

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فصل سوم

• بازرسی و ارزیابی جوش

مشخصات روش جوشکاری

Welding Procedure Specification

- WPS یا مشخصات روش جوشکاری، عبارت است از یک دستورالعمل به منظور فراهم کردن روش جوشکاری مطابق با ملزومات یک آیین نامه WPS. بایستی تمامی متغیرهای اساسی و غیراساسی را برای هر فرآیند جوشکاری مشخص کند و هر وقت لازم باشد، متغیرهای تکمیلی برای هر فرآیند جوشکاری اعمال شود. معمولاً "مهندسین جوشکاری WPS را به شکل جدولی تهیه می کنند که در آن اطلاعات جزئی مربوط به شرایط جوشکاری برای کاربرد مورد نظر و با قابلیت تکرار و قابل اجرا توسط جوشکاری آموزش دیده، فراهم شده است. یک نمونه از فرم WPS در ضمیمه ارائه شده است

فرم استاندارد دستورالعمل جوشکاری WPS

نام شرکت		شماره تجدیدنظر		تاریخ		توسط	
شماره دستورالعمل		تأییدکننده		تاریخ			
روش جوشکاری		<input type="checkbox"/> دستی		<input type="checkbox"/> نیمه اتوماتیک		<input type="checkbox"/> اتوماتیک	
وضعیت		نوع درز					
جوش شیاری		نوع: <input type="checkbox"/> یکرو <input type="checkbox"/> دو رو		پشت‌بند: <input type="checkbox"/> پله <input type="checkbox"/> خیر			
جوشکاری قائم: سری بالا <input type="checkbox"/> سری پایین <input type="checkbox"/>		معالج پشت‌بند					
خواص الکتریکی		بازشدگی ریشه					
نوع انتقال (GXAW):		زاویه شیاری					
مدار کوتاه <input type="checkbox"/> قطرهای <input type="checkbox"/> پاشیدنی <input type="checkbox"/>		شیارزنی پشت: پله <input type="checkbox"/> خیر <input type="checkbox"/> روش					
جریان: AC <input type="checkbox"/> DCEP <input type="checkbox"/> DCEN <input type="checkbox"/> خسه‌های <input type="checkbox"/>		فلز پایه					
غیره		مشخصات فنی					
الکتروود تنگستن (GTAW):		نوع یا رده					
اندازه		ضخامت					
نوع		معالج الکتروود					
تکنیک جوشکاری		مشخصات فنی AWS					
زنجیری <input type="checkbox"/> زیگ‌زگ <input type="checkbox"/>		رده طبق AWS					
یک‌پاسه <input type="checkbox"/> چندپاسه <input type="checkbox"/>		پوشش					
تعداد الکتروود		نوع پودر					
فواصل الکتروود: طولی		گاز					
عرضی		ترکیب					
زاویه		نوع روکش الکتروود					
فاصله بالنظمه کار							
تمیزی میان پاس		پیش‌گرمایش					
عملیات پس‌گرمایش		دمای پیش‌گرمایش، حداقل					
درجه حرارت		دمای میان پاس، حداقل					
زمان		حدا کثر					
		الکتروود		جریان		هندسه درز	
						mm/min	
عبور		روش جوشکاری		نوع و قطبیت		سرعت حرکت	
۱		رده		آمپراژ		ولتاژ	
۲		قطر		ولتاژ		سرعت حرکت	
۳		زاویه		سرعت حرکت		سرعت حرکت	

**Blank Sample WPS Form (GTAW & SMAW)
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)**

Company Name _____

WPS No. _____

Rev. No. _____ Date _____

Authorized by _____ Date _____

Supporting PQR(s) _____

CVN Report _____

BASE METALS	Specification	Type or Grade	AWS Group No.
Base Material			
Welded To			
Backing Material			
Other			

BASE METAL THICKNESS	As-Welded	With PWHT
CJP Groove Welds		
CJP Groove w/CVN		
PJP Groove Welds		
Fillet Welds		
DIAMETER		

JOINT DETAILS	
Groove Type	
Groove Angle	
Root Opening	
Root Face	
Backgouging	
Method	

JOINT DETAILS (Sketch)

POSTWELD HEAT TREATMENT	
Temperature	
Time at Temperature	
Other	

PROCEDURE								
Weld Layer(s)								
Weld Pass(es)								
Process								
Type (Manual, Mechanized, etc.)								
Position								
Vertical Progression								
Filler Metal (AWS Spec.)								
AWS Classification								
Diameter								
Manufacturer/Trade Name								
Shielding Gas Compos. (GTAW)								
Flow Rate (GTAW)								
Nozzle Size (GTAW)								
Preheat Temperature								
Interpass Temperature								
Electrical Characteristics	—	—	—	—	—	—	—	—
Electrode Diameter (GTAW)								
Current Type & Polarity								
Amps								
Volts								
Cold or Hot Wire Feed (GTAW)								
Travel Speed								
Maximum Heat Input								
Technique	—	—	—	—	—	—	—	—
Stringer or Weave								
Multi or Single Pass (per side)								
Oscillation (GTAW Mech./Auto.)								
Traverse Length								
Traverse Speed								
Dwell Time								
Peening								
Interpass Cleaning								
Other								

3. Prequalification of WPSs

- **3.1 Scope**
- *Prequalification of WPSs (Welding Procedure Specifications) shall be defined as exempt from the WPS qualification testing required in Clause 4.*
- *All prequalified WPSs shall be written.*
- *Welders, welding operators and tack welders that use prequalified WPSs shall be qualified in conformance with Clause 4, Part C or Clause 9, Part D for tubulars*

Table 3.1
Approved Base Metals for Prequalified WPSs (see 3.3)

G r o u p	Steel Specification Requirements					
	Steel Specification	Minimum Yield Point/Strength		Tensile Range		
		ksi	MPa	ksi	MPa	
	ASTM A36	(≤3/4 in [20 mm])	36	250	58–80	400–550
	ASTM A53	Grade B	35	240	60 min.	415 min.
	ASTM A106	Grade B	35	240	60 min.	415 min.
	ASTM A131	Grades A, B, CS, D, DS, E	34	235	58–75	400–520
	ASTM A139	Grade B	35	240	60 min.	415 min.
	ASTM A381	Grade Y35	35	240	60 min.	415 min.
	ASTM A500	Grade A	33	230	45 min.	310 min.
		Grade B	42	290	58 min.	400 min.
		Grade C	46	315	62 min.	425 min.
	ASTM A501	Grade A	36	250	58 min.	400 min.
	ASTM A516	Grade 55	30	205	55–75	380–515
		Grade 60	32	220	60–80	415–550
	ASTM A524	Grade I	35	240	60–85	415–586
		Grade II	30	205	55–80	380–550
	ASTM A573	Grade 65	35	240	65–77	450–530
		Grade 58	32	220	58–71	400–490
I	ASTM A709	Grade 36 (≤3/4 in [20 mm])	36	250	58–80	400–550
	ASTM A1008 SS	Grade 30	30	205	45 min.	310 min.
		Grade 33 Type 1	33	230	48 min.	330 min.
		Grade 40 Type 1	40	275	52 min.	360 min.
	ASTM A1011 SS	Grade 30	30	205	49 min.	340 min.
		Grade 33	33	230	52 min.	360 min.
		Grade 36 Type 1	36	250	53 min.	365 min.
		Grade 40	40	275	55 min.	380 min.
		Grade 45	45	310	60 min.	410 min.
	<u>ASTM A1018 SS</u>	<u>Grade 30</u>	<u>30</u>	<u>205</u>	<u>49 min.</u>	<u>340 min.</u>
		<u>Grade 33</u>	<u>33</u>	<u>230</u>	<u>52 min.</u>	<u>360 min.</u>
		<u>Grade 36</u>	<u>36</u>	<u>250</u>	<u>53 min.</u>	<u>365 min.</u>
		<u>Grade 40</u>	<u>40</u>	<u>275</u>	<u>55 min.</u>	<u>380 min.</u>
	API 5L	Grade B	35	241	60	414
		Grade X42	42	290	60	414
	ABS	Grades A, B, D, CS, DS	34	235	58–75	400–520
		Grade E ^b	34	235	58–75	400–520

(Continued)

Table 3.1 (Continued)
Approved Base Metals for Prequalified WPSs (see 3.3)

G r o u p	Steel Specification Requirements					
	Steel Specification	Minimum Yield Point/Strength		Tensile Range		
		ksi	MPa	ksi	MPa	
II	ASTM A36	(>3/4 in [20 mm])	36	250	58–80	400–550
	ASTM A131	Grades AH32, DH32, EH32	46	315	64–85	440–590
		Grades AH36, DH36, EH36	51	355	71–90	490–620
	ASTM A441		40–50	275–345	60–70	415–485
	<u>ASTM A501</u>	<u>Grade B</u>	<u>50</u>	<u>345</u>	<u>70 min.</u>	<u>485 min.</u>
	ASTM A516	Grade 65	35	240	65–85	450–585
		Grade 70	38	260	70–90	485–620
	ASTM A529	Grade 50	50	345	70–100	485–690
		Grade 55	55	380	70–100	485–690
	ASTM A537	Class 1	45–50	310–345	65–90	450–620
	ASTM A572	Grade 42	42	290	60 min.	415 min.
		Grade 50	50	345	65 min.	450 min.
		Grade 55	55	380	70 min.	485 min.
	ASTM A588 ^b	(4 in [100 mm] and under)	50	345	70 min.	485 min.
	ASTM A595	Grade A	55	380	65 min.	450 min.
		Grades B and C	60	410	70 min.	480 min.
	ASTM A606 ^b		45–50	310–340	65 min.	450 min.
	ASTM A618	Grades Ib, II, III	46–50	315–345	65 min.	450 min.
	ASTM A633	Grade A	42	290	63–83	430–570
		Grades C, D (2-1/2 in [65 mm] and under)	50	345	70–90	485–620
	ASTM A709	Grade 36 (>3/4 in [20 mm])	36	250	58–80	400–550
		Grade 50	50	345	65 min.	450 min.
		Grade 50W ^b	50	345	70 min.	485 min.
		Grade 50S	50–65	345–450	65 min.	450 min.
		Grade HPS 50W ^b	50	345	70 min.	485 min.
	ASTM A710	Grade A, Class 2 (>2 in [50 mm])	50–55	345–380	60–65	415–450
	ASTM A808	(2-1/2 in [65 mm] and under)	42	290	60 min.	415 min.
	ASTM A913	Grade 50	50	345	65 min.	450 min.
	ASTM A992		50–65	345–450	65 min.	450 min.
	ASTM A1008 HSLAS	Grade 45 Class 1	45	310	60 min.	410 min.
Grade 45 Class 2		45	310	55 min.	380 min.	
Grade 50 Class 1		50	340	65 min.	450 min.	
Grade 50 Class 2		50	340	60 min.	410 min.	
Grade 55 Class 1		55	380	70 min.	480 min.	
Grade 55 Class 2		55	380	65 min.	450 min.	
ASTM A1008 HSLAS-F	Grade 50	50	340	60 min.	410 min.	

