاب اندازه الکتروود موثر است. در حالت های تخت و افقی نسبت به حالت های عمودی و سقفی، فلز جوش بیشتری میتواند رسوب داد.

حالت جوشکاری

در حالت های تحت و افقی نسبت به حالت های عمودی و سقفی الکتروود بزرگتری را میتوان مورد استفاده قرار داد.

مقدار شدت جریان

هرچه شدت جریان بیشتری برای جوشکاری در نظر گرفته شود، اندازه الکتروود بزرگتر است.

مهارت جوشکار

بعضی از جوشکاران بقدری مهارت دارند که قادرند الکتروودهای با اندازه بزرگ را در حالت‌های عمودی و سقفی اداره نمایند. تمام الکتروودهای روپوشدار برای جوشکاری چند پاسه طراحی شده اند. اندازه الکتروود با نوع اتصال و حالت جوشکاری تغییر می کند.

اولین پاس برای جوشکاری لوله و سایر اتصالات لب بلب با لبه پخ زده با الکتروود ۲/۵ یا ۳/۲ میلیمتری جوش داده می شود.

انتخاب قطر الکتروود برای پاس اول بایستی طوری باشد که ذوب خوب در ریشه بدست آید و از سوختگی نبه پرهیز شود.

پاسهای باقیمانده را میتوان با الکتروودهای ۴ میلیمتری یا ۵ میلیمتری در تمام حالتها و ۵ میلیمتری یا بزرگتر در حالت تحت جوشکاری نمود.

برای جوشکاری اتصالات لب بلب با لبه پخ زده که دارای تسمه پشت بند هستند، برای اولین پاس از الکتروود ۴ و برای بقیه پاسها از الکتروود ۵ و ۶ میلیمتری میتوان استفاده نمود.

برای گوشه‌های گوشه‌ای در حالت تخت الکتروودهای ۴، ۵ یا ۶ میلیمتری می تواند مورد استفاده قرار گیرد. ورقهای خیلی ضخیم را می توان با الکتروودهای بزرگتر جوشکاری نمود.

جوشکاری گوشه‌ای و لب بلب در حالت غیر عادی با الکتروودهای بقطر ۴ میلیمتر انجام میشود. برای بعضی از این جوشکاری ها الکتروودهای ۵ میلیمتری می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

اندازه معمولی الکتروودهای کم‌هیدروژن برای جوشکاری در حالت عمودی و سقفی ۳/۲ میلیمتر و ۴ میلیمتر میباشد. این الکتروودها برای جوشکاری در حالت‌های تخت و افقی می توانند ۴ میلیمتر، ۵ میلیمتر یا بزرگتر باشند.

شرایط کاری

شرایط کاری مبنای انتخاب درست الکتروود میباشد. بازمینی همه جانبه کار برای تعیین آنچه که از الکتروود انتظار میرود، حائز اهمیت است. در جدول عوامل موثر در انتخاب الکتروود ارائه گردیده است.

انتخاب الکترود روپوشدار فولادی نرم و امتیاز بندی اجرایی
مشخصات طبقه بندی الکترود طبق AWS A5.1 برترتیب شماره مشخصه رویوش الکترود
(درجه بندی بر مبنای الکترود هم نظر می باشد. $10 =$ بالاترین امتیاز $1 =$ پایین ترین امتیاز)

کد	E7028	E7027	E7024	E6020	E7018	J7016	E7014	E6013	E6012	E6011	E6010	گزاره
۱۰	۱۰	۹	۱۰	۹	۷	۷	۹	۸	۳	۵	۲	جوشهای لب به لب شیبی در حالت تخت کمتر از ۶/۳۵ میلیمتر
روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	جوشهای لب به لب شیبی در تمام حالات کمتر از ۶/۳۵ میلیمتر
۹	۹	۱۰	۱۰	۹	۵	۵	۹	۷	۲	۲	۲	جوشهای گلوله ای، تخت یا افقی، تولید زیاد
روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	جوشهای گلوله ای، در تمام حالتها، همه منظوره
AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	DCRP	جریان جوشکاری، اتصال قطبی، AC، DCSP یا DCRP
DCRP	DC	DC	DC	DCRP	DCRP	DCRP	DC	DC	DCSP	DCRP	DCRP	
روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	مصلح نازک، مسائل پیچیدگی از صورت اضافی
۹	۸	۷	۸	۸	۹	۱۰	۸	۸	۶	۸	۸	درقا ضخیم، اتصالات با رسانندگی زیاد
روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	فولاد پرگرگرد یا فولاد یا آلومینیم
۸	۱۰	۱۰	۹	۹	۳	۳	۵	۵	۵	۲	۲	ترخ رسوب (زیست بهتر است)
روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	عمق نفوذ در فلز مبنا
۷	۸	۴	۸	۸	۷	۷	۹	۵	۹	۹	۱۰	ظاهر جوش، موربهای خولک نما، با حداقل بریدگی کنار،
روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	سورلت کنترل سلامت فلز جوش
۹	۹	۸	۹	۹	۱۰	۱۰	۷	۵	۳	۶	۶	قابلیت نرمی (زیست بهتر است)
روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	مقاومت ضربه ای در درجه حرارت پایین (زیست بهتر است)
۱۰	۱۰	۵	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۵	۵	۴	۷	۶	الکت پائیندگی کم (استعمال کمتر برای مسائل تعمیرکاری)
روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	مسائل جفت و جوری ضعیف هنگام حدم هسته زای مقاوم
۹	۱۰	۱۰	۹	۹	۸	۹	۹	۷	۲	۲	۱	جوشکار بستندی، خصوصیات کاری خوب
روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	جوشکار بستندی، خصوصیات کاری خوب
۹	۱۰	۱۰	۹	۹	۸	۹	۱۰	۸	۸	۶	۷	خورد پاری شونده یا آسان پاری شونده سوراخ
روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	روپوشدار	
۸	۹	۹	۹	۹	۷	۴	۸	۸	۶	۸	۹	

توضیح ۱- این جدول برای انتخاب عمومی خوب است. این جدول بر مبنای الکترودهای هم نظر ترتیب داده شده است. البته اگر از الکترود دیگر کوچکتر و شدت جریان کمتر استفاده شود، امتیاز بندی بهتر بدست می آید. در این جدول بعضی از الکترودهای ویژه که ممکن است دارای خواص بهتری نسبت به دیگر الکترودها یکی هم طبقه خود باشند، در نظر گرفته نشده است.
AC = جریان متناوب، DCRP = جریان مستقیم، قطب معکوس (الکترود مثبت)، DCSP = جریان مستقیم، قطب مستقیم (الکترود منفی).

الف- نمونه کدگذاری (برای الکترودهای هم اندازه) بر مبنای طبقه ای برای الکترودهای هم اندازه) بر مبنای طبقه ای برای الکترودهای نامبرده در جدول می باشد. بالاترین نمونه ۱۰ در نظر گرفته شده است. وقتی اندازه الکترود تغییر کند، نمونه ممکن است تغییر نماید.
ب- توصیه نمی شود.

ذیلا چند شرط برای بررسی شرایط کاری ارائه می شود .

- * مهارت جوشکار
- * خواسته های کد (در صورت لزوم)
- * خواص فلز مبنا
- * حالت اتصال
- * نوع و آماده سازی اتصال
- * خواسته های عملیات حرارتی
- * شرایط محیطی کار
- * مسایل انبساط و انقباض
- * مندار حوش لازم
- * چگونگی حفت و حوری
- * نوع برق محدود
- * ضخامت و شکل فلز مبنا
- * مشخصات و شرایط بهره برداری
- * در خواست تولید و ملاحظات هزینه

خصوصیات کاری الکترودها

مواد تشکیل دهنده روپوش الکترودها تنها خواص فیزیکی و شیمیایی جوش را تعیین میکنند بلکه خصوصیات کاری الکترودها را نیز روشن می سازند .
استفاده از الکترودهای مختلف نیاز به فنون مختلفی دارد بنا براین این الکترودها را میتوان مطابق خصوصیات کاری و شرایط اتصالات جوش شونده بعنوان پر کن سریع ، پی گیر و شکل گیر سریع طبقه بندی نمود .

الکترودها پر کن سریع (Fast-Fill Electrode)

الکترودها پر کن سریع سرعت جوشکاری بالایی دارد و نقطه مقابل الکترودها شکل گیر سریع (الکترودها با انجماد سریع) می باشد .

گروه الکتروود پرکن سریع شامل الکتروودهای روپوشدار ضخیم، پودر آهنی می باشند که بطور گسترده ای برای جوش های گوشه‌ای و شیاری عمیق مورد استفاده قرار می گیرند.

الکتروود پرکن سریع بطور ویژه ای برای جوشکاری سریع در حالت تخت طراحی شده است. سرعت جوشکاری آن زیاد و پاک کردن سرباره آن آسان است. بریدگی کناره کمی دارد. قوس آن نرم و نفوذ آن کم است یعنی بمقدار کمی فلز مبنا و فلز جوش را مخلوط می نماید. ظاهر جوش خیلی صاف است. رویه تخت تا قدری محدب دارد و پاشیدگی آن کم است.

بعضی از این الکتروودها برای جوشکاری حالت غیر عادی تدارک شده اند که خصوصیات منجمد شوندگی آنها سریع تر است مثل الکتروود *EXX14* الکتروودهای *EXX24* و *EXX27* عموماً برای جوشکاری گوشه ای های تخت و شیاری بکار برده می شوند.

الکتروود پی گیر سریع (*Fast-Follow Electrode*)

این گروه از الکتروودها بعنوان الکتروودهای پرکن - زودگیر نیز معروف هستند. آنها خصوصیات ترکیبی پرکنی سریع و شکل گیری سریع را دارا می باشند. در انجام جوشهای لب رو لب یا جوشهای ورق نازک فلزی برای تشکیل جوش، فلز اضافی کمی لازم است. اقتصادی ترین راه جوشکاری این نوع اتصال حرکت سریع می باشد. به علت آن که بدنبال حرکت قوس، لازم است هر چه سریعتر چاله تشکیل شود، این نوع الکتروود به الکتروود پی گیر سریع معروف است. این الکتروود قوس نسبتاً قوی و نفوذ متوسط دارد.

این الکتروود همراه با شدت جریان کمتر و ورودی حرارت کمتر، مساله سوختگی درونی را کاهش می دهد. عموماً الکتروودهای پی گیر سریع بعنوان الکتروودهای قطبیت مستقیم معروف هستند ولی میتوانند با جریان متناوب نیز کار کنند. این الکتروودها سرباره کاملی دارند و مهره‌های جوش فلسهای صاف دارد. این الکتروود در کارگاه های تولیدی مصارف عمومی داشته و برای کار تعمیر نیز بطور گسترده استفاده می شوند.

در کارگاه هایی که با ورق نازک سر و کار دارند از الکتروود پی گیر سریع برای جوشکاری عمومی بصورت سرازیر استفاده می کنند. مثال این الکتروودها برای جوشکاری با جریان مستقیم *EXX12* و برای جوشکاری با جریان متناوب *EXX13* میباشد.

الکتروود انجماد سریع (Fast - Freeze Electrode)

الکتروود های شکل گیر سریع یا الکتروود با انجماد سریع جوشی تولید می کند که بسرعت منجمد میشود و شکل میگیرد (E6010 و E6011). این موضوع برای جوشکاری در حالت های عمودی و سقفی حائز اهمیت است و از ریزش فلز مذاب جلوگیری می شود.

الکتروود های شکل گیر سریع قوس قوی و نفوذ عمیق دارند و به الکتروود های با قطبیت معکوس معروفند گر چه بعضی از آنها با جریان متناوب هم کار می کنند.

سرباره این الکتروودها کم است و مهره های تخت تولید می کنند.

با چند استثنا این الکتروودها جوشکاری عکسی (کنترل کیفیت جوش با پر تونگاری) تولید می کنند و در کارهای کدی لوله و مخزن تحت فشار مورد استفاده قرار می گیرند.

این الکتروودها در ساخت و تعمیر و برای جوشکاری در همه حالتها بطور گسترده ای بکار برده می شوند

الکتروود مرکب

بعضی از اتصالات خصوصیات الکتروود های پرکن سریع و شکل گیر سریع را یکجا لازم دارند.

بهترین الکتروود های شکل گیر سریع یا الکتروود های با انجماد سریع، الکتروود های EXX10، EXX11 هستند. الکتروود پودر آهنی و مناسب برای همه حالتها که خصوصیات پر کنی سریع و انجماد سریع را با هم دارد، الکتروود EXX14 میباشد.

الکتروود EXX14 به اندازه EXX24 پر کنی سریع دارد و نه به اندازه EXX10 انجماد سریع دارد بلکه ترکیبی بین این دو می باشد و از اینرو به الکتروود EXX14 الکتروود مرکب گفته می شود.

الکتروود کم هیدروژن

روپوش این الکتروودها کم هیدروژن یا عملایی هیدروژن هستند. الکتروود های کم هیدروژن جوشهای بدون ترک ریز و زیر مهره ای تولید می کنند و قابلیت نرمی استثنائی دارند.

در جوشکاری فولادهای گوگرد دار تخلخل ایجاد نموده و جوشها از نظر پرتونگاری دارای کیفیت مطلوبی هستند.

بدلیل آنکه استفاده از الکتروود کم هیدروژن نیاز به بیش گرمایش را کاهش میدهد، مصرف عمده آن در جوشکاری فولادهای سخت جوش و فولادهای آلیاژی با مقاومت کششی بالا میباشد. بعنوان مثال این الکتروودها عبارتند از *EXX28* و *EXX18*

الکتروود پودر آهنی

پودر آهن در روپوش بسیاری از الکتروودها اضافه می شود. پودر آهن در حرارت شدید قوس تبدیل به مداب شده و به فلز جوش اضافه می شود. وقتی پودر آهن در مقادیر نسبتا زیاد (۳۰ درصد یا بیشتر) به روپوش اضافه می شود، سرعت جوشکاری بطور قابل ملاحظه ای افزایش می یابد و باک کردن سرباره آسان تر می گردد. ظاهر خوش خیلی صاف است. بعنوان مثال برای الکتروودهای پودر آهنی میتوان الکتروودهای *EXX24* و *EXX27* را نام برد.

نوع فلز مبنا

ماهیت فلز جوش شونده از اهمیت عمده ای برخوردار است. اگر فلز جوش حاصله همان کیفیت فیزیکی و شیمیایی جسم جوش شونده را نداشته باشد، جوش مزبور رضایتبخش نمیشود. اگر مشخصات فلز معلوم نباشد می توان با آزمایشهای ساده ای نظیر آزمایش جرقه، آزمایش شعله، آزمایش تراش، آزمایش مغناطیسی، آزمایش رنگ، آزمایش شکست و آزمایش سلامت پاره ای از خصوصیات فلز جوش شونده را معلوم نمود. اطلاعات مربوطه برای تشخیص فلزات مختلف مطابق خصوصیات آن فلزات، مفید است. با این اطلاعات فقط شناسائی گروهی حاصل می شود و مثلا تشخیص داده می شود که قطعه ای فولاد است یا چدن. ولی در بسیاری موارد دانستن ترکیب شیمیایی فولاد لازم است. مثلا اگر فولاد دارای گوگرد یا کربن زیاد باشد یا بعضی از عناصر آلیاژی داشته باشد، توصیه می شود از الکتروودهای *E7015*, *E7018*, *E7016* و *E7028* استفاده شود. این الکتروودها تمایل به ترک زیرمهره ای که از خصوصیات چنین فولادهائی است را کاهش می دهد. این الکتروودها بدون تنش زدائی جوشهای با مقاومت کششی و قابلیت نرمی بالائی بدست می دهند و نیاز به پیش گرمایش را کم کرده یا حذف می نماید.

ماهیت جریان جوشکاری

ماشینهای جوشکاری دو نوع جریان جوشکاری متناوب و مستقیم تولید می کنند . در جوشکاری با جریان مستقیم دو نوع اتصال قطبی (مستقیم و معکوس) امکان دارد یعنی میتوان الکتروود را به مثبت و قطعه کار را به منفی وصل نمود یا الکتروود ممکن است منفی و قطعه کار مثبت باشد .

ماهیت جریان برق در انتخاب الکتروود موثر است . برای مثال اگر فقط ماشینهای جوشکاری جریان متناوب (ترانسفورماتور) در دسترس باشد استفاده از الکتروود *E6010* و *E7015* مقدور نیست زیرا این الکتروودها فقط برای کار کردن با جریان مستقیم طراحی شده اند .

اگر فقط ماشینهای جوشکاری جریان مستقیم در دسترس باشد ، نوع جریان برق عامل محدود کننده نمی باشد با آنکه الکتروودهای *E7018; E7014; E7016; E6013; E6011* و *E7028* اصولاً برای کار با جریان متناوب طراحی شده اند با جریان مستقیم هم بقدر کافی قابل استفاده هستند .

ضخامت و شکل فلز جوش شونده

ضخیم بودن یا نازک بودن تا حدودی اندازه الکتروود را تعیین می کند . بعنوان یک قاعده کلی هرگز از الکتروود دارای قطر بیشتر از ضخامت فلز جوش شونده استفاده نشود . برای جوشکاری ورق نازک فلزی ب ضخامت $\frac{2}{5}$ میلیمتر یا کمتر الکتروود *E6013* انتخاب خوبی است ، گرچه از الکتروود *E6012* هم میتوان استفاده نمود . الکتروود *E6013* برای این قبیل کارها طراحی شده و در سری الکتروودهای *E60XX* کم نفوذترین الکتروودها است .

طراحی اتصال و جفت و جوری

اتصال جوشکاری انواع زیادی دارد که هر نوع از آن شرایط ویژه ای برای جوشکاری نیاز دارد . گوشه‌های گوشه‌های تفاوت زیادی با گوشه‌های لب لب دارند . اتصال لب لب ممکن است ساده یا شیاری باشد . فاصله دو لبه ممکن است زیاد باشد یا دو لبه ممکن است بهم چسبیده باشد . در مواردی که جفت و جوری لبه ها ضعیف است ، الکتروود *E6012* برای جریان مستقیم و الکتروود *E6013* برای جریان متناوب بکار برده می شود .

هر دوی این الکترودها بخاطر انتقال قطره ای فلز در جریان قوس قادر به پل زنی خیلی خوب بین دو لبه هستند .

حالت جوشکاری

حالت جوشکاری از عوامل مهم برای انتخاب الکتروود است . بعضی از الکترودها فقط میتوانند در حالت تخت خوب جوش دهند . بعضی از الکترودهای دیگر در همه حالتها می توانند با شرایط مساوی جوش دهند . حالت جوشکاری روی هزینه جوش نیز تاثیر دارد . اقتصادی ترین حالت برای جوشکاری حالت تخت است و پس از آن به ترتیب افقی و عمودی قرار دارند . حالت سقفی کم صرفه ترین حالت جوشکاری است . جوشکار ماهر ، محدودیتهای جوشکاری در حالتها عمودی و سقفی را برای انتخاب الکتروود درک میکند .

حالت جوشکاری تاثیر زیادی روی انتخاب اندازه الکتروود دارد .

اتصال لب بلب جناغی در حالتها عمودی و سقفی بمنظور حصول نفوذ کامل در ریشه جوش با الکتروود قطر کوچکتر جوش داده می شوند . در جوشکاری چند لایه ای ، پاسهای دیگر را می توان با الکترودهای بزرگ جوش داد . جوشکاری در حالتها عمودی و سقفی با استفاده از الکتروود با قطر بزرگتر از ۵ میلیمتر مطلوب نیست .

برای کار تولیدی بایستی از بزرگترین الکتروود مجاز استفاده نمود تا با شدت جریان بیشتر بتوان سرعت جوشکاری را بالا برد .

هر چه قطر الکتروود بزرگتر باشد مقدار جوش رسوب داده شده در واحد زمان بزرگتر است . هزینه مستقیم جوشکار نیز بدلیل توقف های کمتر لازم برای تعویض الکتروود کاهش پیدا میکند . اگر قرار است جوشکاری در حالتها عمودی یا افقی انجام شود ، نمیتوان از الکترودهای با طبقه بندی *EXX28; EXX24; EXX20* استفاده نمود .

الکترودهای *EXX16; EXX15* و *EXX18* گرچه برای همه حالتها طبقه بندی شده اند ولی جوشکاری با آنها در حالتها عمودی و سقفی مشکل است .

بطور کلی می توان گفت که الکترودهای *EXX28* و *EXX27; EXX20; EXX13; EXX12* راحتترین الکتروود برای حالتها افقی و تخت هستند . الکترودهای *EXX11* و *EXX12* راحتترین الکتروود برای جوشکاری در حالتها عمودی و سقفی هستند ولی در جوشکاری عمودی سرازیر *EXX13* و *EXX12* الکترودهای راحتتر هستند .

شرایط استفاده

شرایط بهره برداری حائز اهمیت فراوانی است. نوع سازه و تنش مورد اعمال به قطعه جوش شونده بایستی مورد توجه قرار گیرد. مقاومت کششی، قابلیت نرمی و مقاومت خستگی از خصوصیات مهمی هستند که به انتخاب الکتروود کمک می کند. به خواص فلز جوش حاصله از الکتروودهای مختلف در جدول مربوطه توجه شود.

مشخصات فنی

تمام خواسته‌های کد و مشخصات فنی بایستی دقیقاً در تعیین الکتروود مورد توجه قرار گیرد.

بازده تولید

تعدادی از الکتروودها دارای نرخ جایگزینی زیاد هستند. نرخ جایگزینی الکتروود در جدول مربوطه با یکدیگر مقایسه شده است. بدلیل ماهیت جسم، نوع اتصال و حالت کار همیشه نمیتوان از الکتروودهای با نرخ جایگزینی زیاد استفاده نمود همانگونه که در جدول ملاحظه میشود. الکتروودهای با نرخ جایگزینی زیاد فقط برای جوشهای گوشه ای تخت و افقی می باشند. عامل اصلی در هزینه جوشکاری سرعت جوشکاری است. هزینه الکتروود در مقایسه با عوامل دیگر کم است. الکتروودهای E6027 و E7024 بالاترین نرخ جایگزینی را دارند و E6010 و E6011;E6013;E6012;E6020 به ترتیب بعد از آنها قرار گرفته اند.

نوع فولاد (نه سرعت جوشکاری) بایستی حاکم بر انتخاب E7015 یا E7018 باشد. E7028 مشابه E7018 است ولی روپوش خیلی ضخیم تر دارد. یعنی پودر آهن بیشتری در روپوش دارد بنابراین نرخ جایگزینی E7028 خیلی بالاتر است.

بوسیله استفاده از الکتروودهای با قطر بزرگ خصوصاً برای جوشکاری در حالت تخت و افقی، سرعت جوشکاری افزایش می یابد.

با بزرگتر شدن قطر الکتروود E7024;E6020;E7027 به ترتیب بالاترین افزایش را در سرعت بدست می آورند.

شرایط کار

تمیزی قطعه ، گرد و خاکی بودن ، رنگ خوردگی یا آعستگی به گریس و روغن در انتخاب الکتروود موثر است .

نوع عملیات سطحی لازم برای قطعه جوش داده شده و اینکه آیا قطعه پس از جوشکاری مورد تنش زدائی یا عملیات حرارتی قرار می گیرد ، بر انتخاب الکتروود تاثیر می گذارد .
میزان اهمیت ظاهر جوش نیز در انتخاب الکتروود بی تاثیر نیست . در هر صورت مشخصات فنی ارائه شده از طرف سازنده الکتروود حائز اهمیت است .

جمع بندی عوامل موثر در انتخاب الکتروود

انتخاب درست اندازه و نوع الکتروود برای کار معلومی به اطلاعات جامع و شم فنی نیاز دارد .
مطالعه دقیق خصوصیات فیزیکی ، شیمیایی و کاری الکتروودها و نحوه استفاده از الکتروودها کار انتخاب شایسته الکتروود را آسان می سازد .

- * نوع اتصال و حالت جوشکاری
- * نوع جریان جوشکاری
- * خواص فلز مینا
- * ضخامت فلز مینا
- * عمق مطلوب برای نفوذ جوش
- * ظاهر مطلوب جوش
- * لروم یا عدم لزوم رعایت مفاد کد
- * مقاومت کششی ، قابلیت نرمی و مقاومت ضربه ای لازم برای جوش
- * طراحی و جهت و جوری اتصال جوش شونده
- * چگونگی پاک کردن سرباره

الکترودهای پر مصرف

برای آشنائی با چند الکتروود که در کاربردهای ساختمانی و صنعتی بعنوان الکتروودهای پرمصرف قلمداد میشوند، جزئیات بیشتری از الکتروود *E6010* (روپوش سلولری) ، الکتروود *E6013* (روپوش روتیلی) و الکتروود *E7018* (روپوش قلیایی) ارائه می گردد

E6010

الکتروودهای *E6010* برای جوشکاری جریان مستقیم قطب معکوس (الکتروود مثبت) بکار برده می شوند . این الکتروودها برای جوشهای عمودی و سقفی و همچنین برای بعضی کاربردهای ورقهای نازک فلزی در هر حالت مناسب ترین هستند .

فلز جوش مذاب از طریق قوس جوشکاری شبیه پیستوله رنگ پاش افشانده می شود . این انتقال افشانکی (اسپری) به جوشکاری در حالتی عمودی و سقفی کمک می نماید . احتمال سقوط گویچه های فلز جوش کم است ، درحالی که فلزجوش به داخل اتصالات افشانده میشود. این نوع انتقال فلز تمایل به نفوذ زدن یا فرو رفتن در فلز مینا دارد . در نتیجه الکتروود *E6010* جوش با نفوذ عمیق میدهد، بدان معنی که بایستی در استفاده از الکتروود مزبور بمنظور بعد اقل رسانیدن پاشش دقت شود .

الکتروودهای *E6010* تمایل به ایجاد بریدگی کناره جوش دارند که در صورت وقوع این پدیده ، بایستی شدت جریان جوشکاری یا آمپر کاهش داده شود .

نیمرخ جوشهای گوشه‌ای تولید شده با الکتروود *E6010* نسبتا تخت است . فلس جوش حاصل از این الکتروودها قدری زیر و با فاصله های سطحی غیر یکنواخت می باشد .

جائی که کیفیت سطح رسوب جوش حائز اهمیت است ، خصوصا در اتصالات جوش چندپاسه در حالتی عمودی و سقفی و جائی که نیازمندیهای پرتونگاری ضرورت دارند ، این الکتروودها بطور زیادی توصیه می شوند .

بیشتر الکتروودهای *E6010* امروزه برای فولاد نرم مصرف می شوند . گرچه می توانند روی ورقهای گالوانیزه نیز جوش زیبا بدهند . الکتروود *E6010* بدلیل قابلیت نرمی خوب فلز جوش و نفوذ عمیق برای خال جوش زنی موقت اتصالات جوش شونده ، عالی است .

وقتی بطور صحیح بکار برده شود ، خواص مکانیکی عالی دارد ، جوشهای تولید شده با الکترودهای E6010 الزامات بعضی از استانداردهای خیلی سفت بازرسی را برآورده می نماید . ضخامت روپوش الکتروود E6010 حداقل در نظر گرفته می شود تا جوش دادن در حالتی عمودی و سقفی آسان باشد، ولی روپوش برای حصول جوش با کیفیت بالا ، حفاظت کافی ارائه میدهد . الکتروود E6010 از نوع روپوش پر سلولز است و معمولا بیش از ۳۰ درصد وزنی سلولز دارد . سایر مواد روپوش عموما از اکسید تیتانیوم (TiO_2) یا روتیل ، سیلیکاتهای متعدد میزیموم و آلومینیوم ، اکسیژن گیر های فلزی مثل فرومنگنز و سیلیکات سدیم مایع تشکیل شده است . در بعضی از روپوش الکترودهای E6010 مقدار کمی (کمتر از ۱۰ درصد وزنی) پودر آهن اضافه می شود تا خصوصیات قوس بهبود پیدا کند . باتوجه به ترکیب مواد روپوش ، الکتروود E6010 عموما بعنوان الکتروود پر سلولز نوع سدیم طبقه بندی می شود . حد اکثر شدت جریانی که با قطرهای بزرگتر الکترودهای E6010 میتواند بکار برده شود . در مقایسه با سایر طبقات الکتروود ، بخاطر افت پاشیدگی زیادی که با شدت جریان زیاد پیش می آید ، قدری محدودیت دارد . در جدول شدت جریانهای جوشکاری ، ولتاژهای تنظیمی و خواص مکانیکی بطور نمونه برای الکتروود E6010 با قطرهای مختلف ارائه شده است .

جدول - تنظیم عوامل جوشکاری برای الکتروود E6010

قطر الکتروود (میلیمتر)	شدت جریان (آمپر)	ولتاژ قوس (ولت)
۲/۴	۸۰ - ۴۰	۲۵ - ۲۳
۳/۲۵	۷۵ - ۱۲۵	۲۶ - ۲۴
۴	۱۷۰ - ۱۱۰	۲۶ - ۲۴
۵	۲۱۵ - ۱۴۰	۳۰ - ۲۶
۶	۲۵۰ - ۱۷۰	۳۰ - ۲۶
۷	۳۲۰ - ۲۱۰	۳۴ - ۲۸
۸	۴۲۵ - ۲۷۵	۳۴ - ۲۸
مشخصات مکانیکی	بصورت جوشکاری شده	تنش زدائی شده
مقاومت کششی (پوند بر اینچ مربع)	۶۲۰۰۰ - ۷۰۰۰۰	۶۷۰۰۰ - ۶۰۰۰۰
مقاومت تسلیمی (پوند بر اینچ مربع)	۵۲۰۰۰ - ۵۸۰۰۰	۵۴۰۰۰ - ۴۷۰۰۰
ازدیاد طول در دو اینچ (٪)	۲۲ - ۳۰	۲۵ - ۲۸
ضربه شیاری جیاجی شاری	۲۰ فوت پوند در منهای ۲۹ درجه سانتیگراد	

E6013

الکترودهای E6013 خیلی شبیه الکترودهای E6012 هستند ولی چند فرق مهم دارند . الکترودهای E6013 برای جوشکاری در تمام حالات با جریان متناوب، یا جریان مستقیم اتصال مستقیم با معکوس طراحی شده‌اند. الکترودهای E6013 حد اقل پاشیدگی را ایجاد کرده و کمترین بریدگی کناره را بوجود می آورند . جوش دارای چین ریز بوده و پرداخت سطحی عالی است . پاک شوندگی سرباره قدری بهتر بوده و قوس خیلی آسانتر از قوس الکترودهای E6012 روشن میشود و نگهداشته میشود ، خصوصا وقتی که از الکترودهای کوچکتر با قطر ۱/۶ ، ۲ و ۲/۵ میلیمتری استفاده گردد . الکترودهای E6013 برای کار کردن با آمپر کم تر خیلی خوب هستند . هر چه آمپر کمتر باشد ورودی حرارت کمتر است و فلز مینا پیچیدگی کمتری پیدا می کند . از اینرو الکترودهای E6013 برای جوشکاری فلزات نازک برارنده هستند .

خواص مکانیکی جوش الکتروود E6013 قدری از خواص مکانیکی جوش الکتروود E6012 بهتر است و شانس قبولی جوش در پرتونگاری نیز بیشتر است

با آنکه الکترودهای E6013 اساسا برای فلز کاری ظریف طراحی شده اند ، قطر های بزرگتر آن برای بیشتر کارها جاشین الکترودهای E6012 گردیده اند .

در حالی که کار الکتروود E6013 کاملا مشابه با الکتروود E6012 است ، قوس آن آرامتر ، جوش صاف تر و چین جوش ریز تر است . گاهی سازنده الکتروود E6013 که عوض می شود ، نحوه انتقال فلز مذاب از طریق قوس نیز عوض می شود که می تواند تاثیر بسزائی بر مقدار پاشش بگذارد و حتی امکان استفاده یا عدم امکان استفاده از الکتروود در حالتی غیر استاندارد را دگرگون نماید .

بعضی از سازندگان الکتروود E6013 را طوری می سازند که فلز جوش از طریق قوس بصورت افشانگی ریز انتقال پیدا می کند . بعضی از سازندگان دیگر ترکیب روپوش الکتروود E6013 را طوری تعیین می کنند که فلز جوش بصورت گلوله ای از طریق قوس انتقال می یابد . انتقال افشانگی برای جوشکاریهای عمودی یا سقفی بهتر است و انتقال گلوله ای برای جوشکاری در حالت تخت مناسب است . بین الکتروود E6013 با نام تجارتي مختلف فرقه‌های دیگری هم وجود دارد . بعضی از الکترودهای E6013 که برای فلز کاری ظریف توصیه شده اند ، در حالت عمودی از بالا به پایین (عمودی سرازیر) خوب جوش می دهند در حالی که سرباره الکترودهای دیگر E6013 سیال تر بوده و برای جوشهای گوشه‌ای در حالت افقی و جوشکاریهای عمومی بکار می روند .

الکترودهای *E6013* مشابه الکترودهای *E6020* جوش گوشه‌ای تخت ایجاد می‌کنند. این الکترودها بدلیل معفر و گود بودن جوش و پاک شونده‌گی آسان سرباره به راحتی برای جوشهای شیباری استفاده می‌شوند.

بعلاوه فلز جوش الکتروود *E6013* درمقایسه با فلز جوش الکتروود *E6012* قطعاً آخال سرباره و آخال اکسید کمتری دارد و احتمال قبولی جوش در پرتونگاری بیشتر است. در حقیقت الکترودهای *E6013* در مواقعی که جوش فولاد کربنی با کیفیت بالا مورد نظر است و جوش با پرتونگاری بازرسی می‌گردد، مورد استفاده قرار می‌گیرند. روپوش الکتروود *E6013* خیلی به روپوش الکتروود *E6012* شبیه است. روپوش الکتروود *E6013* دارای: روتیل، سیلیکات‌ها، سلولز، اکسیژن‌گیرهای فرو منگنز و چسب سیلیکات مایع می‌باشد.

در روپوش الکتروود *E6013* از مواد آسان‌یونیزه‌شونده استفاده می‌شود بطوری که روشن کردن و نگهداری قوس در شدت جریانهای کم و ولتاژ مدار باز کم نیز مقدور است.

بعضی از سازندگان همچنین مقادیر کمی پودر آهن در روپوش *E6013* وارد می‌کنند تا کنترل قوس بهتر شود و نرخ رسوب فلز جوش قدری بالاتر رود. حد اکثر شدت جریان الکتروود *E6013* از حد اکثر شدت جریان الکترودهای *E6012* کمتر است. درجوشکاری عمودی و سقفی، شدت جریان و ولتاژ برای دو نوع الکتروود خیلی مشابه هستند. جدول محدوده‌های شدت جریان، تنظیم ولتاژ و خواص مکانیکی الکترودهای *E6013* با قطرهای مختلف را نشان میدهد.

جدول - تنظیم عوامل جوشکاری برای الکتروود *E6013*

ولتاژ قوس (ولت)	شدت جریان (آمپر)	قطر الکتروود (میلیمتر)
۱۷-۲۰	۲۰-۴۰	۱/۶
۱۷-۲۱	۲۵-۶۰	۲
۱۷-۲۱	۴۵-۹۰	۲/۴
۱۸-۲۲	۸۰-۱۲۰	۳/۲۵
۱۸-۲۲	۱۰۵-۱۸۰	۴
۲۰-۲۴	۱۵۰-۲۳۰	۵
۲۱-۲۵	۲۱۰-۳۰۰	۶
۲۲-۲۶	۲۵۰-۳۵۰	۷
۲۳-۲۷	۳۲۰-۴۳۰	۸
تشن‌زدائی شده	بصورت جوشکاری شده	مشخصات مکانیکی
۶۵۰۰۰-۷۱۰۰۰	۶۷۰۰۰-۷۲۰۰۰	مقاومت کششی (پوند بر اینچ مربع)
۵۰۰۰۰-۵۶۰۰۰	۵۵۰۰۰-۶۰۰۰۰	مقاومت تسلیمی (پوند بر اینچ مربع)
۲۵-۳۰	۲۰-۱۲	ازدیاد طول در دو اینچ (%)
	لازم نیست	صربه شیبازی جناغی شاری

E7018

آنچه که الکتروود *E6010* برای جوشکاری فولادهای کربنی فراهم می نماید ، الکتروود پودر آهنی کم هیدروژن *E7018* برای جوشکاری فولادهای کم آلیاژ فراهم می سازد . الکتروود *E7018* بر مصرف ترین الکتروود کم هیدروژن است . الکتروود *E7018* از نوع کم هیدروژن بوده ، برای جوشکاری در همه حالتها با جریان متناوب یا جریان مستقیم قطب معکوس مناسب است و ۲۵ تا ۴۰ درصد پودر آهن در روپوش دارد .

تمام ویژگیهای مطلوب الکتروود کم هیدروژن منجمله تولید جوشهای سالم روی فولادهای «سخت جوش» پر گوگرد و پر کربن را دارد . کاربرد اصلی این الکتروود برای جوشکاری فولادهای کم آلیاژ با مقاومت زیاد (با همان محدوده مقاومتی) می باشد . اگر قرار باشد فقط دو نوع الکتروود فولادی انتخاب شود ، شاید بتوان گفت یکی *E6010* و دیگری *E7018* است .

کار کردن با الکتروود *E7018* به آسانی کار کردن با الکتروود *E6010* نیست . برای الکتروود *E7018* قوس کوتاه لازم است که برای جوشکاران غیر ماهر کوتاه نگهداشتن قوس آسان نیست . نیمرخ جوشهای گوشه‌ای با الکتروود *E7018* (در حالت افقی یا حالت تخت) قدری محدب است . سطح مهره جوش صاف بوده و چین های ریز دارد . ویژگی الکتروودهای *E7018* جوش صاف ، قوس آرام ، نفوذ کم (بداخل فلر مینا) ، پاشش خیلی کم و سرعت جوشکاری زیاد است . روپوش الکتروود *E7018* از فلئوئور کلسیم ، کربنات کلسیم ، سیلیکات منیزیم - آلومینیوم ، فرو آلیاژهای متعدد و چسب سیلیکات سدیم و بتاسیم تشکیل شده است . الکتروودهای *E7018* چون از ترکیبات آهنکی (کلسیم) عموماً در روپوش استفاده می کنند ، الکتروودهای آهنکی - فریتی نیز نامیده می شوند .

چون روپوش الکتروودهای *E7018* ضخیم تر از نرمال است ، برای جوشکاری در حالت عمودی و سقفی محدودیت قطر دارد و از قطرهای کوچکتر آنها استفاده می شود .

شدت جریان جوشکاری الکتروودهای *E7018* قدری بالاتر از شدت جریان جوشکاری الکتروودهای *E6010* با همان اندازه است . در الکتروودهای کم هیدروژن توسعه های بسیار اختصاصی حاصل شده است . یکی از مهمترین توسعه ها مربوط به روپوش مقاوم رطوبت است که با الکتروود *E7018* شروع گردید و اکنون به سایر الکتروودهای کم هیدروژن حتی الکتروودهای با مقاومت بالاتر تعمیم داده شد . روپوش های مقاوم رطوبت نسبت به الکتروودهای کم هیدروژن معمولی مدت زمان خیلی طولانی تری خشک باقی می ماندند .

روپوش بیشتر الکترودها وقتی در معرض هوا قرار گرفتند، پس از چند ساعت رطوبت جذب می کنند و این رطوبت می تواند مستقیماً به شکنندگی هیدروژنی فلز مبای فولادی کم آلیاژ منتهی شود.

معمولاً تمام الکترودهای کم هیدروژن در قوطی های آلومینیومی یا فولادی ضد رطوبت بطور محکم بسته بندی می شوند. در عوض الکترودهای *E6010* اغلب در جعبه های مقواتی بسته بندی می شوند.

وقتی قوطی باز شد، الکترودها از هوای محیط رطوبت جمع می کنند. بعد از مدت معینی معمولاً چهار ساعت یا کمتر بسته به رطوبت نسبی محل کار در حالی که هنوز از الکتروود استفاده نشده است ناچاراً الکترودها برای پخت به کوره پخت الکتروود برگردانده می شوند تا بمدت یکساعت یا بیشتر دوباره خشک شوند.

الکترودهای مقاوم رطوبت کم هیدروژن نیز از هوا (نظیر محیط مرطوب ساحل دریا) رطوبت جذب میکنند ولی ناسرعت چندین برابر کمتر از الکترودهای کم هیدروژن عادی. جوشکار غالباً الکترودهای مقاوم رطوبت را فقط موقع نهار یا حتی در پایان روز پخت مجدد میدهد.

امروزه بوسیله بعضی از سازندگان الکترودهای بسیار مقاوم رطوبت (*SUPER MR*) تولید می شود که قادر است چندین روز رطوبت جذب شونده را زیر محدوده رطوبت مجاز برای روپوش نگهدارد.

انجمن جوشکاری آمریکا برای مقدار رطوبت مجاز الکتروود کم هیدروژن قبل از نیاز به پخت مجدد محدوده های سخت و دقیقی قائل شده است. رطوبت مجاز الکترودهای *E7018-X* فقط تا ۰/۴ در صد است.

حتی الکترودهای قوی تر *E9018-X* ; *E10018-X* و *E11018-X* اگر رطوبت موجود در روپوششان به ۰/۲ برسد بایستی برای پخت مجدد برگردانده شوند.

کد دیگ بخار و مخزن تحت فشار *ASME* نیز در زمینه چگونگی الکتروود کم هیدروژن محدوده های خیلی سخت و دقیقی دارد.

مشخصات نظامی در مورد رطوبت مجاز در روپوش الکترودهای کم هیدروژن از بقیه سخت گیر تر است. طبق مشخصات نظامی *MIL - E - 0022200/ID* وقتی رطوبت موجود در روپوش الکترودهای *E9018-M* و *E11018-M* به ۰/۱۵ در صد برسد بایستی الکترودها برای

بخت محدود بر گرداننده شوند. بعضی از این درجات نظامی نظیر *E12018-M* و حتی الکترودهای جوشکاری با مقاومت بالاتر برای جوشکاری بدنه زیر دریایی مورد استفاده قرار می گیرند . پیدا شدن مقدار کمی ترک زیر مهره ای در جوش کوچک بدنه مخزن تحت فشار بزرگ می تواند سبب از دست دادن همه خدمه قایق شود . بنابراین دلیل پرتونگاری صد در صد جوشهای بحرانی تا حدودی روشن می گردد .