(Continued)

Table 3.1 (Continued)
Approved Base Metals for Prequalified WPSs (see 3.3)

G r o u p	Steel Specification Requirements					
	Steel Specification		Minimum Yield Point/Strength		Tensile Range	
			ksi	MPa	ksi	MPa
II (Cont'd)	ASTM A1011 HSLAS	Grade 45 Class 1	45	310	60 min.	410 min.
		Grade 45 Class 2	45	310	55 min.	380 min.
		Grade 50 Class 1	50	340	65 min.	450 min.
		Grade 50 Class 2	50	340	60 min.	410 min.
		Grade 55 Class 1	55	380	70 min.	480 min.
		Grade 55 Class 2	55	380	65 min.	450 min.
	ASTM A1011 HSLAS-F	Grade 50	50	340	60 min.	410 min.
	ASTM A1011 SS	Grade 50	50	340	65 min.	450 min.
		Grade 55	55	380	70 min.	480 min.
	ASTM A1018 HSLAS	Grade 45 Class 1	45	310	60 min.	410 min.
		Grade 45 Class 2	45	310	55 min.	380 min.
		Grade 50 Class 1	50	340	65 min.	450 min.
		Grade 50 Class 2	50	340	60 min.	410 min.
		Grade 55 Class 1	55	380	70 min.	480 min.
		Grade 55 Class 2	55	380	65 min.	450 min.
	ASTM A1018 HSLAS-F	Grade 50	50	340	60 min.	410 min.
	ASTM A1085		50-70	345-485	65 min.	450 min.
	API 2H	Grade 42	42	289	62-82	427-565
		Grade 50	50	345	70-90	483-620
	API 2MT1	Grade 50	50	345	65-90	488-620
	API 2W	Grade 42	42-67	290-462	62 min.	427 min.
		Grade 50	50-75	345-517	65 min.	448 min.
		Grade 50T	50-80	345-552	70 min.	483 min.
	API 2Y	Grade 42	42-67	290-462	62 min.	427 min.
		Grade 50	50-75	345-517	65 min.	448 min.
		Grade 50T	50-80	345-552	70 min.	483 min.
	API 5L	Grade X52	52	359	66 min.	455 min.
	ABS	Grades AH32, DH32, EH32	46	315	64-85	440-590
		Grades AH36, DH36, EH36 ^b	51	355	71-90	490-620

(Continued)

Table 3.1 (Continued)
Approved Base Metals for Prequalified WPSs (see 3.3)

G r o u p	Steel Specification Requirements					
	Steel Specification	Minimum Yield Point/Strength		Tensile Range		
		ksi	MPa	ksi	MPa	
III	API 2W	Grade 60	60–90	414–621	75 min.	517 min.
	API 2Y	Grade 60	60–90	414–621	75 min.	517 min.
	ASTM A537	Class 2 ^b	46–60	315–415	70–100	485–690
	ASTM A572	Grade 60	60	415	75 min.	520 min.
		Grade 65	65	450	80 min.	550 min.
	ASTM A633	Grade E ^b	55–60	380–415	75–100	515–690
	ASTM A710	Grade A, Class 2 (≤2 in [50 mm])	60–65	415–450	72 min.	495 min.
	ASTM A710	Grade A, Class 3 (>2 in [50 mm])	60–65	415–450	70–75	485–515
	ASTM A913 ^a	Grade 60	60	415	75 min.	520 min.
		Grade 65	65	450	80 min.	550 min.
	ASTM A1018 HSLAS	Grade 60 Class 2	60	410	70 min.	480 min.
		Grade 70 Class 2	70	480	80 min.	550 min.
	ASTM A1018 HSLAS-F	Grade 60 Class 2	60	410	70 min.	480 min.
		Grade 70 Class 2	70	480	80 min.	550 min.
ASTM A709	Grade HPS 70W	70	485	85–110	585–760	
IV	ASTM A852		70	485	90–110	620–760
	ASTM A913 ^a	Grade 70	70	485	90 min.	620 min.

^a The heat input limitations of 5.7 shall not apply to ASTM A913 Grade 60, 65, or 70.

^b Special welding materials and WPS (e.g., E80XX-X low-alloy electrodes) may be required to match the notch toughness of base metal (for applications involving impact loading or low temperature), or for atmospheric corrosion and weathering characteristics (see 3.7.3).

Notes:

1. In joints involving base metals of different groups, either of the following filler metals may be used: (1) that which matches the higher strength base metal, or (2) that which matches the lower strength base metal and produces a low-hydrogen deposit. Preheating shall be in conformance with the requirements applicable to the higher strength group.
2. Match API standard 2B (fabricated tubes) according to steel used.
3. When welds are to be stress-relieved, the deposited weld metal shall not exceed 0.05% vanadium.
4. See Tables 2.3 and 9.2 for allowable stress requirements for matching filler metal.
5. Filler metal properties have been moved to nonmandatory Annex T.
6. AWS A5M (SI Units) electrodes of the same classification may be used in lieu of the AWS A5 (U.S. Customary Units) electrode classification.
7. Any of the electrode classifications for a particular Group in Table 3.2 may be used to weld any of the base metals in that Group in Table 3.1.

Table 3.2
Filler Metals for Matching Strength to Table 3.1,
Groups I, II, III, and IV Metals—SMAW and SAW (see 3.3)

Base Metal Group	AWS Electrode Specification	SMAW		SAW	
		A5.1, Carbon Steel	A5.5 ^a , Low-Alloy Steel	A5.17, Carbon Steel	A5.23 ^c , Low-Alloy Steel
I	AWS Electrode Classification	E60XX	E70XX-X	F6XX-EXXX	F7XX-EXXX-XX
		E70XX		F6XX-ECXXX F7XX-EXXX F7XX-ECXXX	F7XX-ECXXX-XX
II	AWS Electrode Classification	E7015	E7015-X	F7XX-EXXX	F7XX-EXXX-XX
		E7016	E7016-X	F7XX-ECXXX	F7XX-ECXXX-XX
		E7018	E7018-X		
		E7028			
III	AWS Electrode Classification	N/A	E8015-X	N/A	F8XX-EXXX-XX
			E8016-X		F8XX-ECXXX-XX
			E8018-X		
IV	AWS Electrode Classification	N/A	E9015-X	N/A	F9XX-EXXX-XX
			E9016-X		F9XX-ECXXX-XX
			E9018-X		
			E9018M		

(Continued)

- **3.5 Minimum Preheat and Interpass Temperature Requirements**
- *Table 3.3 shall be used to determine the minimum preheat and interpass temperatures for steels listed in the code.*
- **3.5.1 Base Metal/Thickness Combination.** *The minimum preheat or interpass temperature applied to a joint composed of base metals with different minimum preheats from Table 3.3 (based on Category and thickness) shall be the highest of these minimum preheats*

Table 3.3
Prequalified Minimum Preheat and Interpass Temperature (see 3.5)

C a t e g o r y	Steel Specification	Welding Process	Thickness of Thickest Part at Point of Welding		Minimum Preheat and Interpass Temperature	
			in	mm	°F	°C
A	ASTM A36	SMAW with other than low- hydrogen electrodes	1/8 to 3/4 incl.	3 to 20 incl.	32 ^a	0 ^a
	ASTM A53 Grade B					
	ASTM A106 Grade B					
	ASTM A131 Grades A, B, CS, D, DS, E					
	ASTM A139 Grade B					
	ASTM A381 Grade Y35					
	ASTM A500 Grade A					
	Grade B					
	Grade C					
	ASTM A501 Grade A					
	ASTM A516					
	ASTM A524 Grades I & II					
	ASTM A573 Grade 65					
	ASTM A709 Grade 36					
	ASTM A1008 SS Grade 30					
	Grade 33 Type 1					
	Grade 40 Type 1					
	ASTM A1011 SS Grade 30					
Grade 33						
Grade 36 Type 1						
Grade 40						
Grade 45						
Grade 50						
Grade 55						
ASTM A1018 SS Grade 30						
Grade 33						
Grade 36						
Grade 40						
API 5L Grade B						
Grade X42						
ABS Grades A, B, D, CS, DS						
Grade E						
B	ASTM A36	SMAW with low- hydrogen electrodes, SAW, GMAW, FCAW	1/8 to 3/4 incl.	3 to 20 incl.	32 ^a	0 ^a
	ASTM A53 Grade B					
	ASTM A106 Grade B					
	ASTM A131 Grades A, B, CS, D, DS, E AH 32 & 36 DH 32 & 36 EH 32 & 36					
	ASTM A139 Grade B					
	ASTM A381 Grade Y35					
	ASTM A441					
	ASTM A500 Grade A					
	Grade B					
	Grade C					
	ASTM A501 Grades A and B					
	ASTM A516 Grades 55 & 60 65 & 70					
ASTM A524 Grades I & II						
ASTM A529 Grades 50 & 55						

(Continued)

Table 3.3 (Continued)
Prequalified Minimum Preheat and Interpass Temperature (see 3.5)

C a t e g o r y	Steel Specification	Welding Process	Thickness of Thickest Part at Point of Welding		Minimum Preheat and Interpass Temperature		
			in	mm	°F	°C	
B (Cont'd)	ASTM A537	Classes 1 & 2					
	ASTM A572	Grades 42, 50, 55					
	ASTM A573	Grade 65					
	ASTM A588						
	ASTM A595	Grades A, B, C					
	ASTM A606						
	ASTM A618	Grades Ib, II, III					
	ASTM A633	Grades A, B Grades C, D					
	ASTM A709	Grades 36, 50, 50S, 50W, HPS 50W					
	ASTM A710	Grade A, Class 2 (>2 in [50 mm])					
	ASTM A808						
	ASTM A913 ^b	Grade 50					
	ASTM A992						
	ASTM A1008 HSLAS	Grade 45 Class 1 Grade 45 Class 2 Grade 50 Class 1 Grade 50 Class 2 Grade 55 Class 1 Grade 55 Class 2	SMAW with low- hydrogen electrodes, SAW, GMAW, FCAW	1/8 to 3/4 incl.	3 to 20 incl.	32 ^a	0 ^a
	ASTM A1008 HSLAS-F	Grade 50		Over 3/4 thru 1-1/2 incl.	Over 20 thru 38 incl.	50	10
	ASTM A1011 HSLAS	Grade 45 Class 1 Grade 45 Class 2 Grade 50 Class 1 Grade 50 Class 2 Grade 55 Class 1 Grade 55 Class 2		Over 1-1/2 thru 2-1/2 incl.	Over 38 thru 65 incl.	150	65
	ASTM A1011 HSLAS-F	Grade 50		Over 2-1/2	Over 65	225	110
	ASTM A1018 HSLAS	Grade 45 Class 1 Grade 45 Class 2 Grade 50 Class 1 Grade 50 Class 2 Grade 55 Class 1 Grade 55 Class 2					
	ASTM A1018 HSLAS-F	Grade 50					
	ASTM A1018 SS	Grade 30 Grade 33 Grade 36 Grade 40					
	ASTM 1085						
	API 5L	Grade B Grade X42					
	API Spec. 2H	Grades 42, 50					
	API 2MT1	Grade 50					
	API 2W	Grades 42, 50, 50T					
	API 2Y	Grades 42, 50, 50T					
	ABS	Grades AH 32 & 36 Grades DH 32 & 36 Grades EH 32 & 36					