خواص کششی (منجمله مقاومت ضربه ای در درجات حرارت زیر صفر) الکترودهای کم هیدروژن از خواص کششی الکترودهای *E6010* و الکترودهای دارای جوش با ترکیب مشابه عالیتر است . مصرف الکتروود کم هیدروژن غالباً نیاز به پیش گرم کردن و پس گرم کردن را کاهش میدهد . با وجود بر این هر جا که پیش گرم کردن و پس گرم کردن توصیه شده باشد بایستی انجام گیرد. خواص نمونه ای و اطلاعات کاری الکترودهای *E7018* در جدول درج شده است .

جدول - تنظیم عوامل جوشکاری برای الکتروود *E7018*

ولتاژ قوس (ولت)	شدت جریان (آمپر)	قطر الکتروود (میلیمتر)
۱۷-۲۱	۷۰ - ۱۰۰	۲/۴
۱۸-۲۲	۱۱۵ - ۱۶۵	۳/۲۵
۲۰-۲۴	۱۵۰ - ۲۲۰	۴
۲۱-۲۵	۲۰۰ - ۲۷۵	۵
۲۲-۲۶	۲۶۰ - ۳۴۰	۶
۲۳-۲۷	۳۱۵ - ۴۰۰	۷
۲۳-۲۸	۳۷۵ - ۴۷۰	۸
تنش زدائی شده	بصورت جوشکاری شده	مشخصات مکانیکی
۶۸۰۰۰ - ۷۴۰۰۰	۷۲۰۰۰ - ۷۸۰۰۰	مقاومت کششی (پوند بر اینچ مربع)
۵۵۰۰۰ - ۶۱۰۰۰	۶۰۰۰۰ - ۶۶۰۰۰	مقاومت تسلیمی (پوند بر اینچ مربع)
۲۸ - ۳۳	۲۲ - ۲۸	ارزیاد طول در دو اینچ (٪) صریه شیلاری جابجایی شلاری
	۲۰ فوت پوند در منهای ۲۹ درجه سانتیگراد	

الکتروود جوشکاری فولاد زنگ نزن

بدلیل زیادی انواع فولادهای زنگ‌نزن و درجه متعدد آن و تغییر شدت حرارت، واسطه حورنده و غیره که قطعه جوش شده تحت آن شرایط قرار خواهد گرفت، در بیشتر موارد، انتخاب الکتروود مناسب برای جوشکاری فولاد زنگ نزن از انتخاب الکتروود مناسب برای جوشکاری فولاد ساده بحرانی‌تر است.

انتخاب درست الکتروود برای حصول بیشترین نتایج رضایت بخش به تجزیه و تحلیل تمام شرایط مورد اعمال به قطعه بخصوص بستگی دارد. فلز جوش فولاد زنگ‌نزن نه تنها بایستی دارای مقاومت کششی و قابلیت نرمی کافی باشد بلکه بایستی دارای مقاومت خوردگی معادل با زوج فلز باشد. از اینرو الکتروود بایستی ترکیب شیمیائی قابل قیاس با فلز مبنا داشته باشد از آنجائیکه درصد قابل نوحهی از جوشکاری فولاد زنگ نزن مربوط به ورقهای نازک است بنابراین الکتروود بایستی ضمن آنکه در سرناسر اتصال نفوذ کافی داشته باشد، موجب سوختگی لبه‌های اتصال نگردد. الکتروود فولاد زنگ‌نزن بایستی جوش هموار تولید کند. بطوریکه نیاز به سنگ زنی به حداقل برسد. رنگ فلز جوش پس از پرداخت بایستی بطور کامل با رنگ زمینه فلز مبنا هم‌خوانی داشته باشد.

شماره‌های شناسائی AWS برای طبقه بندی الکتروودهای جوشکاری فولاد زنگ‌نزن با شماره‌های شناسائی AWS برای طبقه بندی الکتروودهای جوشکاری فولاد کربنی فرق دارد. رقمهای اولیه (سمت چپ) بجای مقاومت کششی مربوط به شماره طبقه بندی فولاد زنگ‌نزن طبق روش AISI میباشد. مثلاً الکتروودهای سری E309-XX و E308-XX برای جوشکاری فولاد زنگ نزن اوستنیتی مناسبند.

دورقم آخر (دو رقم سمت راست) در شماره طبقه بندی AWS به حالت جوشکاری، نوع برق و خصوصیات کاری الکتروود مربوط است. دو نوع روپوش اصلی برای الکتروودهای جوشکاری فولاد زنگ نزن متداول است:

- الف- روپوش آهنکی
- ب- روپوش روتیلی

روپوش آهنکی

الکتروود با روپوش آهنکی به الکتروود نوع ۱۵ معروف است (E3XX-15) و فقط برای جوشکاری با جریان مستقیم و قطب معکوس (الکتروود مثبت) بکار برده میشود.

مواد معدنی عمده تشکیل دهنده روپوش آهنی، سنگ آهک و فلداسیات میباشد. این نوع روپوش مقدار کمی اکسید تیتانیوم (تا ۸ درصد) دارد.

الکتروود با روپوش آهنی در تمام حالتها خصوصیات کاری خوبی ارائه میدهد. این نوع الکتروود جوشهای محدب تولید نموده و کافی بودن سطح مقطع جوش در پاس ریشه از ترک خوردن جلوگیری میکند.

انجماد سریع فلز جوش بوسیله این نوع روپوش کار جوشکاری در حالتیهای عمودی و سقفی را آسان می‌نماید. سرباره تشکیل شده بطور کامل جوش را می‌پوشاند. عمل ترک‌کردن آن سریع بوده و جوش حداقل پاشیدگی را دارد.

روپوش الکتروود عمل روانسازی را بخوبی انجام داده و ناخالصی‌ها را از جوش خارج می‌نماید و بدینوسیله جوش عاری از نخلخل و با خواص مکانیکی و مقاومت به خوردگی مورد نظر ایجاد می‌کند.

الکتروود به قطر ۳/۲ میلیمتر یا کوچکتر برای جوشکاری عمودی سرازیر خوب عمل میکند.

روپوش روتیلی

الکتروود با روپوش روتیلی به الکتروود نوع ۱۶ معروف است (*E3XX-16*) و برای جوشکاری با جریان متناوب یا جریان مستقیم قطب معکوس مورد استفاده قرار می‌گیرد.

الکتروود روپوش روتیلی دارای بیش از ۲۰ درصد اکسید تیتانیوم میباشد. الکتروود روپوش روتیلی در همه حالتها جوشهای مرغوب تولید می‌کند. این الکتروود بدلیل یکنواختی عمل قوس، ظرافت ظاهر جوش و خیلی آسان بودن پاک کردن سرباره، جوشکار پسند است و به روپوش نوع آهنی ترجیح داده می‌شود.

این عوامل و هموارتر بودن جوشها و تفرع کم موجب می‌شود که زمان کمتری برای تمیز کردن، سنگ زنی و پرداخت، نسبت به زمان لازم برای جوشهای حاصل از الکتروود فولاد زنگ نزن نوع آهنی، لازم باشد. الکتروود روپوش روتیلی عموماً برای کارگاه‌هایی که فقط یک نوع روپوش انتخاب می‌کنند، ترجیح دارد.

روپوش آهنکی - روتیلی

روپوش نوع آهنکی - روتیلی دارای ۸ تا ۲۰ درصد اکسید تیتانیوم میباشد. این نوع الکتروود هم با جریان مستقیم و هم با جریان متناوب قابل استفاده است. روپوش آهنکی - روتیلی الکتروود همه حالتهاست و برای جوشکاری فولاد زنگ‌نزن فقط کرم دار (فرینی) و فولاد زنگ نزن کرم مولیبدن و تا حدودی برای فولاد زنگ‌نزن کرم نیکل (اوستنیتی) بکار برده میشود.

نکات کلی

در روپوش الکتروودهای فولاد معمولی برای حذف هیدروژن در الکتروودهای کم هیدروژن که موجب بروز ترک زیر مهره‌ای می‌گردد. از ترکیبات کربنی نظیر کربناتهای فلیانی خاکی استفاده میشود چون این ترکیبات کربن دارند و کرم هنگام جوشکاری میل ترکیبی شدیدی با کربن دارد و میتواند کاربرد کرم تشکیل دهد. از اینرو برای روپوش الکتروودهای فولاد زنگ نزن از آهنک استفاده می‌شود.

منگنز و سیلیسیم بمنظور کاهش اکسیداسیون در روپوش بکار برده میشود. وجود تیتانیوم در روپوش الکتروود، پایداری قوس را بالا میبرد و ایجاد سرباره ای می‌کند که براحتی از روی جوش پاک می‌گردد و از ته ستینی کربن و ایجاد کاربرد کرم جلوگیری میکند. کلمبیوم هم از تشکیل کاربرد کرم جلوگیری می‌نماید.

انتخاب شایسته اندازه الکتروود و شدت جریان جوشکاری برای جوشکاری آلیاژهای کرم نیکل بخاطر بالا بودن ضریب انبساط آنها، خیلی مهم است.

عموماً استفاده از الکتروود با قطر کوچکتر و شدت جریان کمتر نسبت به اندازه الکتروود و شدت جریان جوشکاری ورق‌ها با پروفیل‌های فولادی ساده، به کاهش پیچیدگی کمک خواهد نمود. پیروی از توصیه‌های کارخانه سازنده الکتروود همواره بایستی مدنظر واقع شود. جوشکاری فولاد زنگ‌نزن نسبت به جوشکاری فولاد ساده بحرانی‌تر است و بخاطر گرانی قیمت فولاد زنگ نزن هر اشتباهی در این مورد گران تمام میشود.

جدول - شناسایی الکترودهای فولاد زنگ نزن

نوع اوستنیتی یا کرم - نیکلی سری های <i>AISI 300</i>		
مشخصه <i>AISI</i>	نام تجارتي معروف	الکتروده <i>AWS</i> توصیه شده
302	18/8 یا 19/9	E308-15 , E308-16
303		
304		
308		
309	25/12	E309-15, E309-16, E309Cb-15
310	25/20	E310-15 , E310-16, E310Cb-15, E310Cb-16, E310Mo-15, E310Mo-16
312	29/9	E312-15, E312-16
316	18/12 Mo	E316-15, E316-16, E316Cb-15, E316Cb-16
317	18/12 Mo	E317-15, E317-16
318	18/12 Mo Cb	
330	15/35	E330-15 , E330-16
347	18/8 Cb	E347-15, E347-16
انواع فقط کرم سری های <i>AISI 400</i>		
410	کرم 12	E410-15
430	کرم 16	E430-15
442	کرم 18	E442-15
446	کرم 28	E446-15
سری های <i>AISI 500</i>		
502	کرم 5	E502-15, 502-16, 505-18
505	کرم 9	E502-16, 505-18

1/3

EXTRA LOW CARBON

EL

ULTRA LOW CARBON

کربن

کربن

116

کربن

308

308

اکسترونی

308L

308L

کربن

ER 308L

کربن

کربن

100

کربن

کربن

کربن

کربن

کربن

کربن

کربن

کربن

کربن

کربن

۱۳۹۰/۴/۲۰

موضوع: ...

در این آزمایش، ...

نقطه شکر

نقطه ذوب

درجه ذوب

حالت ذوب

برای آگاهی بیشتر از روش انجام این آزمایش، به کتاب مرجع مراجعه کنید.

نوع فولاد

۳ فولاد کربنی

۲۵

۲

رنگ سبز کربنی
 آبی - داره و سفید شده
 (Q & T)

در لامکان سازه
 حوض دار شود

... & ...

این آزمون ...

نوع فولاد	دما در زمان پاشی
فولاد کربنی	250 °C
فولاد کربنی	150 °C
فولاد کربنی	100 °C

این آزمون ...

انواع فولاد زنگ نزن

فولاد زنگ نزن بر سه نوع است:

فولاد زنگ نزن فریتی مثل فولادهای ۴۰۵، ۴۳۰، ۴۴۲ و ۴۶۶

فولاد زنگ نزن مارتنزیتی مثل فولادهای ۴۰۳، ۴۱۰، ۴۱۴، ۴۱۶، ۴۲۰، ۴۳۱ و ۴۴۰

فولاد زنگ نزن آستنیتی مثل فولادهای ۲۰۱، ۲۰۲، ۳۰۱، ۳۰۲، ۳۰۳، ۳۰۴، ۳۰۵، ۳۰۸،

۳۰۹، ۳۱۰، ۳۱۴، ۳۱۶، ۳۱۷، ۳۲۱، ۳۴۲ و ۳۴۸ فولادهای زنگ نزن فریتی و مارتنزیتی خاصیت

آهنربائی دارند.

پیش گرمایش و تنش زدائی لازم دارند (طبق جدول های مربوطه). پیش گرم کردن

فولادهای زنگ نزن فریتی و مارتنزیتی، خطر ترک خوردن را کاهش می دهد.

فولاد زنگ نزن آستنیتی خاصیت آهنربائی ندارد و به پیش گرمایش و تنش زدائی نیاز

ندارد. پیش گرمایش فولاد زنگ نزن آستنیتی، احتمال ته نشینی کاربیدی در مرزدانه و تشکیل فاز

زیگما را زیاد می کند.

معمولاً درجه حرارت بین پاسی فولاد زنگ نزن آستنیتی را حداکثر ۱۵۰ درجه سانتیگراد

در نظر می گیرند.

دستورالعمل اجرایی جوشکاری فولادهای زنگ نزن آستنیتی

برای جوشکاری لوله های فولاد زنگ نزن آستنیتی بایستی نکات مشروحه زیر مورد توجه

قرار گیرد:

۱- تهویه

دوده های حاصل از جوشکاری و ذرات معلق همراه آنها بایستی به نحو مناسبی از محیط

خارج شود.

۲- تکیه گاه

مونتاز قطعات لوله و فیتینگ مربوط به ساخت اسپول بایستی روی تکیه گاه مناسب مونتاز و

آماده جوشکاری گردند. تکیه گاه مربوط بایستی طوری باشد که ضمن جوشکاری احتمال جرقه زدن

بین فولادها کربنی (*Carbon Steel*) و فولاد زنگ نزن (*Stainless Steel*) به هیچ وجه وجود

نداشته باشد. تکیه گاه نبایستی نیز باشد که بتواند روی لوله یا فیتینگ خراش ایجاد نماید.

۳- گیره اتصال

گیره اتصال که کابل را به قطعه متصل می کند بایستی از جنس فولاد زنگ نزن باشد و یا با واسطه ورق نازک از جنس فولاد زنگ نزن به قطعه متصل شود تا امکان جرقه زدن و وارد کردن عناصر ناخواسته به سطح فولاد زنگ نزن نداشته باشد. سایر جنس ها ممنوع است.

۴- تمیزی سطوح جوش شونده

سطوح جوش شونده بایستی از نظر تمیزی به دقت بازرسی شود. هرگونه آلاینده خصوصاً مواد دارای یون کلراید، روی، سرب، چربی و هرگونه مواد کربن زا و غیره بایستی در محل جوش یا نزدیک آن باقی بماند. در علامتگذاری با مازیک و مارکهای دیگر بایستی توجه کافی مبذول گردد.

۵- برس تمیزکاری

برس مورد استفاده بایستی از جنس فولاد زنگ نزن باشد (استفاده از برس های گالوانیزه ممنوع است).

۶- سنگ زنی

برای تمیزکاری فولاد زنگ نزن ترجیحاً بایستی از صفحه سنگهای مخصوص فولاد زنگ نزن استفاده شود. در صورت در دسترس نبودن صفحه سنگ مخصوص فولاد زنگ نزن، فقط می توان از صفحه سنگ تازه (که قبلاً برای فولاد کربنی استفاده نشده باشد) استفاده نمود. هیچگاه فولاد کربنی در جوار فولاد زنگ نزن، سنگ زده نشود تا جرقه های آن بر روی فولاد زنگ نزن ننشیند و آنرا خراب نکند.

۷- نوسان دست

جوشکاری ساده برای فولاد زنگ نزن ترجیح داده می شود. جوشکاری نوسانی نیز برای فولاد زنگ نزن بلامانع است، بشرطی که حداکثر دامنه نوسان دست از ۲/۵ برابر قطر الکتروود بیشتر نگردد.

۸- تغییر رنگ

جوش و کناره های جوش بایستی پس از جوشکاری تغییر رنگ دهد.

color mach

تعمیرات

۹- کنترل درجه حرارت

برای فولاد زنگ نزن آستنیتی پیش گرمایش لازم نیست و درجه حرارت بین پایی نبایستی از ۱۵۰ درجه سانتیگراد بیشتر شود. کنترل درجه حرارت ضمن جوشکاری با استفاده از گچهای حرارتی (*Tempil Stick*) یا دماسج های مادون قرمز (عیرتماسی) انجام می شود.

۱۰- خشک بودن

سطوح جوش شونده و سطح نزدیک به محل جوش بایستی خشک باشد تا مشکلات ترکیبهای هیدروژنی پیش نیاید.

۱۱- وزش باد و کوران

فوس جوشکاری بایستی از وزش باد و کوران هوا محافظت شود.

۱۲- حفاظت جوش از داخل لوله

حفاظت جوش از داخل لوله با گاز محافظ (*Purge*) بصورت مناسب انجام شود.

۱۳- شماره شناسایی

کلیه درز جوشها و اسپولهای ساخته شده بایستی شماره شناسایی داشته باشند. شماره شناسایی درز جوش یا اسپول با مارکر مناسب روی سطح بیرونی لوله درج می شود

۱۴- حمل و نقل

جابجایی و چیدمان اسپول ها بایستی طوری باشد که به قطعات لوله یا فیتینگ آسیب نرساند.

۱۵- روشنایی

روشنایی کارگاه بایستی برای انجام جفت و جوی ، جوشکاری، تمیزکاری و بازرسی جوشها و قطعات مناسب باشد.

جدول - چارت انتخاب فلز پرکننده برای جوشکاری فولاد زنگ نزن

Base Metal Alloy	308	304L	309S	314	316	316L	317	317L	348	330	440B, 440C	501	502	505	Carbon Steels	Low Alloy Chromium Molybdenum Steels
201, 202					310				321		430, 405					
301, 302					310S				347		410, 412					
302B, 303					316				348		414, 420					
304, 305			309		316											
308		304L	309S	314	316	316L	317	317L								
210, 202, 301, 302																
302B, 303, 304, 305	E308	E308	E308	E308	E308	E308	E308	F308	E309	E309	E309	E310	E309	E309	E309	F309
308																
304L		E308L	E308	E308	L308	E308	E308	E308	E309	E309	E309	E309	E309	E309	E309	E309
309, 310S, 314			E309	E309	E309	E309	F309	E309	E309	E309	E309	E309	E309	E309	E309	E309
310, 310S, 314				E310	E316	E317	E308	E310	E309	E309	E309	E309	E309	E309	E309	E309
316					L316	E316	E316	E316	E308	E309Mo	E309	E309	E309	E309	E304	E309
316L						E316L	E316	E316L	E316L	L309Mo	E309	E309	E309	E309	E309	E309
317							E317	E317	F309	E309Mo	E309	E309	E309	E309	E309	E309
317L								E317L	E308L	E309Mo	E309	L309	E309	E309	E309	E309
321, 347, 348									E347	E309	E309	E309	E309	F309	L309	E309
330										E410	E309	E309	E312	E312	E312	E312
405, 405, 410, 414											L410	F430	E410	E410	E410	E410
416, 420																
430, 430F, 431											E430	E430	E502	E430	E430	E430
440A, 440B, 440C																
446																
501, 502																
505																

الکترو دنگستن

الکترودهای تنگستن مصرف شدنی نیست. فلز پرکننده محسوب نمی گردد و در اتصال جوش شرکت نمی کند. وظیفه الکترو دنگستن، ایجاد قوس و تامین حرارت لازم برای جوشکاری است. الکترودهای تنگستن در سه گروه مختلف تقسیم بندی می گردند:

تنگستن خالص، تنگستن توریوم دار و تنگستن زیر کونیوم دار.

انتخاب نوع الکترو دنگستن، اندازه الکترو دنگستن و شدت جریان جوشکاری به نوع و ضخامت فلز مبنا بستگی دارد. ظرفیت انتقال شدت جریان الکترو دنگستن به عوامل متعددی مثل نوع جریان برق و اتصال قطب، گاز محافظ مورد استفاده، نوع تجهیزات بکار برده شده (سرد شونده با هوا یا سرد شونده با آب)، بیرون زدگی الکترو دنگستن از غلاف نگهدارنده و حالت جوشکاری بستگی دارد.

الکترو دنگستن با اندازه معلوم با برق جریان مستقیم، الکترو دنگستن منفی (قطب مستقیم) بیشترین ظرفیت انتقال شدت جریان را خواهد داشت و ظرفیت انتقال شدت جریان با برق جریان متناوب از آن کمتر است و حتی با برق جریان مستقیم، الکترو دنگستن مثبت (قطب معکوس) ظرفیت انتقال شدت جریان از جریان متناوب نیز کمتر می شود.

تنگستن دارای قابلیت هدایت الکتریکی خیلی کم است و بنابراین هنگام عبور جریان الکتریکی از آن گرم می شود. موقع جوشکاری با الکترو دنگستنی فقط بایستی قسمت نوک قوس رنده داع شود و بقیه الکترو دنگستن بایستی حتی المقدور خنک نگهداشته شود.

یک راه جلوگیری از گرم شدن اضافی الکترو دنگستن، کوتاه نگهداشتن قسمت بیرون زده الکترو دنگستن از غلاف نگهدارنده آن است. اگر بیرون زدگی الکترو دنگستن از غلاف زیاد باشد، حتی با شدت جریان کم نیز می تواند آسیب ببیند. برعکس اگر چگالی شدت جریان خیلی کم باشد، قوس جابجا شونده و ناپایدار می گردد.

طبقه بندی الکترو دنگستن

طبق مشخصات AWS طبقه بندی الکترو دنگستن، مشابه طبقه بندی فلز پرکننده است که در آن E بمعنی الکترو دنگستن است (مثل EWP) معرف اصلی بودن تنگستن، Th, P و Zr ترتیب نشانه تنگستن خالص، تنگستن توریوم دار، تنگستن زیر کونیوم دار می باشد. شماره انتهایی بعضی از طبقه بندی ها بیان کننده ترکیب شیمیایی همان گروه است.

الکتروود EWP

الکتروودهای EWP الکتروودهای تنگستن خالص (۹۹/۵ درصد) هستند ظرفیت انتقال شدت جریان الکتروود تنگستن خالص از الکتروودهای دیگر کمتر است. این الکتروودها در جوشکاری با جریان متناوب یا موجی موازنه ای یا پیوسته با فرکانس بالا پایداری خوبی دارند. الکتروودهای تنگستن خالص را می توان با جریان مستقیم و با گاز محافظ آرگون یا هلیوم و یا مخلوط آرگون و هلیوم مورد استفاده قرار داد. این الکتروودها نسبت به آلوده شدن، مقاومت نسبتاً خوبی دارند و بصورت سرکروی باقی می مانند و برای جوشکاری آلومینیوم و منیزیم ترجیح داده می شوند.

الکتروودهای تنگستن خالص بجز جوشکاری آلومینیوم و منیزیم، عموماً برای کاربردهای غیربحرانی مورد استفاده فرار می گیرند.

الکتروودهای ارزانتر EWP را می توان برای موارد استعمال ارزان که در آن آلودگی جوش نا تنگستن نا حدودی قابل قبول است، بکاربرد.

الکتروود EWTh

EWTh-1، EWTh-2 و EWTh-3 الکتروودهای تنگستن دارای اکسید توریم هستند. (توریم عنصر است ولی توریا به اکسید توریم ThO_2 اتلاق می شود. مقادیر داده شده در جدول به توریا مربوط می شود) تنها فرق بین EWTh-1 و EWTh-2 درصد اکسید توریم است که در سرتاسر الکتروود پراکنده شده است. EWTh-3 الکتروودی است که نوار تنگستن ۲ درصد توریم دار بنحوی در میله تنگستن خالص بصورت طولی جا سازی شده است.

اکسید توریم در این الکتروودها مسئول افزایش طول عمر آنها در مقایسه با الکتروودهای تنگستن خالص بخاطر صدور بیشتر الکترون، شروع به قوس و پایداری بهتر قوس، ظرفیت حمل جریان بالاتر، بطور کلی عمر طولانی تر و مقاومت بیشتر به آلودگی تنگستن است.

الکتروودهای EWTh-1 و EWTh-2 برای جریان مستقیم طراحی شده اند. آنها حین جوشکاری بصورت نوک تیز باقی می مانند که برای جوشکاری فولاد مطلوب است. الکتروودهای توریم دار می توانند با جریان متناوب هم بکار برده شوند ولی گلوله ای نگهداشتن نوک الکتروود که برای جوشکاری فلزات غیر آهنی مطلوب است، دشوار می باشد.

الکتروود EWTh-3 اساساً برای جوشکاری با جریان متناوب طراحی شده است ولی با برق جریان مستقیم هم خوب کار می کند.

الکتروود EWZr

الکتروود EWZr تنگستن زیرکونیا دار است. (زیرکونیوم عنصر است ولی زیرکونیا همان اکسید زیرکونیوم ZrO_2 است و مقدار عددی داده شده در جدول به درصد اکسید زیرکونیوم مربوط است). این الکتروودها در کاربردهایی که بایستی آلودگی تنگستن حداقل برسد، ترجیح داده می شوند. این الکتروودها وقتی با جریان متناوب استفاده می شوند، عملکرد خوبی دارند زیرا حین جوشکاری نوک کروی باقی می ماند و مقاومت زیادی به آلودگی دارند.

توصیه های کلی

رعایت این توصیه ها به مرغوبیت جوش و صرفه اقتصادی کمک می کند. نوع برق و مقدار شدت جریان بایستی مناسب با اندازه الکتروود انتخاب شود. * شدت جریان خیلی کم سبب بمباران کاند و فرسودگی شده و به ناپایداری قوس منجر خواهد شد.

الکتروود بایستی درست شکسته شود یا مطابق دستورالعمل پیشنهادی سازنده سنگ زده شود. شکستن نادرست می تواند موجب دندانان ای شدن نوک الکتروود یا خم شدن الکتروود گردد که معمولاً به ضعف شکل قوس و گرم شدن اضافی الکتروود منجر می شود.

الکتروودهای بایستی با دقت جابجا شده و حتی المقدور تمیز نگهداشته شود. برای دستیابی به تمیزی بیشتر بایستی تا موقع مصرف، الکتروودها در بسته بندی اصلی خود باشند.

جریان گاز محافظ نه تنها بایستی هنگام جوشکاری برقرار باشد، بلکه بعد از قطع قوس نیز تا زمان خنک شدن الکتروود بایستی گاز محافظ جریان داشته باشد.

وقتی الکتروود درست خنک شود، انتهای آن ظاهر براق و صاف دارد ولی وقتی بطور نادرست خنک شود، ممکن است اکسیده شده و قشر نازک رنگی روی الکتروود نمایان گردد. این قشر نازک اکسیدی اگر برطرف نشود ممکن است در کیفیت جوشهای بعدی اثر نامطلوب بگذارد. اتصالات مربوط به گاز محافظ و آب خنک کننده بایستی نشئی داشته باشد.

بیرون زدگی الکتروود از نگهدارنده بایستی در حداقل نگهداشته شود تا بتواند بوسیله گاز محافظ حتی در سرعتهای کمتر عبور گاز، محافظت شود.

*- شدت جریان خیلی زیاد موجب دود اضافی، چکیدن و یا فرار مواد الکتروود می گردد.

از آلودگی الکتروود بایستی پرهیز شود. تماس الکتروود داغ با فلز مناس یا سیم جوش و همچنین کافی نبودن میزان گاز محافظ علت‌های آلودگی هستند. تجهیزات و خصوصاً نازل گاز محافظ بایستی تمیز و عاری از جرقه جوش نگهداشته شود. نازل کثیف نمی تواند نقش حفاظتی خود را خوب انجام دهد. کیفی نازل موجب نادرستی عبور گاز و سرگردانی قوس می گردد و جوش را نامرغوب و مصرف الکتروود را زیاد می کند.

جدول - تجزیه شیمیایی الکتروودهای تنگستن

حداکثر کل عناصر دیگر %	درصد اکسید زیرکونیوم	درصد اکسید توریم	حداقل تنگستن %	طبقه بندی AWS
۰/۵	-	-	۹۹/۵	EWP
۰/۵	-	۱/۲ تا ۰/۸	۹۸/۵	EWTh-1
۰/۵	-	۲/۲ تا ۱/۲	۹۷/۵	EWTh-2
۰/۵	-	۰/۵۵ تا ۰/۲۵	۹۸/۹۵	EWTh-3
۰/۵	۰/۴۰ تا ۰/۱۵	-	۹۹/۲	EWZr

جدول - رنگ شناسایی الکتروودهای تنگستن

رنگ شناسایی	طبقه بندی AWS
سبز	EWP
زرد	EWTh-1
قرمز	EWTh-2
آبی	EWTh-3
قهوه ای	EWZr

جوش توریم نازل سبز
شیرینک دانه ای

INC! INCLUSIVE این اندر

THRU = لغات

To E

$d = 12''$ سے حدیں بند ہوتے

$d = 12'' - 48''$ سے درمیان ہوتے

48''

$d = 48''$ سے باہر ہوتے

$d = 56''$ سے تر ہوتے

min To! تفاوت شور رادرفظ لازم باید پرکند

3/5 GTAW
 W-PURE

W P → AC

EW
 Th
 z v

Th-1
 Th-2
 EW Th-2
 EW z v

PURE
 LAKE LAK
 LIKE LIK

...
 AC

...
 AC

DC
 AC

MAA
 8+3
 11
 12
 14+3

...
 166
 4

...
 ...

... = 10 < ...
 16

سفارش الکتروود

با توجه به عوامل موثر در انتخاب نوع الکتروود و نوع کار جوشکاری، الکتروود مناسب انتخاب شده و آنگاه بایستی الکتروودهای مورد نظر از بازار خریداری شده و یا به کارخانه سازنده یا شرکتهای فروش الکتروود سفارش داده شود برای اینکار بایستی نکات زیر در سفارش قید شده و مورد توجه قرار گیرد:

- ۱- جنس فلز مورد جوشکاری (مشخصات شیمیایی و مکانیکی یا یکی از آنها)
 - ۲- شکل فلز مورد جوشکاری (نوع پروفیل و ورق یا لوله)
 - ۳- قطرهای مورد نظر
 - ۴- طول الکتروود (یکی از طولهای متداول و یا در صورتیکه طول غیر استاندارد دیگری مورد نظر است ذکر گردد).
 - ۵- مقدار الکتروود مورد نیاز از هر اندازه ذکر شود.
 - ۶- گواهی آزمایش
- چنانچه آخرین نتایج آزمایش کنترلی یا آزمایش اضافی برای آن الکتروود لازم است در سفارش ذکر شود.
- ۷- بجای بندهای ۱ و ۲ میتوان شماره استاندارد و طبقه الکتروود مورد نیاز را ذکر نمود.

مندرجات پاکت الکتروود

روی پاکت الکتروود بایستی اطلاعات زیر بطور خوانا درج شده باشد:

- ۱- نام شرکت یا کارخانه سازنده
- ۲- نام، شماره و یا علامت تجارتي آن الکتروود
- ۳- طبقه بندی الکتروود با یکی از استانداردها
- ۴- قطر و وزن الکتروود
- ۵- شدت جریان توصیه شده برای جوشکاری
- ۶- نوع برق و اتصال قطبی توصیه شده
- ۷- شرایط خشک کردن و انبار کردن و یا هرگونه محدودیت مصرف و هر اطلاعات مهم دیگری که ضروری باشد.

SHIELDING GAS = S گازهای محافظ جوشکاری AWS 45.32
 PPM - PART PER MILLION

نوع گاز، درجه خلوص و الزامات نقطه شبنم برای اجزاء گاز محافظ

گاز	طبقه بندی AWS	حالت محصول	حداقل خلوص (درصد)	حداکثر رطوبت (قسمت در میلیون) PPM	نقطه شبنم حداکثر رطوبت
آرگون	SG-A	گاز	۹۹/۹۹۷	۱۰/۵	-۶۰
		مایع	۹۹/۹۹۷	۱۰/۵	-۶۰
دی اکسید کربن	SG-C	گاز	۹۹/۸	۳۲	-۵۱
		مایع	۹۹/۸	۳۲	-۵۱
هلیوم	SG-He	گاز	۹۹/۹۹۵	۱۵	-۵۷
		مایع	۹۹/۹۹۵	۱۵	-۵۷
هیدروژن	SG-H	گاز	۹۹/۹۵	۳۲	-۵۱
		مایع	۹۹/۹۹۵	۳۲	-۵۱
نیتروژن	SG-N	گاز	۹۹/۹	۳۲	-۵۱
		مایع	۹۹/۹۹۸	۴	-۶۸
اکسیژن	SG-O	گاز	۹۹/۵	۵۰	-۴۸
		مایع	۹۹/۵	۶/۶	-۶۳

طبقه بندی AWS برای نمونه مخلوط گازها

گاز	نمونه مخلوط گازها (%)	طبقه بندی AWS
دی اکسید کربن + آرگون	۷۵ - ۲۵	SG-AC-25
اکسیژن + آرگون	۹۸ - ۲	SG-AO-2
هلیوم + آرگون	۹۰ - ۱۰	SG-AHe-10
هیدروژن + آرگون	۹۵ - ۵	SG-AH-5
آرگون + هلیوم	۷۵ - ۲۵	SG-HeA-25
دی اکسید کربن + آرگون + هلیوم	۹۰ - ۷/۵ - ۲/۵	SG-HeAC-7.5/2.5
اکسیژن + دی اکسید کربن + آرگون	۹۰ - ۸ - ۲	SG-ACO-8/2
مخلوط + آرگون	ویژه	SG-A-G

پیش گرمایش

برای اجتناب از ترک خوردن نقاط سخت شده در منطقه تاثیر حرارت در فولادهای فریتی، قبل از جوشکاری از پیش گرمایش استفاده می شود. پیش گرمایش عبارتست از گرم کردن قطعات مورد جوشکاری قبل از شروع جوشکاری.

پیش گرمایش دارای فواید زیر است:

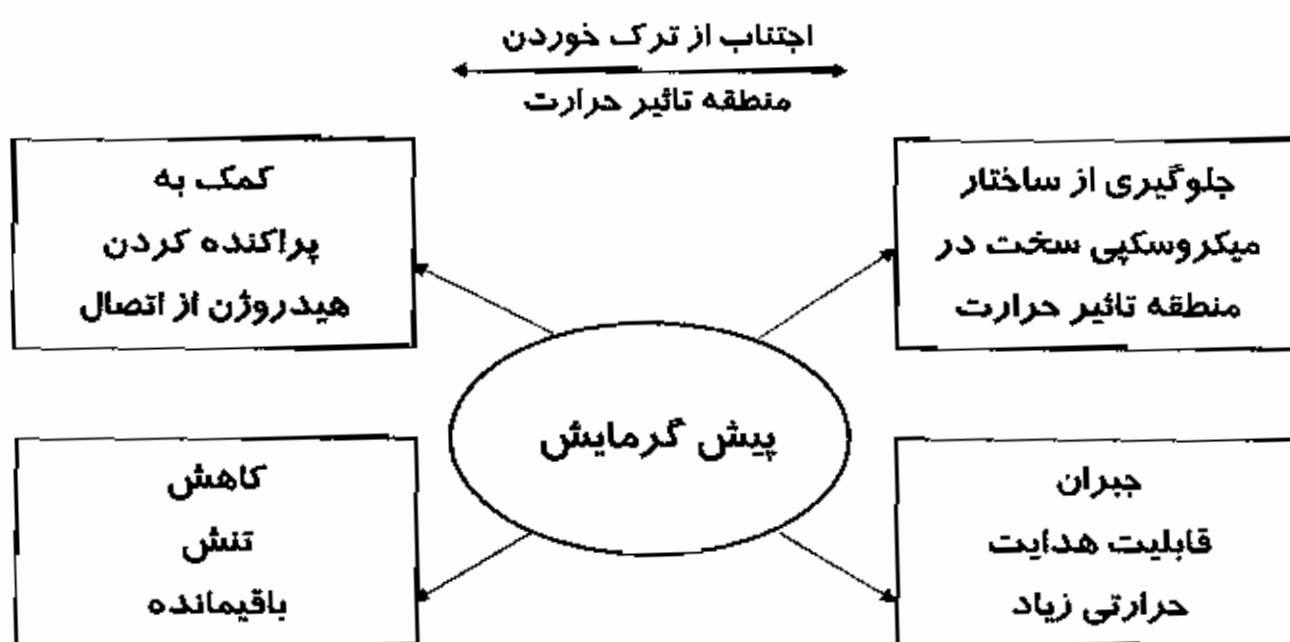
- ۱- در جوشکاری قطعات با شکل پیچیده، پیش گرمایش میتواند از ترک خوردن قطعه بر اثر تجمع تنش های حرارتی جلوگیری کند.
 - ۲- برای جوشکاری فولاد کربنی ضخیم (لوله های با ضخامت بیشتر از ۱۹ میلیمتر) پیش گرمایش لازم است و هدایت حرارتی زیاد فولاد را جبران میکند، پیش گرمایش از افت حرارتی ناحیه جوش جلوگیری میکند.
 - ۳- پیش گرمایش سرعت پراکنده سازی هیدروژن را افزایش میدهد و دور کردن هیدروژن از اتصال را تسهیل می نماید.
 - ۴- پیش گرمایش تشکیل ساختارهای متالورژیکی نامطلوب با سختی بالا را بتعویق انداخته و همچنین استعداد ترک خوردن را کم می نماید.
 - ۵- پیش گرمایش رطوبتی را که حضورش در هنگام جوشکاری مضر است، برطرف میسازد. قوس الکتریکی آب را به هیدروژن و اکسیژن تجزیه میکند که این گازها برای جوش زیان آورند. هیدروژن اتمی ناشی از رطوبت قوس به داخل جوش نفوذ کرده و در حفره های ساختاری استقرار می یابد.
- اگر فلز جوش بسرعت سرد شود بعضی از گازهای منطقه تاثیر حرارت در فلز مباد تشکیل محفظه گاز میدهند و برخی دیگر تشکیل ناخالصیهای نامطلوب می دهند.
- درجه حرارت پیش گرمایش به نوع اتصال، ضخامت فلز، جنس و ورودی حرارت هر پاس جوش بستگی دارد. اگر درجه حرارت فلز مینا کمتر از ۱۵ درجه سانتیگراد باشد، پیش گرمایش ضروری است. منظور از درجه حرارت فلز مینا درجه حرارت فلز تا فاصله ۱۵۰ میلیمتری اتصال است. اگر لبه دو فلز متصل شونده بهر دلیل مرطوب باشد، جوشکاری ناپیستی انجام شود و دو لبه مورد اتصال بایستی حداقل تا ۸۰ درجه سانتیگراد پیش گرمایش ببیند.
- پهنای نواری که پیش گرم میشود حدود ۸۰ میلیمتر از هر طرف جوش است. پیش گرمایش با استفاده از مشعل یا با مقاومت الکتریکی انجام میشود.
- درجه حرارت پیش گرمایش با دماسنج، ترموکوپل، پیرومتر تماسی یا با گچهای حرارتی مخصوص کنترل میگردد.

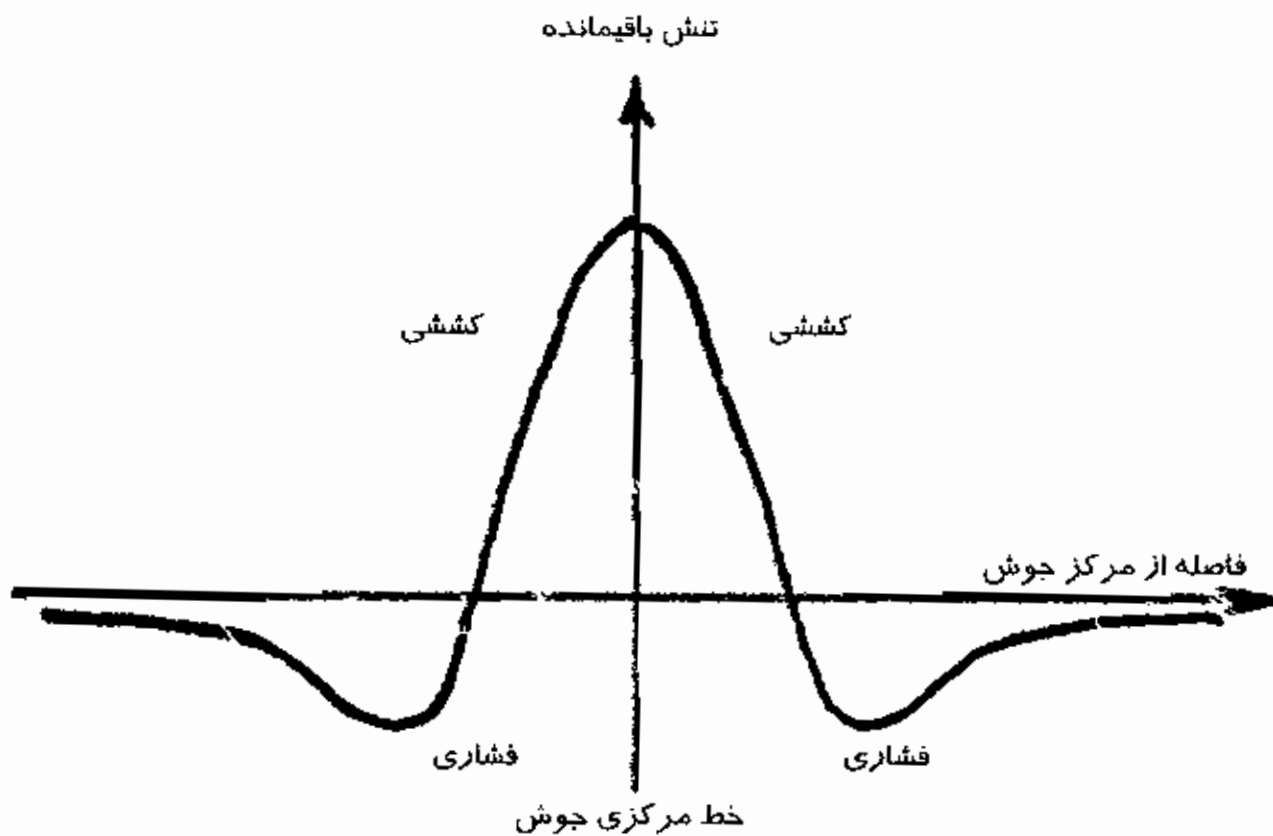
پیش گرمایش بایستی طبق مشخصات روش جوشکاری یا WPS انجام شود. درجه حرارت پیش گرمایش بایستی کنترل شود.

وقتی که پیش گرمایش لازم است جوشکاری بایستی بدون وقفه ادامه یابد، اگر در جوشکاری وقفه بیفتد، در آن صورت یا درجه حرارت پیش گرمایش حفظ میشود و یا اتصال به آرامی خنک میشود و قبل از آغاز مجدد جوشکاری، پیش گرمایش دوباره اعمال می شود.

هرجا که پیش گرمایش توصیه شده بایستی قبل از خال جوش زدن، پیش گرمایش انجام شود و برای تمام خال جوش ها ادامه یابد. بعضی از مزایای پیش گرمایش بشرح زیر است:

- ۱- کاهش سرعت سرد شدن.
 - ۲- کاهش انقباض و در نتیجه کاهش تنشهای انقباضی،
 - ۳- افزایش قابلیت نرمی در منطقه تاثیر حرارت،
 - ۴- کاهش سختی جوش قبل از تنش ردائی (خصوصاً در فولادهای با آلیاژ متوسط و پر آلیاژ)،
 - ۵- افزایش فرار گاز هیدروژن از فلز جوش
 - ۶- آسانتر شدن جوش بعلت سیلان بهتر جوش مذاب و کم شدن حبس سرباره در داخل جوش
- پیش گرمایش خصوصاً برای پاس ریشه حائز اهمیت است، بطوری که هیچ جوشی نبایستی شروع شود مگر آنکه شیار جوش به حداقل درجه حرارت پیش گرمایش مقرر رسیده باشد.
- برای جوشکاری تعمیری، پیش گرمایش مشابه آنچه که در روش جوشکاری برای جوش اصلی در نظر گرفته شده است، باشد.





تنش ناشی از جوشکاری در جوش و فلز مبنا

تنش زدائی

در قطعات جوش شده بعلت ممانعت فلز مینا چین انجماد خوش ، تنشهای باقیمانده زیادی بوجود می آید. حوضجه مذاب بسرعت منجمد می شود و منقبض می گردد فلز مینا با این انقباض مقابله می کند و در نتیجه هم در جوش و هم در فلز مینا تنش بوجود می آید .

این تنش ممکن است به اندازه تنش تسلیمی خود جنس فلز اصلی برسد و وقتی که با تنشهای ناشی از بار گذاری عادی ترکیب شود، تنش منتهجه از تنش مجاز یا تنش طراحی تجاوز کند .

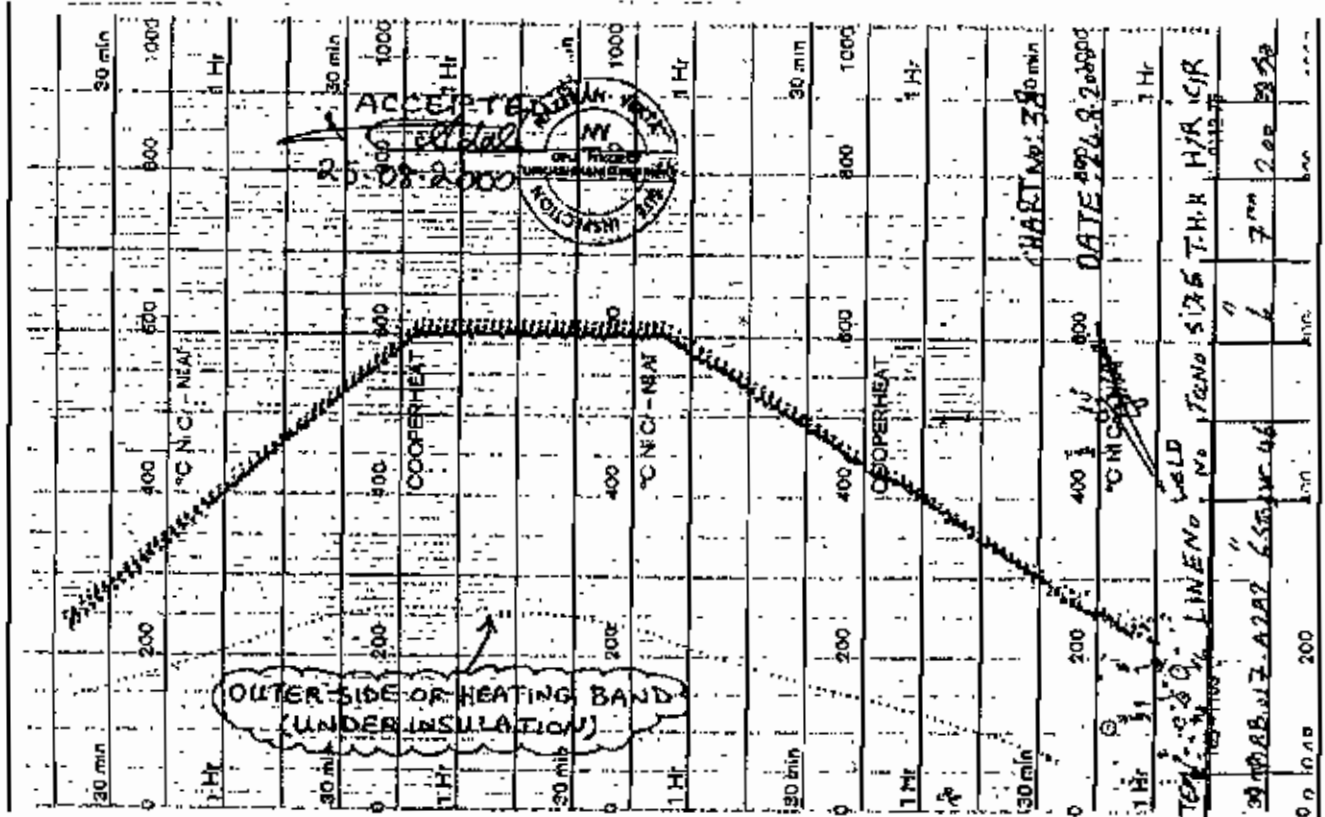
متداولترین روش تنش زدائی، عملیات حرارتی پس ازجوشکاری است. بهترین راه تنش زدائی قطعات کوچک یا حتی ظروف تحت فشار ساخته شده در کارخانه ساخت ، استفاده از کوره های تنش زدائی است یعنی در خاتمه عملیات جوشکاری قطعه یا ظرف در کوره قرار گرفته و با حرارت یکنواخت و درجه حرارت کنترل شده تنش زدائی می گردد . روش حرارت دادن نبایستی برای فلز مورد نظر زیان آور باشد . قطعه کار بایستی طوری بر تکیه گاه بنشیند که از پیچیدگی موضعی جوش جلوگیری شود .

افزایش درجه حرارت بایستی تدریجی بوده و سرعت گرم شدن در تمام قسمتهای جوش بایستی یکسان باشد . فولادهای ساده ساختمانی معمولاً 20 ± 600 درجه سانتیگراد گرم می شوند . فولادهای دیگر بسته به خصوصیات تسلیمی فلز مربوطه به درجه حرارت بالاتری نیاز دارند . وقتی که قطعه به درجه حرارت حد اکثر می رسد ، مدتی در آن درجه حرارت نگهداشته می شود . مدت نگهداری در حد اکثر درجه حرارت به ضخامت قطعه و حالت خمیری شدن فولاد بستگی دارد . این مدت معمولاً یک ساعت بازاا هر یک اینچ ضخامت فلز است .

جوش قطعه ضخیم بایستی مدت کافی در درجه حرارت مورد نظر نگهداشته شود تا از آزاد شدن تنش اطمینان حاصل گردد .

کاهش درجه حرارت نیز بایستی تدریجی بوده و با سرعتی باشد که از یکنواختی درجه حرارت سر تا سر قطعه اطمینان حاصل شود . در محل نصب ، همیشه حرارت دادن کل قطعه مثلاً شبکه لوله کشی مقدور نمی باشد در چنین حالتی تنش زدائی با حرارت دادن قسمتی از لوله بصورت استوانه ای شامل جوش و منطقه تاثیر حرارت و قسمتی از فلز مینای طرفین جوش عمل تنش زدائی انجام می شود .

در موقع تنش زدائی بایستی قطعه آزادی انبساط و انقباض داشته باشد ، در غیر اینصورت تنش های اضافی که به قطعه وارد می شود ممکن است از تنشهای اولیه مورد نظر بیشتر باشد .



PIPE DIA = 6" WELD WIDTH = 15 mm
 INSULATION BAND = 620 mm WALL THICKNESS = 7mm
 INSULATION THK. = 25 mm

شکل - در عملیات تنش زدائی، برای جلوگیری از گرادیان حرارتی شدید بین نقاط بیرون و داخل عایق بایستی پهنای نوار عایق بقدر کافی باشد که دمای نقطه کناری فلز زیر عایق از نصف دمای تنش زدائی بیشتر نشود. در اینجا $600 - 2 = 300$ نمودار رسم شده از ترموکوپل کناری زیر عایق نشان می دهد که درجه حرارت آن حد اکثر به ۲۶۰ درجه رسیده است، بنا براین پهنای عایق کافی است.

روشهای متعددی برای کاهش مقدار تنش های باقیمانده در اتصالات جوش داده شده بکار برده میشود. عملیات حرارتی، بار گذاری اضافی و عملیات ارتعاشی از جمله روشهای تنش زدائی هستند. ولی متداولترین آنها دوره گرم کردن و سرد کردن کنترل شده یعنی تنش زدائی حرارتی میباشد. در این تکنیک از این واقعیت استفاده می شود که تنش تسلیم فلز با افزایش درجه حرارت کاهش می یابد.

اگر اتصال جوش داده شده مثلاً با ۶۰۰ درجه سانتیگراد گرم شود، تنش کششی باقیمانده که معادل با تنش تسلیمی قبلی فلز در درجه حرارت محیط بود، از تنش تسلیمی فعلی فلز در درجه حرارت ۶۰۰ درجه سانتیگراد بیشتر می شود، لذا تغییر شکلهای خمیری موضعی بوجود می آید و تنشهای کششی کاهش می یابد. بطور همزمان تنشهای فشاری نیز برای حفظ تعادل با تنشهای کششی کم می شود.

در عملیات تنش زدائی، درجه حرارت تا جایی بالا برده می شود که تنش تسلیم به مقداری پایین بیاید که نتواند تنشهای باقیمانده را نگهدارد. بدیهی است که این درجه حرارت به جنس فلز مورد عملیات حرارتی بستگی دارد. از آنجائی که رابطه بین تنش تسلیم و درجه حرارت بحرانی بوسیله درصد عناصر آلیاژی فلز تاثیر می پذیرد، از اینرو درجه حرارت تنش زدائی مخازن تحت فشار با جوش ذوبی در BS 5500 منعکس گردیده است (جدول).

جدول ۱۲- درجه حرارت تنش زدائی مخازن تحت فشار با جوش ذوبی

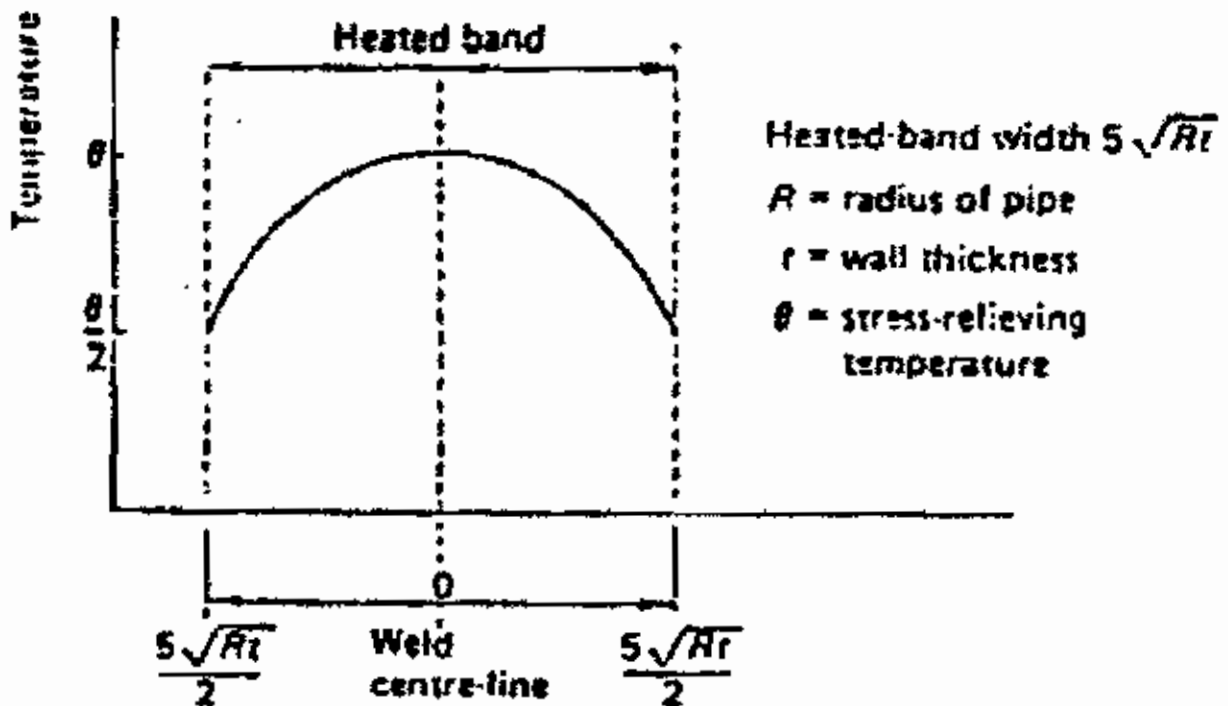
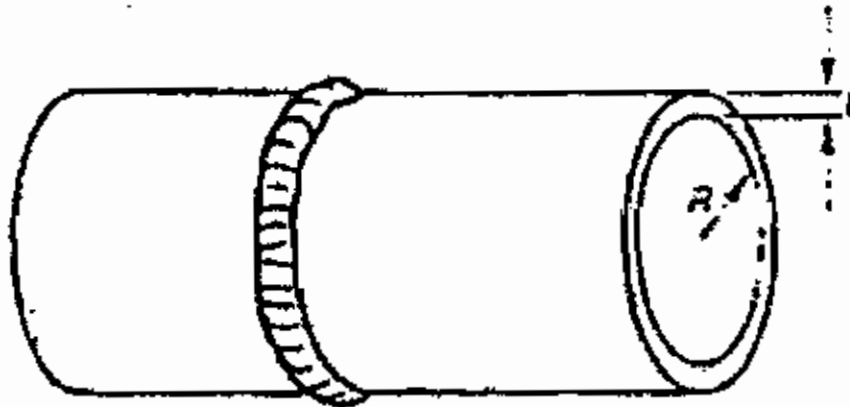
درجه حرارت تنش زدائی (درجه سانتیگراد)	نوع فولاد
۵۸۰ - ۶۲۰	کم کربن
۵۸۰ - ۶۲۰	کربن - منگنز
۶۳۰ - ۶۷۰	کربن - $\frac{1}{4}$ ٪ مولیبدن
۶۳۰ - ۶۷۰	۱٪ کرم - $\frac{1}{4}$ ٪ مولیبدن
۶۸۰ - ۷۲۰	$\frac{1}{4}$ ٪ کرم - ۱٪ مولیبدن
۷۱۰ - ۷۵۰	۵٪ کرم - $\frac{1}{4}$ ٪ مولیبدن
۵۸۰ - ۶۲۰	$\frac{1}{4}$ ٪ نیکل

اگر فرار است عملیات حرارتی تنش باقیمانده را بطور مطلوبی کاهش دهد، عدم وجود انبساط و انقباض اختلافی حائز اهمیت است چه در غیر اینصورت در اثر اختلاف در انبساط و انقباض تنشهای باقیمانده جدیدی پدید می آید. گرم کردن و سرد کردن بایستی بدقت کنترل شود بطوری که درجه حرارت سر تا سر قطعه یکنواخت باشد و برای این منظور کوره های ویژه ای دارای سیستم کنترل درجه حرارت طراحی شده باشد.

در این کوره ها که کل قطعه یا سازه حرارت داده می شود مسئله اجتناب از شیب حرارتی را آسان می نماید. حرارت دادن موضعی برای تنش زدائی خصوصا برای اتصالات جوشی ورقهای تخت توصیه نمی شود زیرا همیشه خطر ایجاد تنشهای بیشتر وجود دارد.

در این ارتباط تنش زدائی جوش لوله مسائل دیگری دارد. تنش زدائی بایستی اغلب برای کاهش مسائل خوردگی مطلوب باشد. ولی عملیات حرارتی کل تاسیسات لوله کشی بطور یکجا مقدور نمی باشد.

بنابراین تنش زدائی موضعی اتصالات لوله (بصورت استوانه ای) در جای اصلی خودش از طرف بعضی اولیای امور مجاز است بشرط آنکه توزیع درجه حرارت کنترل شود. این کنترل با تعیین حد اقل درجه حرارت در مرکز اتصال و درجه حرارت در نقطه ای با فاصله معینی از جوش (بطور مثال مطابق شکل) اعمال شود.



شکل - مشخصات نمونه برای توزیع درجه حرارت حین تنش زدائی موضعی اتصالات جوش لب بلب در لوله

چهار روش اصلی برای عملیات حرارتی بعد از جوشکاری وجود دارد :

- الف - حرارت دادن با مشعل گازی .
- ب- حرارت دادن القائی .
- ج- حرارت دادن مقاومتی .
- د- حرارت دادن با واکنشهای گرمازا .

هر سیکل حرارتی پنج مرحله جداگانه دارد:

- الف- گرم کردن سریع اولیه .
- ب- گرم کردن با سرعت کنترل شده .
- ج- زمان نگهداشتن در درجه حرارت مطلوب .
- د- سرد کردن با سرعت کنترل شده .
- ه- سرد کردن نهائی (تا درجه حرارت محیط) .

طبق استاندارد *ASME* بخش *VIII* برای تنش زدائی نرخ گرم کردن و نرخ سرد کردن در دمای بالای ۴۲۷ درجه سانتیگراد بایستی با فرمولهای زیر مطابقت داشته باشد:

$$\text{حد اکثر نرخ گرم کردن} = \frac{222}{t} \text{ (درجه سانتیگراد در ساعت)}$$

$$\text{حد اکثر نرخ سرد کردن} = \frac{278}{t} \text{ (درجه سانتیگراد در ساعت)}$$

t = ضخامت فلز بر حسب اینچ

ضخامت لوله

ضخامت لوله ممکن است به چهار صورت ارائه شود:

الف - میلیمتر

ب - اینچ

ج - $Sch\ No = Schedule\ No$

د - $Wall\ designation$

الف و ب - هر اینچ برابر ۲۵ / ۴ میلیمتر است و به راحتی می توان اینچ را به میلیمتر یا میلیمتر را به اینچ تبدیل نمود .

ج - در مورد Sch تقسیم بندی بشرح زیر ارائه شده است :

5,10,20,30,40,60,80,100,120,140,160

د - $Wall\ designation$ تقسیم بندی های زیر را دارد :

$STD = 40S$

$EH = XS = 80S$

$DBLE\ EH = XXS$

STD مخفف $STANDARD$ و EH مخفف $Extra\ Heavy$.

$DBLE\ EH$ مخفف $Double\ Extra\ Heavy$.

XS مخفف $Extra\ Strong$.

XXS مخفف $Double\ Extra\ Strong$ می باشد.

رابطه بین Sch و $Wall\ designation$

$STD (40S)$ و $Sch\ 40$ برای لوله های تا قطر اسمی ۱۰ اینچ با یکدیگر مساوی هستند و از آن

به بعد فرق دارند .

$XS (80S\ یا\ EH)$ و $sch\ 80$ برای لوله های تا قطر اسمی ۸ اینچ با یکدیگر مساوی هستند و از

آن به بعد تفاوت دارند . $XXS (DBLE\ EH)$ از $Sch\ 160$ ضخیم تر است .

جدول پیوست نمونه ای از این تقسیم بندی ها را نشان می دهد .

تبصره : اعداد فوقانی معرف ضخامت دیواره بر حسب میلیمتر و اعداد تحتانی معرف وزن

هر متر لوله بر حسب کیلو گرم می باشد .

جوشکاری فلزات غیر همجنس

- فلز جوش در اتصال غیر همجنس نبایستی فاز شکننده ایجاد کند . از اینرو در بعضی موارد از لایه‌های واسطه استفاده می شود .
 - مقاومت به خوردگی فلز جوش در اتصال غیر همجنس از مقاومت به خوردگی طرف ضعیف تر بیشتر نخواهد شد . غالباً در توصیه های جوشکاری فلزات غیر همجنس به مقاومت مکانیکی اتصال توجه می شود . بنا براین جنبه های مقاومت به خوردگی بایستی قبلاً مورد توجه قرار گیرد .
 - برای اجتناب از بروز ترکهای هیدروژنی در طرف فولاد بیشتر از الکترودهای روپوش قلیائی استفاده می شود .
 - در جوشکاری فلزات غیر همجنس بایستی هر فلز فرا خور حال خود پیشگرم شود . جوش پذیری فولاد با افزایش قابلیت سخت شودگی کاهش می یابد بنابراین ارزیابی دقیق این موضوع حائز اهمیت فراوانی است .
- متداولترین راه بررسی جوش پذیری فولاد ، محاسبه (معادل کربن) است .

$$C_E = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

برای جوشکاری فولادهای با معادل کربن مختلف ، پارامترهای جوشکاری برای فولاد با بیشترین معادل کربن و الکتروود برای فولاد با کمترین معادل کربن در نظر گرفته می شود . اجتناب از بکار گیری الکتروود با معادل کربن خیلی بالا که خطر ترک خوردن را افزایش می دهد حائز اهمیت است .

با انتخاب درست الکتروود و پارامترهای جوشکاری می توان به قابلیت سخت شوندگی و خواص مکانیکی بینابین دست یافت .

معادل کربن بر درجه حرارت لازم برای پیش گرمایش تاثیر می گذارد . برای جوشکاری فولادهائی که دارای معادل کربن متفاوت هستند ، میزان پیش گرمایش بایستی بر مبنای فولاد با بیشترین کربن معادل تنظیم شود .

معادل کرین	درجه حرارت توصیه شده برای پیش گرمایش (درجه سانتیگراد)
کمتر از ۰/۴	کمتر از ۱۰۰
۰/۴ تا ۰/۶	۱۵۰ تا ۲۰۰
بیشتر از ۰/۶	۲۵۰ تا ۳۰۰
فولاد ابزار	تا حدود ۳۰۰
فولادفتر	
فولاد با ترکیب نامعلوم	

اتصال فولاد زنگ نزن به فولاد نرم

مخلوط این دو جنس موجب تشکیل ساختارهای شکننده می گردد. تشکیل ساختارهای شکننده به ترکیب شیمیائی فلز جوش بستگی دارد. ساختار شکننده مارتنزیت است که بطور کلی برای اجتناب از تشکیل ناحیه مارتنزیتی بایستی فلز جوش به سمت ناحیه کم خطر تر سوق داده شود. اینکار با استفاده از فلز پر کننده با جنس متفاوت با هر دو جنس متصل شونده انجام میشود. اگر از فلز پر کننده فولاد نرم استفاده شود در طرف فولاد زنگ نزن، ساختار میکروسکوپی مارتنزیتی پر آلیاژ تشکیل می گردد.

چنانچه از فلز پر کننده هم ترکیب فولاد زنگ نزن استفاده شود، ساختار میکروسکوپی مارتنزیتی در طرف فولاد نرم تشکیل می گردد. ساختار میکروسکوپی مارتنزیتی بطور زیادی موجب ترک خوردن میشود که غالباً مشاهده این ترکها خیلی مشکل است.

در عوض فلز پر کننده صحیح بایستی از نوع فولاد زنگ نزن پر آلیاژ تر یا از نوع آلیاژهای پایه نیکل باشد تا فلز جوش قابلیت نرمی داشته باشد.

فولاد زنگ نزن اوستنیتی نبایستی پیش گرم شود زیرا پیش گرم کردن فولاد زنگ نزن اوستنیتی احتمال ته نشینی کاربیدی در مرزخانه و تشکیل فاز زیگما را زیاد می کند.

فاز زیگما، فاز شکننده و سخت است که شدیداً خطر ترک خوردن را افزایش می دهد. فولاد فریتی یا فریتی - مارتنزیتی ۱۳ درصد کرم و فولاد فریتی ۱۷ تا ۲۵ درصد کرم از این قاعده مستثنی هستند و پیش گرمایش ۱۵۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد برای این فولادها خطر ترک خوردن را کاهش می دهد.

اتصال چدن به فولاد

محدودیت جوش پذیری چدن تعیین کننده فلز پرکننده و پارامترهای جوشکاری است اگر مقاومت فلز جوش مورد نظر است می توان از فلز پرکننده پایه نیکل استفاده نمود .

فرایندهای جوشکاری که دارای ورودی حرارت بالا و حوضچه بزرگ جوش هستند ، برای اتصال چدن مناسب نیستند .

بعضی از چدن‌ها مثل چدن سفید غنی از کاربید بعلت تمایل به ترک خوردن اصولاً جوش پذیر نیستند . در بیشتر موارد جوشکاری مستقیم چدن به فولاد با استفاده از فلز پرکننده پایه نیکل مقدور است . در مواردی که قابلیت جوش کافی نمی باشد ، می توان از روش لایه واسطه با فلز پرکننده پایه نیکل استفاده کرد .

جوشکاری چدن می تواند بدون پیش گرمایش انجام شود ولی در صورت امکان درجه حرارت کاری حدود ۳۰۰ درجه سانتیگراد ارجح است . قطعات کوچک را می توان تماماً گرم نمود در حالی که قطعات بزرگ بطور موضعی در اطراف ناحیه جوش حرارت داده می شوند .

چون چدن قابلیت نرمی پایین و انبساط حرارتی کم دارد ، کاهش تنشهای انقباضی در فلز جوش ضروری است . این عمل بوسیله نواختن مستقیم فلز جوش با چکش سرگرد به بهترین نحو اجرا میشود . همچنین استفاده از الکترودهای با قطر کوچکتر و جوشکاری بصورت خطی ساده و کوتاه (۳ تا ۵ سانتیمتر) موجب کاهش تنشهای انقباضی در فلز جوش می گردد . در حین جوشکاری هدایت قوس بطرف فلز جوش قبلی (نه بطرف فلز مبنا) ضرورت دارد

بطور کلی جوشکاری چدن به فولاد به روش قوسی فلزی دستی انجام می شود ولی برای قطعات بزرگتر روش جوشکاری قوسی دستی نیز مورد استفاده قرار می گیرد .

TABLE : 2

FILLER METAL FOR WELDING DISSIMILAR MATERIAL

Base Material Number	Nominal Analysis of Base Materials	Base Material Number																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Carbon steel		A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	D	C
2	Carbon-Molybdenum Steel	A		E	C	E	E	E	E	E	E	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	D	C
3	2.25% Nickel & 3.5% Nickel steel	A	E		C										B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C
4	9% Nickel Steel	A	E	C											C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
5	1% Cr - 0.5% Mo steel	A	E			F	F	F	F	F					B	B	B	B	B	B	B	B	C	D	C
6	1.25% Cr - 0.5% Mo steel	A	E			F	F	F	F	F					B	B	B	B	B	B	B	B	C	D	C
7	2.25% Cr - 1% Mo Steel	A	E			F	F		F	G					B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C
8	5% Cr - 1/2% Mo Steel	A	E			F	F	H	H	H					B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C
9	7% Cr - 1/2% Mo Steel	A	E			F	F	G	H	I					B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C
10	9% Cr - 1% Mo Steel	A	E			F	F	G	H	I		J	J		B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C
11	Type 405 Stainless steel	B	B									K		X	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C
12	Type 410S Stainless steel	B	B								J	K		K	B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C
13	Type 410 Stainless steel	B	B								J	K	X		B	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C
14	Type 304 Stainless steel	B	B	B	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	L	L	P	L	L	O	O	O	C	C	C
15	Type 304L Stainless steel	B	B	B	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	L		M	M	L	M	O	O	C	C	C
16	Type 321 Stainless steel	B	B	B	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	L	M		N	L	M	O	O	C	C	C
17	Type 347 Stainless steel	B	B	B	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	P	M	N		P	M	P	P	C	C	C
18	Type 316 Stainless steel	B	B	B	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	L	L	L	P		Q	O	O	C	C	C
19	Type 316L Stainless steel	B	B	B	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	L	M	M	M	Q		O	O	C	C	C
20	Type 309 Stainless steel	B	B	B	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	O	O	O	P	O	O		R	C	C	C
21	Type 310 Stainless steel	B	B	B	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	O	O	O	P	O	O	R		C	C	C
22	Alloy 800 (Incolloy 800)	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
23	Monel 400	D	D	C	C	D	D	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
24	Inconel 625	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

NOMENCLATURES:

- A - AWS A5.1 classification EXX15, EXX16, EXX18.
- B - AWS A5.4 and A5.11, classification E309-xx (only for service temperature up to 350°C), ENiCrFe-3 (Inconel 182), or ENiCrFe-2
- C - AWS A5.11 classification ENiCrFe-3 (Inconel 182) or ENiCrFe-2 (Inco-Weld A).
- D - AWS A5.11, classification ENiCrFe-3 (Inconel 182), ENiCrFe-2 (Inco-Weld A), or ENiCr-7 (Mooel 190).
- E - AWS A5.5, classification E7015-A1, E7016-A1, or E7018-A1.
- F - AWS A5.5, classification E8016-B2, or E8015-B2L, E8018-B2L
- G - AWS A5.5, classification E9015-B3, E9016-B3, E9018-B3 or E9015-B3L, E9018-B3L
- H - AWS A5.4, classification E502-XX.
- I - AWS A5.4, classification E702-XX.
- J - AWS A5.4, classification E505-XX.
- K - AWS A5.4 and A5.11, classification E410-XX, E410 Cb-XX, E309-XX, ENiCrFe-3 (Inconel 182), or ENiCrFe-2 (Inco-Weld A).
- L - AWS A5.4, classification E308-XX.
- M - AWS A5.4, classification E308L-XX.
- N - AWS A5.4, classification E347-XX.
- O - AWS A5.4, classification E309-XX or E308-XX.
- P - AWS A5.4, classification E308-XX or E347-XX.
- Q - AWS A5.4, classification E316-XX or E316L-XX.
- R - AWS A5.4, classification E309-XX.

NOTE:

1. Blank spaces in Table 1 indicate combination that are considered unlikely or unsuitable
2. Table 1 refers to coated electrodes. For bare wire welding (SAW, GMAW, GTAW), use equivalent electrode classifications (AWS A5.9, A5.14, A5.17, A5.18, A5.20, A5.23, and A5.28)

WELDING OF PRESSURE CONTAINING PIPING AND EQUIPMENT

TABEL – Filler metal joining dissimilar materials

Base Material Number	Base Material Type	Base Material Number															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Carbon Steel	A	D	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
2	Carbon-molybdenum Steel		D	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
3	3 1/2 % Nickel Steel			E	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
4	9% Nickel Steel				B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
5	AISI Type 410 S					B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
6	AISI Type 410						B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
7	AISI Type 304							G	G	H	H	H	H	H	H	H	H
8	AISI Type 304 L								K	H	H	H	H	H	H	H	H
9	AISI Type 321									H	H	H	H	H	H	H	H
10	AISI Type 347										H	H	H	H	H	H	H
11	AISI Type 316											L	L	C	N	B	B
12	AISI Type 316 L												M	C	N	B	B
13	AISI Type 309S													C	N	B	B
14	AISI Type 310														N	B	B
15	Incoloy 825															B	B
16	Incoloy 625																B

Filler Material AWS Classification :

A- E-XX16 or E-XX18

B- Inco-Weld A, Inconel 82 or Inconel 182

C - E309 – 15 or E309 – 16

D- E7018 – A1

E- E80XX-C1 Alternatively one of following classifications of the AWS A.5.11 :

E Ni Cr Fe – 3 or E Ni Cr Mo – 3 Subject to approval by ... May also be used.

G- E308 – 15 or E308 – 16

H- E347 – 15 or E 347 – 16

J- Use filler materials complying with one of the following classifications of the AWS A 5.11 : E Ni Cr Fe – 3 or E Ni Cr Mo – 3

K- E308L – 15 or E308L – 16

L- E316 – 15 or E316-16

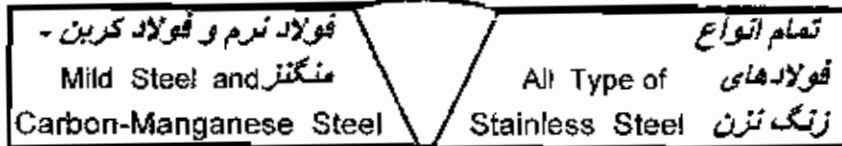
M- E316L – 15 or E316L-16

N- E310 – 15 or E310-16

انتخاب الکترودهای درست ok برای اتصال فلزات غیرهمجنس

Choose the right OK Electrodes for Joining – Dissimilar Materials

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| 1. OK 67.70 , OK 67.75 | 1 = E309 Mo – 16 , E309 - 15 |
| 2. OK 67.15 , OK 67.45 , OK 68.81 | 2 = E310 - 15 |
| 3. OK 63.35 , OK 63.30 | 3 = E316-15 , E316L-15 |



- | | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| 1. OK 92.26 | 1 = |
| 2. OK 67.70 , OK 67.75 , OK 67.45 | 2 = E309 Mo – 16 , E309 - 15 |
| 3. OK 63.30 , OK 63.35 | 3 = E316L-16 , E316-15 |



Never Use unalloyed electrodes for these Joints.

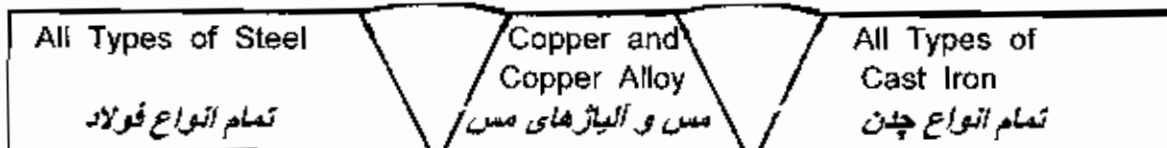
- | | |
|---------------------|--------------|
| OK Selectrode 92.18 | E Ni - Cl |
| OK Selectrode 92.58 | E Ni Fe - Cl |



- | | |
|---------------------|--------------|
| OK Selectrode 92.58 | E Ni Fe - Cl |
| OK Selectrode 92.18 | E Ni - Cl |



OK Selectrode 94.25



- ۱- انتخاب دست اول First Hand Choice
- ۲- انتخاب دست دوم Second Hand Choice
- ۳- انتخاب دست سوم Third Hand Choice

تأثیر خواص منطقه تأثیر حرارت بر کیفیت و مقاومت جوش

انتقال حرارت از حوضچه جوش به فلز مینا، از بخشهای اساسی فرایند انجماد می باشد .
تأثیر ثانوی انتقال حرارت ، بالا بردن درجه حرارت فلز مبای مرر ذوب است که در این ناحیه چند واکنش متالورژی بوقوع می پیوندد .

این واکنشهای متالورژی بر خواص مکانیکی اتصال جوش تأثیر می گذارند یعنی مقاومت کششی و مقاومت ضربه ای را کم می کنند و سختی را زیاد می کنند و یا ترک تشکیل می دهند .
ساختار فلز مینا در ناحیه تأثیر حرارت بستگی به ترکیب شیمیائی آن و چگونگی گرم کردن و سرد کردن دارد .

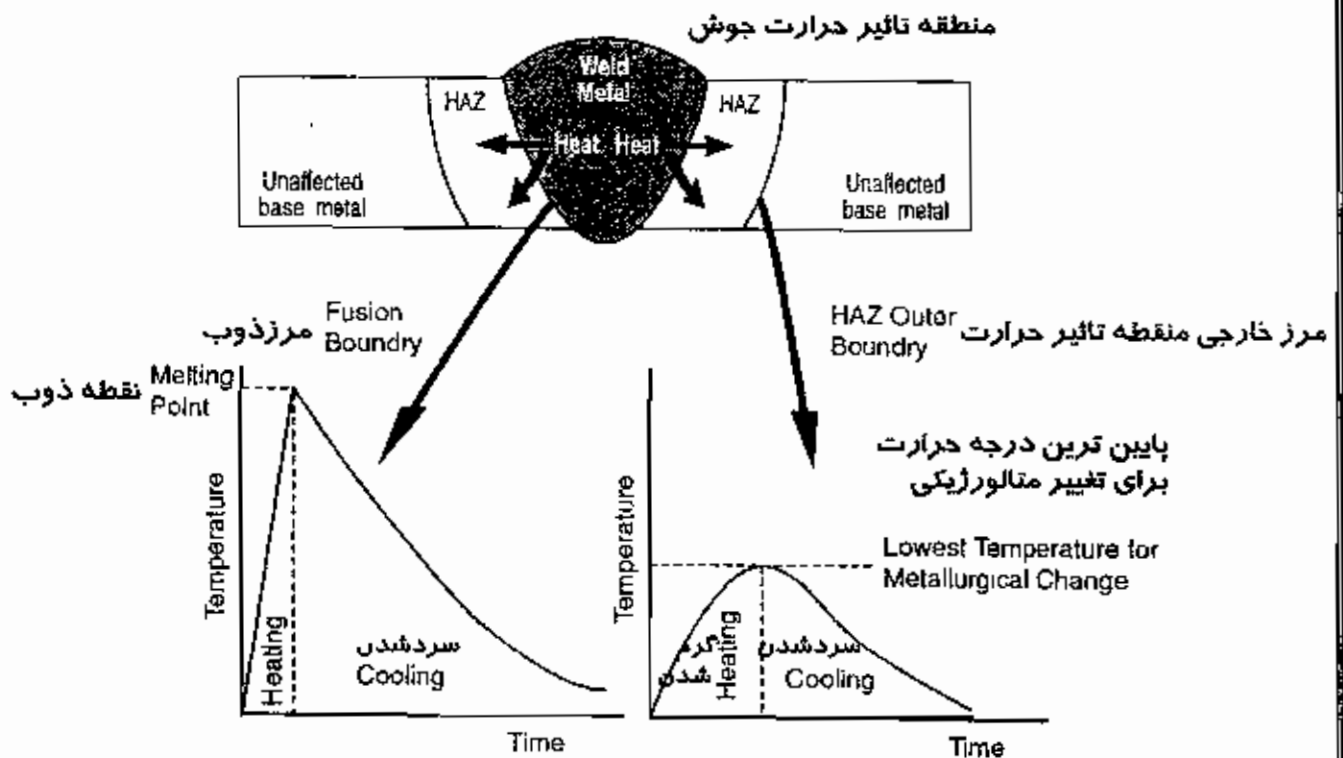


Figure Thermal cycles in weld zones

شکل - مرزهای منطقه تأثیر حرارت

مرز منطقه تأثیر حرارت بوسیله کمترین درجه حرارتی که در آن تغییرات متالورژی بوقوع می پیوندد ، مشخص می شود .

فولادهای ساختمانی در منطقه تأثیر حرارت تمایل به سخت شدن دارند ، زیرا سرعت سرد شدن اتصالات جوش داده شده طوری است که حالتی شبیه به عملیات حرارتی آب دادن پیش می آورد .

میزان سخت شدن در درجه اول به ترکیب شیمیایی فولاد بستگی دارد. فولادهای ساختمانی تعدادی عناصر آلیاژی دارند. برای سهولت بحث پیرامون مسائل جوشکاری از شاخص مشهور معادل کربن استفاده می شود.

در معادل کربن هر عنصر آلیاژی به تناسب نقشی که در سخت کردن بازی می کند، ضریبی دارد. مثلا منگنز ضریب یک ششم دارد، چون تخمین زده اند که افزودن ۰/۶ درصد کربن در فولاد همان نقشی را در سخت شدن بازی می کند که ۰/۱ درصد کربن بازی می کند. فرمولهای متعددی برای معادل کربن تدوین کرده اند که فرمول معادل کربن طبق استاندارد انگلیس عبارتست از:

$$C_E = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

که در آن:

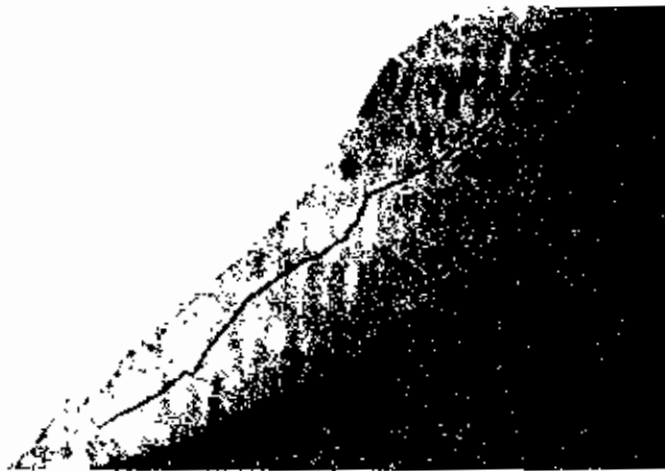
C = کربن ، Mn = منگنز ، Cr = کرم ، Mo = مولیبدن ، V = وانادیوم ، Ni = نیکل ، Cu = مس میباشد.