(Continued)

Table 3.3 (Continued)
Prequalified Minimum Preheat and Interpass Temperature (see 3.5)

C a t e g o r y	Steel Specification		Welding Process	Thickness of Thickest Part at Point of Welding		Minimum Preheat and Interpass Temperature	
				in	mm	°F	°C
C	ASTM A572	Grades 60, 65	SMAW with low-hydrogen electrodes, SAW, GMAW, FCAW	1/8 to 3/4 incl.	3 to 20 incl.	50	10
	ASTM A633	Grade E					
	ASTM A913 ^b	Grades 60, 65, 70					
	ASTM A710	Grade A, Class 2 (≤2 in [50 mm])		Over 3/4 thru 1-1/2 incl.	Over 20 thru 38 incl.	150	65
	ASTM A710	Grade A, Class 3 (>2 in [50 mm])					
	ASTM A709 ^c	Grade HPS 70W		Over 1-1/2 thru 2-1/2 incl.	Over 38 thru 65 incl.	225	110
	ASTM A852 ^c						
	ASTM A1018 HSLAS	Grade 60 Class 2 Grade 70 Class 2					
	ASTM A1018 HSLAS-F	Grade 60 Class 2 Grade 70 Class 2					
	API 2W	Grade 60		Over 2-1/2	Over 65	300	150
	API 2Y	Grade 60					
API 5L	Grade X52						
D	ASTM A710	Grade A (All classes)	SMAW, SAW, GMAW, and FCAW with electrodes or electrode-flux combinations capable of depositing weld metal with a maximum diffusible hydrogen content of 8 ml/100 g (H8), when tested according to AWS A4.3.	All thicknesses ≥ 1/8 in [3 mm]	32 ^a	0 ^a	
	ASTM A913 ^b	Grades 50, 60, 65					

^a When the base metal temperature is below 32°F [0°C], the base metal shall be preheated to a minimum of 70°F [20°C] and the minimum interpass temperature shall be maintained during welding.

^b The heat input limitations of 5.7 shall not apply to ASTM A913.

^c For ASTM A709 Grade HPS 70W and ASTM A852, the maximum preheat and interpass temperatures shall not exceed 400°F [200°C] for thicknesses up to 1-1/2 in [40 mm], inclusive, and 450°F [230°C] for greater thicknesses.

Notes:

1. For modification of preheat requirements for SAW with parallel or multiple electrodes, see 3.5.2.
2. See 5.11.2 and 5.6 for ambient and base metal temperature requirements.

• 3.6 Limitation of WPS Variables

- *All prequalified WPSs to be used shall be prepared by the manufacturer, fabricator, or Contractor as written prequalified WPSs. The written WPS may follow any convenient format (see Annex M for examples).*
- *The welding parameters set forth in Table 3.6 shall be specified on the written WPS, and for variables with limits, within the range shown.*
- *Changes to the essential variables beyond those permitted by Table 3.7 shall require a new or revised prequalified WPS, or shall require that the WPS be qualified by test in accordance with Clause 4.*

Table 3.6
Prequalified WPS Requirements^f (see 3.7)

Variable	Position	Weld Type	SMAW	SAW ^d			GMAW/ FCAW ^g
				Single	Parallel	Multiple	
Maximum Electrode Diameter	Flat	Fillet ^a	5/16 in [8.0 mm]	1/4 in [6.4 mm]			1/8 in [3.2 mm]
		Groove ^a	1/4 in [6.4 mm]				
		Root pass	3/16 in [4.8 mm]				
	Horizontal	Fillet	1/4 in [6.4 mm]	1/4 in [6.4 mm]			1/8 in [3.2 mm]
		Groove	3/16 in [4.8 mm]	Requires WPS Qualification Test			
	Vertical	All	3/16 in [4.8 mm] ^b				3/32 in [2.4 mm]
Overhead	All	3/16 in [4.8 mm] ^b	5/64 in [2.0 mm]				
Maximum Current	All	Fillet	Within the range of recommended operation by the filler metal manufacturer	1000 A	1200A	Unlimited	Within the range of recommended operation by the filler metal manufacturer
	All	Groove weld root pass with opening		600A	700A		
		Groove weld root pass without opening			900A		
		Groove weld fill passes			1200A		
		Groove weld cap pass			Unlimited		
Maximum Root Pass Thickness ^d	Flat	All	3/8 in [10 mm]	Unlimited			3/8 in [10 mm]
Horizontal	5/16 in [8 mm]		5/16 in [8 mm]				
Vertical	1/2 in [12 mm]		1/2 in [12 mm]				
Overhead	5/16 in [8 mm]		5/16 in [8 mm]				
Maximum Fill Pass Thickness	All	All	3/16 in [5 mm]	1/4 in [6 mm]	Unlimited		1/4 in [6 mm]
Maximum Single Pass Fillet Weld Size ^e	Flat	Fillet	3/8 in [10 mm]	Unlimited			1/2 in [12 mm]
	Horizontal		5/16 in [8 mm]	5/16 in [8 mm]	5/16 in [8 mm]	1/2 in [12 mm]	3/8 in [10 mm]
	Vertical		1/2 in [12 mm]				1/2 in [12 mm]
	Overhead		5/16 in [8 mm]				5/16 in [8 mm]
Maximum Single Pass Layer Width	All (for GMAW/ FCAW) F & H (for SAW)	Root opening > 1/2 in [12 mm], or		Split layers	Laterally displaced electrodes or split layer	Split layers	Split layers
		Any layer of width w		Split layers if w > 5/8 in [16 mm]	Split layers with tandem electrodes if w > 5/8 in [16 mm]	If w > 1 in [25 mm], split layers	(Note e)

^a Except root passes.

^b 5/32 in [4.0 mm] for EXX14 and low-hydrogen electrodes.

^c See 3.7.3 for requirements for welding unpainted and exposed ASTM A588.

^d See 3.7.2 for width-to-depth limitations.

^e In the F, H, or OH positions for nontubulars, split layers when the layer width w > 5/8 in [16 mm]. In the vertical position for nontubulars or the flat, horizontal, vertical, and overhead positions for tubulars, split layers when the width w > 1 in [25 mm].

^f Shaded area indicates nonapplicability.

^g GMAW-S shall not be prequalified.

Table 3.7
Prequalified WPS Variables (see 3.6 and 3.7)

Prequalified WPS Variable	Process			
	SMAW	SAW	GMAW	FCAW
General				
1) A change in welding process(es) ^a	X	X	X	X
2) A change in welding position(s)	X	X	X	X
Base Metal				
3) A change in base metal group number(s) (see Table 3.1)	X	X	X	X
4) A change in the base metal preheat category (see Table 3.3)	X	X	X	X
Filler Metal				
5) A change in electrode classification(s)	X	X	X	X
6) A change in electrode/flux classification(s)		X		
7) A change in nominal electrode diameter(s)	X	X	X	X
8) A change in the number of electrodes		X		
Process Parameters				
9) A change in amperage		> 10% increase or decrease	> 10% increase or decrease	> 10% increase or decrease
10) A change in type of current (ac or dc) or polarity	X	X	X	X
11) A change in the mode of transfer			X	
12) A change in voltage		> 15% increase or decrease	> 15% increase or decrease	> 15% increase or decrease
13) A change in wire feed speed (if not amperage controlled)		> 10% increase or decrease	> 10% increase or decrease	> 10% increase or decrease
14) A change in travel speed		> 25% increase or decrease	> 25% increase or decrease	> 25% increase or decrease
Shielding Gas				
15) A change in the nominal composition of shielding gas			X	X (for FCAW-G only)
16) A decrease in shielding gas flow rate			> 25%	> 25% (for FCAW-G only)
17) An increase in the gas flow rate			> 50%	> 50% (for FCAW-G only)

(Continued)

Table 3.7 (Continued)
Prequalified WPS Variables (see 3.6 and 3.7)

Prequalified WPS Variable	Process			
	SMAW	SAW	GMAW	FCAW
SAW Parameters				
18) A change in the longitudinal spacing of arcs		> 10% or 1/8 in [3 mm], whichever is greater		
19) A change in the lateral spacing of arcs		> 10% or 1/8 in [3 mm], whichever is greater		
20) A change in the angular orientation of parallel electrodes		Increase or decrease > 10°		
21) For mechanized or automatic SAW, a change in the angle <u>parallel to the direction of travel</u> of the electrode		Increase or decrease > 10°		
22) For mechanized or automatic SAW, a change in the angle of electrode normal to the direction of travel		Increase or decrease > 15°		
Weld Details				
23) A change in the weld configuration (e.g., a fillet to a CJP groove weld, etc.)	X	X	X	X
24) A change in groove weld detail(s) as shown in Figures <u>3.2, 3.3, and 3.6</u>	X	X	X	X
Thermal				
25) A change in PWHT (the addition of, deletion of) ^a	X	X	X	X

^aA separate WPS shall be required when this variable is changed.

Note: An "X" indicates applicability for the process; a shaded block indicates nonapplicability.