بطور کلی، فولادهای با معادل کربن کمتر از ۰/۳۸ درصد در منطقه تاثیر حرارت سخت نمی شوند، در حالیکه فولادهای با معادل کربن ۰/۵۰ درصد ممکن است سختی هم تراز با سختی فولاد ابزار عملیات حرارتی شده بدست آورند. یعنی اگر فولاد کم کربن بطور نرمال سختی ۱۹۰ ویکرز داشته باشد، سختی منطقه تاثیر حرارت ممکن است تا ۴۰۰ ویکرز برسد.

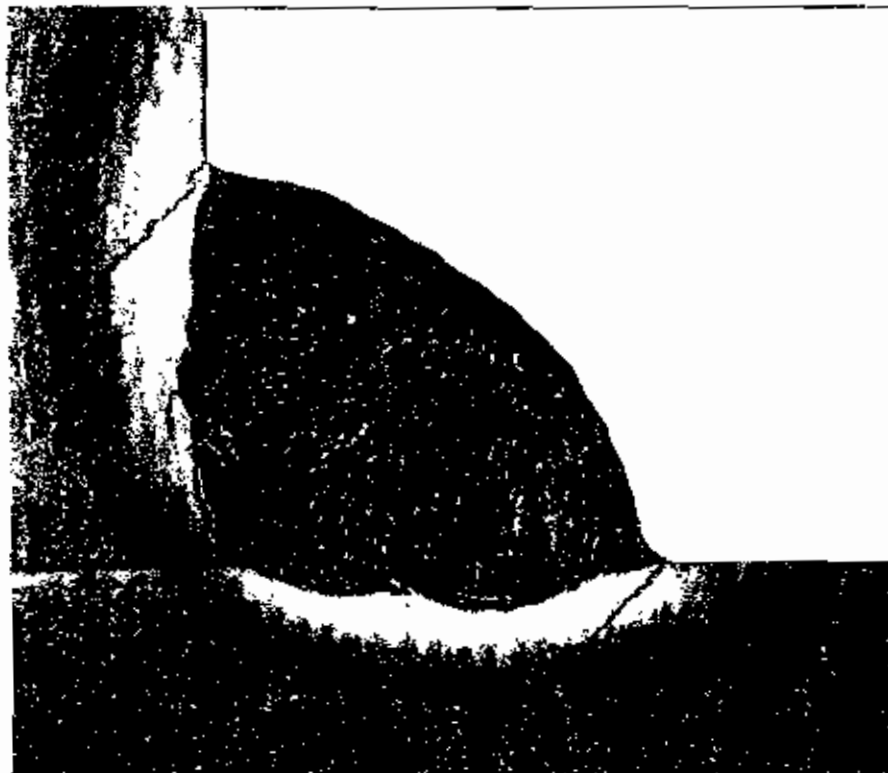
گرچه گاهی گفته می شود که سخت شدن منطقه تاثیر حرارت بر مقاومت قطعه یا مناسب بودن آن برای بهره وری اثر ندارد ولی موارد ویژه ای نظیر حمله خوردگی تنشی ایجاب می نماید که سختی از حد معینی تجاوز ننماید و به این منظور گاهی عملیات حرارتی پس از جوشکاری ضروری می گردد.

نگرانی عمده از سخت شدن منطقه تاثیر حرارت، تشکیل ترک است که بطور موثری مقاومت اتصال را کاهش می دهد.

اگر هیدروژن نیز بصورت محلول در فولاد در طول مرز ذوب حضور داشته باشد، وقتی سختی از حدود ۳۰۰ ویکرز تجاوز کند، خطر تشکیل ترک زیاد است.



Underhead crack in a low-alloy steel HAZ (magnification 8×)
 ترک زیر مهره ای در منطقه تاثیر حرارت فولاد کم آلیاژ (بزرگنمایی ۸ برابر)



Hydrogen cracking in a fillet weld of 1040 steel (magnification 4.5×).

ترک هیدروژنی در جوش گوشه ای فولاد ۱۰۴۰

این میزان سختی با تغییرات متالورژی در منطقه تاثیر حرارت پیش می آید و با ترکیب شیمیائی و سرعت سرد کردن قابل کنترل است . چون فولادهای با مقاومت بالا تقریباً همواره نسبت به فولادهای کم کربن ، معادل کربن بالاتری دارند ، افزایش سختی مشکل عمده ای در جوشکاری پدید می آورد .

برای جوشکاری فولادهای با معادل کربن بالاتر از 0.40% در صد، دستور العمل‌هایی لازم است که نه تنها سرعت سرد کردن را پایین بیاورد بلکه همچنین درصد هیدروژن را به حد اقل ممکن برساند.

هیدروژن از راه‌های زیادی نظیر روپوش الکتروود، رطوبت موجود در گاز محافظ و چرب بودن سیم جوش و فلر مینا وارد حوضچه جوش می‌گردد.

هیدروژن وارد شده در فلز مذاب حل شده و به داخل فلز مینا هدایت گردیده و در منطقه تاثیر حرارت متمرکز می‌شود. مقدار هیدروژن حوضچه‌های جوش اندازه گیری و نسبت به سختی معینی مقادیر بحرانی بدست آمده است.

این مقدار برحسب میلی لیتر هیدروژن بر 100 گرم فلز جوش بیان می‌شود و معمولاً محدوده آن 5 تا 40 میلی لیتر بر 100 گرم فلز جوش است. توزیع واقعی هیدروژن در اتصال جوش داده شده تا حدود زیادی به درجه حرارت فلز مینا بستگی دارد.

هیدروژن در فلز داغ بسرعت نفوذ می‌کند ولی حرکت آن در درجه حرارت اطاق بسیار کند است.

بنا بر این حین جوشکاری به راحتی در منطقه تاثیر حرارت جاری می‌شود ولی از نوار حرارت دیده خارج نمی‌شود.

پیش گرم کردن فلز مینا هیدروژن را در ناحیه وسیعی پراکنده و تمرکز آن را در ناحیه سخت شده کم می‌کند. علاوه بر آن، پیش گرم کردن سرعت سرد شدن را کند کرده و حد اکثر سختی را تقلیل می‌دهد.

به این دلیل هنگام جوشکاری فولادهای ساختمانی با مقاومت بالا از پیش گرم کردن (75 تا 200 درجه سانتیگراد) استفاده می‌شود.

رقیق شدن و یکنواختی جوش

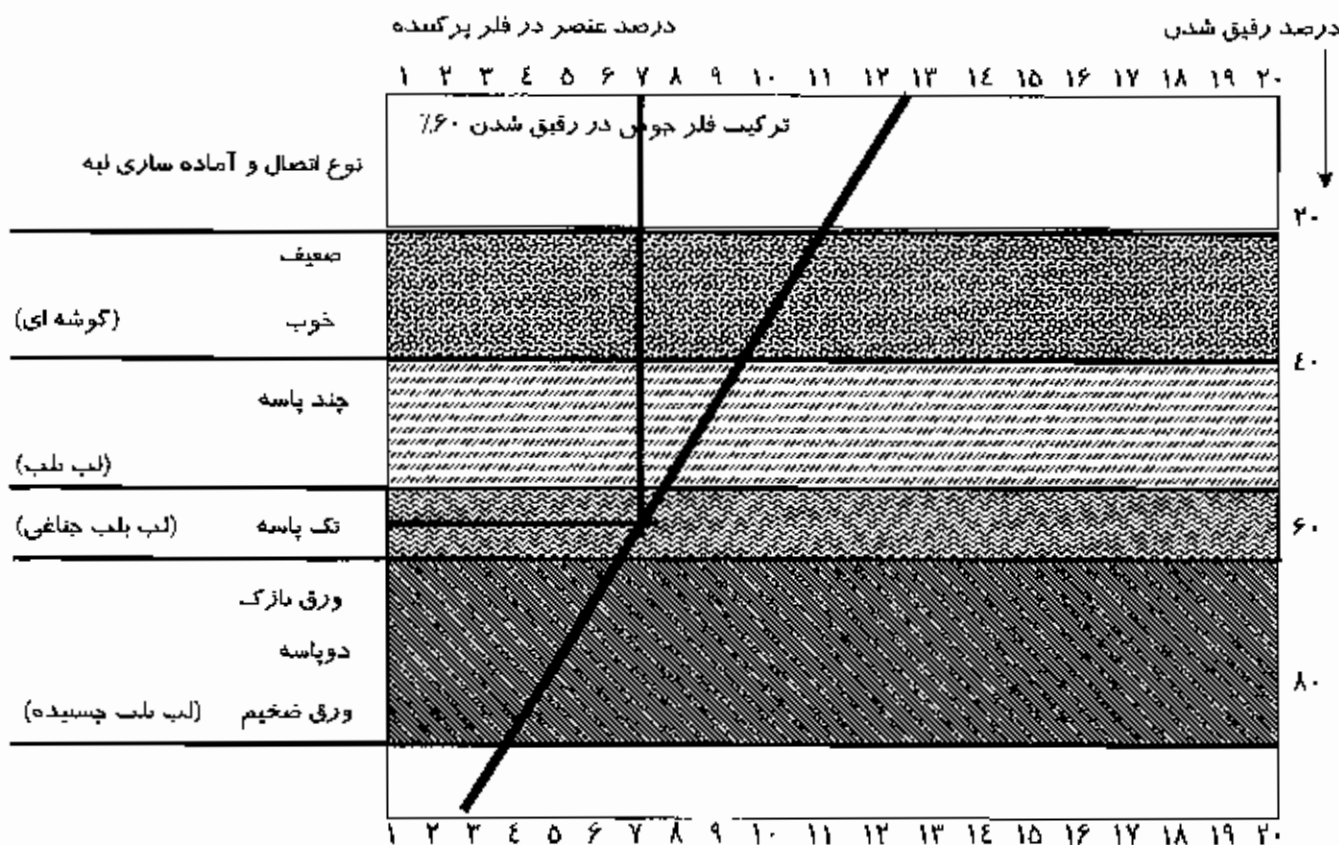
عالیا در جوشکاری ذوبی از فلز پر کننده استفاده می شود و بنابراین فلز جوش مخلوطی از فلز مینا و فلز پر کننده است. وقتی فلز مینا و فلز پر کننده دارای ترکیب شیمیایی یکسان هستند، ترکیب فلز جوش مشکلی ندارد ولی زمانی که ترکیب فلز مینا و فلز پر کننده متفاوت هستند برای اطمینان از حصول ترکیب مطلوب برای جوش بایستی تمهیداتی بکار گرفته شود.

درجه رقیق شدن به نوع اتصال، نحوه آماده سازی لبه و فرایند جوشکاری بستگی دارد

رقیق شدن (برحسب درصد) با فرمول زیر بیان می شود :

$$D = \frac{\text{وزن فلز مینای ذوب شده}}{\text{وزن کل فلز ذوب شده}}$$

بیشترین رقیق شدن برای جوشهای تک پاسه قطعات نازک که بدون پخ به یکدیگر جوش داده شوند پیش می آید و کمترین رقیق شدن در جوشهای گوشه‌ای یا در جوشهای چند پاسه با آماده سازی نرمال لبه صورت می پذیرد.



شکل - نمودار رقیق شدن

رقیق شدن برای اتصال فلزات غیر همجنس و برای جوشکاری قطعه روکش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در چنین مواردی با استفاده از لایه آستری (جوش با ترکیب مشخص روی لایه ها قبل از جوشکاری دو لایه به یکدیگر) می توان رقیق شدن را به حد اقل رسانید .

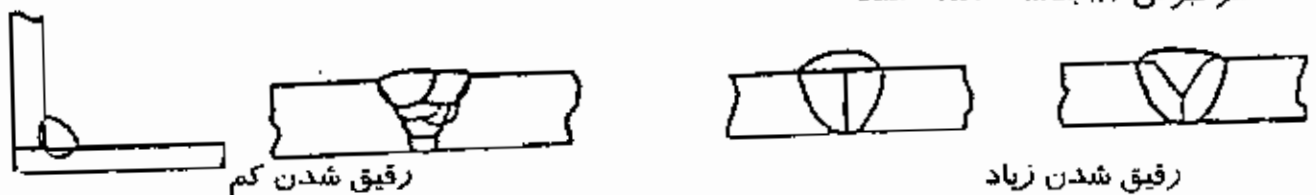
عموماً مخلوط شدن فلز در حوضچه جوش خوب است و در منطقه ذوب ، فلز جوش یکنواخت بدست می آید. اگر ترکیب شیمیائی فلز پر کننده و فلز مبنا خصوصاً در جوشکاری قوسی تنگستنی با گاز خنثی تفاوت زیادی داشته باشد ، یکنواختی فلز جوش کمتر خواهد بود .

در روشهای جوشکاری که جوشکاری بصورت انتقال فلز صورت می گیرد ، یکنواختی فلز جوش بیشتر است . از طرفی در حوشهای فولاد آلیاژی با الکترودهای روپوشدار ، جوش ممکن است از روپوش الکتروود بدست آید (پودر فرو آلیاژ یا پودر عنصر آلیاژی با مواد متشکله روپوش الکتروود مخلوط می شود) .

در بیشتر فلزات و آلیاژها مرز بین منطقه ذوب و منطقه ذوب نشده اتصال حوش کاملاً تمیز است. در مرز ذوب ترکیب فلز مرزی از ترکیب فلز مبنا تا ترکیب کم و بیش یکنواخت جوش، تغییر می کند . برای جوش دستی با الکترودهای روپوش دار ضخامت منطقه مرزی بین ۵۰ تا ۱۰۰ میکرون است . در آلیاژهای دارای محدوده انجماد طویل ، ذوب ناقص ممکن است در قسمتی از منطقه تاثیر حرارت چسبیده به منطقه ذوب پیش آید و بطور فیزیکی به فلز جوش بپیوندد . هیدروژن ممکن است از منطقه تاثیر حرارت نفوذ نماید ولی عناصر دیگر از فلز جوش به فلز ذوب نشده با بالعکس چندان نفوذ نمی کنند .

در صد عنصر در فلز مبنا

برای پیدا کردن ترکیب جوش با رقیق شدن معلوم ، عدد ترکیب فلز پر کننده و فلز مبنا در دو مقیاس بالا و پایین بایک خط راست بهم وصل شود ، از نقطه برخورد خط مزبور با خط افقی مربوط به رقیق شدن معلوم ، اگر خط قائمی رسم شود محل برخورد این خط قائم با هر یک از مقیاسهای بالا و پایین ، عدد ترکیب جوش بدست می آید در این مثال با رقیق شدن ۶۰٪ ترکیب فلز جوش ۲٪ بدست آمده است .



شکل - رقیق شدن جوش

پدیده های متالورژی در جوشکاری

مراحل ذوب و انجماد فلز که با تغییر ساختمان کریستالی و ترکیب شیمیایی فلز انجام میگیرد، پدیده های متالورژی نامیده می شود.

جوشکاری هم یک پدیده متالورژی است با این تفاوت که در جوشکاری حرارت دادن تا درجه حرارت زیاد و با سرعت زیاد برای ناحیه کوچکی از فلز صورت گرفته و باعث ذوب فلز میگردد. چون در بیشتر کاربردهای صنعتی، فولاد مورد استفاده قرار می گیرد از این جهت خصوصیات متالورژیکی جوشکاری فولاد مورد نظر است.

پدیده های متالورژیکی جوشکاری قوسی با پدیده متالورژیکی فرایندهای مختلف فولادسازی فرق دارد.

در جوشکاری قوسی، فلز مذاب طی مدت چند ثانیه انجماد حاصل می کند. مقدار فلز مذاب در جوشکاری قوسی دستی به ندرت از هشت سانتیمتر مکعب تجاوز می نماید. درجه حرارت و حوضچه مذاب بطور محسوس از درجه حرارت کوره های فولادسازی بیشتر است.

در جوشکاری فولاد یکی از مسائل اصلی ایجاد فلز مذاب و جلوگیری از ترکیب آن با اکسیژن و ازت می باشد. نظر به اینکه حوضچه جوش با سرعت سرد می شود، واکنش های شیمیایی آغاز شده در فلز مذاب و سر باره فرصت تکامل ندارند.

درجه حرارت بالای قوس بعضی از مولکولهای اکسیژن و ازت را شکسته، آنها را به اکسیژن و ازت اتمی تبدیل می نماید. گازهای اتمی از حالت مولکولی آنها مهاجم تر هستند.

اکسیژن یکی از عوامل مضر برای جوشکاری فولاد است زیرا در درجه حرارت زیاد جوشکاری، میل ترکیبی اکسیژن با آهن خیلی زیاد بوده و تشکیل اکسید آهن می دهد. اکسید آهن در طول خط مرزی دانه های فلز قرار گرفته و مانع چسبندگی بین دانه ها می شود و بدینوسیله بر خواص مکانیکی فلز جوش تاثیر بد می گذارد و تردی و شکنندگی آنها افزایش می دهد.

در جوشکاری با الکتروود بدون روپوش وقتی که درجه حرارت به حدود ۱۵۵۰ تا ۱۷۵۰ درجه سانتیگراد برسد، اکسیژن موجود در فولاد بصورت اکسید ممکن است بمقدار ۰/۲ در صد تا ۰/۵ درصد برسد. در حالیکه در فولاد سازی (اوپن هرمتس) این رقم در حدود ۰/۱ تا ۰/۰۲ درصد می باشد.

در صد اکسیژن در فلز جوش به طول قوس، شدت جریان جوشکاری و نوع حفاظت بکار رفته (روپوش الکتروود، روانسازها یا پودرهای جوشکاری، گازهای محافظ) بستگی دارد.

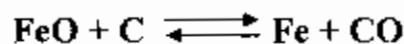
اگر طول قوس زیاد باشد، فلز مذاب در حال عبور از الکتروود به قطعه کار تماس بیشتری با اتمسفر داشته و ممکن است اکسیژن بیشتری جذب نماید. اگر شدت جریان جوشکاری خیلی زیاد باشد، گلوله ها یا قطرات بیشتری از الکتروود به داخل حوضچه جوش سرانزیر شده و مساحت سطح خارجی فلز الکتروود مذاب در تماس با هوا را افزایش می دهد.

وقتی که از الکتروود روپوش دار استفاده می شود، روپوش الکتروود حفاظ گازی و سرباره‌ای اطراف فلز مذاب تشکیل می دهد و فلز جوش را از تماس با هوا حفظ می کند. در جوشکاری قوسی خودکار و نیمه خودکار عمل حفاظت فلز جوش از هوا بعهده روانسازها و گازهای محافظ می باشد.

در جوشکاری قوسی با الکتروود بدون روپوش، فلز جوش ممکن است بمقدار ۰/۱۲ تا ۰/۱۸ درصد ازت داشته باشد در حالیکه این رقم برای فولاد سازی (اوپن هرتس) معمولاً بین ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰۸ درصد می باشد. افزایش درصد ازت مقاومت و سختی فلز جوش را بهبود بخشیده ولی بر مقاومت ضربه ای فلز جوش تاثیر بدی می گذارد.

انتقال عناصر از فلز پرکننده به حوضچه جوش

در جوشکاری اکسی استیلن یا جوشکاری قوسی تنگستنی با حفاظت گاز خنثی نسبت عناصر آلیاژی از دست رفته بوسیله اکسیداسیون حتی با وجود افزودنیهای رآکتیو نظیر تیتانیوم کم است. وقتی که فلز از الکتروود لخت یا روپوشدار در جوشکاری قوسی انتقال پیدا میکند، مقدار عنصر آلیاژی هم بوسیله واکنشهای گاز - فلز و هم بوسیله واکنشهای سرباره - فلز تغییر می کند. انتقال کربن تا حدود زیادی به واکنش زیر بستگی دارد.

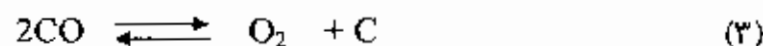
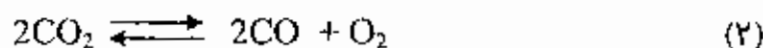


فقط نسبت کمی از کربن الکتروودهایی که بقدر کافی اکسیژن گیری شده اند، سوخته میشود ولی الکتروودهای روپوشدار اکسید آهنی اکسیژن گیری نشده کربن خیلی کمی بجای میگذارند و بعطت بسط تدریجی در حوضچه جوش حاصل از این نوع الکتروودها متخلخل است.

جدول - انتقال عنصر در جوشکاری ذوبی فولاد

درصد انتقال از الکتروود یا سیم پرکننده به فلز جوش										فرایند جوشکاری
Ti	Al	Nb	Cu	Mo	Cr	Ni	Mn	Si	C	
۵-۲۰	۵-۲۰	۴۰-۵۰		۹۰-۱۰۰	۴۵-۸۵	۵۰-۵۹	۶۰-۱۰۰	۵۰-۷۵	۳۰-۷۵	بالکتروودهای روپوشدار
		۷۵-۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۵-۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰-۳۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۷۰-۱۰۰	قوسی زیرپودری
۲۰	۲۰	۶۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۶۰-۷۰	۵۰-۶۰	۵۰-۲۰۰	گاز کربنیک (CO ₂)
برای بقیه ۹۰-۱۰۰										قوسی تنگستنی گازخنثی

در جوشکاری گاز کربنیک احتمال جمع آوری کربن از گاز محافظ وجود دارد:



واکنش دوم در سطح فلز سرعت پیدا میکند. در جوشکاری با گاز کربنیک که از سیم جوش کم کربن استفاده می شود ممکن است واکنش فوق منجر به افزایش کربن در نوک سیم جوش گردد. در حقیقت در جوشکاری گاز کربنیک بدون توجه به درصد کربن در سیم جوش، در صد کربن جس جوش به حدود ۰/۱۲ در صد میل می کند. در جوشکاری قوسی اگر اطراف جوش با اتمسفر خنثی محافظت نشود بیشتر عناصر آلیاژی خصوصاً تیتانیوم و آلومینیوم اکسیده می شوند. سیلیسیم و منگنز نیز ممکن است به اکسیداسیون تن در دهند ولی درصد این عناصر در فلز جوش بمقدار زیادی به ترکیب سرباره بستگی دارد.

خواص مکانیکی فلز جوش

خواص مکانیکی فلز جوش حاصل از روشهای گوناگون، در مقایسه با فلز خام و ریخته ای با ترکیب مشابه در جدول زیر درج شده است. از نظر مقاومت کششی روشهای جوشکاری به دو گروه تقسیم بندی می شوند: گروهی که نقطه تسلیم جوش آنها بمقدار قابل ملاحظه ای بالاتر از فلز مبنا بوده و گروهی که مقاومت تسلیمی و نهائی جوش آنها مشابه فلز مبنا می باشد.

گروه اول که روشهای جوشکاری با سرد شدن سریع نامیده می شوند عبارتند از: جوشکاری با الکترودهای روبوشدار و جوشکاری با محافظت گاز.

گروه دوم که روشهای جوشکاری با سرد شدن آهسته نامیده می شوند عبارتند از: جوشکاری قوسی زیر پودری، جوشکاری الکتریکی سرباره ای و جوشکاری گاز.

جدول - نمونه ای از خواص جوشها، ورق و ریخته ایهای فولاد کربنی

جس	تنش تسلیمی ۱۰۰۰ پوند برایج مربع	تنش نهائی ۱۰۰۰ پوند برایج مربع	افزایش طول ٪ در یک اینچ	مقاومت ضربه ای با شیار V در ۲۰ درجه سانتیگراد فوت پوند	مقاومت خستگی محوری در 2×10^6 سیکل ۱۰۰ پوند برایج مربع	
					ماشینکاری شده	بهمان صورت جوش داده شده
فلز جوش (تک پایه) الکترودهای روبوشدار: روتیلی	۲۸	۳۳	۳۰	۶۵	۱۶	۶/۵ - ۱۱/۵
فلبائی	۳۰	۳۵	۳۶	۹۰	۱۶	۶/۵ - ۱۱/۵
اکسی - استیلن	۱۷/۵	۲۵	۲۷		۱۶	۶/۵ - ۱۱/۵
قوسی زیرپودری	۲۲	۳۲	۳۵		۱۶	۶/۵ - ۱۱/۵
گاز کربنیک (CO_2)	۳۰	۲۸	۲۷	۶۵	۱۶	۶/۵ - ۱۱/۵
الکتریکی سرباره ای بهمین حالت جوش داده شده	۲۰	۲۹	۳۰	متغیر ۵۰-۵۰	۱۶	۶/۵ - ۱۱/۵
نرمالیزه یا یکنواخت شده	۲۰	۲۸	۴۰	۵۵	۱۶	۶/۵ - ۱۱/۵
ورق با تکمیل کلاری داغ با ۰/۲٪ کربن*	۱۸	۳۰	۳۰		۱۶	
فولاد ریخته ای	حداقل ۱۴	۲۸-۳۵	حداقل ۲۰		۱۶	
B.S. 595 Gr 28/35	حداقل ۱۷/۵	۳۵-۴۰	حداقل ۱۵		۱۶	
B.S. 592 Gr 35/40						

Hot Finished*

بالا بودن نقطه تسلیم فلز جوش کم کربن حاصل از جوشکاری با الکترودهای روپوشدار قسمتی بخاطر ریز بودن دانه ها بوده و قسمتی بخاطر چگالی بالای جابجا شدگی ها می باشد . چنین جوشی مشتمل است بردانه های ریز فریت (غالباً کشیده شده) با کاربید و مرر دانه اوستنیتی . عموماً نقطه تسلیم فولاد تابعی از عکس جذر قطر دانه است و این قاعده برای فلز جوش نیز صادق است .

حبه قابل توجه دیگر فلز جوش فولاد کربنی حاصل از الکترودهای روپوشدار آنست که وقتی زیر درجه حرارت بحرانی حرارت داده شود هیچ نشانه ای از تبلور مجدد یا نرم شدن ندارد (احتمالاً بعلت شبکه کاربیدی اطراف دانه های فریت) .

نقطه تسلیم بالا و مقاومت به نرم شدن جنبه های مطلوب هستند و نشانه آن است که فلز جوش قوی تر از زوج فلز است و این مزیت با تنش زدائی اتصال از دست نمی رود .

در جوشکاری الکتریکی سرباره ای و تا حد کمتری در جوشکاری قوسی زیرپودری دانه فلز جوش نسبتاً درشت بوده و مطابق با آن نقطه تسلیم جوش کمتر است .

در جوشکاری چند پاسه هر پاس جوش قسمتی از فلز جوش پاسهای قبلی را تحت عملیات حرارتی قرار می دهد و در نتیجه بعنوان یک مجموعه ، خواص جوش یکنواخت نمی باشد .

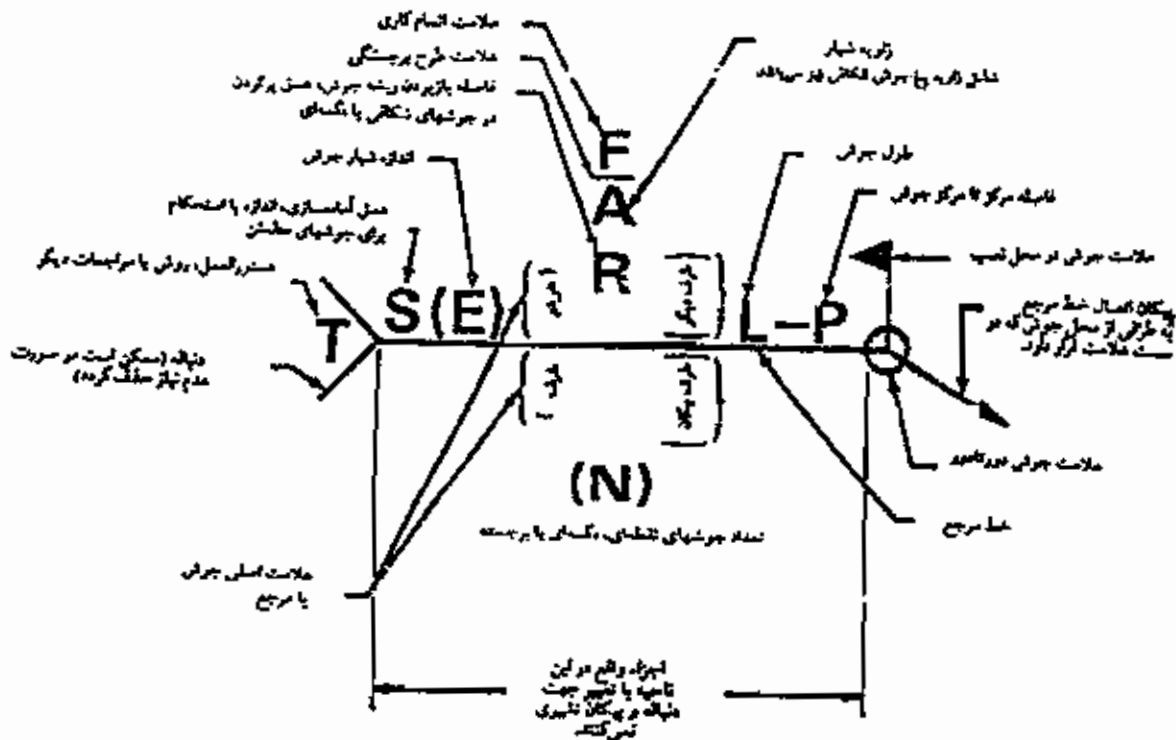
جوش حاصل از جوشکاری چند پاسه فولاد کربنی روپوش رفته دارای مقاومت تسلیمی کمتر از جوشهای تک پاسه بوده ولی خواص ضربه ای بهتری دارد .

مقاومت به خستگی نمونه آرمایش تمام جوش با مقاومت به خستگی خود ورق فرق اساسی ندارد. مقاومت به خستگی اتصالات جوش داده شده به عوامل متعددی از جمله نیمرخ اتصال ، اندازه، نوع و مقدار عیوبی که می نواند حضور داشته باشد ، مقدار هیدروژن در فلز جوش و عملیات حرارتی پس از جوشکاری بستگی دارد .

مساعدترین نیمرخ آنست که جوش تراشیده شده و تخت و هم سطح ورق گردد و برعکس نامساعدترین نیمرخ وجود زاویه تیز بین ورق و گرده جوش می باشد .

وقتی که عیب در جوش موجود باشد ، مقاومت استاتیک آن نیز کاهش می یابد ولی اگر فلز جوش از نظر مقاومت قوی تر از فلز مینا باشد تا اندازه معینی از عیب می تواند در جوش موجود باشد بدون آنکه مقاومت اتصال نسبت به فلز مینا کم شود مثلاً اگر تخلخل تا جمعاً ۵ الی ۱۰ درصد مساحت مقطع عرضی در جوشهای با الکترودهای روپوشدار یا جوشهای حاصل از روپوش جوشکاری قوسی زیرپودری حضور داشته باشد در مقاومت اتصال کاهشی ایجاد نمی نماید .

علائم قراردادی جوش AWS D1.1



بر وقت استاندارد ایران یک علامت جوشکاری

Groove							
ساده	لرپ	جناغی	نیم جناغی	لاله‌ای	نیم لاله‌ای	جناغی گورد	نیم جناغی گورد

گوشه‌ای	کام یا ازگشته	میله‌ای	تقطعه جوش یا برجسته	درزی	پشت یا پشت جوش	روکشی	فلانجی	
							لبه‌ای	گوشه‌ای

شکل ۹- نشانه‌های اصلی جوش. اینها قسمتی از نشانه جوشکاری کامل هستند.

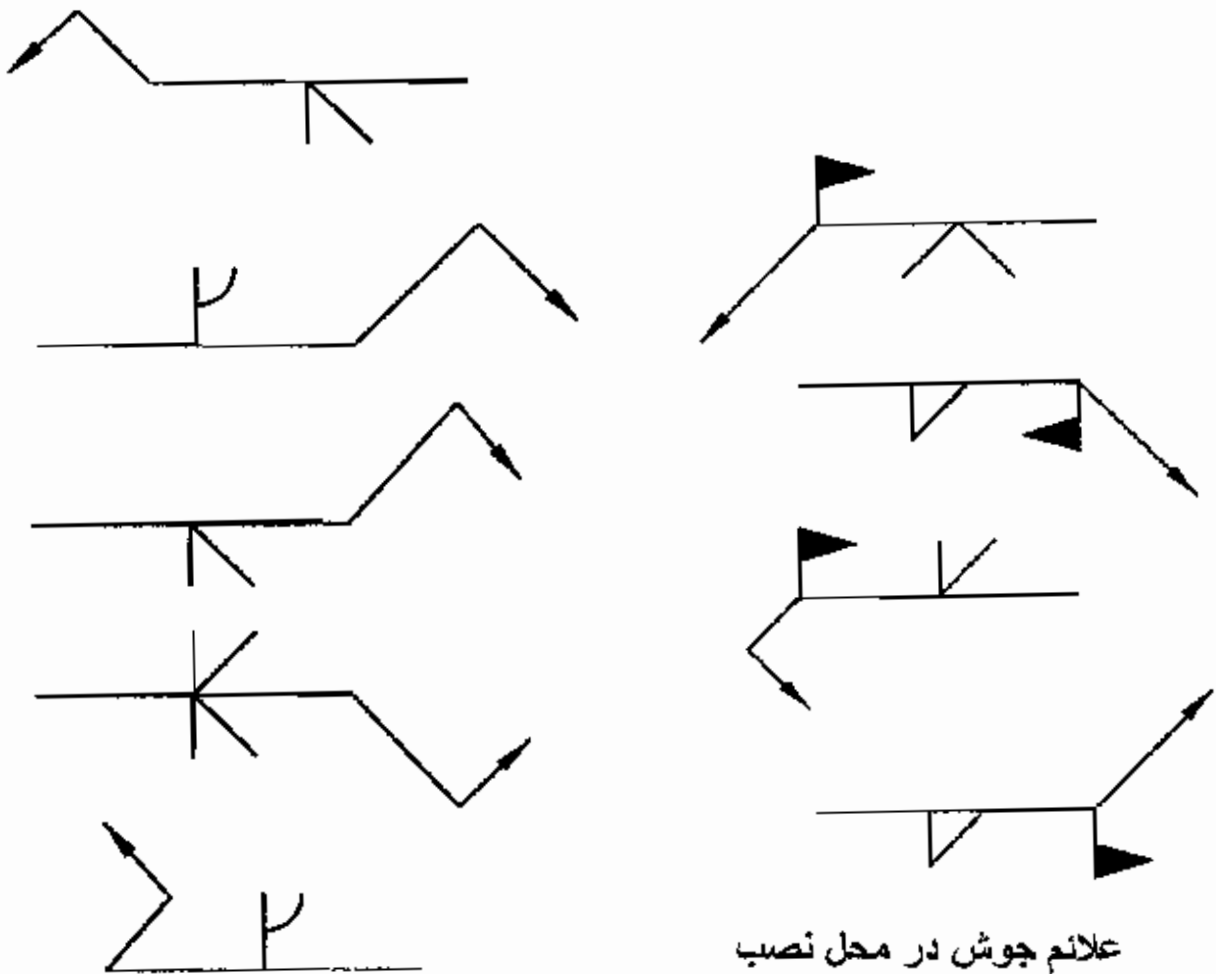
(From ANSVAWS A2.4-

GROOVE WELDS

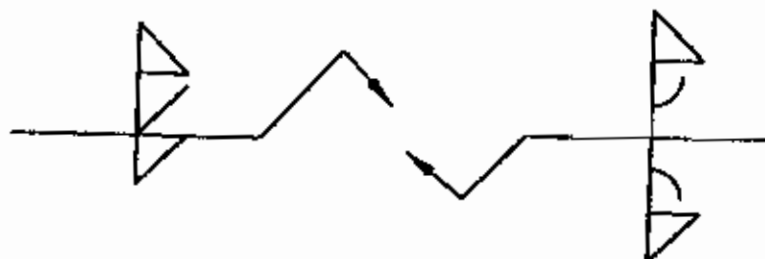
WELD GROOVE TYPES	SINGLE	SYMBOL	DOUBLE	SYMBOL
SQUARE			<p>NOTE: JOINT DETAIL DOES NOT CHANGE</p>	
V				
BEVEL				
U				
J				
FLARE V				
FLARE BEVEL				

جوش دور تا دور	جوش در محل نصب	جوش بیرون زده از طرف اول	لایه مصرفی (مربعی)	پشت بند یا فاصله انداز (چهارگوش)	دوره ظاهری		
					هم سطح یا تخت	محدب	مقعر
WELD ALL AROUND	FIELD WELD	MELT THROUGH	CONSUMABLE INSERT (SQUARE)	BACKING OR SPACER (RECTANGLE)	CONTOUR		
					FLUSH OR FLAT	CONVEX	CONCAVE

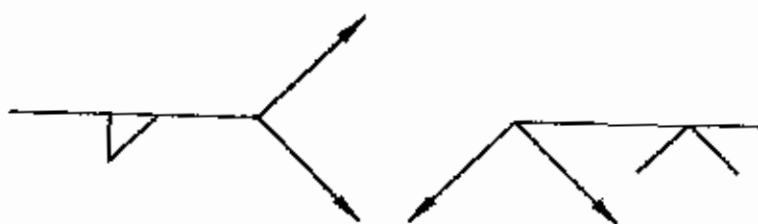
Supplementary Symbols علامت تکمیلی



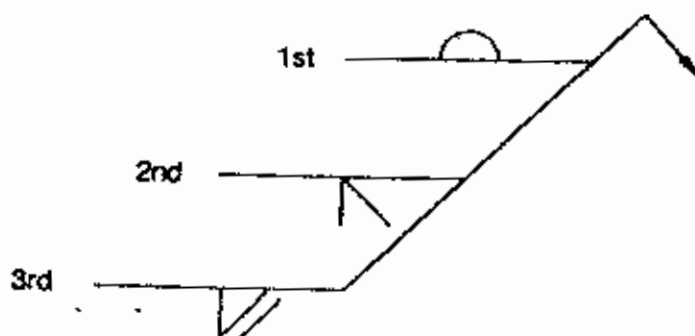
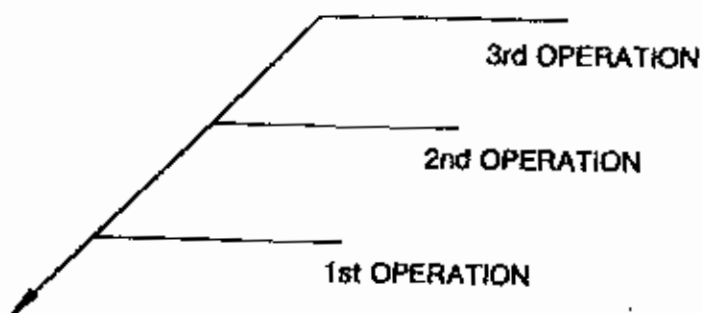
پیکان شکسته نشان می دهد که کدام عضو بایستی پخ بخورد یا فرم داده شود.