- **3.7 General WPS Requirements**

- *All the requirements of Table 3.6 shall be met for prequalified WPSs.*
- **3.7.1 Vertical-Up Welding Requirements.** *The progression for all passes in vertical position welding shall be upward, with the following exceptions:*
 - *(1) Undercut may be repaired vertically downwards when preheat is in conformance with Table 3.3, but not lower than 70°F [20°C].*
 - *(2) When tubular products are welded, the progression of vertical welding may be upwards or downwards, but only in the direction(s) for which the welder is qualified.*
- **3.7.2 Width/Depth Pass Limitation.** *Neither the depth nor the maximum width in the cross section of weld metal deposited in each weld pass shall exceed the width at the surface of the weld pass (see Figure 3.1).*

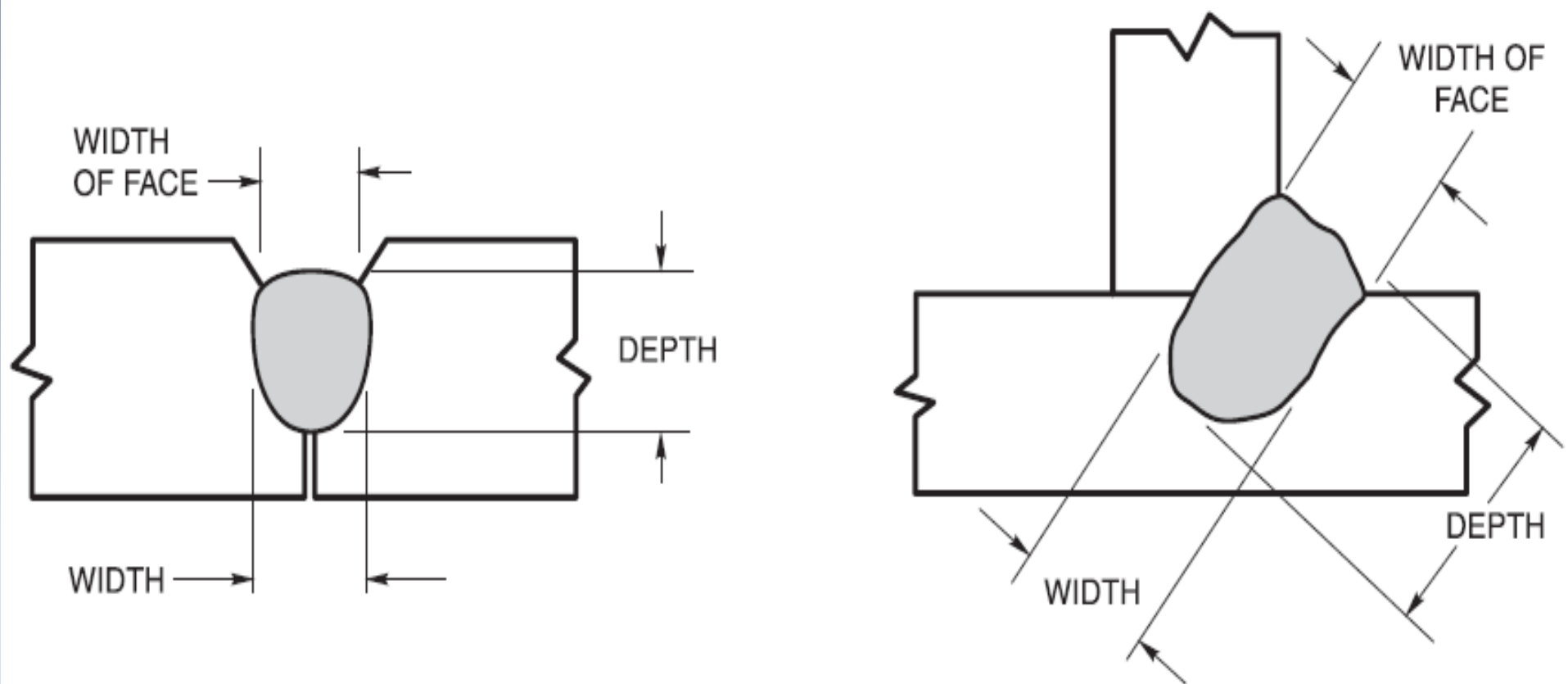


Figure 3.1—Weld Bead in which Depth and Width Exceed the Width of the Weld Face (see 3.7.2)

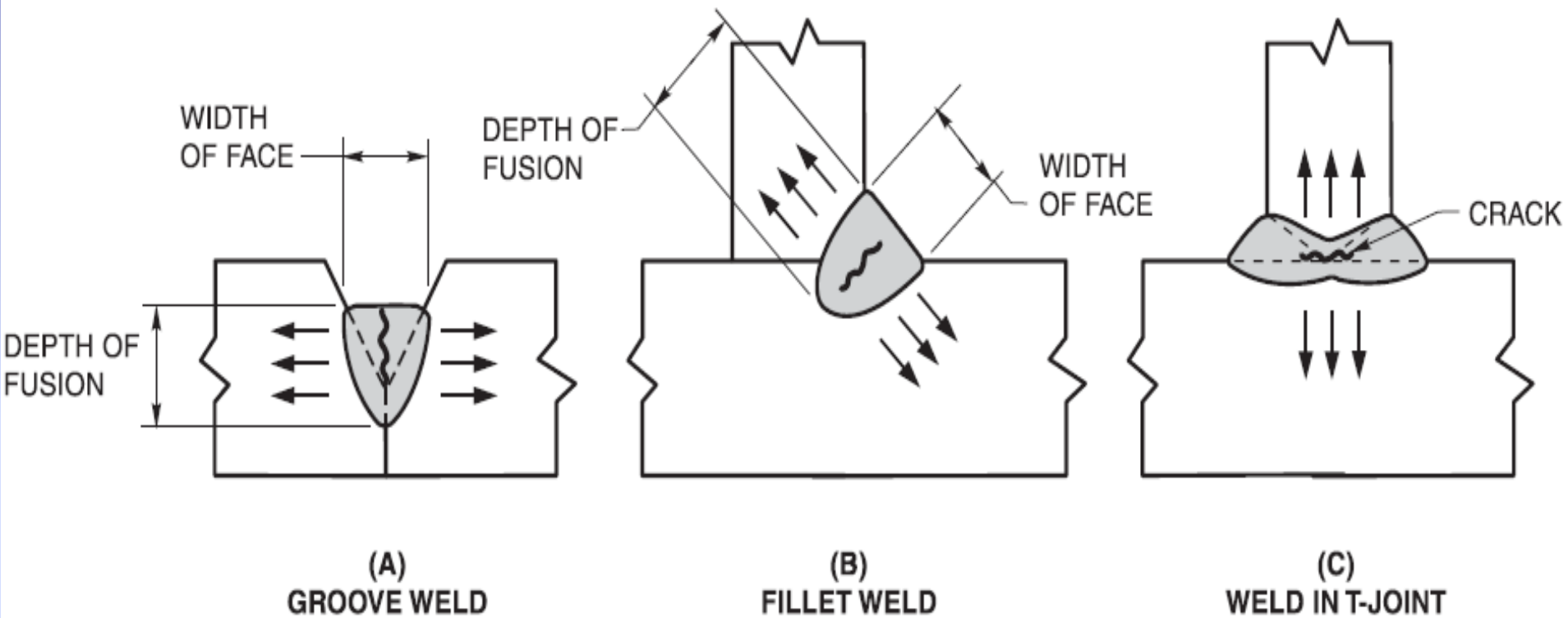


Figure C-3.2—Examples of Centerline Cracking (see C-3.7.2)

• **3.9 Fillet Weld Requirements**

- *See Table 5.7 for minimum fillet weld sizes and Figure 3.5 for prequalified fillet weld joint details.*
- **3.9.1 Details (Nontubular).** *See Figures 2.1 and 2.4 for the limitations for prequalified fillet welds.*
- **3.9.2 Skewed T-Joints.** *Skewed T-joints shall be in conformance with Figure 3.4.*
- **3.9.2.1 Dihedral Angle Limitations.** *The obtuse side of skewed T-joints with dihedral angles greater than 100° shall be prepared as shown in Figure 3.4, Detail C, to allow placement of a weld of the required size. The amount of machining or grinding, etc., of Figure 3.4, Detail C, should not be more than that required to achieve the required weld size (W).*
- **3.9.2.2 Minimum Weld Size for Skewed T-Joints.** *For skewed T-joints, the minimum weld size for Details A, B, and C in Figure 3.4 shall be in conformance with Table 5.7.*

Table 5.7
Minimum Fillet Weld Sizes (see 5.13)

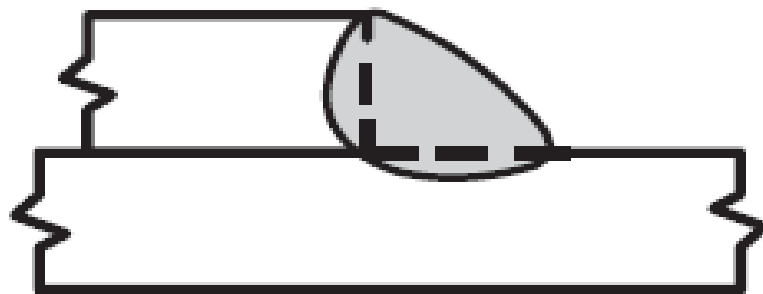
Base Metal Thickness (T) ^a		Minimum Size of Fillet Weld ^b	
in	mm	in	mm
$T \leq 1/4$	$T \leq 6$	$1/8^c$	3^c
$1/4 < T \leq 1/2$	$6 < T \leq 12$	$3/16$	5
$1/2 < T \leq 3/4$	$12 < T \leq 20$	$1/4$	6
$3/4 < T$	$20 < T$	$5/16$	8

^a For nonlow-hydrogen processes without preheat calculated in conformance with 4.8.4, T equals thickness of the thicker part joined; single-pass welds shall be used.

For nonlow-hydrogen processes using procedures established to prevent cracking in conformance with 4.8.4 and for low-hydrogen processes, T equals thickness of the thinner part joined; single-pass requirement shall not apply.

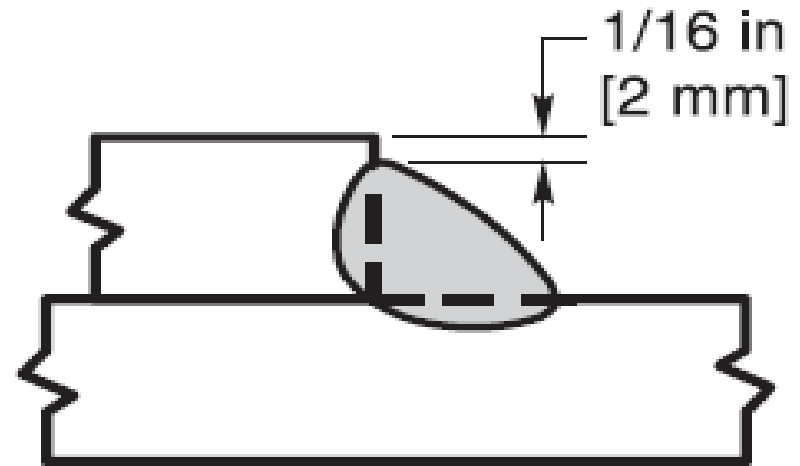
^b Except that the weld size need not exceed the thickness of the thinner part joined.