علامت جوش مرکب



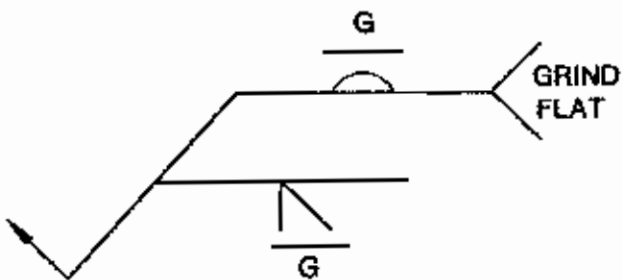
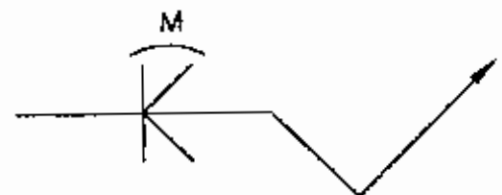
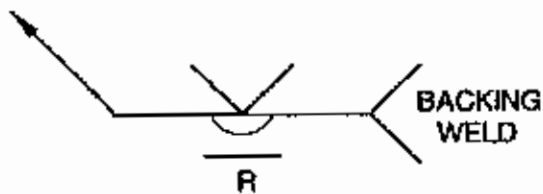
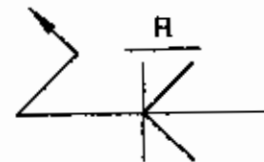
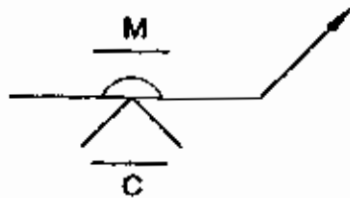
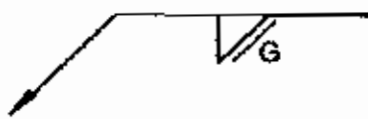
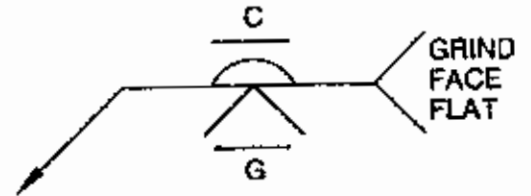
علامت چند پیکانه



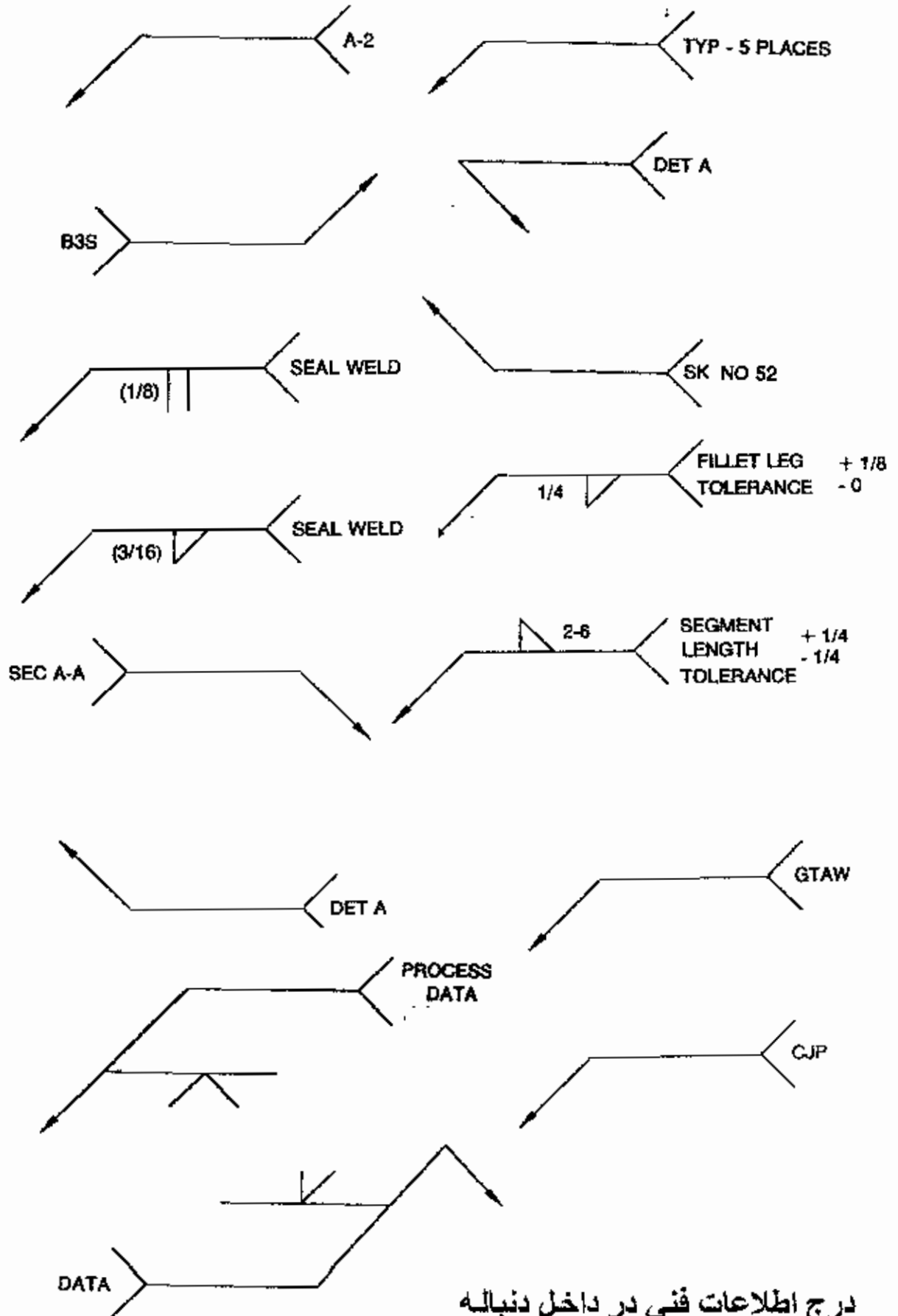
علامت نشان دهنده ترتیب عملیات

براده برداری
سنگ زنی
چکش زنی
تراشکاری
نورد

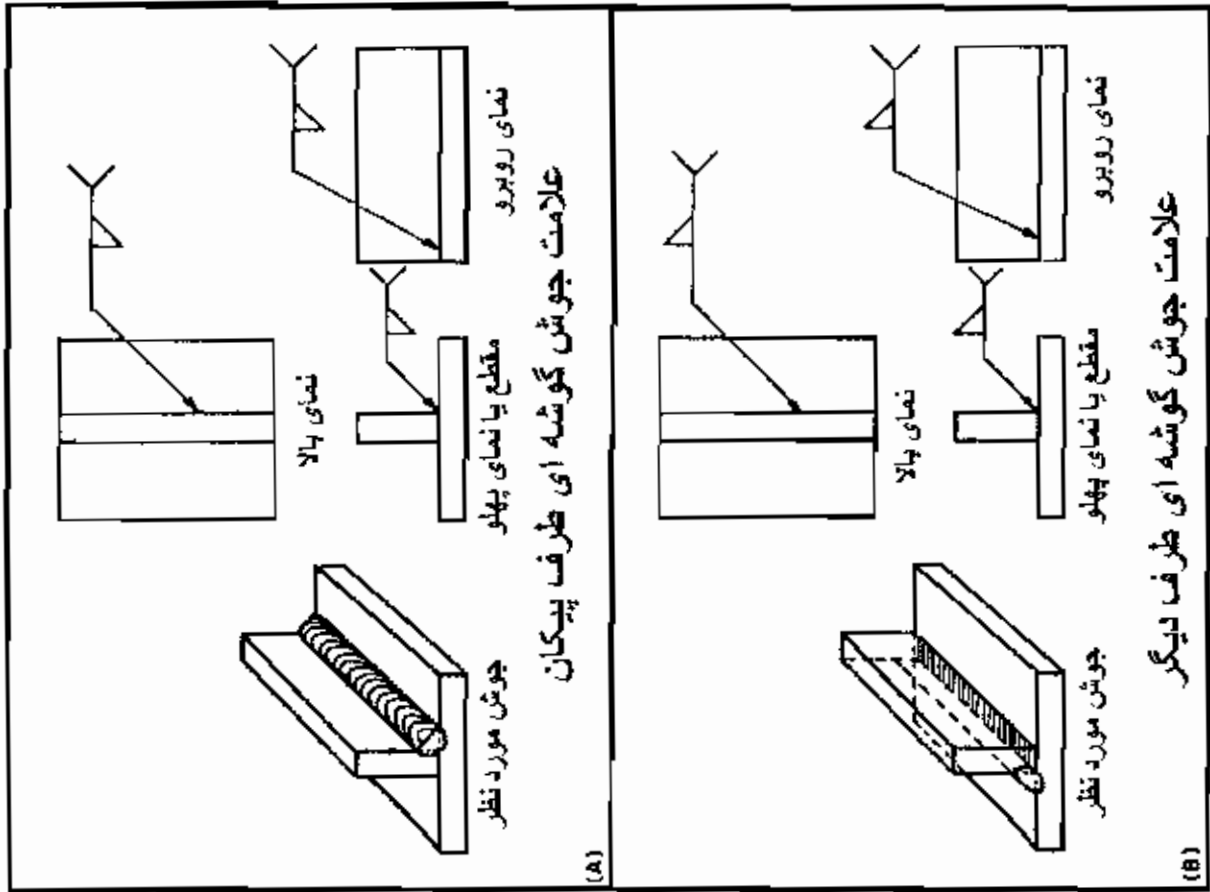
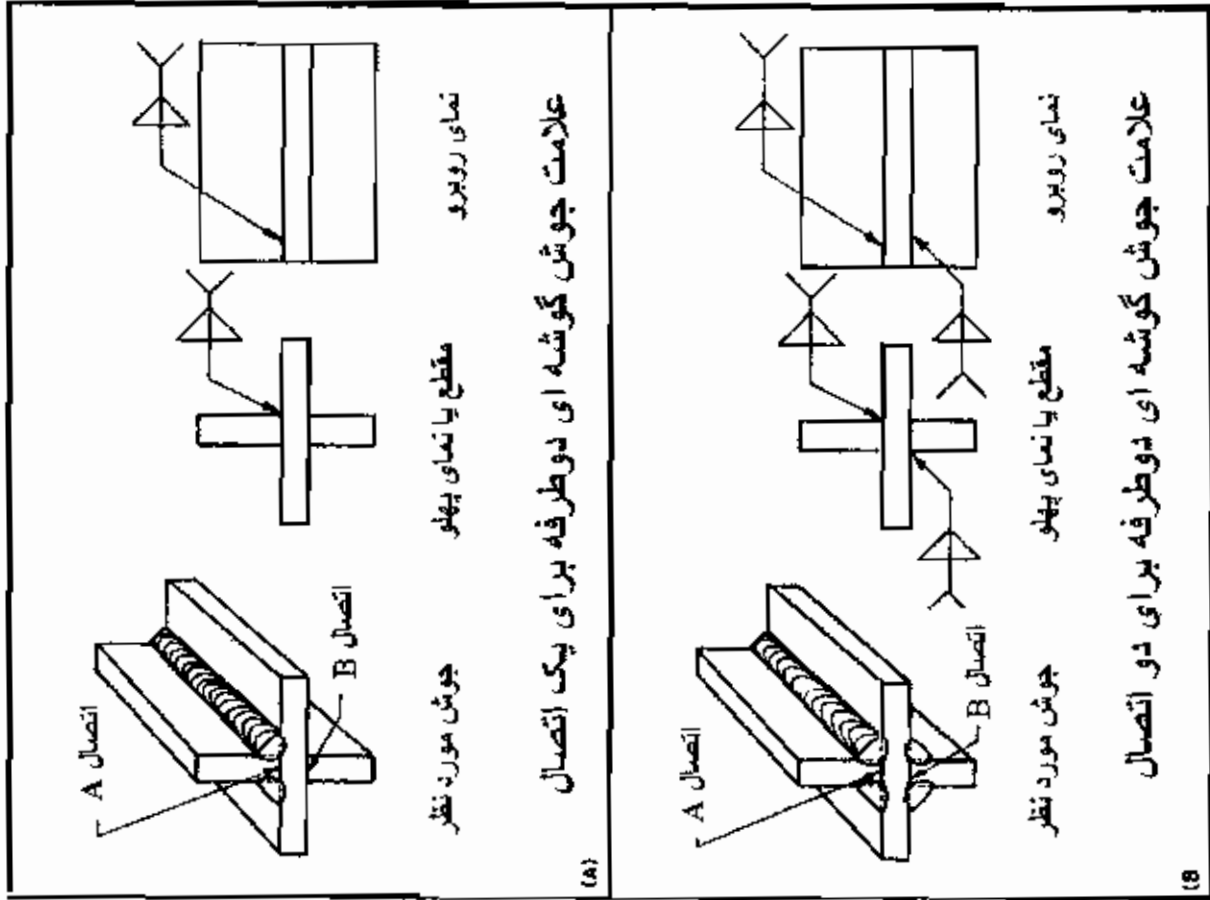
C - CHIPPING
G - GRINDING
H - HAMMERING
M - MACHINING
R - ROLLING



روشهای پرداخت سطح جوش



درج اطلاعات فنی در داخل دنباله



۲- کاربرد علامت جوش گوشه ای

۱- کاربرد علامت جوش گوشه ای

(A) طول و گام تکه های جوش جوشکاری منقطع

علامت

جوشهای مور دنظر

جوشهای واقع در دو انتهای اتصال

مرکز جوش

(B) طول و گام تکه های جوش جوشکاری زنجیری

علامت

مرکز جوش ها

جوش مور دنظر

جوشهای واقع در دو انتهای اتصال

(C) طول و گام تکه های جوش جوشکاری شطرنجی

علامت

مرکز جوش ها

جوش مور دنظر

4- کاربرد اندازه گذاری علامت جوش گوشه ای

(A) جوش مور دنظر

علامت

اندازه جوش گوشه ای یک طرفه

(B) جوش مور دنظر

علامت

اندازه جوش گوشه ای دوطرفه مساوی

(C) جوش مور دنظر

علامت

اندازه جوش گوشه ای دوطرفه نامساوی

(D) جوش مور دنظر

علامت

اندازه جوش گوشه ای دارای ساق های نامساوی

(E) جوش مور دنظر

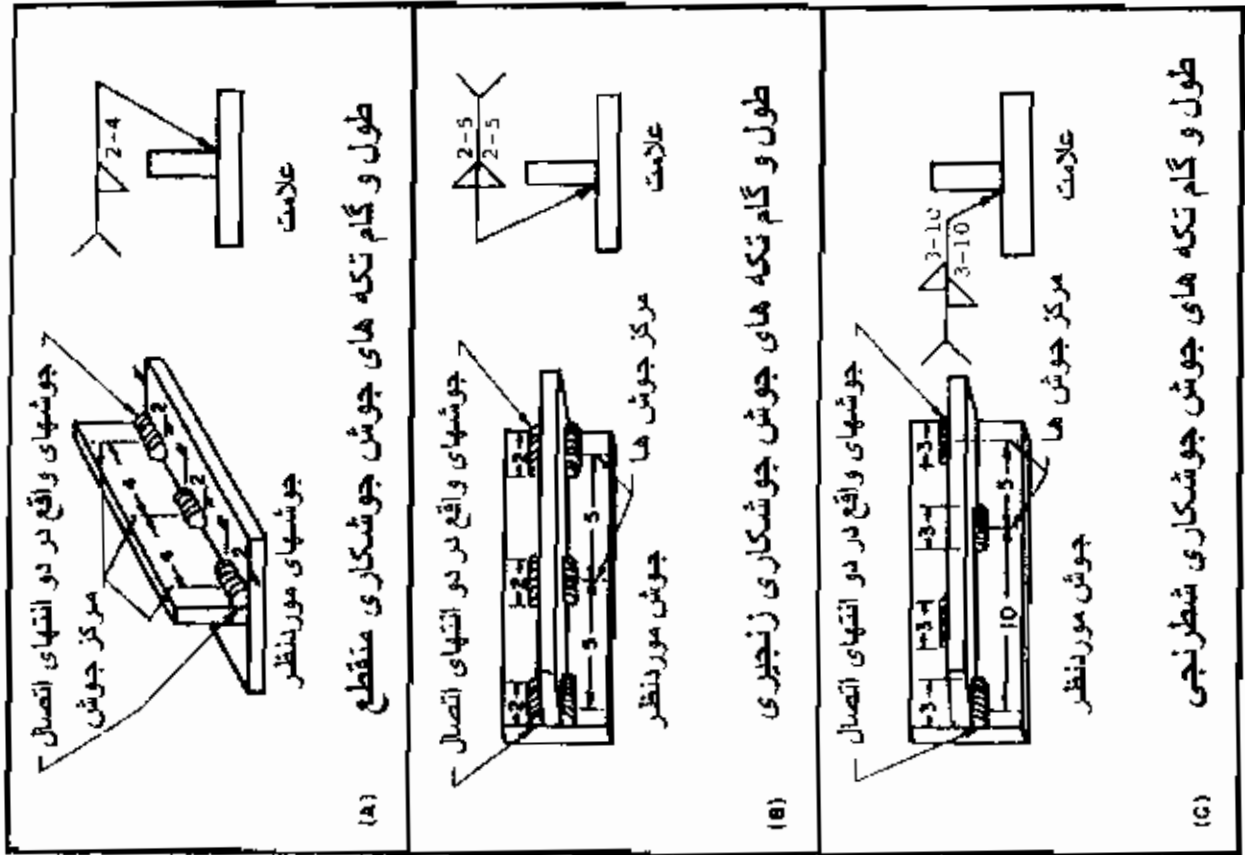
جوش گوشه ای پیوسته

علامت

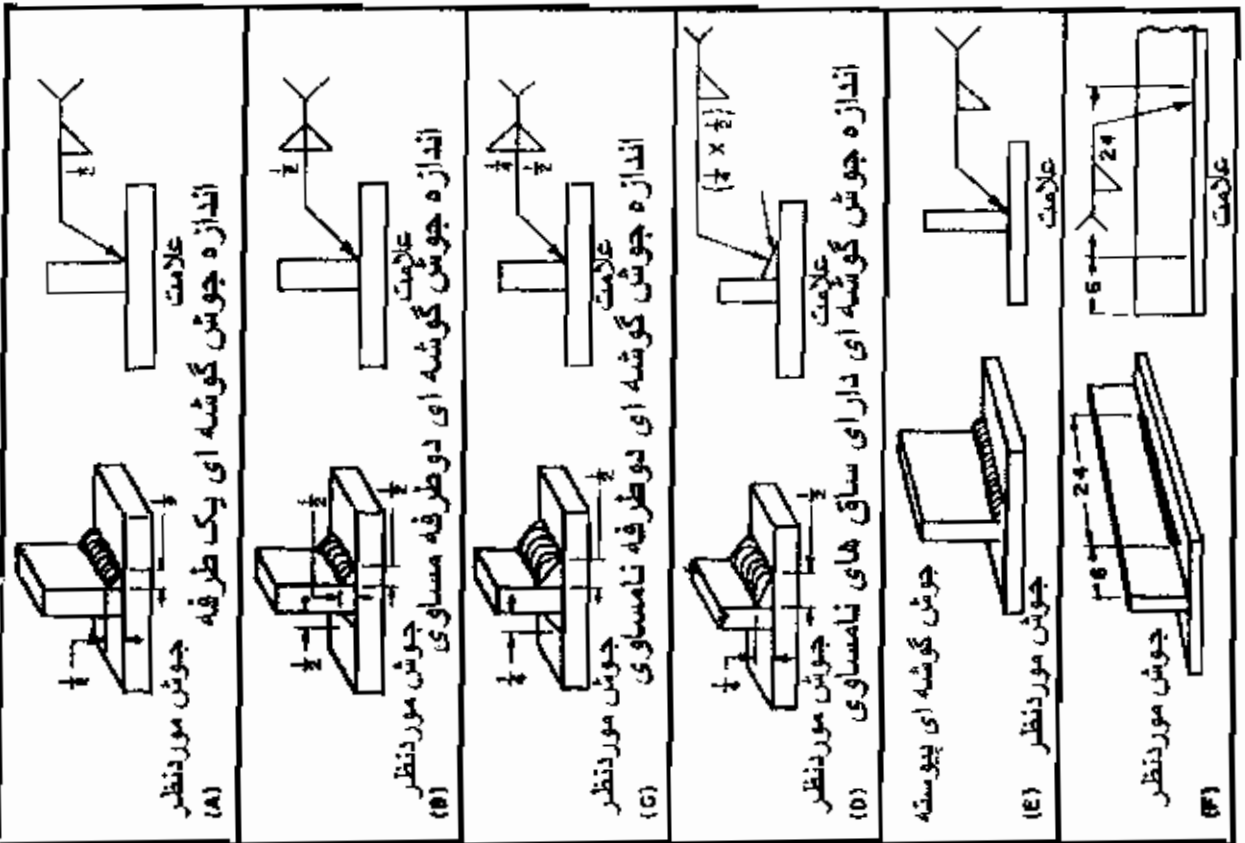
(F) جوش مور دنظر

علامت

3- کاربرد اندازه گذاری علامت جوش گوشه ای

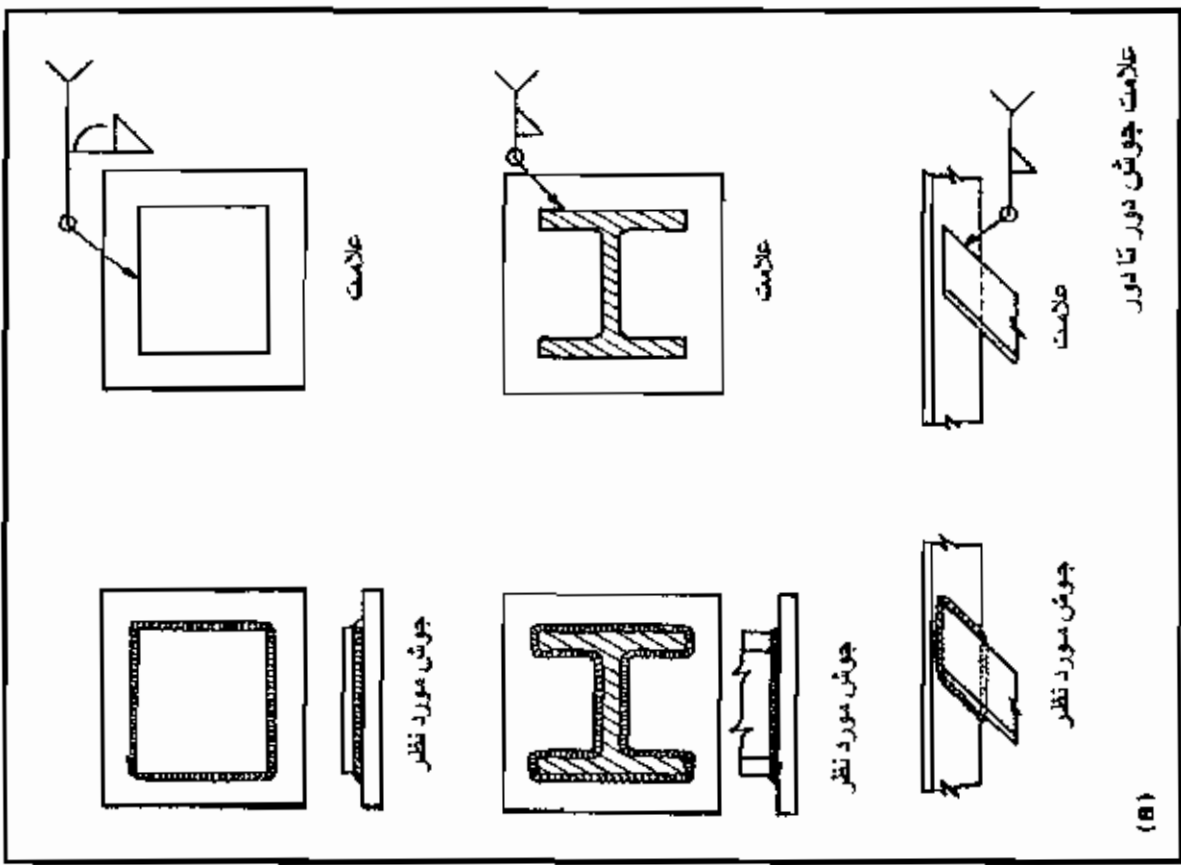
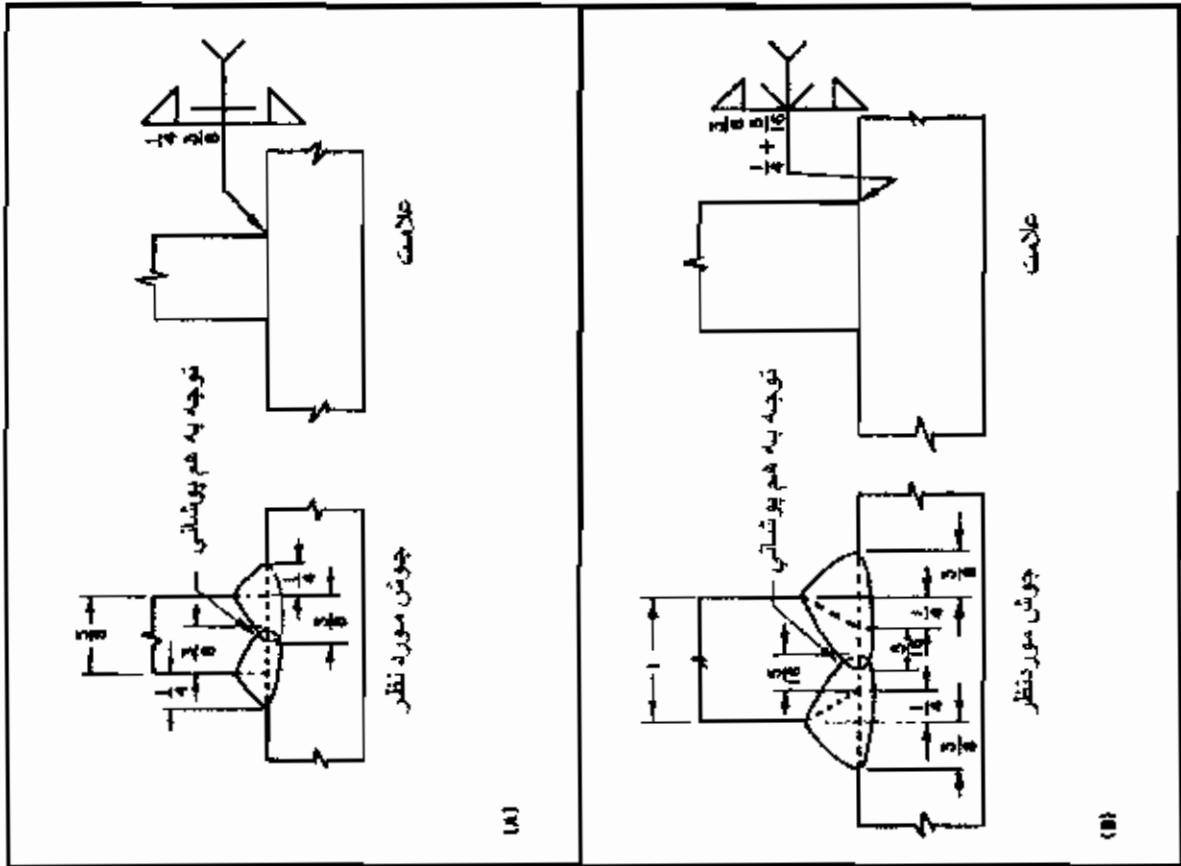


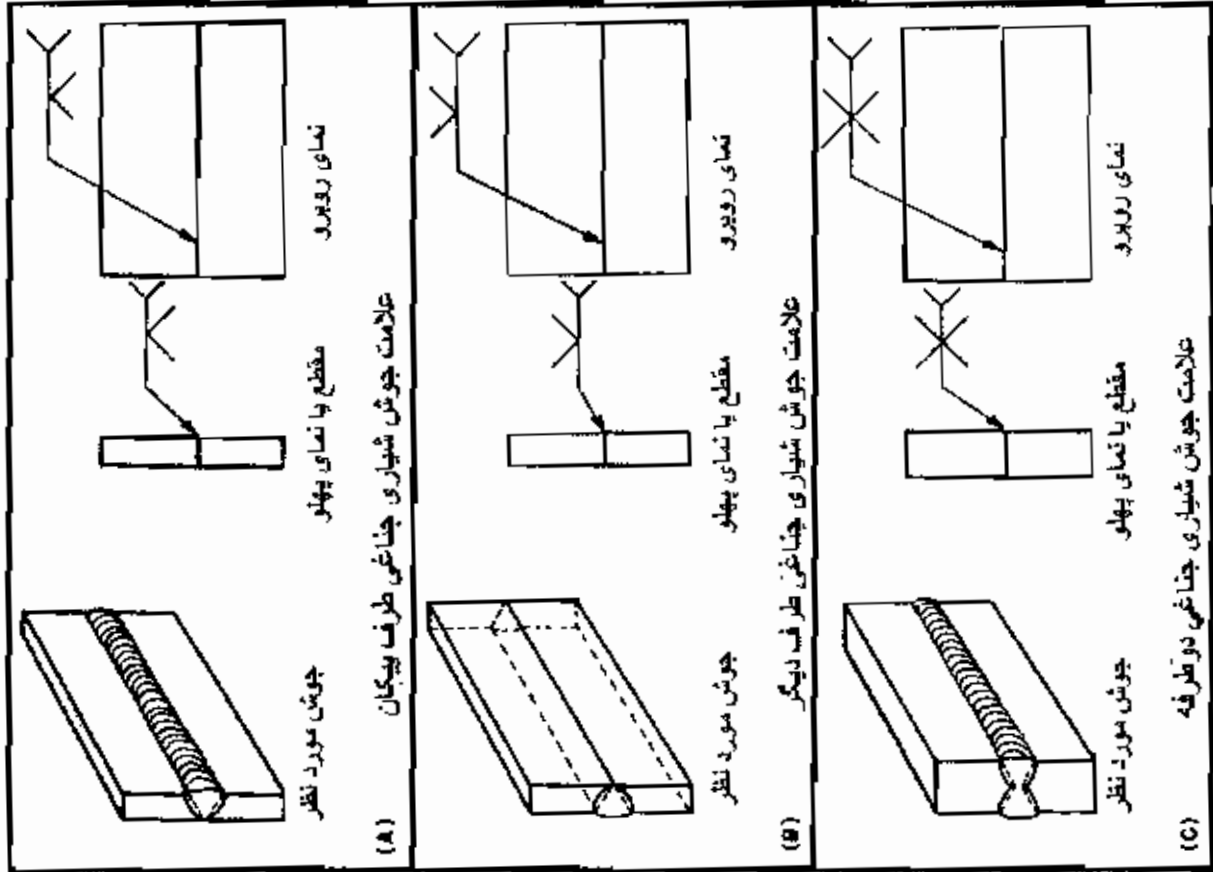
4- کاربرد اندازه گذاری علامت جوش گوشه ای



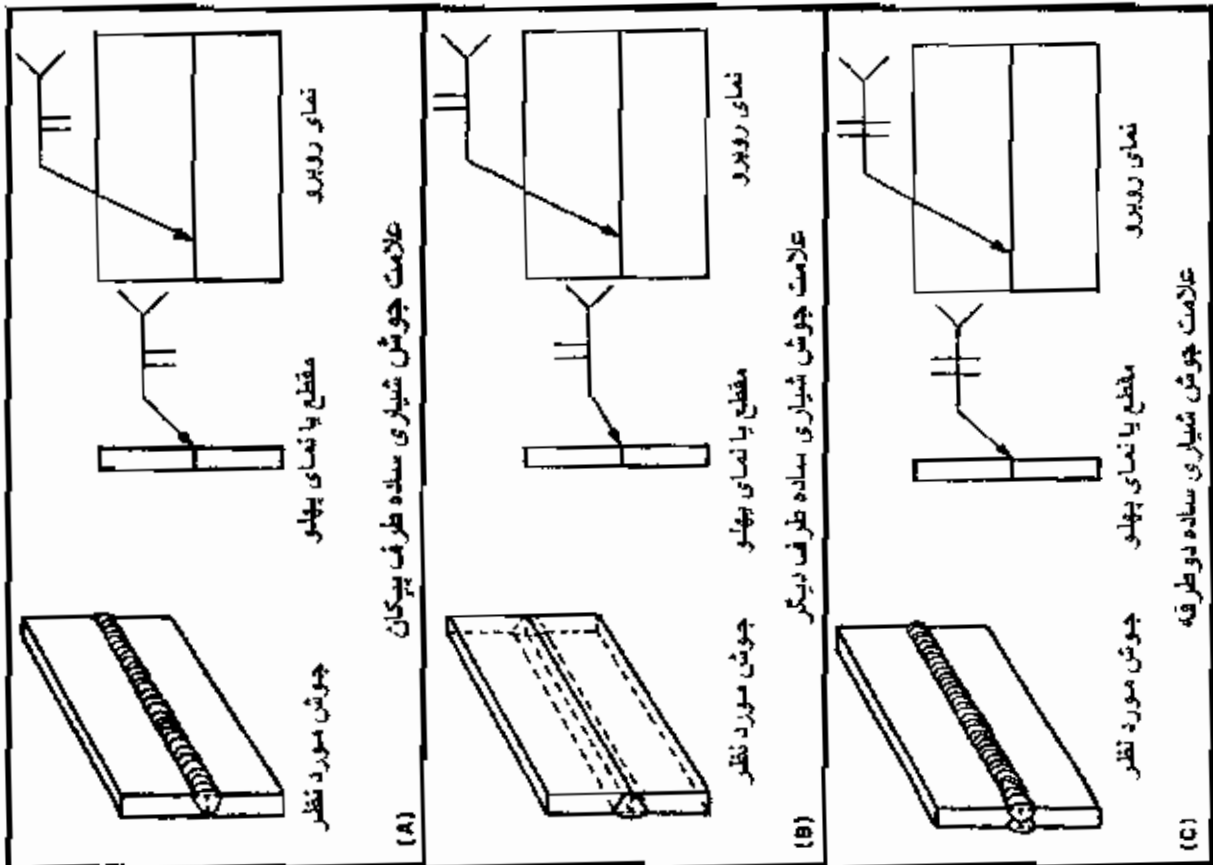
3- کاربرد اندازه گذاری علامت جوش گوشه ای

8- علامت مشخصه اندازه جوشهای مرکب با نفوذ ریشه مشخص شده 7- علامت مشخصه میزان پیشرفت جوش

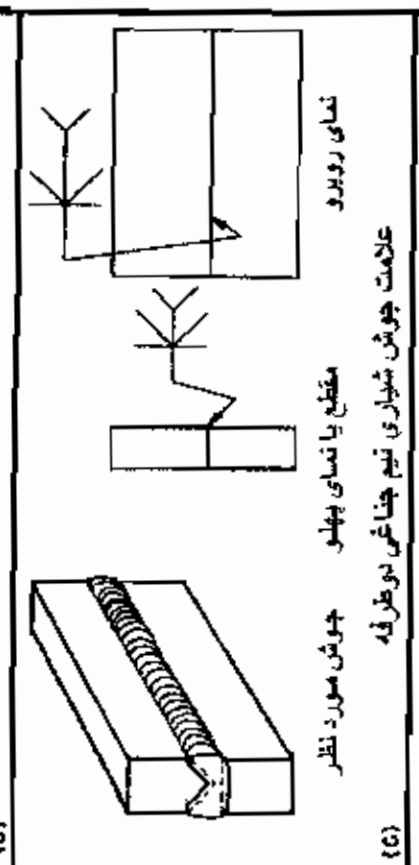
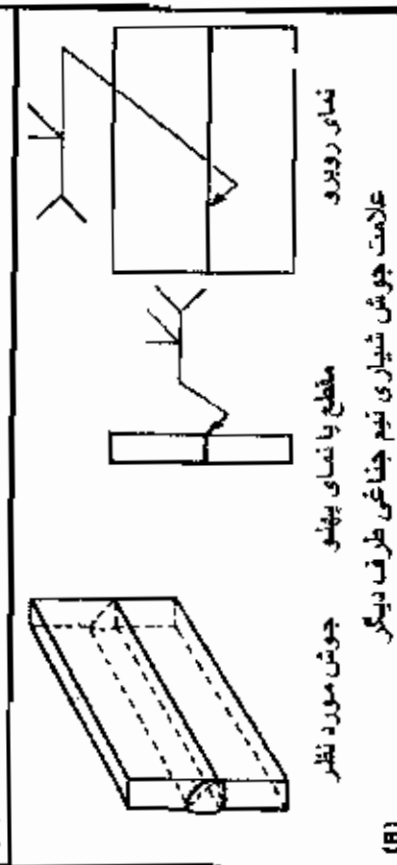
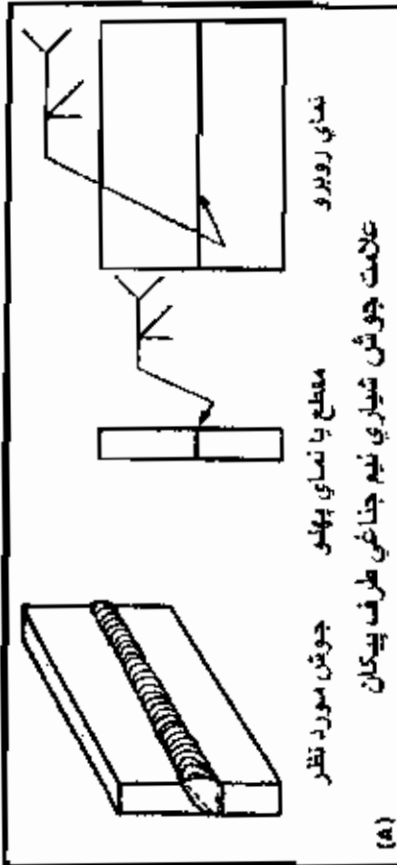
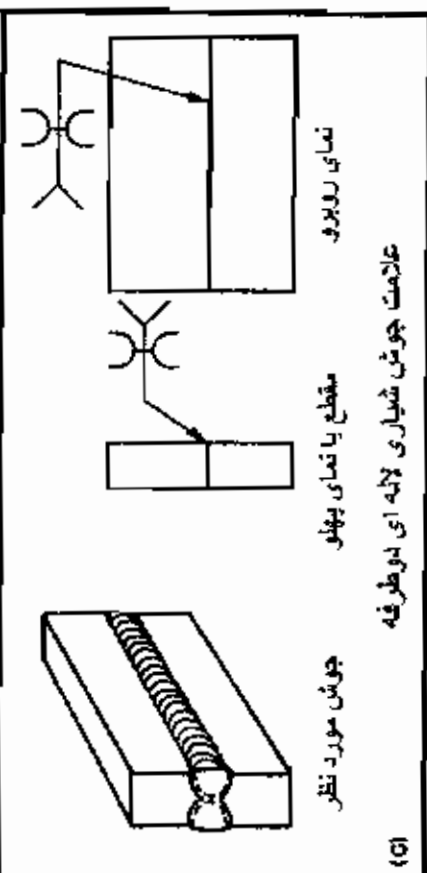
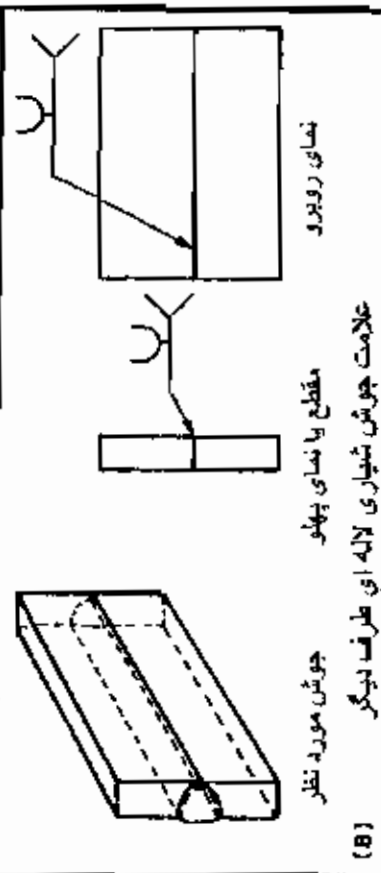
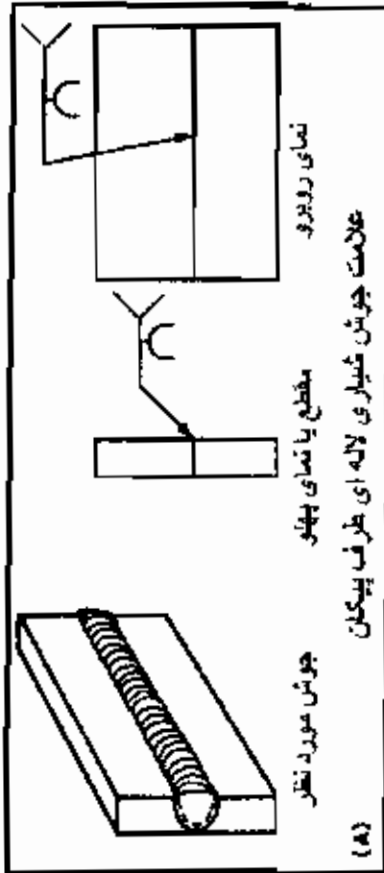




10- کاربرد علامت جوش شیارى چنانچه

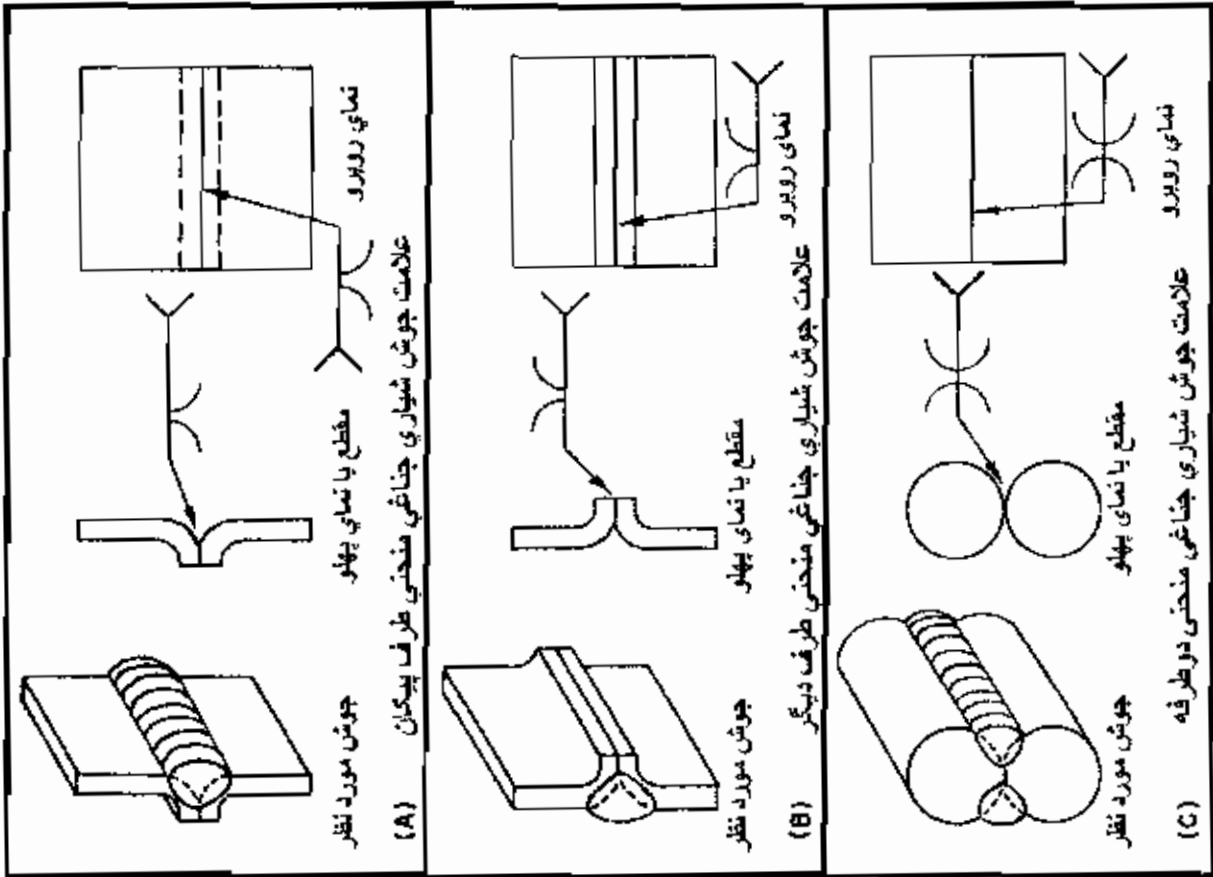


9- کاربرد علامت جوش شیارى ساده

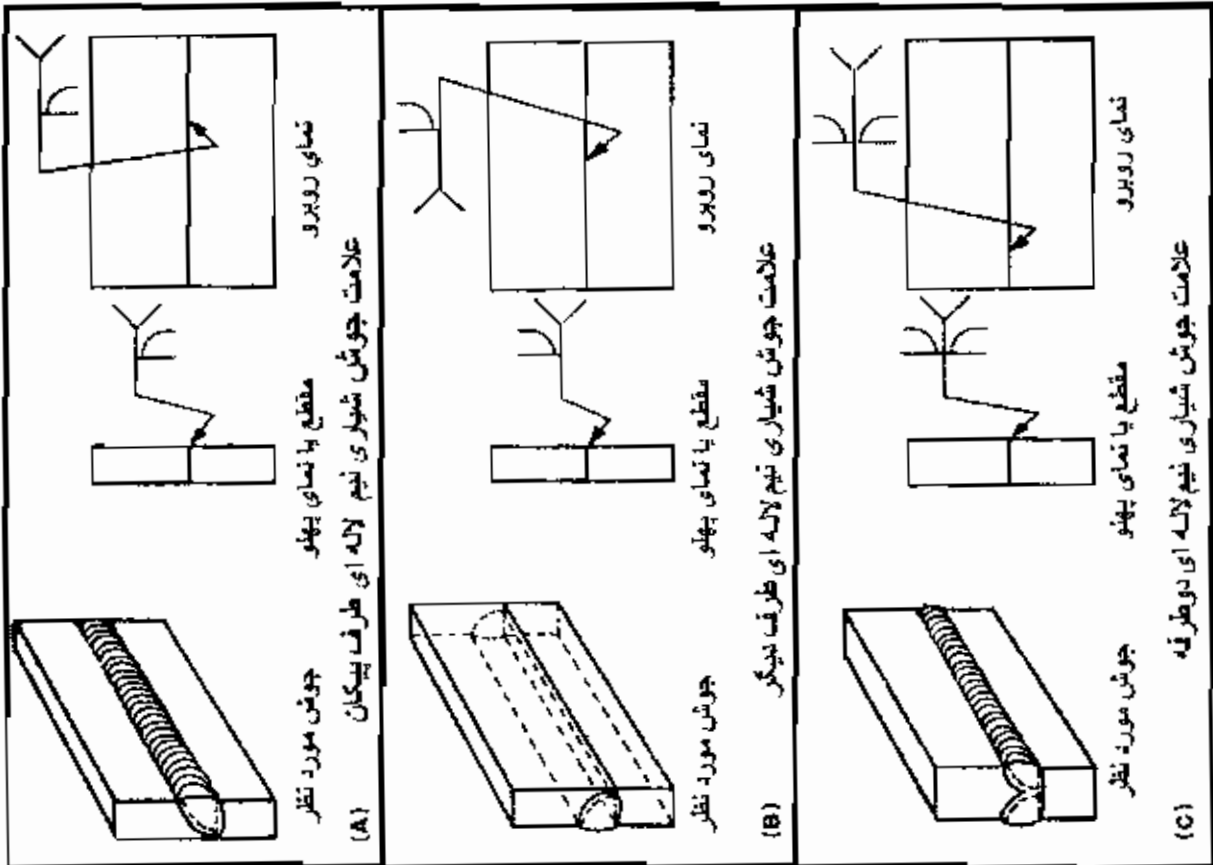


12- کاربرد علامت جوش شیاری لاله ای

11- کاربرد علامت جوش شیاری نیم جناغی

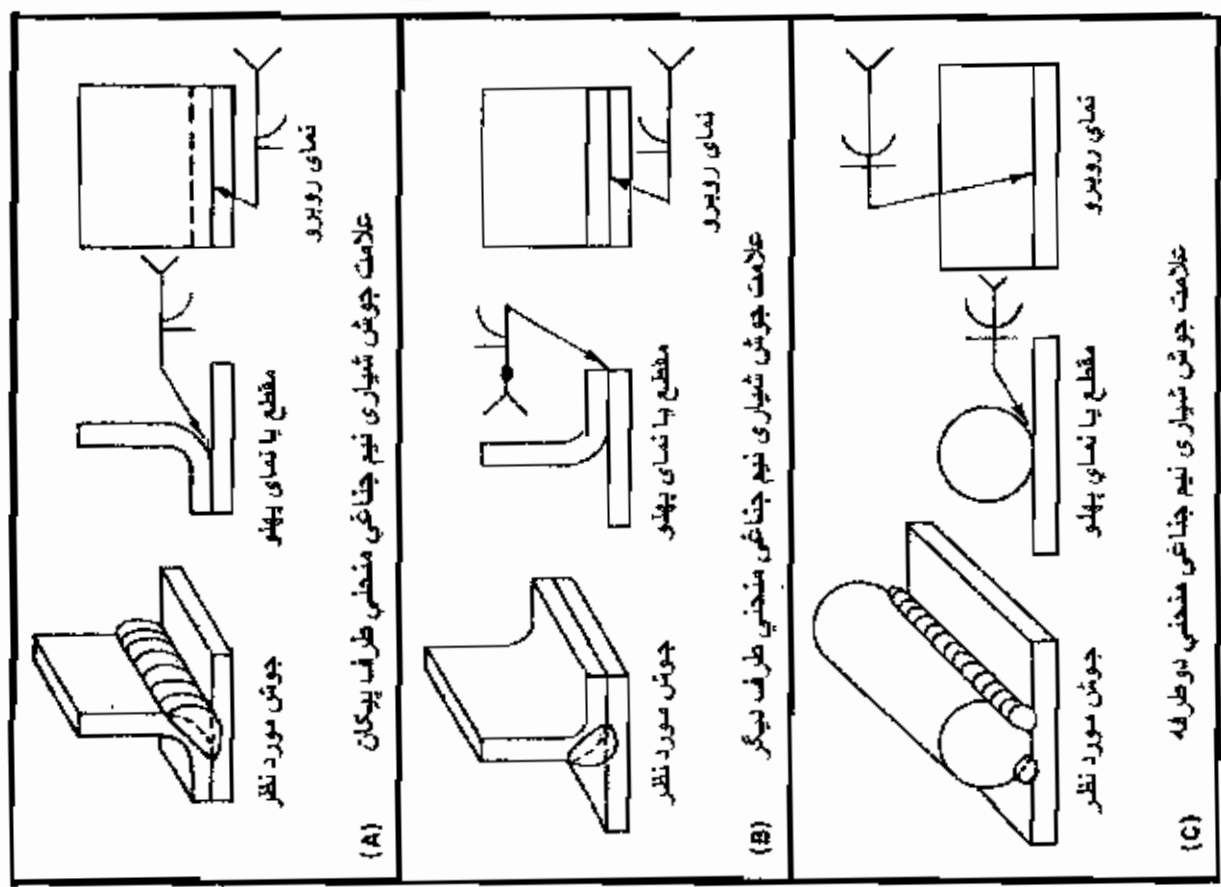
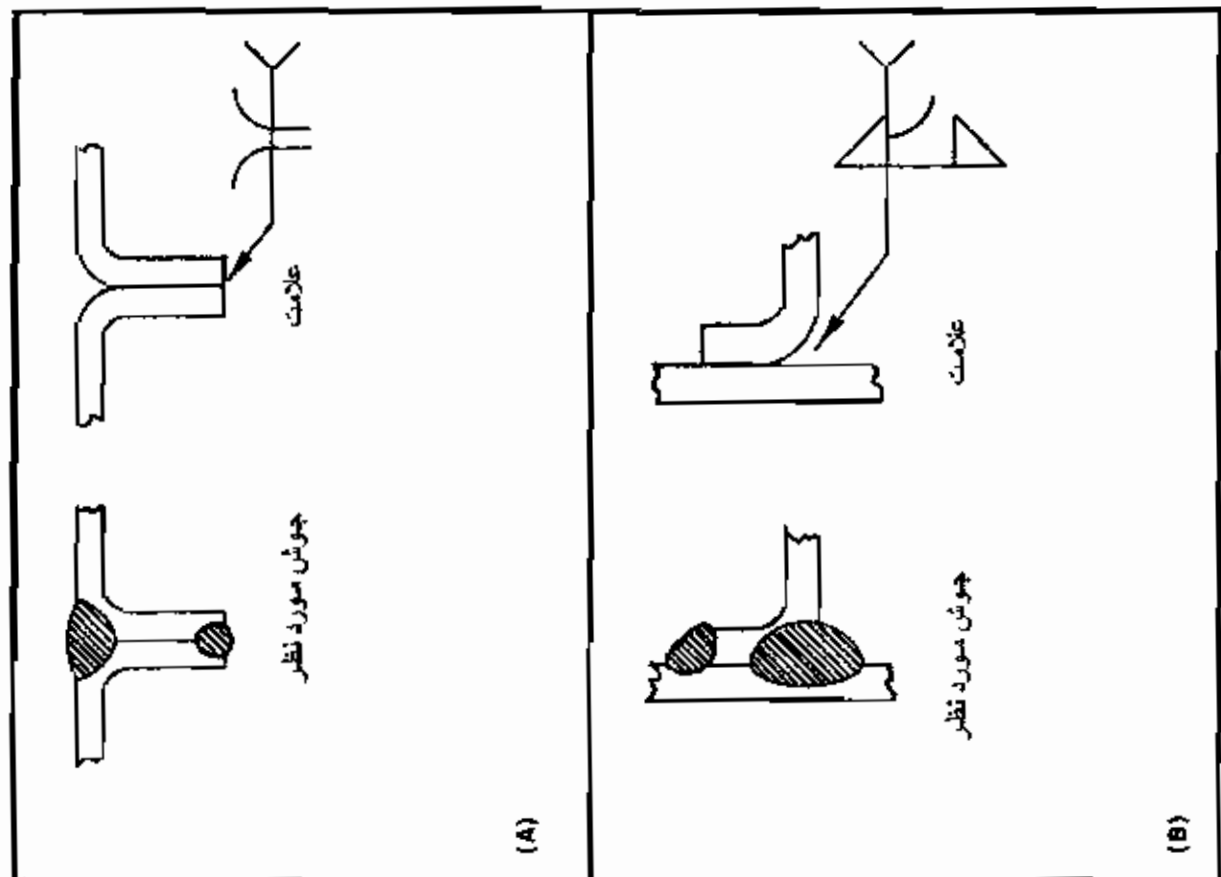


14- کاربرد علامت جوش شیار ی جناخی منحنی

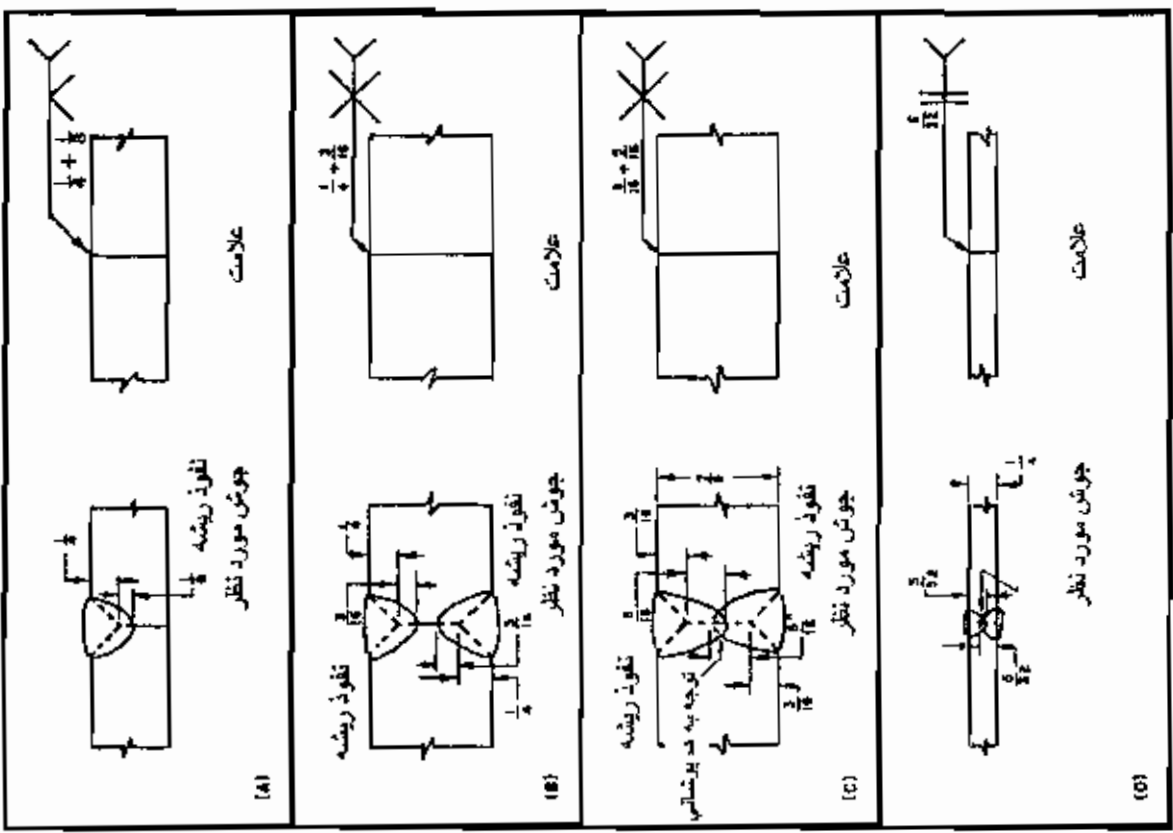


13- کاربرد علامت جوش شیار ی نیم لایه ای

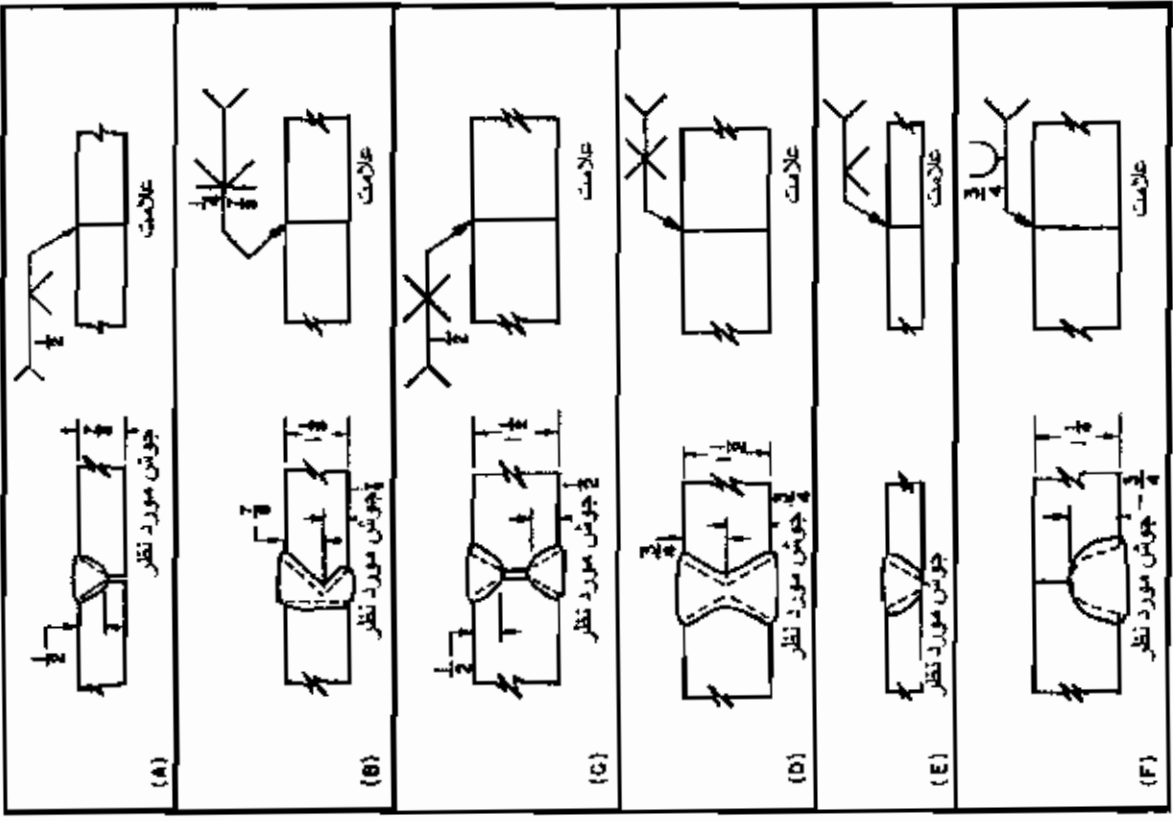
16- کاربرد علامت جوش شیار ی جناغی منحنی و نیم جناغی منحنی



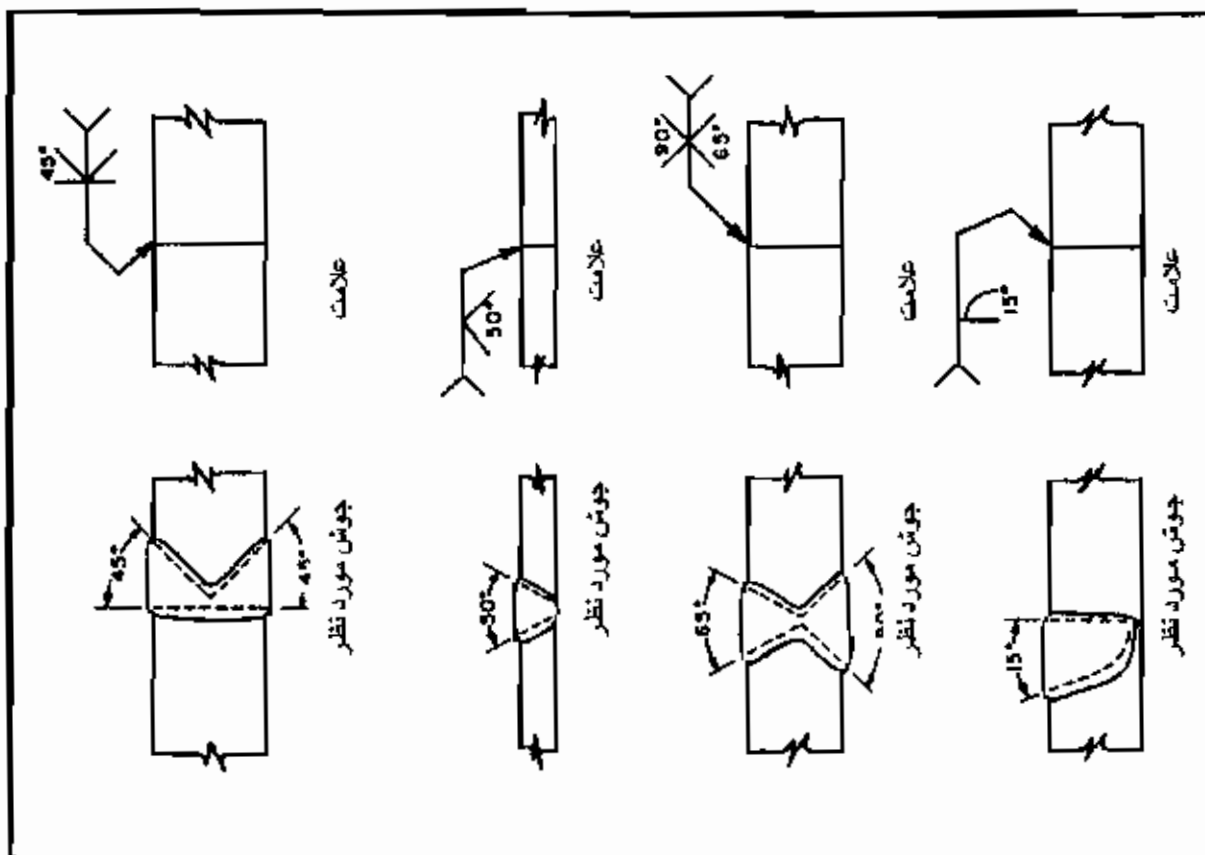
18- علامت مشخصه اندازه جوشهای شیاری با نفوذ ریشه مشخص



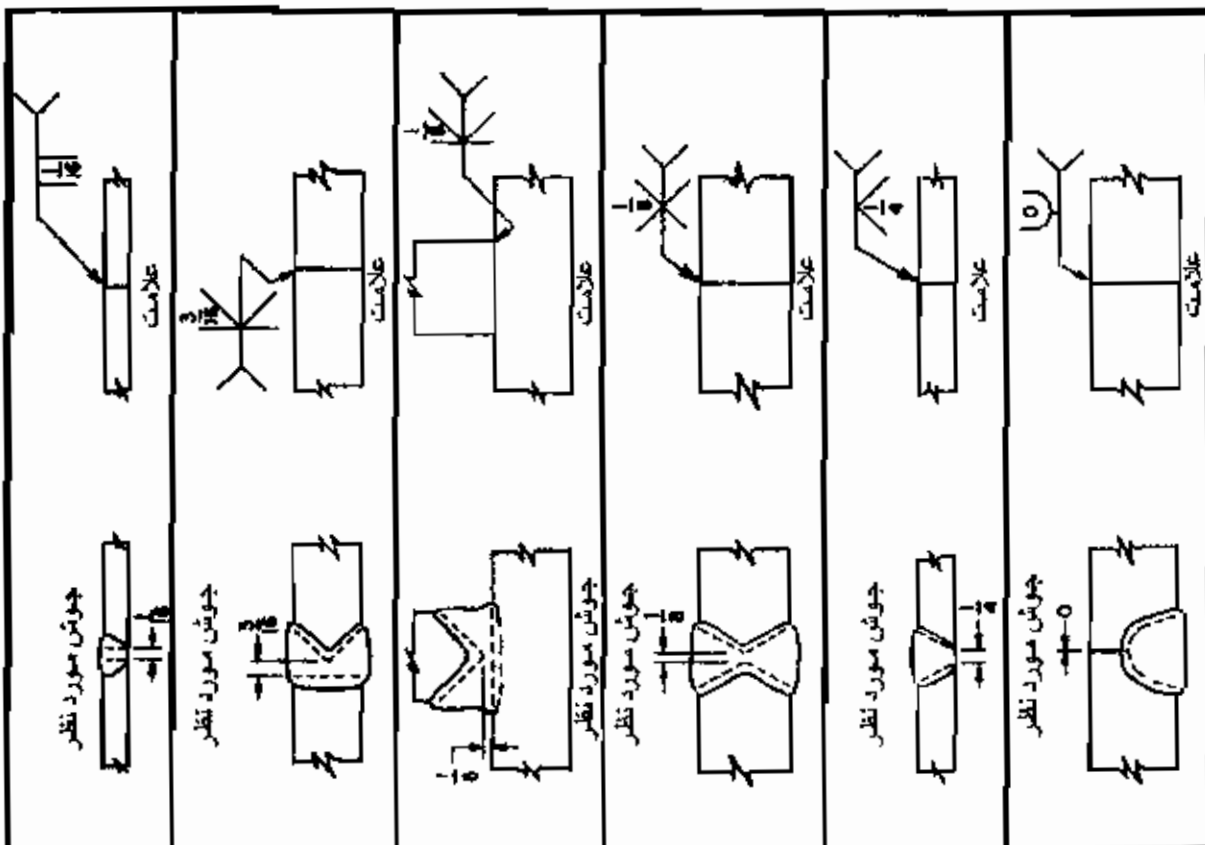
17- علامت مشخصه اندازه جوشهای شیاری با نفوذ ریشه نامشخص

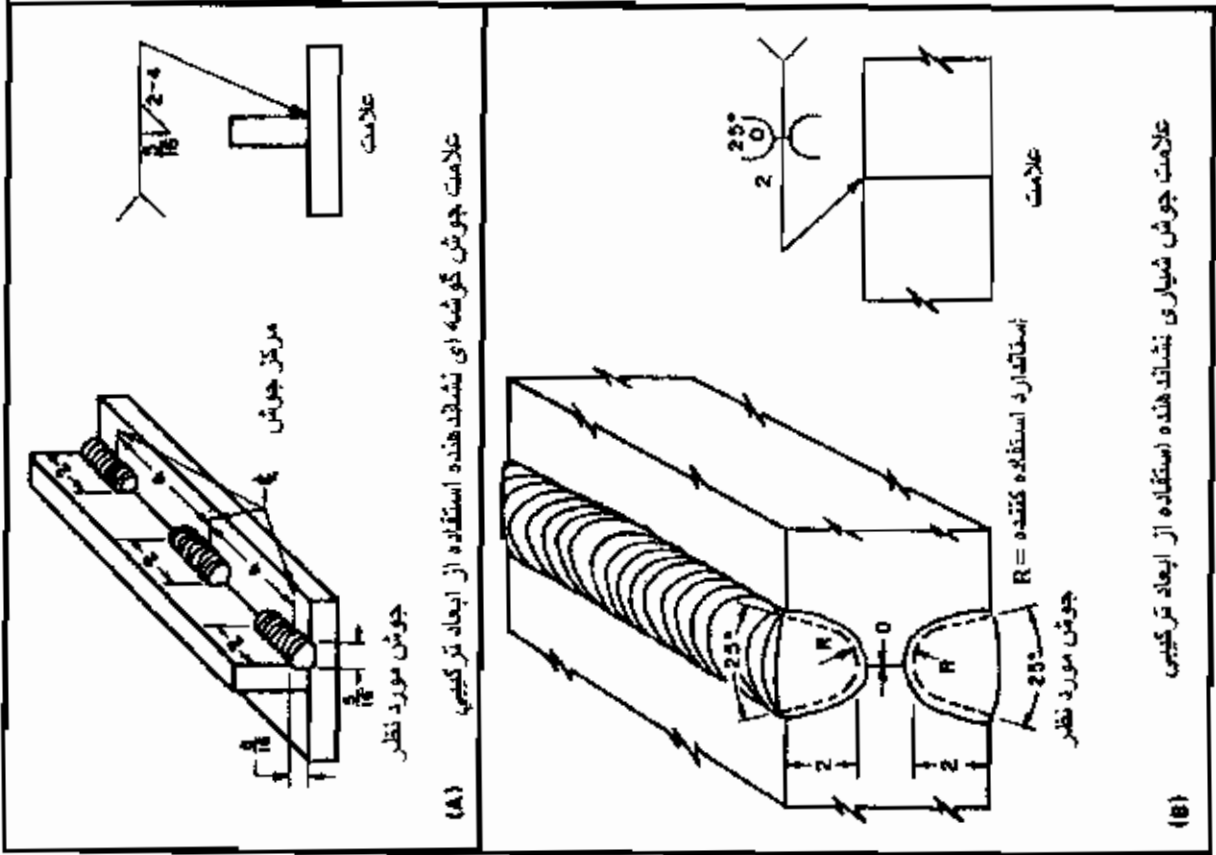


20- علامت مشخصه زاویه شیار جوشهای شیار

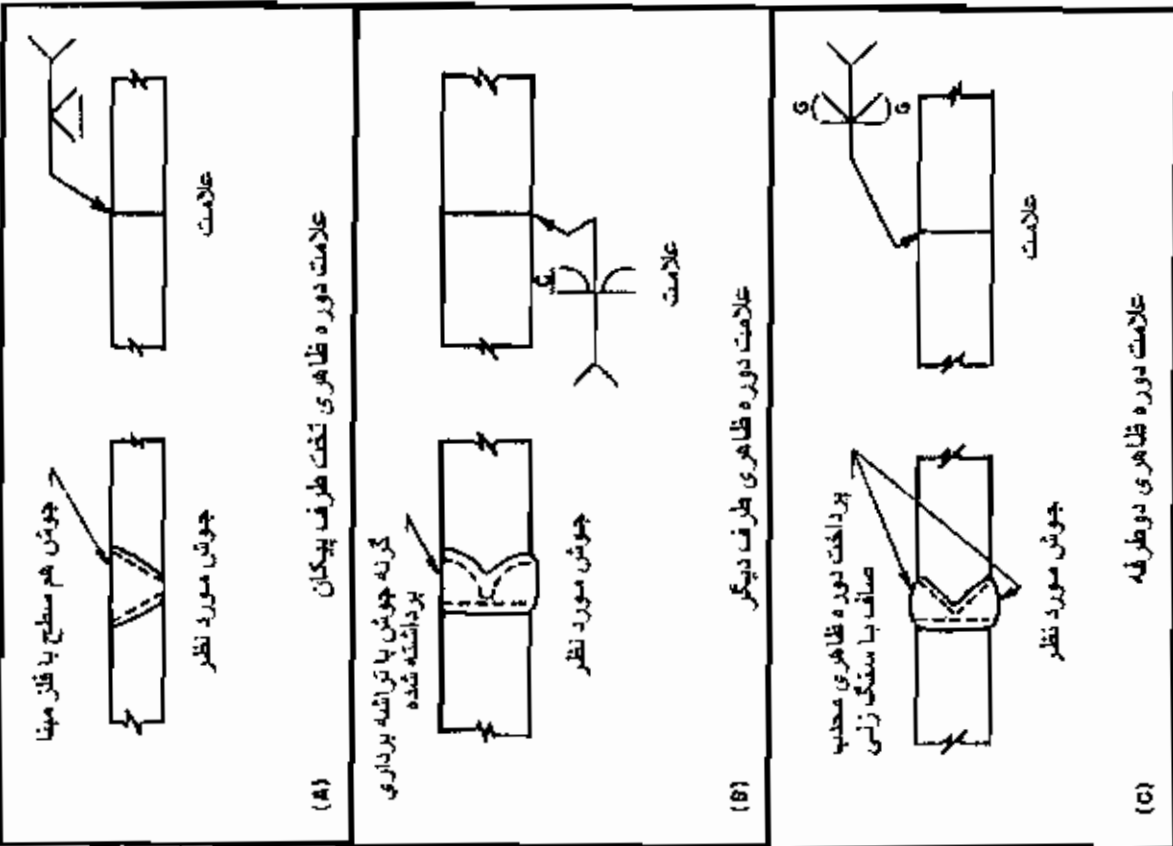


19- علامت مشخصه فاصله ریشه جوشهای شیار





22- کاربرد ابعاد علامت جوش گوشه ای و شیار



21- کاربرد علامت دوره ظاهری همسطح و محدب برای علامت جوش شیار

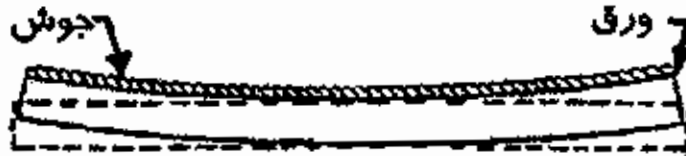
<p>جوش شیار نیم جوش پشت یکطرفه</p> <p>جوش پشت</p> <p>علامت</p> <p>استفاده از علامت جوش پشتی یا پشت بند برای بیان جوش پشتی تک پاسه (A)</p>	<p>جوشهای مورد نظر</p> <p>علامت</p> <p>علامت جوش پشت یا پشت بند و شیار نیم جناغی یکطرفه (A)</p>
<p>جوش شیار نیم جوش پشت یکطرفه</p> <p>جوش پشت</p> <p>علامت</p> <p>استفاده از علامت جوش پشتی یا پشت بند برای بیان جوش چند پاسه (B)</p>	<p>جوشهای مورد نظر</p> <p>علامت</p> <p>علامت جوش گوشه ای و شیار نیم جناغی، پشت یا پشت بند (B)</p>
<p>جوش شیار نیم جوش پشت یکطرفه</p> <p>جوش پشت بند</p> <p>جوش مورد نظر</p> <p>علامت</p> <p>استفاده از علامت جوش پشتی یا پشت بند برای بیان جوش پشت تک پاسه (C)</p>	<p>جوشهای مورد نظر</p> <p>علامت</p> <p>علامت جوش شیار نیم جناغی دوطرفه و گوشه ای (C)</p>
<p>جوش شیار نیم جوش پشت یکطرفه</p> <p>جوش پشت بند</p> <p>جوش مورد نظر</p> <p>علامت</p> <p>استفاده از علامت جوش پشتی یا پشت بند برای بیان جوش چند پاسه (D)</p>	<p>جوشهای مورد نظر</p> <p>علامت</p> <p>علامت جوش گوشه ای دوطرفه و شیار نیم جناغی یکطرفه (D)</p>

23- کاربرد علامت جوش پشت یا پشت بند

24- ترکیب علامت جوش

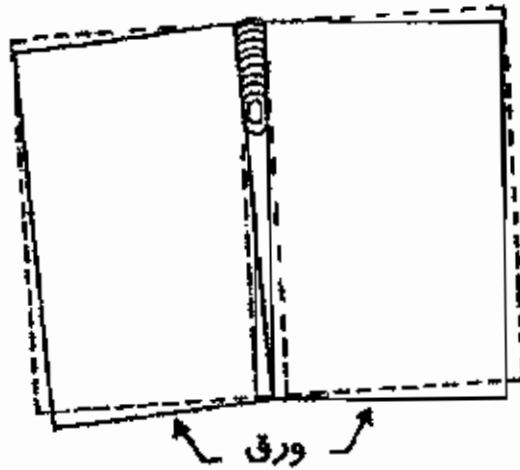
انواع پیچیدگی در جوشکاری

پیچیدگی طولی



خط چین = قبل از جوشکاری

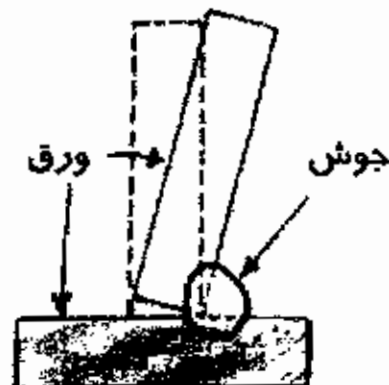
خط پر = بعد از جوشکاری



پیچیدگی عرضی



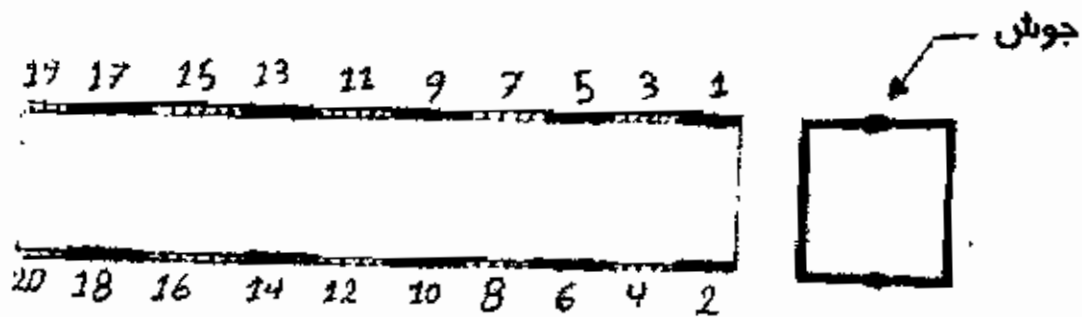
پیچیدگی زاویه ای



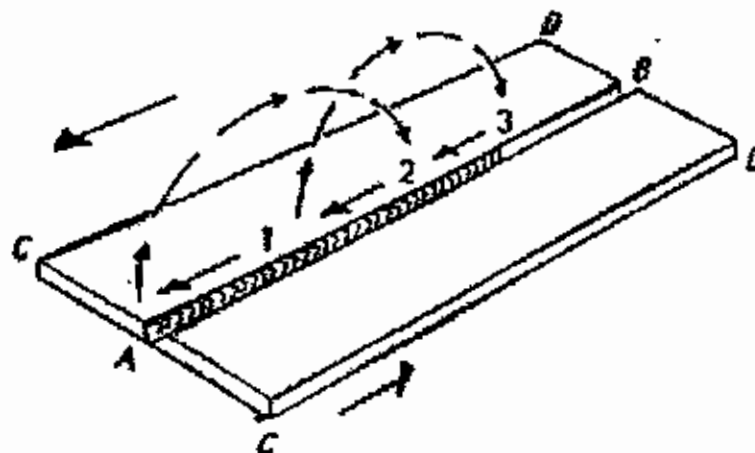
کنترل پیچیدگی



۱- ترتیب و توالی جوشکاری ساخت قوطی از نبشی
(برگشت به عقب پرشی)

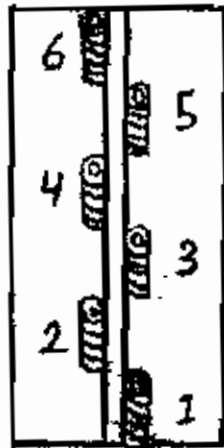


۲- ترتیب و توالی جوشکاری ساخت قوطی از ناودانی

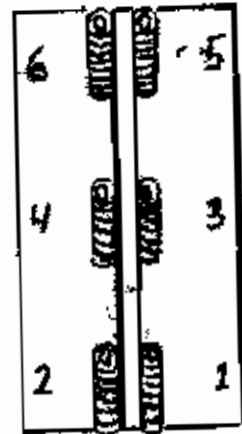


۳- ترتیب و توالی جوشکاری برگشت به عقب، برای کنترل پیچیدگی طولی در هر سه مورد بالا، طول جوش به قسمت های ۷۰۰ تا ۳۰۰ میلیمتری (در جوش با الکتروود دستی) و ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلیمتر (در جوش با سیم جوش فرقه‌های) تقسیم می شود و به نوبت مطابق شماره‌ها توسط یک لفر جوشکار یا دو نفر جوشکار (بطور همزمان) جوشکاری می گردد.

کنترل پیچیدگی در جوش گوشه ای دو طرفه



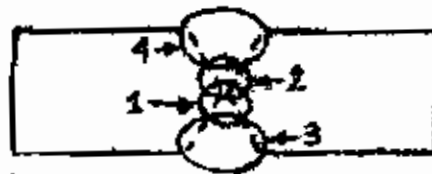
روش شطرنجی



روش زنجیری

در هر دو مورد بالا، طول جوش به قسمت های ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلیمتری (در جوش با الکتروود دستی) و ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلیمتری (در جوش با سیم جوش قرقره ای) یا دو نفر جوشکار (بطور همزمان) جوشکاری می گردد.

کنترل پیچیدگی جوشهای لب بلب



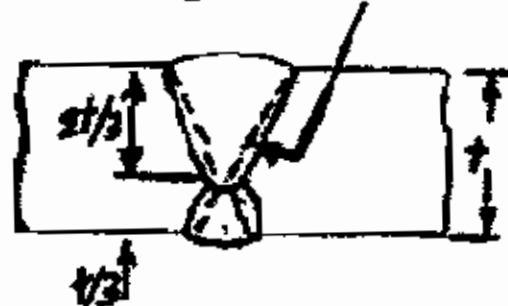
ترتیب و توالی جوشکاری دوطرفه

آماده سازی اصلی



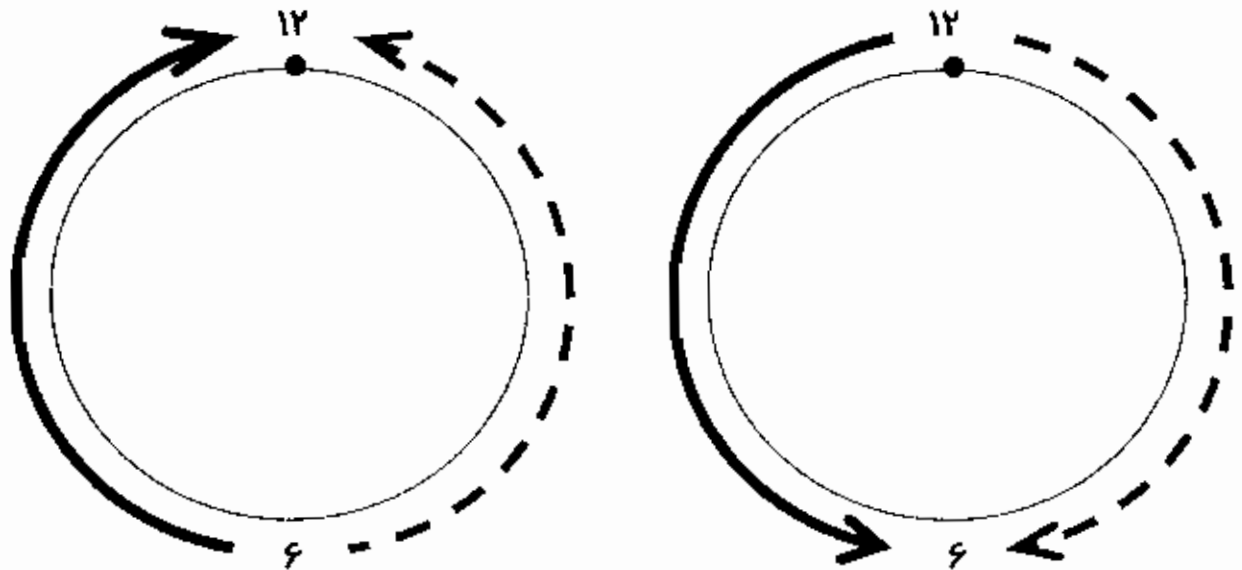
جناغ های مساوی

آماده سازی اصلی



جناغ های نامساوی (یک سوم و دو سوم ضخامت)

جوشکاری لوله



برای کنترل و حفظ دایره مقطع جوش به نکات زیر توجه شود:

برای خط لوله، جوشکار طرف کانال، فقط طرف کانال را جوش دهد. جوشکار طرف جاده، فقط طرف جاده را جوش می دهد.

جوشکار طرف کانال و طرف جاده نسبت به جوشکاری هر سر جوش لوله بطور همزمان کار کنند.

برای لوله کشی داخل سایت، جوشکاری لوله تا قطر ۱۲ اینچ را یک نفر جوشکار می تواند بصورت دو نیم حلقه جوش دهد.

برای جوشکاری لوله با قطر بیشتر از ۱۲ اینچ لازم است دو نفر جوشکار بطور همزمان (هر کدام نیم حلقه را) جوشکاری نمایند.

جوشکاری لوله با قطر ۴۸ اینچ را میتوان بطور همزمان با دو نفر جوشکار یا با چهار نفر جوشکار انجام داد ولی لوله با قطر ۵۶ اینچ یا بزرگتر بایستی توسط چهار نفر جوشکار بطور همزمان انجام شود.