^c Minimum size for cyclically loaded structures shall be 3/16 in [5 mm].



BASE METAL LESS THAN
1/4 in [6 mm] THICK

(A)

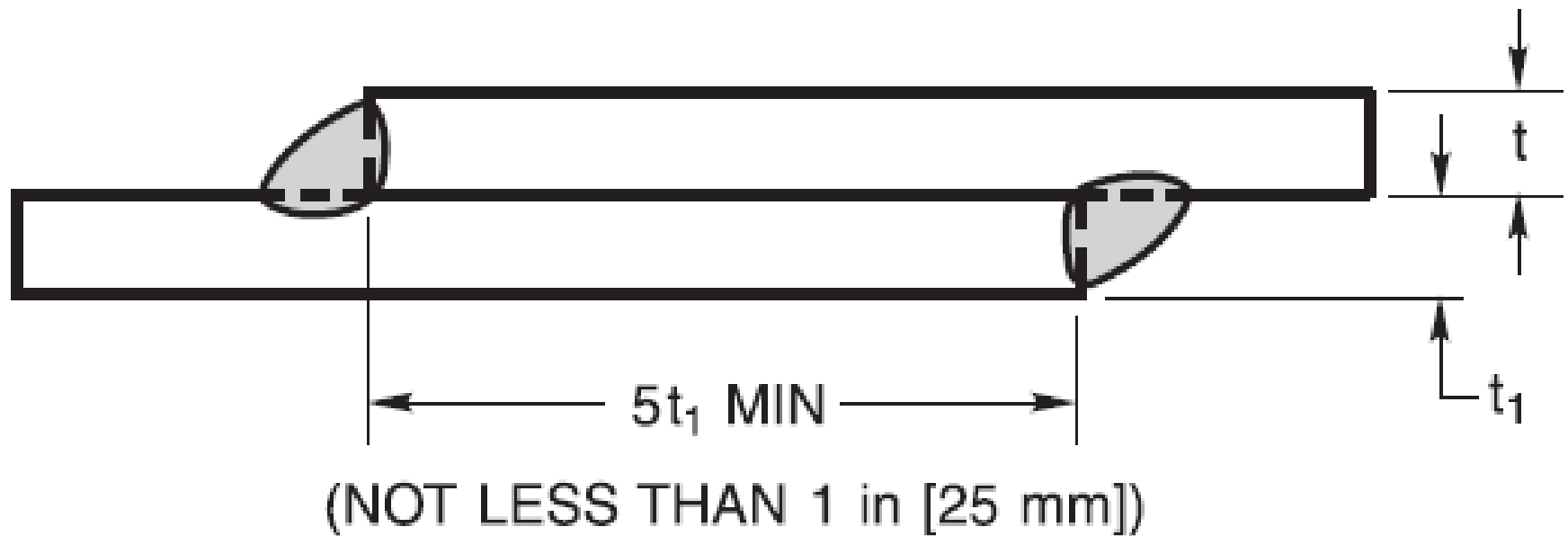


BASE METAL 1/4 in [6 mm]
OR MORE IN THICKNESS

(B)

MAXIMUM DETAILED SIZE OF FILLET WELD ALONG EDGES

**Figure 2.1—Maximum Fillet Weld Size
Along Edges in Lap Joints (see 2.4.2.9)**



Note: t = thicker member, t_1 = thinner member.

Figure 2.4—Transversely Loaded Fillet Welds (see 2.9.9.1 and 2.9.1.2)

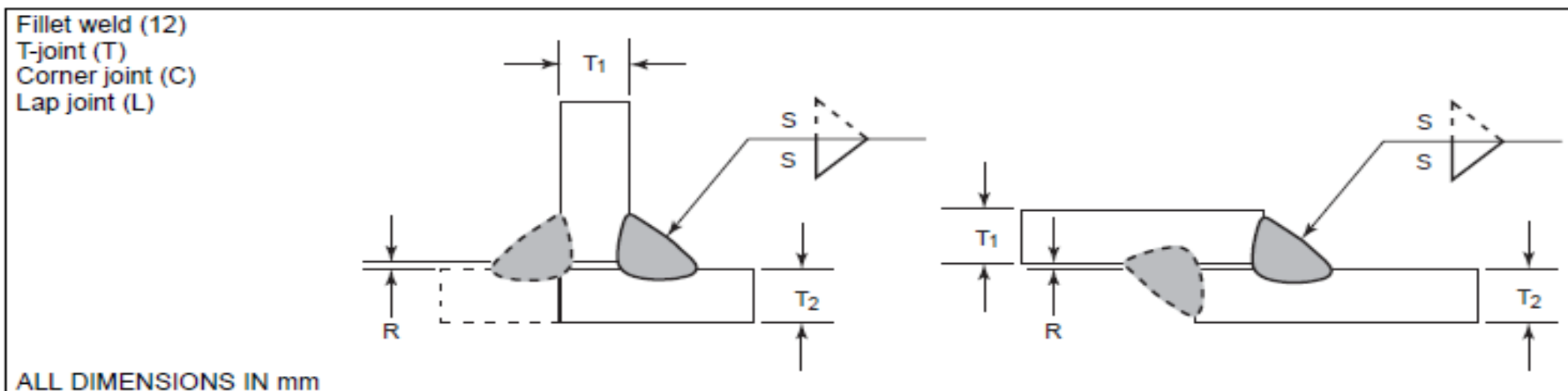
Notes for Figure 3.5

^a Fillet weld size ("S"). See 2.4.2.8 and Clause 5.14 for minimum fillet weld sizes. See Table 3.7 for maximum single pass size.

^b See 5.22.1 for additional fillet weld assembly requirements or exceptions.

^c See 2.4.2.9 for maximum weld size in lap joints.

^d Perpendicularity of the members shall be within $\pm 10^\circ$.

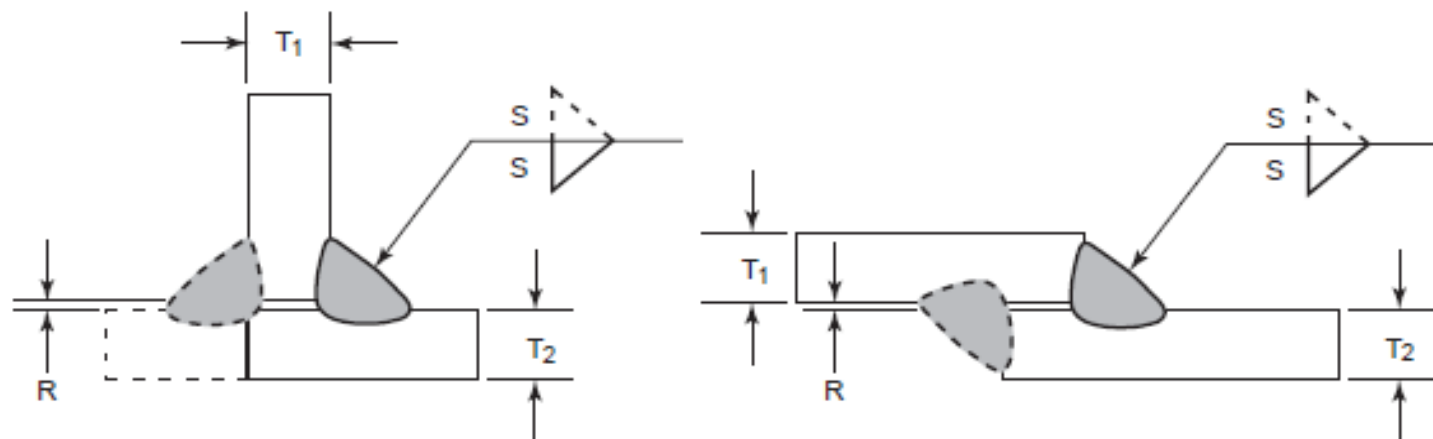


ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness T_1 or T_2	Joint Design/Geometry			Allowed Welding Positions	Notes
			Root Opening	Tolerances			
				As Detailed	As Fit-Up		
SMAW	TC-F12	<3	R = 0	+1/16, -0	3/16 max.	All	a, b, d
	TC-F12a	≥ 3			5/16 max.		a, b, d
	L-F12	<3			3/16 max.		a, b, c
	L-F12a	≥ 3			5/16 max.		a, b, c
FMAW FCAW	TC-F12-GF	<3	R = 0	+1/16, -0	3/16 max.	All	a, b, d
	TC-F12a-GF	≥ 3			5/16 max.		a, b, d
	L-F12-GF	<3			3/16 max.		a, b, c
	L-F12a-GF	≥ 3			5/16 max.		a, b, c
SAW	TC-F12-S	<3	R = 0	+1/16, -0	3/16 max.	F, H	a, b, d
	TC-F12a-S	≥ 3			5/16 max.		a, b, d
	L-F12-S	<3			3/16 max.		a, b, c
	L-F12a-S	≥ 3			5/16 max.		a, b, c

**Figure 3.5—Prequalified Fillet Weld Joint Details
(Dimensions in Inches) (see 3.9)**

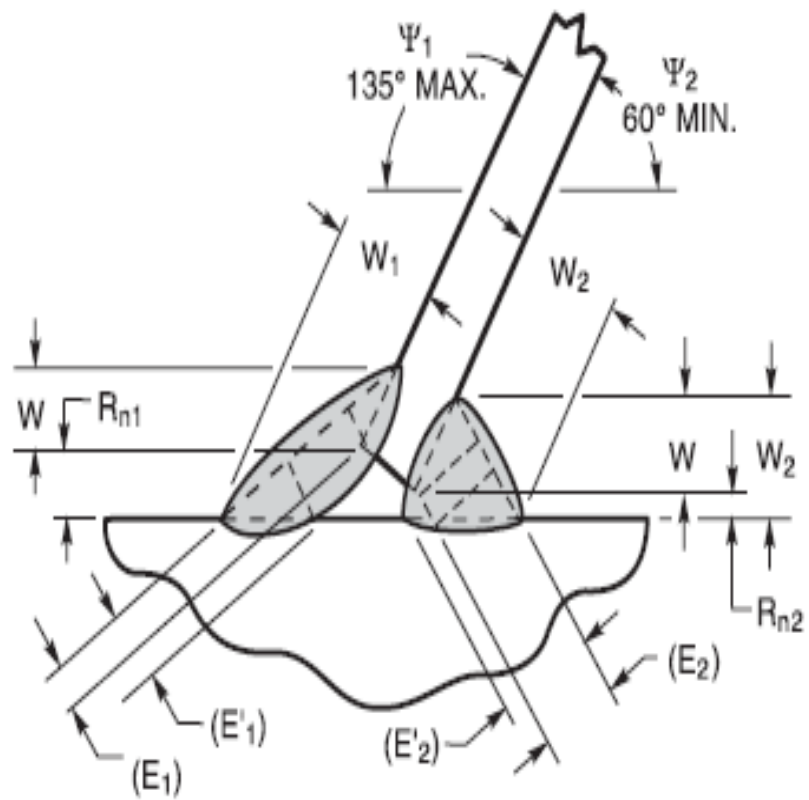
Fillet weld (12)
 T-joint (T)
 Corner joint (C)
 Lap joint (L)



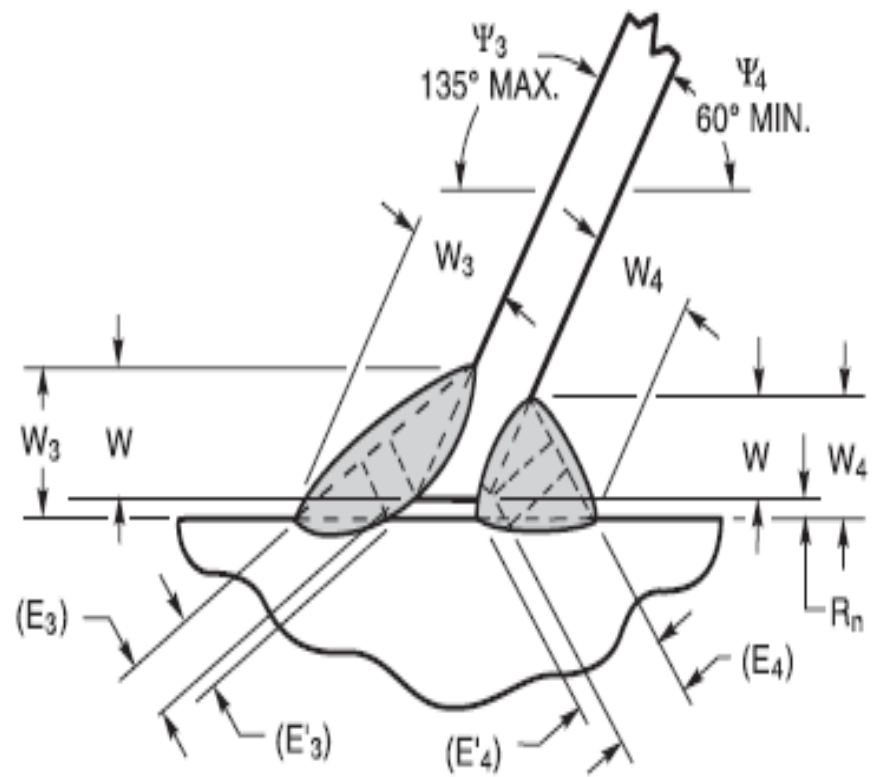
ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness	Joint Design/Geometry			Allowed Welding Positions	Notes
		T ₁ or T ₂	Root Opening	Tolerances			
				As Detailed	As Fit-Up		
SMAW	TC-F12	<75	R = 0	+2, -0	5 max.	All	a, b, d
	TC-F12a	≥75			8 max.		a, b, d
	L-F12	<75			5 max.		a, b, c
	L-F12a	≥75			8 max.		a, b, c
FMAW FCAW	TC-F12-GF	<75	R = 0	+2, -0	5 max.	All	a, b, d
	TC-F12a-GF	≥75			8 max.		a, b, d
	L-F12-GF	<75			5 max.		a, b, c
	L-F12a-GF	≥75			8 max.		a, b, c
SAW	TC-F12-S	<75	R = 0	+2, -0	5 max.	F, H	a, b, d
	TC-F12a-S	≥75			8 max.		a, b, d
	L-F12-S	<75			5 max.		a, b, c
	L-F12a-S	≥75			8 max.		a, b, c

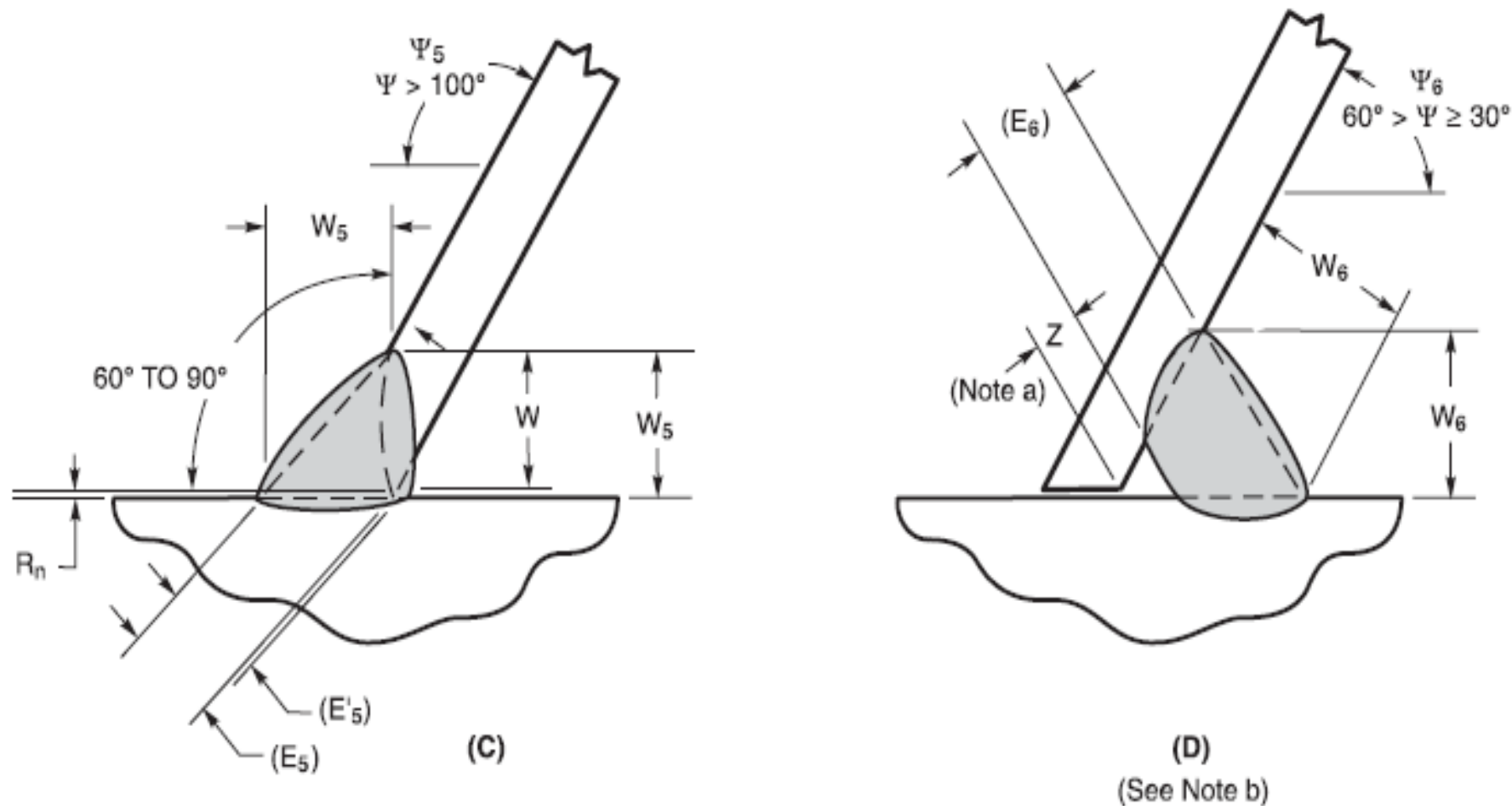
**Figure 3.5 (Continued)—Prequalified Fillet Weld Joint Details
 (Dimensions in Millimeters) (see 3.9)**



(A)



(B)



^a Detail (D). Apply Z loss dimension of Table 2.2 to determine effective throat.

^b Detail (D) shall not be prequalified for under 30° . For welder qualifications, see Table 4.10.

Notes:

1. (E_n) , (E'_n) = Effective throats dependent on magnitude of root opening (R_n) (see 5.21.1). (n) represents 1 through 5.
2. t = thickness of thinner part
3. Not prequalified for GMAW-S or GTAW.

Figure 3.4—Prequalified Skewed T-Joint Details (Nontubular) (see 3.9.2)

- ***3.11 Common Requirements of PJP and CJP Groove Welds***

- ***3.11.1 FCAW/GMAW in SMAW Joints. Groove preparations detailed for prequalified SMAW joints may be used for prequalified GMAW or FCAW.***
- ***3.11.2 Corner Joint Preparation. For corner joints, the outside groove preparation may be in either or both members, provided the basic groove configuration is not changed and adequate edge distance is maintained to support the welding operations without excessive melting.***