ناپوستگی ها *Discontinuities*

ناپوستگی هائی غیرقابل قبول به شمار می آیند که بعضی از خصوصیات از جمله نوع، اندازه، پراکنندگی یا موضع را بیش از حد مجاز استانداردها دارا باشند.

در آئین نامه جوشکاری سازه های فلزی (*AWS D1.1*)، ناپوستگی نوع ذوبی به آخال سرباره و ذوب ناقص و نفوذ ناقص اطلاق می شود.

در بسیاری از آئین نامه ها و مقررات ناپوستگی نوع ذوبی کمتر از ترک مورد توجه قرار می دهند ولی در برخی از استانداردها نه تنها ترک بلکه ذوب ناقص یا نفوذ ناقص را نیز ممنوع می دانند (مثل *BS 5500*)

ناپوستگی های کروی در هر جای از جوش امکان ظاهر شدن دارند. ناپوستگی دراز شده در هر جبهتی قابل پیش بینی هستند.

تخلخل (*POROSITY*)

تخلخل در نتیجه حبس گاز به هنگام سرد شدن جوش بوجود می آید. تخلخل معمولا کروی است ولی احتمال تخلخل طولی نیز وجود دارد. حفره های گاری در قطعات چدنی شاید به شکل لایه به لایه هم پیدا شود. تخلخل هر چقدر هم زیاد باشد، خطرش به اندازه ناپوستگی های تیز که موجب تمرکز تنش می شوند، نیست.

تخلخل زیادی ستانه آنست که عوامل جوشکاری، مواد مصرفی یا طرح اتصال بدرستی کنترل نشده اند یا فلز مبنا کثیف و آلوده بوده یا فلز مبنا با فلز جوش ناسازگار است.

تخلخل منحصرناشی از هیدروژن نیست ولی وجود تخلخل بیانگر وجود هیدروژن در جوش و ناحیه حرارت دیده است که در فلزات آهنی احتمال ترک خوردن قطعه را زیادتیر میکند.

تخلخل با پخش یکنواخت (*UNIFORMLY SCATTERED POROSITY*)

تخلخلی است که در فلز جوش بطور یکنواخت پخش شده است. اگر این تخلخل در جوش بیش از حد وجود داشته باشد بیشتر به علت عیب تکنیک جوشکاری یا نقص در مواد است. روش آماده سازی اتصال یا مواد مصرفی می توانند در مواردی موجب بروز تخلخل شوند. اگر جوشی آهسته تر از حد لازم سرد شود، حجم زیادی از گازها در حین انجماد خارج می شوند و در نتیجه حفره های کمی در جوش باقی خواهد ماند.

تخلخل خوشه ای (CLUSTER POROSITY)

حفره هایی هستند که در یک محل مجتمع شده اند و اکثرا ناشی از برقراری نادرست قوس و قطع نادرست قوس می باشند.

تخلخل خطی (LINEAR POROSITY)

یکسری حفره های باریک می باشند که بیشتر در طول سطوح میانی جوش، کرده جوش یا نزدیک ریشه جوش بوجود می آیند. بهنگام جوشکاری بعلب آلوده بودن محل، گازهای حاصله به وضعیتهای فوق الذکر رانده می شوند.

تخلخل لوله ای (PIPING POROSITY)

حفره ای گازی و طویل است. تخلخل لوله ای در جوشهای گوشه ای از ریشه به طرف سطح جوش امتداد دارد. وقتی که یک یا دو حفره در سطح جوش مشاهده شوند سنگ زنی دقیق میتواند تخلخل تحت السطوحی را آشکار سازد. قسمت اعظم تخلخل های لوله ای کاملاً تا سطح جوش امتداد پیدا می کنند.

این تخلخل در روش جوشکاری سرباره الکتریکی (ELECTROSLAG WELDING) امکان دارد به طول ۲۰ اینچ (۵۰۸ میلیمتر) هم برسد. این تخلخل تقریباً استوانه ای شکل میباشد.

آخالها (INCLUSIONS)

آخال سرباره (SLAG INCLUSION)

مواد غیر فلزی جامدی می باشند که در فلز جوش یا بین فلز جوش و بدنه حبس شده اند و بیشتر در جوشهایی که با فرایندهای قوسی جوشکاری شده اند یافت می شوند. در کل، آخالهای سرباره بر اثر عیوب تکنیک جوشکاری، طراحی نامناسب طرح اتصال یا عدم تمیز کاری سطح جوش در بین دو پاس پدید می آیند. معمولاً سرباره مذاب به سمت سطح جوش حرکت می کند.

شیارهای نیز در سطوح میانی جوش یا بین پاسها سبب حبس سرباره در زیر فلز مذاب جوش می شوند.

آخال های تنگستنی (TUGSTEN INCLUSION)

درات تنگستنی محسوس در فلز جوش تنگستنی برای برقراری قوس بین الکتروود و جوش می باشد و مشخصه بارز فرایند جوشکاری با قوس تنگستنی است . در این فرایند از الکتروودی تنگستنی برای برقراری قوس بین الکتروود و جوش یا فلز مبنا استفاده می شود . اگر الکتروود تنگستنی در مداب فرو برود یا اینکه جریان آنقدر بالا رود که تنگستن ذوب شده و قطره قطره در حوضچه جوش فرود آید آخالهای تنگستنی حاصل خواهند شد. آخالهای تنگستنی روی عکسهای رادیو گرافی بصورت علائم و نقاط روشن دیده می شوند زیرا چگالی تنگستن بیشتر از فولاد یا آلومینیوم است در نتیجه اشعه را بیشتر جذب می کند . تقریباً مابقی ناپیوستگی ها و عیوب در آزمایش رادیو گرافی به شکل نقاط تیره و تار مشاهده می شوند .

ذوب ناقص (INCOMPLETE FUSION)

نتیجه تکنیک نادرست جوشکاری ، آماده سازی غلط فلز مبنا یا طرح اتصال نامناسب است . علل ذوب ناقص (عدم ادغام کامل) عبارتند از کمی حرارت جوشکاری یا فقدان راهیابی به همه سطوح ادغام یا هر دو . چسبندگی شدید اکسیدها حتی اگر مسیر مناسبی جهت دستیابی به سطوح فراهم شود و حرارت کافی تامین گردد باز هم مانع ادغام کامل خواهد شد .

نفوذ ناقص در اتصال (INCOMPLETE JOINT PENETRATION)

زمانی اتفاق می افتد که فلز جوش نتواند در اتصال نفوذ نماید . نقطه ای که عدم نفوذ و ادغام در آن روی داده با ناپیوستگی بنام نفوذ ناقص معرفی میشوند. حرارت ناکافی ، طرح اتصال نامطلوب یا هدایت جانبی قوس جوشکاری به شکلی نادرست ، از جمله عواملی هستند که موجب نفوذ ناقص می شوند . بعضی فرایندها نسبت به بعضی دیگر قادرند نفوذ بیشتری ایجاد کنند. اتصالاتی که باید از هر دو طرف جوشکاری شوند بعد از جوشکاری یک طرف و قبل از جوشکاری طرف دیگر، برای اطمینان از عدم نفوذ ناقص آن را می توان شیار زنی (*Buck Gouging*) نمود . جوشهای لوله ، خصوصاً ، در معرض چنین ناپیوستگی ها هستند چون اکثر اوقات دسترسی به داخل لوله مقدور نیست . در چنین مواردی طراحان اکثراً برای کمک به جوشکاران تسمه یا پشت بندهای مصرفی را پیشنهاد می کنند . جوشهایی را که باید نفوذ کافی داشته باشند بوسیله بعضی بازرسیهای غیرمحراب آزمایش می کنند . این مسئله در مورد پلها ، خطوط لوله ، ظروف تحت فشار و کاربردهای هسته ای صدق می کند .

بریدگی کنار جوش (UNDERCUT)

معمولا بر اثر تکنیک غلط جوشکاری یا بعثت زیادی شدت جریان جوشکاری یا هر دو اتفاق می افتد. بریدگی کنار جوش، شیاری است درون فلز منبنا که کنار پیچه یا ریشه جوش ذوب گردیده و با فلز جوش پر نشده است. این بریدگی شیاری مکانیکی ایجاد می کند که متمرکز کننده تنشها میشود. اگر عوامل موثر در تشکیل بریدگی کنار جوش کنترل شوند و شیار عمیق و تیز بوجود نیاید این عیب برای بار گذاری استاتیک نگران کننده نخواهد بود.

پُر نشدگی (UNDERFILL)

عبارت است از فرو رفتگی سطح جوش که تا پایین تر از لبه قطعه کار امتداد داشته باشد. این عیب در اثر عدم دقت جوشکار در پر کردن کامل طرح اتصال (شیار) بوجود می آید.

رویهم افتادگی (OVERLAP)

به حالتی گفته می شود که لبه کناری جوش بیش از حد متعارف بر روی سطح قطعه کار و لبه اتصال پیشروی نماید و بر اثر عواملی همچون عدم کنترل فرایند جوشکاری (مثل جریان و ولتاژ)، انتخاب نادرست مواد جوشکاری یا آماده سازی نا مناسب فلز بدنه روی می دهد. اگر هم اکسیدها محکم به فلز بدنه چسبیده باشند بطوری که از ادغام جلوگیری کنند این حالت قابل پیش بینی است.

سررفتن جوش، انفصالی سطحی است که شیار مکانیکی (MECHANICAL NOTCH)

تشکیل می دهد و تقریبا همیشه از نظر بازرسی غیر قابل قبول است.

تورق (LAMINATION)

نایبوستگی طولی است که در بین لایه های مبانی ورق بصورت تخت ظاهر می شود و سبب جدایی لایه ها از یکدیگر می گردد. تورق شاید به کلی داخلی باشد و فقط بوسیله آنتراسونیک ردیابی شود شاید هم تالیه ورق و سطح قابل رویت امتداد یافته باشد که در این صورت می توان آنها را به روش مایع نافذ یا ذرات مغناطیسی کشف نمود. با ماشین کاری یا برش کاری نیز می توان تورق داخلی را جستجو نمود.

تورق زمانی تشکیل می شود که شمشي ، دارای جفره های گازی ، جفره های ناشی از انقباض یا آخالهای غیر فلزی است بوسیله نورد تخت شود و عموماً موازی سطح محصولات نورد شده می باشد و بیشتر در پروفیلها و ورقها دیده می شود .

برخی ورقها با استفاده از دمای بالا و نیروی نورد زیاد رفع می شوند . به فلزاتی که تورق دارند نمی توان اعتماد داشت که از سر تا سر ضخامت خود در برابر تنشهای کششی سود ببرند .

دولایگی (DELAMINATION)

جدایی و انفصال یک تورق تحت تنش وارده را گویند (چه تنشهای شدید ناشی از جوشکاری باشند یا اینکه تنشها ، از خارج اعمال شوند)

جدایی و دو لایگی در لبه های قطعات را می توان به روش بازرسی چشمی پیدا کرد یا اینکه به روش آلتراسونیک توسط ارسال موج مستقیم بصورت عمود بر سطح آنرا یافت .

در جایی که دو لایگی وجود دارد مثل تورق نمی توان بارهای کششی بصورت عمود بر سطح ناپیوستگی وارد کرد .

درز مویی و چین (SEAM AND LAP)

ناپیوستگی های طولی فلز مینا هستند که بیشتر در شمشها یافت می شوند . وقتی امتداد ناپیوستگی موازی با تنش اعمالی باشد عیب جدی به حساب نمی آید ولی اگر درزهای مویی و چین عمود بر امتداد تنشهایی که وارد شده اند و یا در فلز باقیمانده اند باشند اکثراً بر ابعادشان همانند ابعاد یک ترک افزوده می شود .

درز مویی و چین ناپیوستگی هایی هستند که بیشتر در سطح ظاهر می شوند از ابرو با استفاده از روشهای بازسازی ، سطح قطعات را بعد از تولید ، تعمیر می نمایند . جوشکاری روی درزهای مویی و چینها موجب ترک می شود .

پارگی سراسری (LAMELLAR TEAR)

شکستگی است که در فلز بدنه کاملاً موازی با سطح ورق می باشد و بر اثر اعمال تنش بیش از حد ناشی از عملیات جوشکاری بر ورق بوجود می آید .

پارگی در فواصل طولانی امتداد می یابد و از ناحیه ای از فلز مبنا که دارای انتشار زیاد رگه مانند (*STRINGER - LIKE*) و آخالهای غیر فلزی است و یا در قسمتهایی از فلز بدنه که در معرض تنشهای فراوان جوشکاری می باشد و با تلفیقی از این دو توام با هم شروع می شود. بوسیله نیروهای برشی که تقریباً عمود بر سطح نورد شده هستند، شکست از یک پارگی به نقاط دیگر منتشر می شود.

ترکها (*CRACKS*)

جوش و فلز بدنه زمانی ترک می خورند که تنش های موضعی از مقاومت تسلیم فلز بیشتر شوند. ترک خوردگی همواره با افزایش تنش در نزدیکی ناپیوستگی های جوش و فلز بدنه یا نزدیک شیارهای مکانیکی که در طرح اتصال پیش بینی شده اند همراه است. پس مانند تنشها و هیدروژن شکننده از عللی هستند که اکثراً بعنوان علل ترک خوردن ذکر شده اند.

ترکهای ناشی از جوشکاری که ذاتاً شکننده هستند در مرزهای ترک، تغییر شکل دائمی کمی نشان می دهند.

ترکها به دو دسته گرم و سرد تقسیم می شوند. ترک گرم در خلال انجماد مذاب شکل می گیرد و ترک سرد بعد از اینکه انجماد کامل شد شروع می شود.

ترکهای سرد که بعضاً به ترکهای تأخیری معروفند با هیدروژن شکننده ارتباط خاصی دارند. ترکهای گرم در مرز دانه ها منتشر می شوند ولی ترکهای سرد هم در مرز دانه ها و هم از میان آنها گذشته و گسترش می یابند.

محل استقرار ترکها (*CRACK ORIENTATION*)

ترکها بسته به امتدادشان طولی یا متقاطع خوانده می شوند. وقتی ترک موازی محور جوش باشد، صرفنظر از اینکه آیا ترک مرکزی در جوش است یا پنجه (*TOE CRACK*) در ناحیه حرارت دیده، ترک طولی است. ترکهای عرضی عمود بر محور جوش هستند. ابعاد این ترکها محدود می باشد و کاملاً در فلز جوش جای می گیرند و یا اینکه از فلز جوش به درون ناحیه ای از فلز مبنا که به شدت حرارت دیده و احیاناً خود فلز مبنا رسوخ می نماید.

ترک طولی (LONGITUDINAL CRACK)

در فرایندهای جوشکاری زیر پودری که معمولا همراه با سرعت زیاد می باشند به چشم می خورند و گاهی تخلخل که در ظاهر جوش قابل رویت نیست در آنها روی می دهد .
ترکهای طولی در جوشهای کوچک و کم حجم بین قسمتهای حجیم و بزرگ ناشی از نرخ سرد شدن زیاد و مهار کردن قطعات است .

ترک عرضی (TRANSVERS CRACK)

بیشتر ناشی از اعمال تنشهای فشاری عمود بر جوشی که زیاد داکتیل نیست ، می باشند .

ترک چاله جوش (CRATER CRACK)

زمانی اتفاق می افتد که جوشکاری بدرستی و خوب به پایان نرسد . اگر چه شاید آنها شکل دیگری داشته باشند ولی به نام ترکهای ستاره ای معروفند . در ترکهای چاله جوش که سطحی هستند ترکهای گرم سوراخی مشبک شبیه ستاره درست می کنند .

ترک گلوئی (THROAT CRACK)

ترکهای طولی هم جهت با محور جوش در روی سطح آن هستند . آنها نه همیشه ولی اکثرا جزو ترکهای گرم به حساب می آیند .

ترک پنجه (TOE CRACK)

جزو ترکهای سردند . آنها از دامنه جوش جایی که تنشهای فشاری متمرکزند ، شروع شده و گسترش می یابند . آنها نه همیشه ولی اکثرا جزو ترکهای گرم به حساب می آیند .

ترک ریشه (ROOT CRACK)

ترکهای طولی در ریشه جوش یا در زیر سطح جوش می باشند . آنها هم بصورت سرد و هم گرم تشکیل می شوند .

ترک منطقه تاثیر حرارت و زیرمهراهی (UNDER BEAD AND HEAT AFFECTED ZONE CRACK)

ترکهای سردی هستند که در منطقه تاثیر حرارت بوجود می آیند . کوتاه هستند ولی میتوانند بهم متصل شده و ترک متوالی تشکیل دهند . ترکهای زیر مهراه ای وقتی خطر جدی بحساب می آیند که سه عامل :

۱- هیدروژن

۲- ریز ساختاری که انعطاف پذیری کمی دارد

۳- پس ماند زیاده از حد تنش در محیط وجود داشته باشد .

این ترکها هم بصورت طولی و هم عرضی یافت می شوند . آنها به فواصل معین در زیر جوش و همچنین در روی مرزدانه ها در منطقه تاثیر حرارت جایی که پس ماند تنش ها حداکثر است دیده می شوند .

گلوئی ناکافی (INSUFFICIENT THROAT)

فرو رفتگی روی سطح جوش گوشه ای است که باعث شده ابعاد گلوئی جوش کمتر از حد لازم برای جوش گوشه ای گردد . جوشکار جهت اطلاع و بدست آوردن میزان ادغام در فلز مینا یا نرخ مناسب رسوب فلز پر کننده در ناحیه گلوئی حتما باید جوش را بشکند .

تحدب گرده جوش (CONVEXITY AND WELD REINFORCEMENT)

تحدب ، شکل ظاهری جوشهای گوشه ای است که اینگونه تعریف شده است : حد اکثر فاصله عمودی بین کمان گرده جوش گوشه ای تا خطی که شیبهای دو طرف را به هم وصل میکند . در جوشهای شیباری (GROOVE WELD) گرده جوش ، فلز جدیدی است که به مقدار لازم افزوده می شود تا شیار پر گردد .

ساق ناکافی (INSUFFICIENT LEG)

به ساق جوش گوشه ای که کمتر از اندازه لازم است گفته می شود .

عیوب جوش

۱- عیوب جوش در جوشکاری قوسی فلزی گازی (GMAW)

لایه سرد

وقتی قوس نتواند فلز منا را خوب دوب کند، لایه سرد بوجود می آید و حوضچه مذاب بطرف فلز مبنای جوش نخورده جاری میگردد.

برای ذوب صحیح بایستی قوس در لبه حوضچه جوش نگه داشته شود. اندازه حوضچه را میتوان با افزایش سرعت حرکت یا کاهش سرعت تغذیه سیم، کاهش داد.

تخلخل سطحی

عموماً تخلخل سطحی مستقیماً از آلودگی جوی ناشی میشود و علت آن تنظیم خیلی کم یا خیلی زیاد گاز محافظ است. اگر گاز محافظ خیلی کم تنظیم شود، قادر به جابجایی یا پس زدن هوا در ناحیه قوس نیست. اگر گاز محافظ خیلی زیاد تنظیم شود، اغتشاش هوا ایجاد شده و از محافظت کامل فلز مذاب جلوگیری میگردد.

گاهی اوقات جوشکاری تحت وزش باد موجب تخلخل میشود. اگر از چادر یا بادگیر استفاده نشود، باد میتواند گاز محافظ را به یک طرف براند و در نتیجه حوضچه مذاب در معرض آلودگی هوا واقع شود.

تخلخل یا ترک در چاله جوش

علت عمده پیدایش عیوب در چاله جوش دور کردن طپانچه جوشکاری و گاز محافظ قبل از انجماد حوضچه می باشد. علل دیگر احتمالی برای تخلخل یا ترک در چاله جوش عبارتند از: مرطوب بودن گاز محافظ، کثیفی، روغن، زنگ یا رنگ روی فلز مبنای زیاد بودن فاصله نوک سیم جوش ناقصه کار

نفوذ ناکافی

عدم نفوذ بعنّت کم بودن ورودی حرارت در ناحیه جوش یا نگهداری نادرست قوس روی لبه مقدم حوضچه پیدا میشود. اگر ورودی حرارت کم باشد، با افزودن سرعت تغذیه سیم و در نتیجه بالا بردن آمپر جبران میشود.

نفوذ زیاد

نفوذ زیاد یا سوختگی از زیادی حرارت در منطقه جوش ناشی میشود. با کم شدن سرعت تغذیه سیم، آمپر پایین آورده شده و حرارت کمتر خواهد شد. با افزایش سرعت حرکت نیز از نفوذ جلوگیری میشود. اگر فاصله دو لبه در ریشه اتصال خیلی زیاد باشد احتمال سوختگی بیشتر است. معمولاً اگر طرح اتصال نادرست باشد با افزودن مقدار سیم بیرون از طپانچه و یا نوسان دادن طپانچه جوشکاری میتواند اصلاح شود.

ویسکرز

ویسکرز به تکه های سیم جوش چسبیده به اتصال جوش اطلاق میشود. ویسکرز از پیشروی سیم جوش از لبه مقدم حوضچه ناشی میشود. مقطع کوچک سیم جوش وقتی که وارد اتصال میگردد به فلز جوش، جوش میخورد. بهترین راه اصلاح ویسکرز عبارتست از: کاهش دادن سرعت حرکت، تا حدودی افزایش فاصله نوک سیم تا قطعه کار، یا کاهش سرعت تغذیه سیم جوش.

۲- عیوب جوش جوشکاری قوسی تنگستنی گازی (GTAW)**آخال تنگستن**

درفر ایند جوشکاری قوسی تنگستنی گازی، تماس گهگاهی الکتروود تنگستنی باقطعه کاریا با فلز جوش مذاب، خصوصاً در جوشکاری دستی، ممکن است ذرات تنگستن را بداخل جوش انتقال دهد.

قشرهای اکسیدی

در جوشکاری قوسی تنگستنی گازی، جوشهای آلومینیوم و منیزیم ممکن است قشرهای اکسیدی داشته باشند.

۳- عیوب جوش جوشکاری قوسی فلزی محافظت شده (SMAW)**نفوذ ناقص**

علت:

- ۱- نقش طراحی اتصال،
- ۲- سرعت خیلی زیاد جوشکاری،
- ۳- کافی نبودن شدت جریان جوشکاری،
- ۴- اندازه خیلی بزرگ الکتروود

چاره:

- ۱- بررسی فاصله لبه ها در ریشه، اندازه رویه ریشه، زاویه تیباز
- ۲- کم کردن سرعت جوشکاری
- ۳- زیاد کردن شدت جریان جوشکاری
- ۴- کاهش اندازه الکتروود

ضعف ظاهر
علت:

- ۱- خیلی زیاد یا خیلی کم بودن شدت جریان جوشکاری.
- ۲- استعداده نادرست الکتروود.
- ۳- الکتروود معیوب.

چاره

- ۱- تنظیم مقدار شدت جریان
- ۲- بررسی روش جوشکاری
- ۳- خشک کردن الکتروود برای برطرف کردن رطوبت، تعویض الکتروود

بریدگی کناره
علت:

- ۱- خیلی زیاد بودن شدت جریان جوشکاری.
- ۲- خیلی بلند بودن طول قوس.
- ۳- نوسان نادرست الکتروود.
- ۴- خیلی تند بودن سرعت جوشکاری

چاره:

- ۱- استفاده از شدت جریان مناسب
- ۲- کوتاه کردن طول قوس
- ۳- تغییر زاویه نگهداری الکتروود بطوری که از نیروی قوس برای پرکردن بریدگی کناره استفاده میشود.
- ۴- آهسته کردن سرعت جوشکاری

پاشیدگی زیاد

علت:

- ۱- خیلی زیاد بودن شدت جریان جوشکاری،
- ۲- خیلی بلند بودن طول قوس
- ۳- زیادی انحراف قوس
- ۴- الکتروود معیوب

چاره:

- ۱- استفاده از شدت جریان مناسب
- ۲- کوتاه کردن طول قوس
- ۳- اصلاح انحراف قوس
- ۴- تعویض الکتروود

انحراف قوس

علت:

- ۱- میدان مغناطیسی، ایجاد شده هنگام استفاده از جریان مستقیم، سبب انحراف قوس میشود.

چاره:

- ۱- استفاده از ماشین جریان متناوب
- ۲- بی اثر کردن انحراف با زاویه الکتروود
- ۳- جابجا کردن با دو شاخه کردن گیره اتصال زمین
- ۴- تعویض میز کار مغناطیسی
- ۵- استفاده از میله پشت بند برنجی یا مسی

جوشهای شکننده

علت:

- ۱- الکتروود نادرست
- ۲- عملیات حرارتی نادرست
- ۳- جوشهای سخت شونده در هوا
- ۴- جمع شدن فلز مینا

چاره :

- ۱- استفاده از الکتروود کم هیدروژن یا اوستنیتی
- ۲- استفاده از دوره های درست پیش گرمایش و پس گرمایش
- ۳- استفاده از الکتروودهای اوستنیتی
- ۴- نفوذ کم عمق بوسیله هدایت قوس به حوضچه جوش

مک گازی

علت :

- ۱- جسم خارجی در اتصال

چاره :

- ۱- برطرف کردن زنگ، پوسته و سایر اجسام خارجی از لبه (قبل از شروع جوشکاری)

آخال سرباره

علت:

- ۱- طرح اتصال، توررفتگی تیز \sqrt شکل
- ۲- زیاد بودن ویسکوزیته فلز مذاب، سرد شدن سریع، خیلی کم بودن درجه حرارت جوش

چاره :

- ۱- آماده سازی درست شیار قبل از جوشکاری هر پاس، اجتناب از شیارهایی که نفوذ با قوس مشکل است.
- ۲- استفاده از پیش گرمایش و استفاده از ورودی حرارت بیشتر

جوشهای متخلخل

علت:

- ۱- خیلی تند بودن سرعت جوشکاری
- ۲- خیلی کم بودن شدت جریان
- ۳- زیاد بودن گوگرد یا سایر ناخالصیها
- ۴- الکتروود های معیوب

چاره :

- ۱- آهسته کردن سرعت جوشکاری
- ۲- افزایش مقدار شدت جریان
- ۳- استفاده از الکترودهای کم هیدروژن
- ۴- خشک کردن الکتروود برای برطرف کردن رطوبت، تعویض الکتروودها

جوشهای ترک دار

علت:

- ۱- الکتروود معیوب
- ۲- صلب بودن اتصال، تنش دار بودن جوش
- ۳- شکل مهره جوش
- ۴- چاله ها
- ۵- تند بودن سرعت جوشکاری

چاره :

- ۱- استفاده از الکترودهای کم هیدروژن
- ۲- طراحی مجدد اتصال، استفاده از پیش گرمایش و پس گرمایش ، استفاده از جوش بوسانی
- ۳- استفاده از حرکت آهسته تر یا الکتروود زود منجمد شونده تر برای حصول مهره محدب تر
- ۴- برگشت به عقب برای پر کردن چاله ها
- ۵- پیش گرم کردن و یا پس گرم کردن

پیچیدگی و تاب برداشتن

علت:

- ۱- نادرستی طراحی جوش
- ۲- حرارت دیدن زیاد
- ۳- خیلی کند بودن سرعت جوشکاری
- ۴- نادرستی ترتیب و توالی جوشکاری
- ۵- گیره بندی ناقص

چاره:

- ۱- طراحی مجدد برای آزادی نیروهای انقباض و انقباض
- ۲- استفاده از شدت جریان کمتر و میله های خنک کن با کارآئی بیشتر
- ۳- افزایش سرعت قوس
- ۴- بهبود ترتیب و توالی جوشکاری
- ۵- گیره بندی درست به میله خنک کن

ذوب ضعیف (Poor Fusion)

ذوب ضعیف گاهی با نفوذ ناقص همراه است و احتمالاً عیب ساختاری می باشد. برای جوشهای با مقاومت کافی، ذوب صحیح لازم است. جوشکار و بازررس فنی هر دو بایستی از بکار بردن دستورالعمل های صحیح بمنظور اکتساب ذوب لازم اطمینان حاصل نمایند.

علت:

- ۱- تنظیم نمودن شدت جریان
- ۲- نادرستی فن جوشکاری
- ۳- درست نبودن آماده سازی اتصال
- ۴- غلط بودن اندازه الکتروود مصرفی

چاره:

- ۱- برای جوشکاری با الکتروود معینی، ورقهای ضخیم نسبت به ورقهای نازک، احتیاج به شدت جریان بیشتری دارند. از این رو برای اطمینان از رسوب صحیح فلز جوش همراه با نفوذ خوب در فلز منا، بایستی شدت جریان، کافی باشد.
- ۲- در ارتباط با فن جوشکاری، به ذوب سراسری طرفین اتصال توجه شود.
- ۳- در آماده سازی اتصال، از تمیزی و عاری بودن از آلودگی رویه شیار اطمینان حاصل شود. جوشکاری طوری انجام شود که ذوب خوب بین قطعات بدست آید.
- ۴- اندازه الکتروود طوری باشد که دسترسی الکتروود به ته شیار مقدور باشد.

ترک (Crack)

انواع مختلف ترک در جوش ممکن است پدیدار شوند که بعضی از آنها از انواع دیگر جدی ترند. تمام انواع ترک بایستی برای تعیین راه های برطرف کردن مورد آزمایش قرار گیرند.

متداولترین ترکها در جوش و محدوده اتصال عبارتند از: ترکهای چاله جوش، ترکهای زیرمهره ای و ترکهای طولی.

ترکهای فلز مینا در امتداد لبه جوش به ترکهای پنجه جوش معروفند. ترکهای مویین در عرض جوش و ترکهای میکروسکوپی از انواع دیگر ترکها می باشند.

با وجود آنکه ترکهای متعددی در قسمتهای مختلف جوش و در اثر علتهای مختلفی ظاهر می شوند، بطور کلی اگر خطای اصلی که موجب بروز چنین عیوب ساختاری شده است، حذف شود در آن صورت جوش مسلماً عاری از ترک می گردد.

علت:

۱- فلز مینا جوش پذیر نمی باشد.

۲- آماده سازی نادرست است.

۳- روش جوشکاری غلط بکار برده شده است.

۴- اتصال جوش خیلی صلب است.

۵- جوش کوچک است یا شکل غلطی دارد.

چاره:

۱- از جوشکاری فولاد پُر گوگرد و پُر فسفر پرهیز شود. در صورت ضرورت جوشکاری این نوع فولاد، از الکتروود کم هیدروژن استفاده شود. برای جوشکاری فولادهای پُر آلیاژ یا پُر کربن بایستی از پیش گرم کردن استفاده شود.

۲- در آماده سازی اتصالات برای جوشکاری ترتیبی داده شود که فاصله بین لبه ها یکنواخت باشد.

۳- روشی برای جوشکاری مورد استفاده قرار گیرد که جوشهای سالم همراه با ذوب خوب ارائه نماید. ترتیب و توالی جوشکاری بایستی طوری باشد که اجازه حرکت سرهای آزاد قطعه را تا حد ممکن بدهد.

اگر مشکل ترک خوردن وجود دارد از جوشکاری بصورت خطی ساده پرهیز شود و جوشکاری تا اندازه کامل بصورت نوسانی انجام گیرد. جوشکاری در بخشهای ۲۰ تا ۲۵ سانتیمتری انجام شود.

ترکهای چاله جوش با کمی دقت در پُر کردن چاله جوش در انتهای هر مرحله از جوش حذف میشود. برای اینکار از روش گام برگشتی استفاده میشود یعنی پس از رسیدن به انتها جهت جوش عکس شده و با کمی برگشت و رسیدن به لبه بالای چاله و روی مهره جوش

قوس قطع میشود. استفاده از الکتروود با نفوذ کمتر بهتر است. برای افزایش مقطع جوش در جوش سربالا، روی پاس اول با شیب ۴ درجه جوش داده شود. شدت جریان و سرعت پیشروی کاهش داده شده و از الکتروود کم هیدروژن استفاده شود.

۴- از درستی طراحی قطعه برای جوشکاری اطمینان حاصل شود و برای عدم صلابت اتصال روش مناسب جوشکاری پیش بینی گردد.

۵- همیشه از کافی بودن مقاومت مهره جوش در برابر تنشهای احتمالی روبه رشد حین جوشکاری اطمینان حاصل شود. قطعات ضخیم با مهره جوش خیلی کوچک بهم متصل نگردد. در تمام اتصالات بایستی از جوشهای با اندازه کافی استفاده شود. مهره جوش قدری محدب تر گردد.

تخلخل (Porosity)

تخلخل از نقطه نظر مقاومت مسئله خیلی حادی در جوش بوجود نمی آورد مگر آنکه جوش فوق العاده متخلخل باشد. از نقطه نظر ظاهر سوراخهای سطحی در مهره جوش مطلوب نمیباشند. تخلخل غیر از سوراخهای سطحی میتواند به شکل: مک گازی، حفره گازی و آخال سرباره باشد.

علت:

- ۱- یکی از علل عمده تخلخل ضعف فلز مینا است.
- ۲- نادرست بودن روش جوشکاری نیز منتج به تخلخل در فلز جوش میگردد.
- ۳- تخلخل میتواند عیب ذاتی الکتروود جوشکاری مورد استفاده باشد.

چاره:

- ۱- از جوش پذیری بدون تخلخل فلز مینا اطمینان حاصل شود. فولاد با گوگرد، فسفر یا سیلیسیم بالا غالباً ترکیبات گازی ایجاد می نمایند که میل به تشکیل مک گازی و حفره های گازی دارند. فلزات غیر آهنی با اکسیژن بالا نیز جوشهای متخلخل می سازند. تجمع ناخالصیها در فلز نیز تخلخل ایجاد می کند.
- ۲- روش جوشکاری عوض شود. شدت جریان اضافی بکاربرده نشود و قبل از جوشکاری لایه بعدی از تمیز کردن سرباره و روانساز روی لایه قبلی اطمینان حاصل شود.
- حوضچه جوش ایجاد گردد و حتی المقدور فلز جوش مدت زیادتری بحالت مذاب نگهداشته شود تا گازهای محبوس شده از چاله جوش فرار کنند. شدت جریان کاهش یافته و از قوس کوتاه استفاده شود.
- ۳- اغلب الکتروودهای کم هیدروژن در حذف تخلخل مفید واقع می شوند.

ع- عیوب جوش در جوشکاری زیرپودری (SAW)

راهنمای رفع اشکال در جوشکاری زیر پودری

اتصال	تمام خودکار، نیمه خودکار، تک سیمه، دو سیمه	
	اشکال	اقدام اصلاحی - بترتیب اهمیت
هر نوع	نفوذ کم	۱- شدت جریان جوشکاری زیاد شود. ۲- سیم جوش به قطب مثبت وصل گردد ۳- در اتصالات گوشه ای و جناغی ولتاژ کم شود. ۴- طول بیرون آمده سیم جوش کوتاه شود. ۵- سرعت فوس کمتر گردد ۶- زاویه پیخ در اتصالات جناغی بیشتر شود.
گوشه ای	ترک	۱- از سیم جوش <i>EM12K</i> استفاده شود. ۲- سیم جوش به قطب منفی وصل گردد. ۳- ولتاژ پایین آورده شود. ۴- سرعت جوشکاری کمتر گردد. ۵- اتصال پیش گرم شود. ۶- فطرسیم جوش زیادشود و ولتاژ کمتر گردد.
پاس ریشه در شیار	ترک	۱- شدت جریان و ولتاژ کم شود. ۲- سیم جوش به قطب منفی وصل شود. ۳- فاصله دو لیه در ریشه یا زاویه شیار اضافه گردد. ۴- اتصال پیش گرم شود. ۵- اضمینان حاصل شود که شیارزنی طرف پشت باریک و عمیق نباشد.
جوشهای چند پاسه	ترک عرضی	۱- درجه حرارت بین پاسی اضافه شود. ۲- سرعت جوشکاری کم گردد. ۳- ولتاژ کم شود. ۴- شدت جریان و ولتاژ کم گردد.
جوشهای لب بلب ساده	ترک	۱- ثابت کننده (فیکسچر) برای جابجائی ورق بررسی شود. ۲- سرعت جوشکاری کم گردد. ۳- از نظر جمع آوری مس از پشت بند بررسی شود.
گوشه ای روییم و لب بلب ساده	آبله گونی و یاجسپیدن سرباره	۱- سیم جوش <i>EM12K</i> استفاده شود. ۲- ولتاژ زیاد گردد. ۳- شدت جریان کم شود. ۴- سرعت کم گردد. ۵- ۱-۵ اکر مقدور است، جوش گوشه ای در وضعیت ثابت انجام شود. ۶- ورق ضخیم تر از نرمال موجب آبله گونی خواهد شد. ۷- تمام پلیسه های نوردی، رنگ و روغن از ورق پاک گردد.
چال یا شیار عمیق	چسپیدن سرباره	۱- ولتاژ کم شود. ۲- شدت جریان و ولتاژ کم گردد.
چال	روییم قرار نگرفتن	۱- ولتاژ کم شود. ۲- شدت جریان و ولتاژ کم گردد.
هر نوع	بریدگی کناره	۱- سیم جوش به قطب منفی وصل شود. ۲- ولتاژ کم گردد. ۳- شدت جریان کم شود. ۴- قطر سیم جوش زیاد گردد و ولتاژ کم شود. ۵- سرعت کم گردد.
هر نوع	تخلخل ناشی از زنگ	۱- سیم جوش <i>EM12K</i> یا <i>EM13K</i> استفاده شود. ۵- از مشعل در جلوی فوس استفاده شود.
هر نوع	تخلخل ناشی از مواد آلی	۱- سیم جوش <i>EL12</i> استفاده شود. ۲- سیم جوش به قطب مثبت وصل گردد. ۳- سرعت کم شود. ۴- اتصال چربی زدائی گردد و نکلی خشک شود.
هر نوع	تخلخل ناشی از انحراف قوس	۱- سیم جوش <i>EL12</i> استفاده شود. ۲- سیم جوش به قطب مثبت وصل گردد. ۳- ولتاژ کم شود. ۴- شدت جریان و ولتاژ پایین آورده شود. ۵- قطر سیم جوش زیاد شود و ولتاژ کم گردد.

راهنمای رفع اشکال در جوشکاری زیر پودری (ادامه)

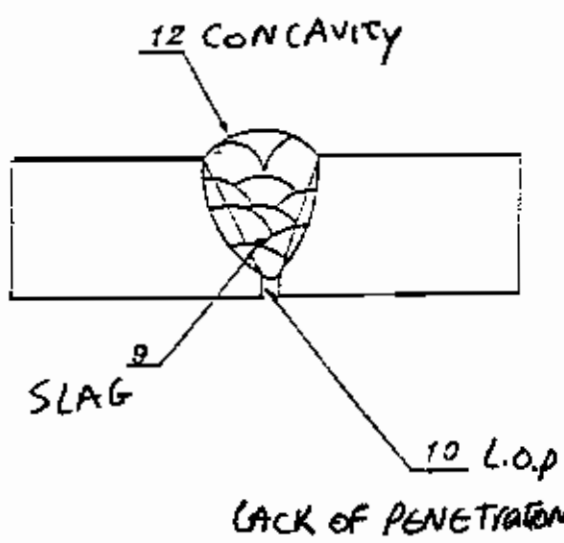
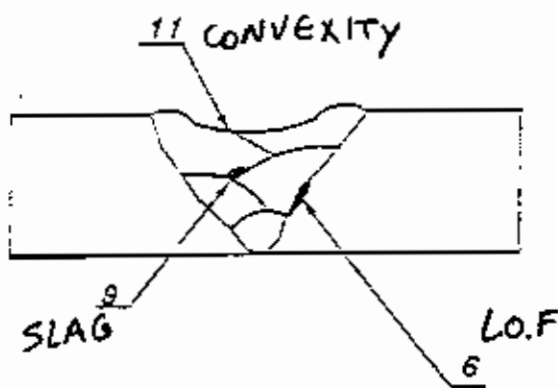
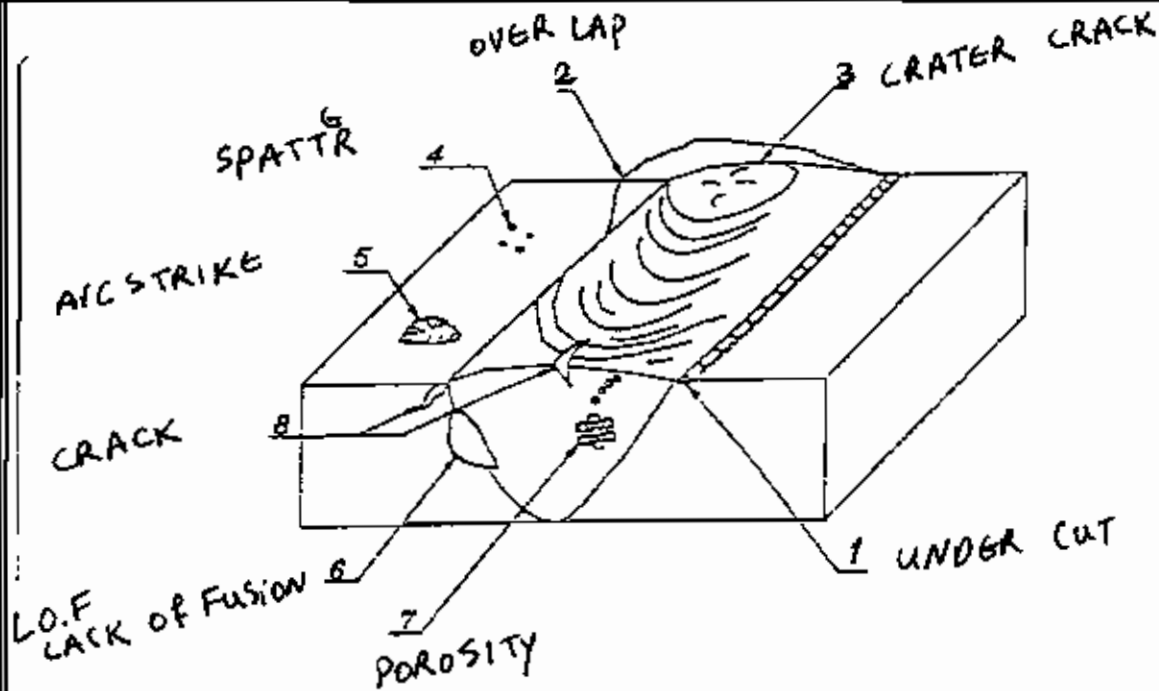
تمام خودکار، نیمه خودکار، تک سیمه، دو سیمه		اتصال
اشکال	اقدام اصلاحی -- بترتیب اهمیت	
هر نوع	تخلخل طرف پاس دوم	۱- معمولاً از اتصال (Tie-in) نادرست دو قطعه ناشی میشود. ۲- شدت جریان جوشکاری برای اتصال (Tie-in) ۴- اگر ۱۰۰٪ اتصال لازم نیست، نفوذ کم گردد زیاد شود. ۳- سرعت جوشکاری برای اتصال (Tie-in) کم شود.
هر نوع	لکه های فلزی	۱- ولتاژ پایین آورده شود. ۲- سیم جوش به قطب منعی وصل گردد. ۳- شدت جریان و ولتاژ کم شود. ۴- سرعت قوس اضافه گردد.
خارج از وضعیت	شره کردن فلز	۱- در مسیر دایره ای شکل، خارج از مرکزی بیشتر خلاف جهت حرکت داده شود. ۲- ولتاژ کم گردد. ۳- شدت جریان و ولتاژ پایین آورده شود. ۴- در اتصالات گوشه ای افقی، سرعت زیاد شود. ۵- در مسیر دایره ای، سرعت زیاد شود، شدت جریان و ولتاژ کم شود.
هر نوع	شکل مهره جوش	۱- برای بدست آوردن مهره پهن تر و تخت تر، ولتاژ زیاد شود. ۲- برای بدست آوردن مهره تخت تر شدت جریان کم شود. ۳- برای بدست آوردن مهره تخت تر در گوشه های گوشه ای، سرعت کم شود. ۴- از قطر سیم جوش که مناسب برای آن شدت جریان جوشکاری است استفاده شود. ۵- برای گوشه های لب به لب ساده و گوشه های گوشه ای کوچکتر از ۶ میلیمتر سیم جوش به قطب مثبت وصل گردد.

۵- عیوب جوش در جوشکاری فولادی روکشکاری شده

از آنجائی که فولادهای روکشکاری شده غالباً برای بوجود آوردن سطح مقاوم خوردگی بکار برده میشوند چنانچه مقاومت به خوردگی روکش حفظ نشود یا خواص مکانیکی فلز پایه محفوظ نماند، جوش معیوب خواهد بود.

عیوبی که در جوش فولاد معمولی اهمیت کمی دارد ممکن است در جوش روکشهای مقاوم خوردگی حائز اهمیت فراوانی باشد. انحراف از دستورالعملهای صحیح می تواند به جوشهایی منجر شود که از هر دو نظر خواص مکانیکی و شیمیائی ضعیف باشد.

بفرض آنکه الکترود درست انتخاب شود و از دستورالعمل صحیحی پیروی گردد، بریدگی کنار جوش منبع اصلی دردسر است. یک بریدگی کوچک کنار جوش می تواند بطور قابل ملاحظه‌ای صحت روکش را در آن نقطه کم کرده و بطور مؤثری عمر خدمتی محصول را کاهش دهد. در یک محیط خزرزنده حتی یک ناحیه کوچک که حفاظت یا بی حفاظت موجب خرابی کل محصول میگردد. بریدگی کنار جوش مقاومت در مقابل خستگی تناوبی را نیز کاهش می دهد. وقتی که بریدگی کنار جوش پیدا شد، بایستی با فلز جوش پر شود. نمود ناقص و عدم ذوب فلز جوش میتواند مه‌دا ترک در ناحیه ذوب نشده باشد. تخلخل در سطح جوش می تواند نقطه کانونی خوردگی گردد. تخلخل خوشه ای در جوش ممکن است از زیادی شدت جریان، ناپایداری قوس، برطرف کردن ناکافی سرباره، مرطوب بودن الکترود، نادرستی شیار، نادرستی نوسان الکترود ناشی شود.



- | | |
|---------------------|---------------------|
| UNDER CUT | ۱- برآمدگی کنار جوش |
| OVER LAP | ۲- سر رفتن |
| CRATER CRACK | ۳- ترک در جاه جوش |
| SPATTER | ۴- پاشش جرقه |
| ARC STRIKE | ۵- تکه قوس |
| LACK OF FUSION | ۶- ذوب ناقص |
| POROSITY | ۷- کرم خوردگی، مک |
| CRACKS | ۸- ترک ها |
| SLAG | ۹- جیبی سرباره |
| LACK OF PENETRATION | ۱۰- عدم توذ ریشه |
| CONCAVITY | ۱۱- قعر گوده |
| CONVEXITY | ۱۲- تپدب گوده |

بازرسی چشمی

بازدید یا بازرسی چشمی یکی از مهمترین و متداولترین روش بازرسی است. بازرسی چشمی ساده و ارزان است و به وسایل و دستگاه های گرانقیمت احتیاج ندارد. تمام عیوب ظاهری اعم از عیوب سطحی، ترکهای سطحی، نادرستی شکل، انحرافات در اندازه و غیره را میتوان با بازرسی چشمی پیدا کرد. در بازرسی چشمی میتوان از ذره بین با بزرگنمایی کمتر از ۱۰، وسایل اندازه گیری، الگو یا شابلن مخصوص، چراغ سیار یا چراغ قوه، بوریسکوپ (BOREScope) یا دستگاه اپتیکی دیگر کمک گرفت. استفاده از میکروسکوپ برای بازرسی چشمی صحیح نیست. بازرسی چشمی را اینطور نیز تعریف کرده اند:

(بازرسی چشمی عبارت است از: کنترل روز به روز وضعیت قطعات مورد ساخت و

رسیدگی از نظر پذیرش آنها طبق مشخصات)

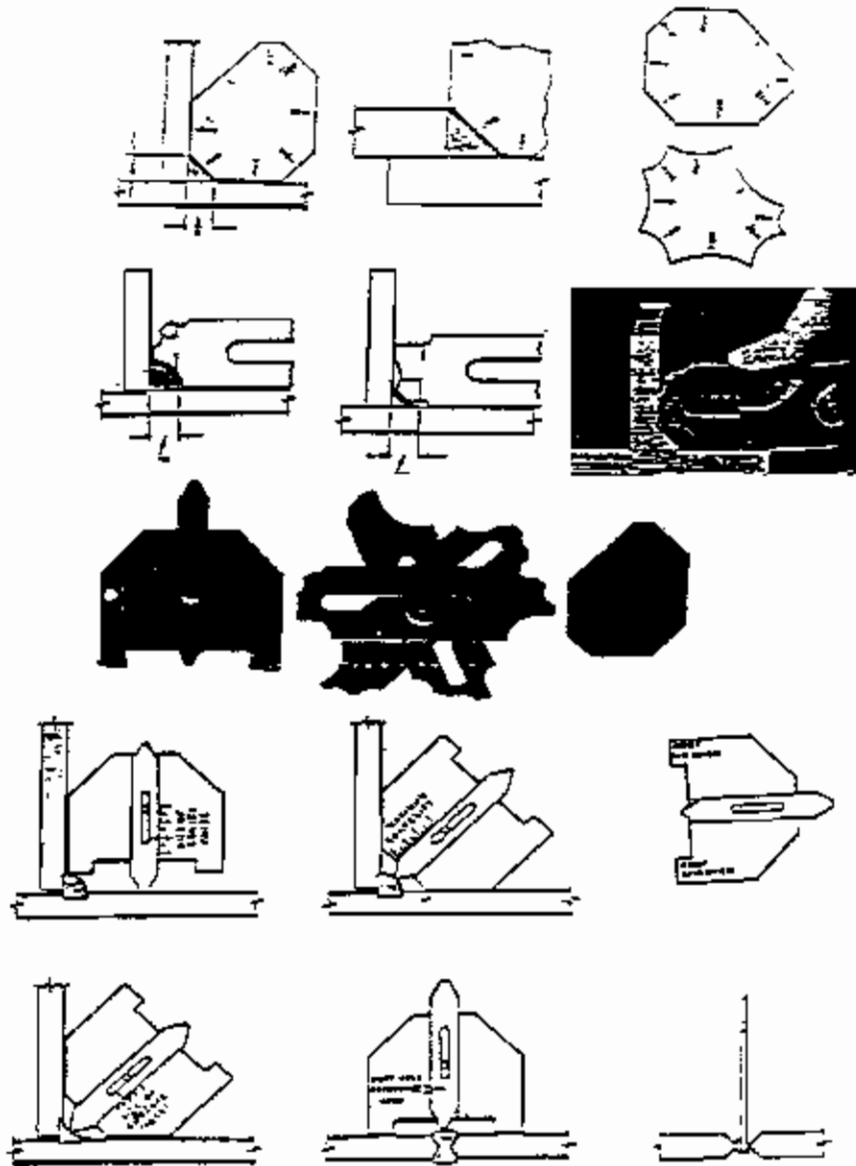
از شرایط سطحی قطعه و ارزیابی دقیق ظاهر آن خیلی چیزها روشن میشود. بعضی از شرایط ظاهری میتواند مبین پذیرش یا عدم پذیرش قطعه شود، مخصوصاً وقتی که اطلاعات بدست آمده از بازرسی چشمی با استفاده از روشهای دیگر بازرسی، تکمیل گردد.

بازرس خوب نایستی ویژگیهای آزمایشهای غیرمخرب را بشناسد و چشم تیزبین و عقل سلیم داشته باشد. امارمزموفقیت در بازرسی چشمی، داشتن آگاهی از مشخصات فنی و توانائی تصمیم گیری در مورد پذیرش یا عدم پذیرش محصول است. بازرسی چشمی در هیچ زمانی نبایستی کم اهمیت تلقی شود. بررسی نقشه های سفارش، قبل از ساخت نیز از اشتباهات اجتناب پذیر برده بر میدارد. پی بردن به اشتباه و رفع نواقص طرح قبل از ساخت، ازدوباره کاری و اتلاف سرمایه جلوگیری میکند. بازرسی چشمی صحیح قطعات و بررسی شکل ظاهری آنها چه با چشم غیر مسلح، چه با ذره بین یا اندوسکوپ انجام شود، در تشخیص عیوب متالورژیکی حائز اهمیت است و می تواند مبنای برنامه ریزی برای بازرسی های بعدی باشد. علاوه بر بازرسی چشمی اطلاعات مفیدی بدست می دهد که گاهی اوقات این اطلاعات برای حل مسئله کفایت می کند.

برای بازرسی چشمی نور خیلی اهمیت دارد، چون بعضی از عیوب سطحی فقط تحت تابش نور صحیح (تابش نور تحت زاویه مناسب) آشکار می شوند.

چراغهای بازرسی متعدد و متنوعی به بازار عرضه شده است که از جمله میتوان چراغهای سوار شده روی تکیه گاه قابل تنظیم، چراغهای کانونه شونده، چراغهای انعکاسی، چراغهای فیبر نوری و غیره را نام برد. تمام این چراغها دارای رثوستا (مقامت قابل تغییر) هستند تا بتوانند شدت نور را بمنظور ایجاد بهترین کنترراست (سایه - روشن) جهت بازرسی چشمی موفقیت آمیز تنظیم نمایند. بازرسی چشمی بعنوان یک روش بازرسی غیرمخرب. برای مواد خام و محصولات نیمه تمام یا تمام شده ضروری است با بازرسی چشمی از روی رنگ، شفافیت و علائم مشخصه دیگر میتوان فلزات را تشخیص داد. با بازرسی چشمی حین تولید، همینطور حین بررسی نهائی، میتوان در مورد شکل هندسی، ابعاد و خصوصیات سطحی محصول داوری نمود.

بازرسی چشمی فقط عیوب ماکروسکوپی سطحی را کشف می نماید و آمادگی سطحی قطعه را برای آزمایشهای غیرمخرب بعدی نشان می دهد.



آزمایش با مایع نافذ

روش آزمایش با مایع نافذ از قدیمی ترین، اقتصادی ترین و ساده ترین روش کشف عیوب سطحی غیرقابل تشخیص با چشم غیرمسلح، می باشد. اصل این روش آزمایش، برقابلیت نفوذ بعضی از مایعات با استفاده از خاصیت موئینگی به داخل حفره ها و ترکهای خیلی نازک استوار است. این مایعات کشش سطحی کم و قابلیت ترکنندگی خوب نسبت به ماده آزمایش شونده دارند و قادرند روی سطح این مواد قشر نازکی تشکیل دهند.

مایعات دیگر مثل آب، دارای کشش سطحی زیاد و قابلیت ترکنندگی کم هستند و تشکیل قطره می دهند و نمی توانند به داخل ترکها نفوذ نمایند.

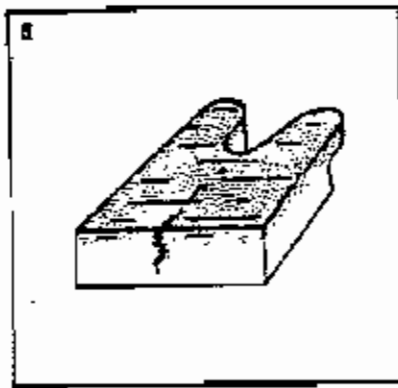
سطح بازرسی شونده، خوب پاک می گردد. سپس ماده نافذ رنگی اعمال می شود (معمولاً روی سطح افشاندن یا پاشیده می شود) درجه حرارت ۱۵ تا ۳۰ درجه سانتیگراد هم برای مایع نافذ و دم برای سطح قطعه خوب است. زمان برای نفوذ بستگی به شرایط دارد و معمولاً ۱۰ تا ۱۵ دقیقه خوب است. بعد از اعمال نافذ و دادن فرصت نفوذ، مواد نافذ رنگی از روی سطح پاک میشود. یکی از متداولترین و ساده ترین روش پاک کردن سطح، شستن سطح با آب تازه، سرد و بدون فشار است. در شستن رنگ اضافی با آب، بدلیل خصوصیات غیرموئینگی، آب نمی تواند مایع نفوذ کرده به داخل عیوب را برطرف نماید. سطح قطعه با استفاده از کهنه تمیز، دوباره خشک می گردد، آنگاه با پاشیدن ظاهر کننده مناسب روی سطح، قشر نازکی از پودر سفید تشکیل میشود. ماده نافذ رنگی با خاصیت موئینگی جذب ظاهر کننده شده و روی زمینه سفید، علائم رنگی (معمولاً قرمز) به همان شکل عیب ولی عریض تر نمودار می سازد. برای بازرسی با چشم غیرمسلح از ماده قرمز و برای بازرسی با استفاده از نور ماوراء بنفش از ماده فلوئورسنت استفاده میشود. مراحل آزمایش با مایع نافذ در شکل نشان داده شده است. مایع نافذ به روشهای متعددی اعمال میشود که دو روش ساده تر عبارتند از: روش عوطه وری و روش پاششی. هر دو روش مزایا و معایب خود را دارند. شایسته ترین و اقتصادی ترین روش آزمایش با مایع نافذ بستگی به ابعاد و تعداد قطعات دارد. بایستی بخاطر داشت که این روش آزمایش غیرمخرب:

- عیوبی را که سطحی نیستند (یا به سطح راه ندارند) یا در حالتی غیرمرئی (چه با چشم غیرمسلح، چه با اندوسکوپ) واقع شده اند، آشکار نمی کند.
- عیوبی را که نمیتوان بوسیله ظاهر کننده دسترسی یافت، کشف نمی نماید.

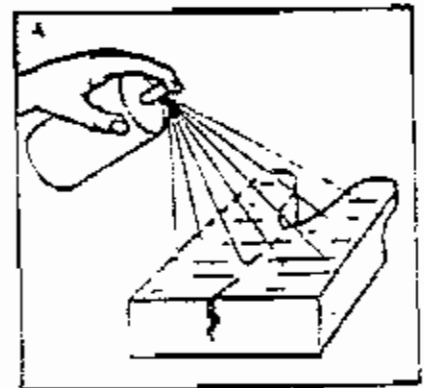
- عیوب خیلی بزرگ را که آب می تواند بداخل آن نفوذ کند و ماده رنگی را بشوید، نمی یابد.
- عیوب خیلی کوچک را که ماده رنگی به داخل آن نفوذ نمی کند یا بقدر کافی نفوذ نمی کند، پیدا نمی کند.

آزمایش با مایع نافذ برای بررسی سلامت سطح در موارد زیر مناسب نیست:

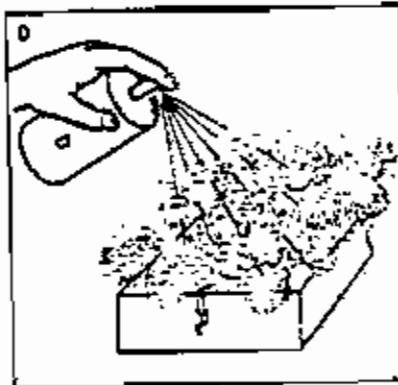
قطعات متخلخل، ریخته ای های چدن خام، بعضی از ریخته ایهای دقیق فولادی، قطعات با شکل هندسی خیلی پیچیده یا کلوخه ای با دارای سطوح زبر. چنین قطعاتی بخاطر خصوصیات سطحی خود اگر با مایع نافذ آزمایش شوند، علائم کاذب نشان میدهند.



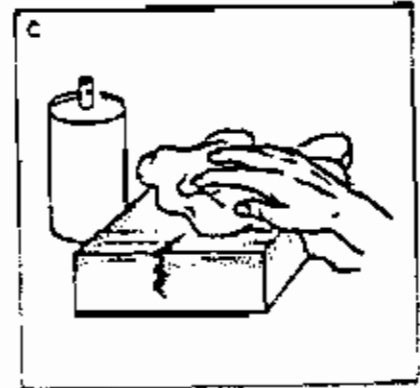
ب- به مایع نافذ فرصت نفوذ به داخل دهانه باز داده می شود.



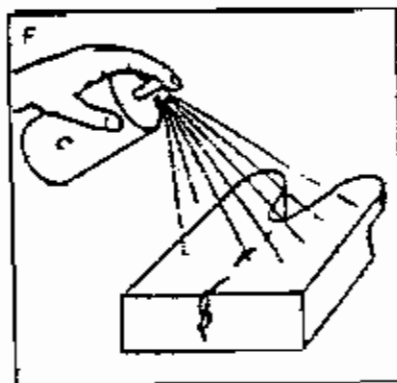
الف- مایع نافذ به سطح اعمال می گردد.



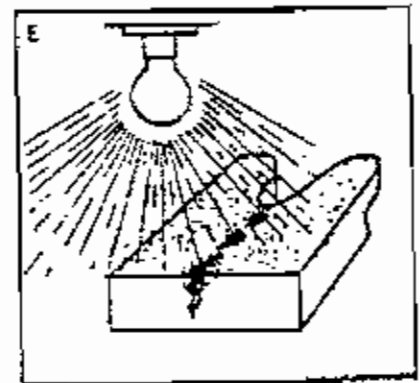
د- مایع ظاهر کننده برای بیرون کشیدن مایع نافذ از دهانه اعمال می گردد.



ج- مایع نافذ از روی سطح پاک می شود.



و- تمیزکاری فتهائی انجام می شود.



ه- نمونه بطور چشمی امتحان می شود.

بازرسی مغناطیسی

مقدمه

موادی که بوسیله نیروی مغناطیس دفع میشوند، دیامغناطیس نامیده می شوند. آنها کمی استعداد مغناطیس شدن بصورت منفی دارند. آن موادی که بوسیله نیروی مغناطیس کمی جذب می شوند پارامغناطیس نامیده میشوند، آنها کمی استعداد مغناطیس شدن بصورت مثبت دارند. فرامغناطیس ها موادی هستند که به شدت جذب میدان مغناطیسی می گردند. آنها را میتوان تبدیل به مغناطیس نمود و آزمایش پودر مغناطیسی بر روی آنها انجام داد.

خطوط قوا قوانین زیر را دارد:

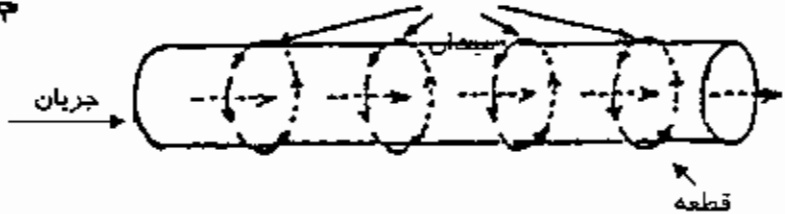
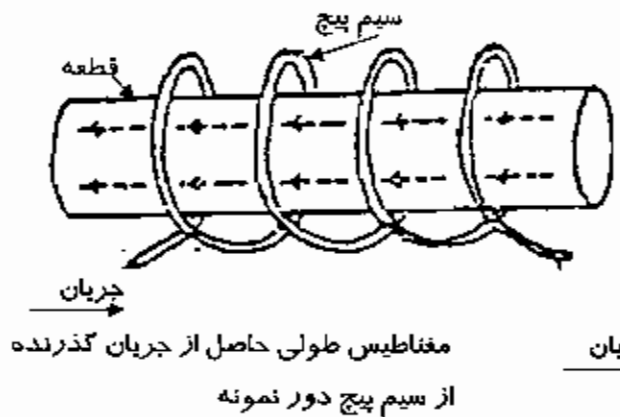
- ۱- جهت قراردادی شارمغناطیسی از شمال به جنوب در خارج مواد و از جنوب به شمال در داخل مواد است.
- ۲- خطوط نیرو همدیگر را قطع نمی کنند.
- ۳- بطور جانی همدیگر را دفع می کنند.
- ۴- در یک وضعیت کششی هستند.
- ۵- جایی که شدت میدان مغناطیسی بزرگتر است خطوط نیروی بیشتری موجود است.

اصول بازرسی با ذره مغناطیسی

اگر قطعه مورد آزمایش از جنس مغناطیس شونده باشد و از آن مغناطیس عبور داده شود. خطوط قوای مغناطیسی دربرخورد با ناپیوستگی ها تغییر مسیر میدهند. حال چنانچه ذرات ریز مواد مغناطیس شونده بصورت خشک یا معلق در مایع بر روی سطح قطعه پاشیده شود، در محل وجود عیب، تجمع نموده و وجود عیب را نشان میدهند.

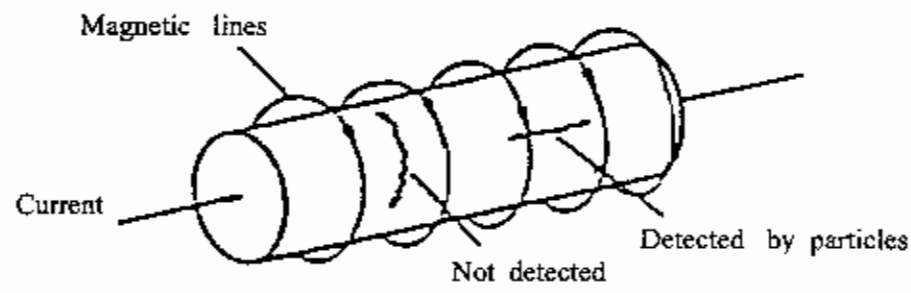
برای آزمایش مغناطیسی، سطح قطعه بایستی نسبتاً صاف باشد. چه در غیر اینصورت در اثر ناصافی و شیارهای سطحی، ذرات پل میزنند و احتمالاً ترک در زیر پوشش آنها مخفی میماند. گاهی از رنگ سفید زرد خشک شونده زمینه سفیدی بوجود آورده میشود تا براده سیاه در متن سفید بخوبی مشاهده گردد. گاهی هم براده ها را به رنگ قرمز در می آورند تا پیدا باشد. اگر براده با رنگ فلورسنت آغشته گردند در زیر تابش نور ماوراء بنفش بوضوح دیده میشوند.

میدان مغناطیسی یا بطور طولی با بصورت دایره ای از نمونه عبور داده میشود و یا با دو الکترو دبقسمتی از قطعه وارد میشود. چرخ دنده ها، محورها و قطعات مشابه را پس از آزمایش مغناطیس زدائی میکنند تا ضمن کار و یا تراش براده ها و ذرات را جذب ننمایند.

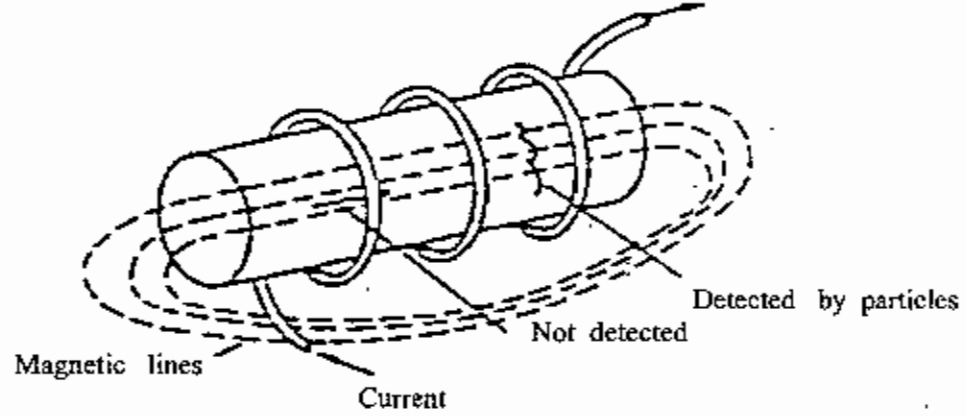


بازرسی ذرات مغناطیسی

میدان مغناطیسی مدور (محیطی) ناشی از عبور جریان بطور مستقیم

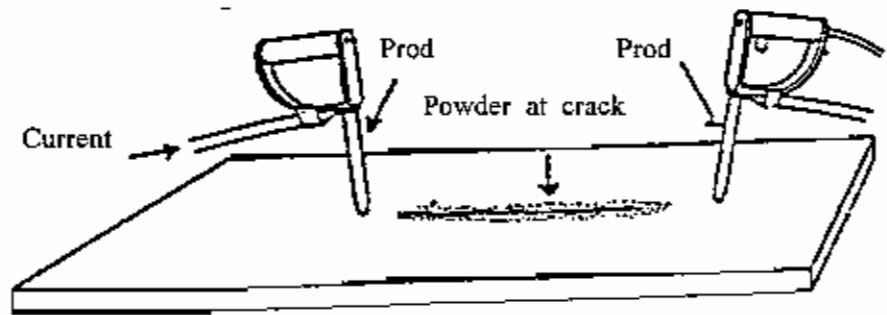


(a) Circumferential magnetic field current flow method



(b) Longitudinal magnetic field, coil method

Fig. MAGNETIC PARTICLE FLAW DETECTION.



MAGNAFLUX INDICATION OF CRACK IN WELD OR CASTING WALL

بازرسی با امواج مافوق صوت

کلمه اولتراسونیک از نظر لغوی بمعنی مافوق صوت یا ماوراء صوت میباشد. و اصطلاحاً به فرکانسهای بیشتر از فرکانسهای صوتی اطلاق میشود.

فرکانسهای صوتی به فرکانسهایی گفته میشود که بوسیله گوش انسان قابل درک میباشد (فرکانسهای تا ۲۰۰۰۰ سیکل در ثانیه یا ۲۰ کیلو هرتز).

بنابراین امواج اولتراسونیک دارای فرکانسهای بیشتر از ۲۰۰۰۰ سیکل در ثانیه میباشد. در تمام دستگاههای اولتراسونیک دو قسمت اساسی لازم است:

۱- مولد یا منبع قدرت که انرژی الکتریکی در فرکانسهای مورد لزوم را تولید میکند.

۲- تبدیل کننده که ضربان الکتریکی را به نوسانات مکانیکی تبدیل می نماید.

مبدل یا تبدیل کننده که انرژی الکتریکی دریافتی از مولد را به انرژی نوسانی مکانیکی با همان فرکانس تبدیل میکند ممکن است از نوع پیزوالکتریک و یا از نوع ماگنتوستریکتیو باشد. مبدل پیزوالکتریک متداولتر است و آن از کریستال طبیعی کوارتز یا سرامیک پلی کریستالین مثل رسوب زیرکونیت تیتانیت (موسوم به *PZT*) تشکیل شده است. اگر جسم مزبور در معرض تغییر سریع ولتاژ قرار گیرد بطور آبی ابعاد آن تغییر میکند و بالعکس وقتی که نیروهای مکانیکی به سطوح مختلف عنصر پیزوالکتریک اثر کند، تغییرات الکتریکی تولید میشود بطوری که عنصر مزبور قادر است نوسانات مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل نماید.

مبدلهای ماگنتوستریکتیو دارای ماده‌ای هستند که تحت تاثیر میدان مغناطیسی بمقدار کمی تغییر شکل میدهند.

ساده‌ترین آن از یک قطعه با فرم مناسبی از ماده مورد بحث (معمولاً نیکل یا آلیاژهای آن) تشکیل شده که در داخل سیم بیچ بصورت مغزه یا هسته قرار دارد. از سیم بیچ مزبور جریان پلاریزه یک‌جبهه عبور نموده و با جریان متناوب دیگری ایجاد میدان مغناطیسی می نماید.

میدان مغناطیسی متغییر ایجاد شده مغزه یا هسته نیکلی را به رزنانس درآورده و باعث تغییر طول آن می گردد.

ضربانهای مافوق صوتی بصورت عمودی یا تحت زاویه‌ای وارد جسم مورد آزمایش شده و در قطعه سالم به طرف دیگر رسیده و منعکس میگردد و یا در قطعه معیوب پس از برخورد به عیب انعکاس می یابد. ضربانهای منعکس شده یا با گیرنده جداگانه یا اغلب با همان فرستنده گرفته میشود و تبدیل به علائم شده و بر روی صفحه لوله اشعه کاتدی ظاهر میگردد و از روی آن علائم موقعیت عیب مشخص میشود. (شکل) حدود فرکانس معمولاً از ۰/۲۵ تا ۱۰ مگا هرتز است. در فولاد هر مگاهرتز به طول موج حدود ۶ میلیمتر مربوط میشود.

فرکانسهای کم برای فلزات ریخته‌ای دانه درشت بکار میرود. در این روش بازرسی ترکها، عدم ذوب، منافذ، عدم نفوذ، حبس سرباره را میتوان تعیین و ارزیابی نمود.

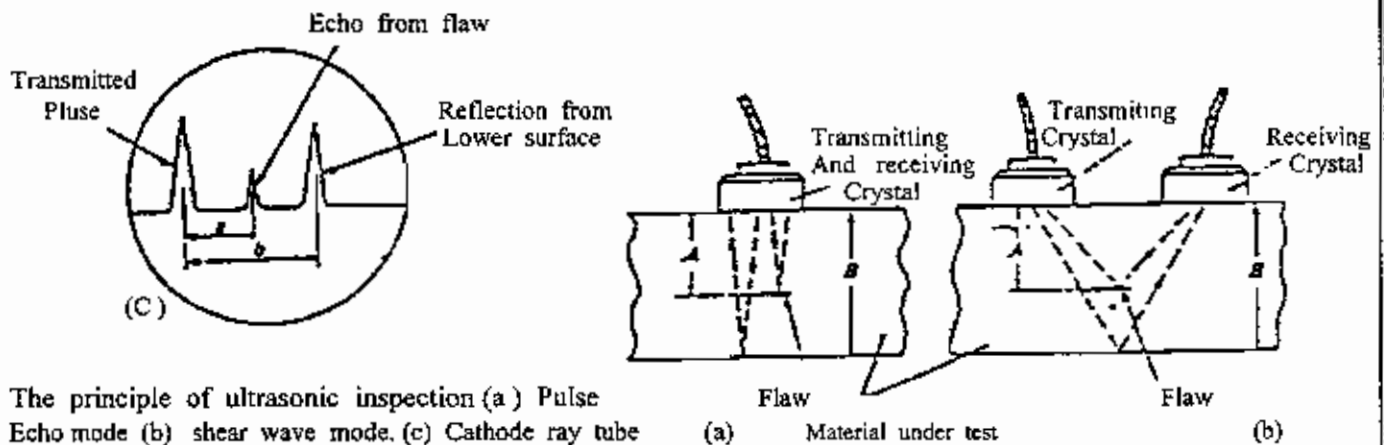
برای بازرسی درز جوشهای خطوط لوله، پلها، مخازن تحت فشار، اسکلت‌های فلزی و سایر اتصالات از دستگاه‌های مافوق صوتی قابل حمل استفاده میشود.

مزیتی که بر راديوگرافی دارد، نیاز به دسترسی فقط از یک طرف میباشد. در مقایسه با پرتونگاری از نظر ضخامت، امواج مافوق صوت حساسیت کمتری دارد.

لایه به لایه بودن را در صورتی که در جهت عمود بر موج باشد خوب آشکار میسازد. ولی پرتونگاری فقط با تابش اشعه در جهت موازی با لایه‌ها عیب را ظاهر میکند. با وجود بر این تفسیر نتایج هم به مهارت و هم مراجعه به بلوکهای استاندارد دارای عیوب معلوم بستگی دارد.

در سیستم عیب یابی با امواج ماوراء صوت بازرسی بدنبال ناهماهنگیهای میگردد که امواج را برگشت داده و یا حالت سایه مانندی برای آنها ایجاد می کنند.

بهر حال بعضی از عیوب مثل دانه بندی‌های درشت و ناهنجاری‌ها و عیوبی نظیر وجود ناخالصی‌ها و ذرات خارجی منظم در یک قطعه اگر اندازه آنها نسبت به طول موج فرستاده شده کوچک باشد، ممکن است تولید انعکاسات منظمی را نمایند. کوتاه کردن طول موج بوسیله اضافه کردن فرکانس باعث جذب بیشتر امواج خواهد شد. در نتیجه، جزئی‌ترین عیوب در ساختمان یک قطعه، بوسیله اندازه‌گیری جذب امواج فرستاده شده در آن قطعه می‌تواند مورد شناسایی و بررسی قرار گیرد.

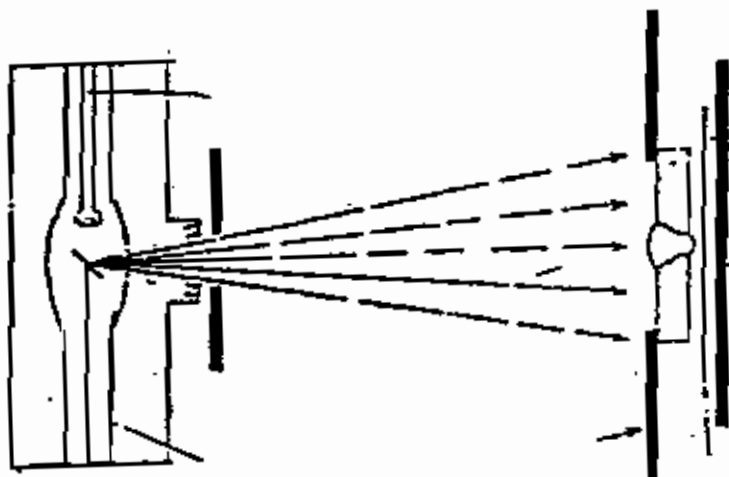


The principle of ultrasonic inspection (a) Pulse Echo mode (b) shear wave mode. (c) Cathode ray tube Display with a linear time base (a : b : A : B)

شکل - بازرسی مافوق صوت (التراسونیک)

رادیوگرافی

برای رادیوگرافی جوشها اشعه ایکس یا گاما را به یک طرف درز جوش تابانیده و در طرف دیگر جوش مطابق شکل فیلم قرار داده میشود.



شکل - رادیوگرافی جوش یا اشعه ایکس

فیلم داخل اکران قرار گرفته مجموعاً در کاستی گذاشته میشود تا اشعه نورانی روی آن موثر واقع نشود. این اشعه از ضخامت فلز گذشته و روی فیلم اثر میگذارد و عکس درز جوش را روی فیلم ثبت مینماید.

عیوب موجود در جوش روی فیلم به آسانی مشاهده میشود. برای تعیین کیفیت پرتونگاری از یک قطعه موسوم به شاخص کیفیت تصویر یا *IQI* کمک گرفته میشود.

این قطعه کمکی میتواند یک قطعه فلز با شیارهای بعمق های معین (پله ای) یا سوراخهای بعمق های معین و یک سری سیم هایی معین و یا نوع دیگر باشد.

IQI در گوشه ای از فیلم قرار داده میشود و تصویر آن به همراه درز جوش روی فیلم منعکس می گردد. مقایسه تاری یا روشنی عیب با تاری یا روشنی *IQI* میتوان به کیفیت پرتونگاری پی برد، ولی برای آنکه معلوم شود عیب در چه عمقی از سطح جوش قرار دارد باید از دو یا چند جهت و با زوایای مختلف پرتونگاری نمود. بوسیله ورقه های سربی میتوان اشعه را متمرکز نموده و از تابش این اشعه بقسمتهای غیر ضروری جلوگیری کرد.

همچنین برای اینکه اشعه پس از عبور از جوش از قسمتهای دیگر که بعد از فیلم قرار دارند نگذرد و انعکاس آنها روی فیلم ثبت نگردد پشت فیلم تیز ورقه نازک سربی قرار داده میشود.

همانطور که میدانید رادیوگرافی یکی از روشهای آزمایش غیرمخرب است که حضور و طبیعت عیوب ماکروسکوپی یا سایر ناپیوستگی را در داخل جوش نشان میدهد.

در این روش از قابلیت نفوذ تشعشعات ایکس و گاما در اجسام (که نسبت به نور معمولی حاجب هستند) استفاده میگردد.

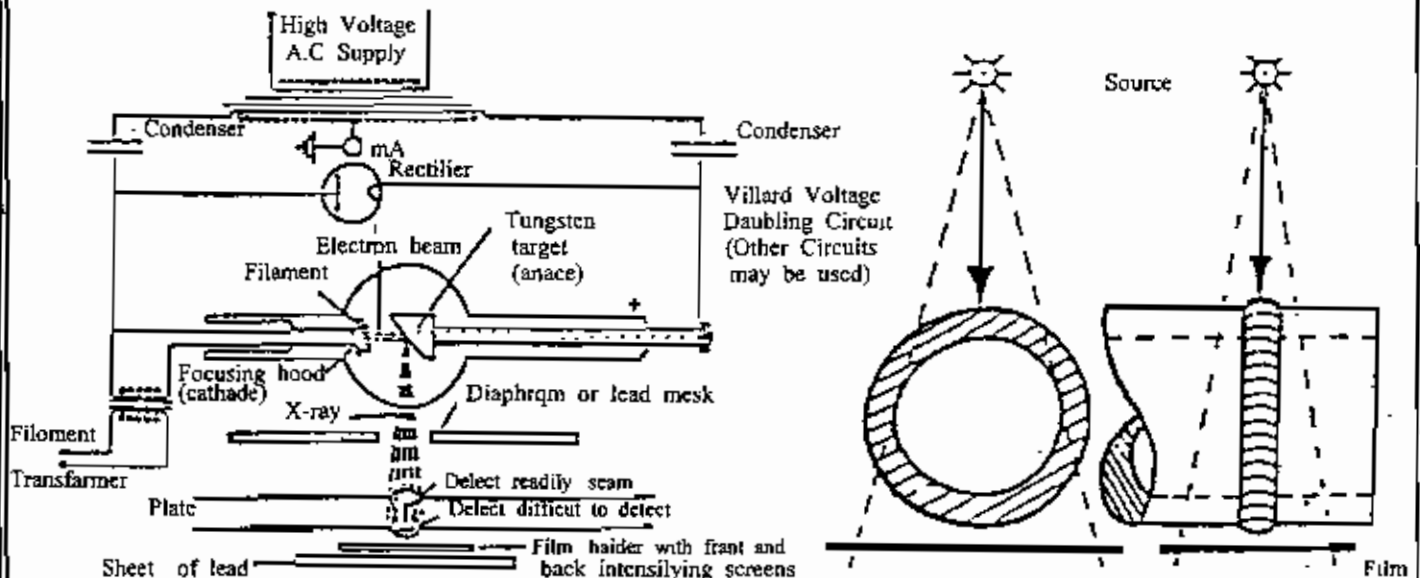
بطور کلی هرچه طول موج کوتاهتر باشد قدرت نفوذ بیشتر است. تمام تشعشع در جوش نفوذ نمی کند بلکه قسمتی از آن جذب میشود. مقدار جذب تابعی از چگالی و ضخامت جوش است. مثلاً اگر حفره ای در جوش وجود داشته باشد، پرتو اشعه از فلز کمتری عبور میکند تا از یک جوش سالم و در نتیجه اشعه جذب شده در ناحیه معیوب تغییر خواهد نمود و این تغییرات روی فیلم حساس به تشعشع ثبت شده و حضور عیب نمودار میگردد. این تصویر را رادیوگراف می نامند.

رادیوگرافهای حاصل از تشعشع اشعه ایکس معمولاً «ایکسوگراف» و رادیوگرافهای حاصل از تابش اشعه گاما «گاماگراف» نامیده می شود.

رادیوگراف مناسب و شایسته آنست که حضور و یا عدم حضور عیب را نشان دهد و در صورت وجود عیب، شکل و موقعیت آنرا بوضوح بنمایاند.

رادیوگرافی مثل بیشتر امور فنی، محدودیتهایی دارد و بکارگیری و فهم درست و تفسیرش نیاز به دانش فن و تصور صحیح عیب و رابطه آن با مشخصه علمی دارد.

آگاهی از جنس و ضخامت فلز مورد پرتونگاری و مطابقت آن با قدرت نفوذ چشمه رادیواکتیو مورد استفاده حائز اهمیت فراوانی است.



X-Ray examination of a weld.
Defects in line with the plane of the X-rays are readily seen. Those

شکل - بازرسی رادیوگرافی با استفاده از اشعه ایکس

شکل - بازرسی رادیوگرافی با استفاده از اشعه گاما