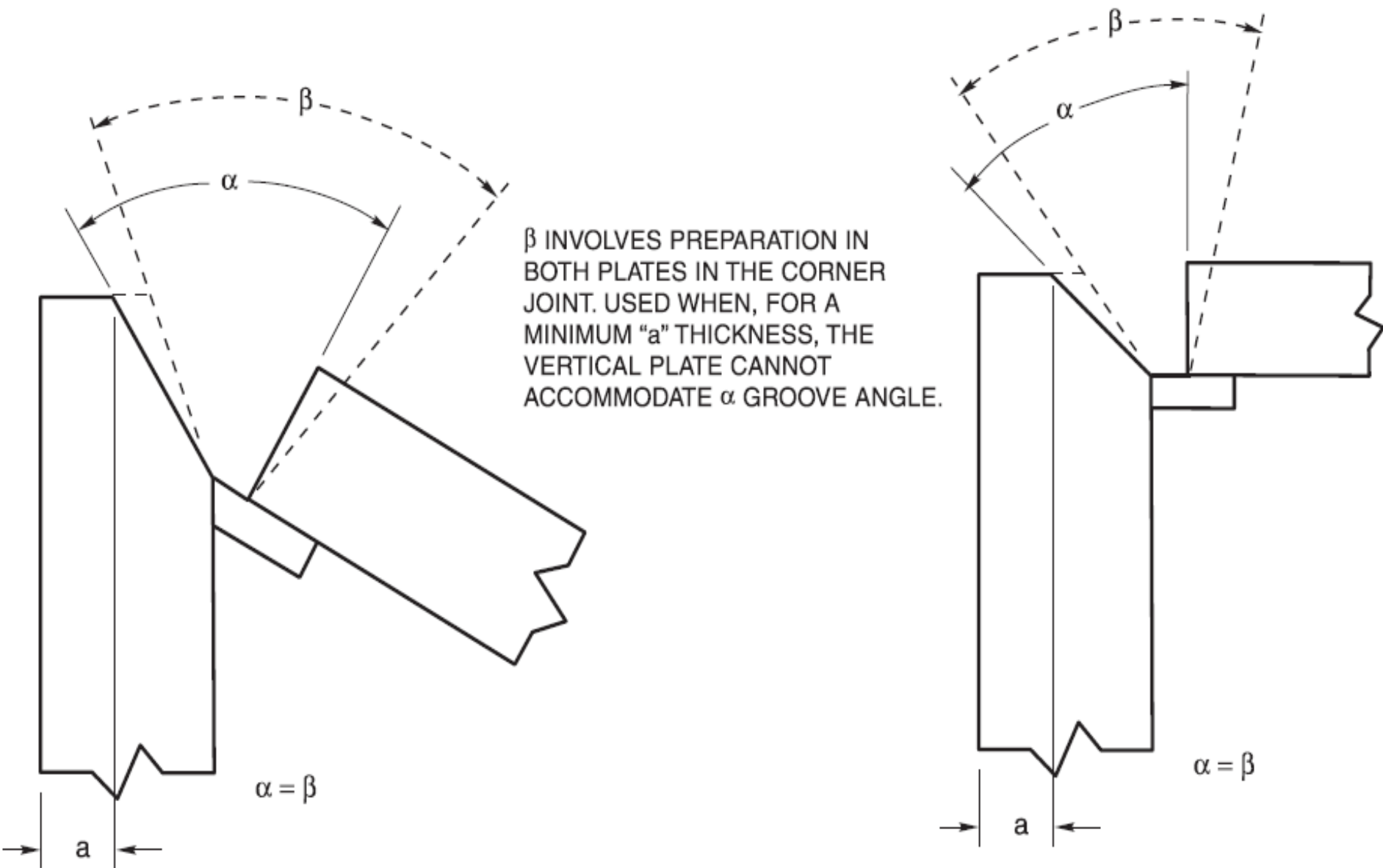


Figure C-3.3—Details of Alternative Groove Preparations for Prequalified Corner Joints (see C-3.11.2)

- **3.11.3 Root Openings.** *Joint root openings may vary as noted in 3.12.3 and 3.13.1. However, for automatic or mechanized welding using FCAW, GMAW, and SAW processes, the maximum root opening variation (minimum to maximum opening as fit-up) may not exceed 1/8 in [3 mm]. Variations greater than 1/8 in [3 mm] shall be locally corrected prior to automatic or mechanized welding.*

- **3.12 PJP Requirements**

- *PJP groove welds shall be made using the joint details described in Figure 3.2. The joint dimensional limitations described in 3.12.3 shall apply.*
- **3.12.1 Definition.** *Except as provided in 9.11.2 and Figure 3.3 (B-L1-S), groove welds without steel backing, welded from one side, and groove welds welded from both sides, but without back gouging, are considered PJP groove welds.*

- **3.12.2 Weld Size.** *The weld size (E) of a prequalified PJP groove shall be as shown in Figure 3.2 for the particular welding process, joint designation, groove angle, and welding position proposed for use in welding fabrication.*
- **3.12.2.1 Prequalified Weld Sizes**
- *(1) The minimum weld size of PJP single- or double- V, bevel-, J-, and U-groove welds, types 2 through 9, shall be as shown in Table 3.5. The base metal thickness shall be sufficient to incorporate the requirements of the joint details selected, conforming to the variances outlined in 3.12.3 and the requirements of Table 3.5.*
- *(2) The maximum base metal thickness shall not be limited.*
- *(3) The PJP square groove weld B-P1 and flare-bevel groove welds BTC-P10 and B-P11 minimum weld sizes shall be calculated from Figure 3.2.*
- *(4) Shop or working drawings shall specify the design grooves depths “S” applicable for the weld size “(E)” required per 3.12.2. (Note that this requirement shall not apply to the B-P1, BTC-P10, and B-P11 details.)*

Table 3.5
Minimum Prequalified PJP Weld Size (E)
(see 3.12.2.1)

Base Metal Thickness (T) ^a	Minimum Weld Size ^b	
	in	mm
1/8 [3] to 3/16 [5] incl.	1/16	2
Over 3/16 [5] to 1/4 [6] incl.	1/8	3
Over 1/4 [6] to 1/2 [12] incl.	3/16	5
Over 1/2 [12] to 3/4 [20] incl.	1/4	6
Over 3/4 [20] to 1-1/2 [38] incl.	5/16	8
Over 1-1/2 [38] to 2-1/4 [57] incl.	3/8	10
Over 2-1/4 [57] to 6 [150] incl.	1/2	12
Over 6 [150]	5/8	16

^a For nonlow-hydrogen processes without preheat calculated in conformance with 4.8.4, T equals the thickness of the thicker part joined; single pass welds shall be used. For low-hydrogen processes and nonlow-hydrogen processes established to prevent cracking in conformance with 4.8.4, T equals thickness of the thinner part; single pass requirement does not apply.

^b Except that the weld size need not exceed the thickness of the thinner part joined.

• 3.12.3 Joint Dimensions

- *(1) Dimensions of groove welds specified in 3.12 may vary on design or detail drawings within the limits of tolerances shown in the “As Detailed” column in Figure 3.2.*
- *(2) Fit-up tolerances of Figure 3.2 may be applied to the dimensions shown on the detail drawing. However, the use of fit-up tolerances does not exempt the user from meeting the minimum weld size requirements of 3.12.2.1.*
- *(3) J- and U-grooves may be prepared before or after assembly.*

• **3.13 CJP Groove Weld Requirements**

- *CJP groove welds which may be used without performing the WPS qualification test described in Clause 4 shall be as detailed in Figure 3.3 and are subject to the limitations described in 3.13.1.*
- **3.13.1 Joint Dimensions.** *Dimensions of groove welds specified in 3.13 may vary on design or detail drawings within the limits or tolerances shown in the “As Detailed” column in Figure 3.3. Fit-up tolerance of Figure 3.3 may be applied to the dimension shown on the detail drawing.*
- **3.13.2 Backing.** *Prequalified CJP groove welds made from one side only, except as allowed for tubular structures, shall have steel backing.*
- **3.13.2.1** *Prequalified CJP groove welds detailed without steel backing or spacers may use backing other than steel as listed in 5.9.3 when the following conditions are met:*
 - *(1) The backing is removed after welding, and,*
 - *(2) The back side of the weld is backgouged to sound metal and back welded.*

- *Welding procedures for joints welded with backing other than steel in which the weld is to be left in the as-welded condition without backgouging and welding from the other side are not prequalified.*
- **3.13.3 Double-Sided Groove Preparation.** *J- and U-grooves and the other side of partially welded double-V and double-bevel grooves may be prepared before or after assembly. After backgouging, the other side of partially welded double-V or double-bevel joints should resemble a prequalified U- or J-joint configuration at the joint root.*

Legend for Figures 3.2 and 3.3

Symbols for joint types

- B — butt joint
 - C — corner joint
 - T — T-joint
 - BC — butt or corner joint
 - TC — T- or corner joint
 - BTC — butt, T-, or corner joint
-

Symbols for base metal thickness and penetration

- P — PJP
 - L — limited thickness-CJP
 - U — unlimited thickness-CJP
-

Symbol for weld types

- 1 — square-groove
 - 2 — single-V-groove
 - 3 — double-V-groove
 - 4 — single-bevel-groove
 - 5 — double-bevel-groove
 - 6 — single-U-groove
 - 7 — double-U-groove
 - 8 — single-J-groove
 - 9 — double-J-groove
 - 10 — flare-bevel-groove
 - 11 — flare-V-groove
-

Symbols for welding processes if not SMAW

- S — SAW
 - G — GMAW
 - F — FCAW
-

Welding processes

- SMAW — shielded metal arc welding
 - GMAW — gas metal arc welding
 - FCAW — flux cored metal arc welding
 - SAW — submerged arc welding
-

Welding positions

- F — flat
 - H — horizontal
 - V — vertical
 - OH — overhead
-

Dimensions

- R = Root Opening
 - α, β = Groove Angles
 - f = Root Face
 - r = J- or U-groove Radius
 - S, S₁, S₂ = PJP Groove Weld
Depth of Groove
 - E, E₁, E₂ = PJP Groove Weld
Sizes corresponding to S, S₁, S₂, respectively
-

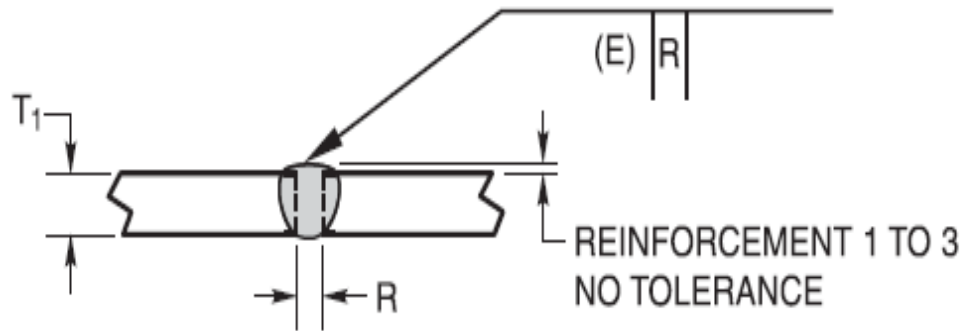
Joint Designation

The lower case letters, e.g., a, b, c, etc., are used to differentiate between joints that would otherwise have the same joint designation.

Notes for Figures 3.2 and 3.3

- ^a Not prequalified for GMAW-S nor GTAW.
- ^b Joint shall be welded from one side only.
- ^c Cyclic load application places restrictions on the use of this detail for butt joints in the flat position (see 2.18.2).
- ^d Backgouge root to sound metal before welding second side.
- ^e SMAW detailed joints may be used for prequalified GMAW (except GMAW-S) and FCAW.
- ^f Minimum weld size (E) as shown in Table 3.5. S as specified on drawings.
- ^g If fillet welds are used in statically loaded structures to reinforce groove welds in corner and T-joints, these shall be equal to T1/4, but need not exceed 3/8 in [10 mm]. Groove welds in corner and T-joints of cyclically loaded structures shall be reinforced with fillet welds equal to T1/4, but need not exceed 3/8 in [10 mm].
- ^h Double-groove welds may have grooves of unequal depth, but the depth of the shallower groove shall be no less than one-fourth of the thickness of the thinner part joined.
- ⁱ Double-groove welds may have grooves of unequal depth, provided these conform to the limitations of Note f. Also the weld size (E) applies individually to each groove.
- ^j The orientation of the two members in the joints may vary from 135° to 180° for butt joints, or 45° to 135° for corner joints, or 45° to 90° for T-joints.
- ^k For corner joints, the outside groove preparation may be in either or both members, provided the basic groove configuration is not changed and adequate edge distance is maintained to support the welding operations without excessive edge melting.
- ^l Weld size (E) shall be based on joints welded flush.
- ^m For flare-V-groove welds and flare-bevel-groove welds to rectangular tubular sections, r shall be as two times the wall thickness.
- ⁿ For flare-V-groove welds to surfaces with different radii r, the smaller r shall be used.
- ^o For corner and T-joints the member orientation may vary from 90° to less than or equal to 170° provided the groove angle and root opening are maintained, and the angle between the groove faces and the steel backing is at least 90°. See Figure 3.6

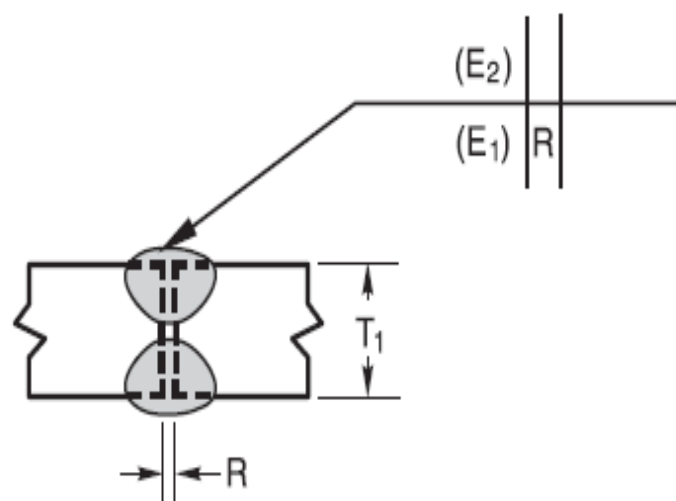
Square-groove weld (1)
Butt joint (B)



ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Weld Size (E)	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening	Tolerances				
					As Detailed (see 3.12.3)	As Fit-Up (see 3.12.3)			
SMAW	B-P1a	3	—	R = 0 to 2	+2, -0	±2	All	T ₁ - 1	b
	B-P1c	6 max.	—	R = $\frac{T_1}{2}$ min.	+2, -0	±2	All	$\frac{T_1}{2}$	b
GMAW FCAW	B-P1a-GF	3	—	R = 0 to 2	+2, -0	±2	All	T ₁ - 1	b, e
	B-P1c-GF	6 max.	—	R = $\frac{T_1}{2}$ min.	+2, -0	±2	All	$\frac{T_1}{2}$	b, e

Square-groove weld (1)
Butt joint (B)



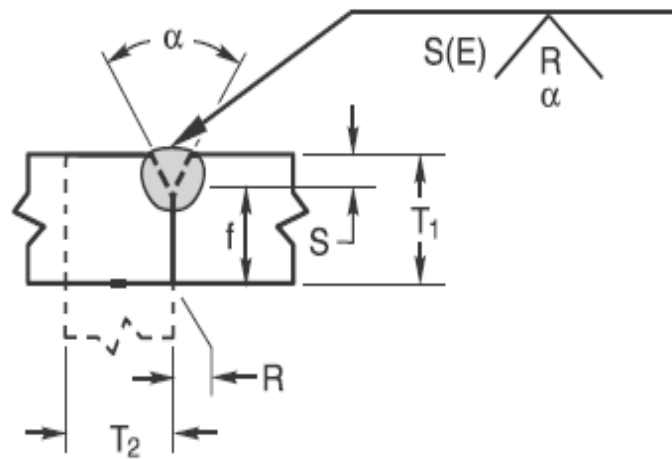
$E_1 + E_2$ MUST NOT EXCEED $\frac{3T_1}{4}$

ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Total Weld Size ($E_1 + E_2$)	Notes
				Root Opening	Tolerances				
		T_1	T_2		As Detailed (see 3.12.3)	As Fit-Up (see 3.12.3)			
SMAW	B-P1b	6 max.	—	$R = \frac{T_1}{2}$	+2, -0	±2	All	$\frac{3T_1}{4}$	
GMAW FCAW	B-P1b-GF	6 max.	—	$R = \frac{T_1}{2}$	+2, -0	±2	All	$\frac{3T_1}{4}$	e

**Figure 3.2 (Continued)—Prequalified PJP Groove Welded Joint Details
(see 3.12) (Dimensions in Millimeters)**

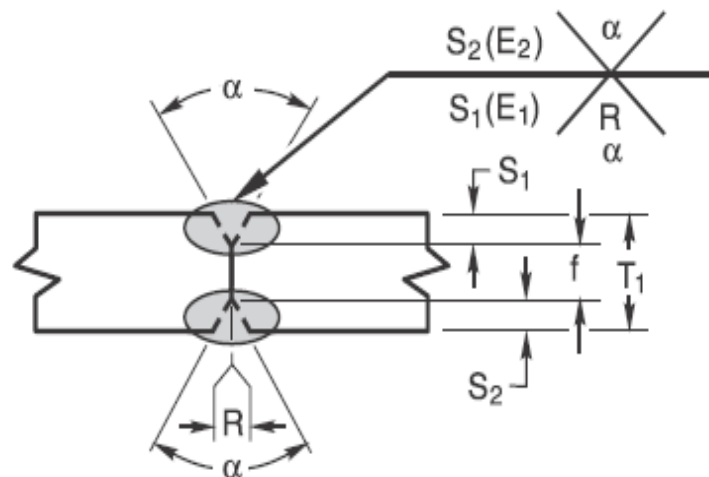
Single-V-groove weld (2)
 Butt joint (B)
 Corner joint (C)



ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation		Allowed Welding Positions	Weld Size (E)	Notes	
				Root Opening	Tolerances				
		Root Face	As Detailed (see 3.12.3)		As Fit-Up (see 3.12.3)				
T ₁	T ₂	Groove Angle							
SMAW	BC-P2	6 min.	U	R = 0 f = 1 min. $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +U, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 +10°, -5°	All	S	b, e, f, j
GMAW FCAW	BC-P2-GF	6 min.	U	R = 0 f = 3 min. $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +U, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 +10°, -5°	All	S	a, b, f, j
SAW	BC-P2-S	11 min.	U	R = 0 f = 6 min. $\alpha = 60^\circ$	± 0 +U, -0 +10°, -0°	+2, -0 ± 2 +10°, -5°	F	S	b, f, j

Double-V-groove weld (3)
Butt joint (B)

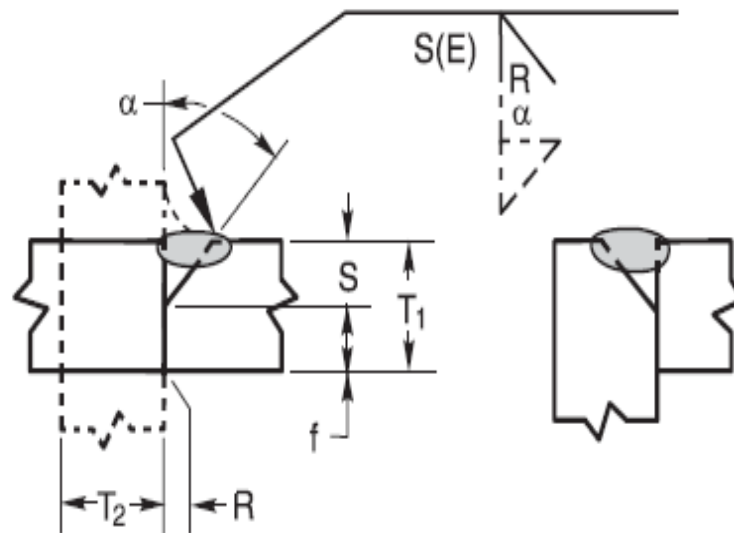


ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation		Allowed Welding Positions	Total Weld Size ($E_1 + E_2$)	Notes	
		T_1	T_2	Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
					As Detailed (see 3.12.3)				As Fit-Up (see 3.12.3)
SMAW	B-P3	12 min.	—	$R = 0$ $f = 3$ min. $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +U, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 +10°, -5°	All	$S_1 + S_2$	e, f, i, j
GMAW FCAW	B-P3-GF	12 min.	—	$R = 0$ $f = 3$ min. $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +U, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 +10°, -5°	All	$S_1 + S_2$	a, f, i, j
SAW	B-P3-S	20 min.	—	$R = 0$ $f = 6$ min. $\alpha = 60^\circ$	± 0 +U, -0 +10°, -0°	+2, -0 ± 2 +10°, -5°	F	$S_1 + S_2$	f, i, j

**Figure 3.2 (Continued)—Prequalified PJP Groove Welded Joint Details
(see 3.12) (Dimensions in Millimeters)**

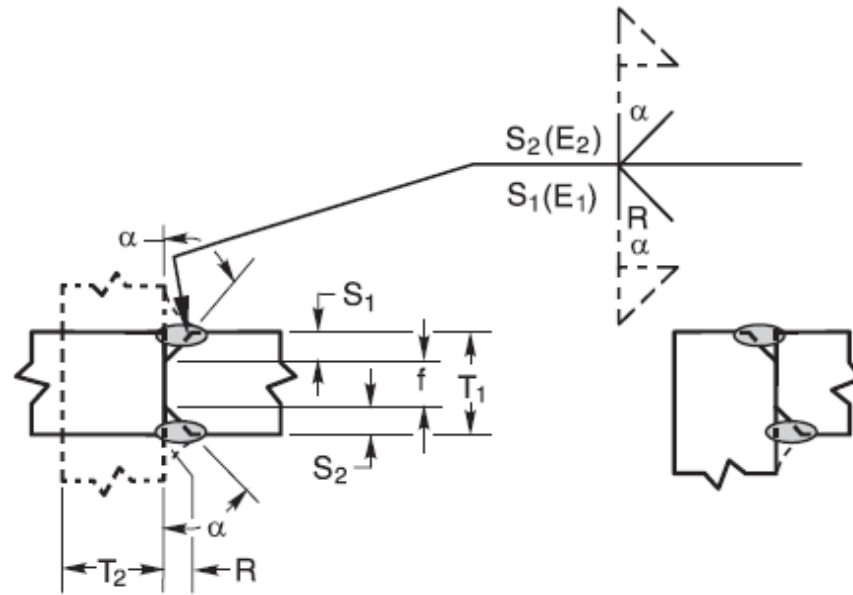
Single-bevel-groove weld (4)
 Butt joint (B)
 T-joint (T)
 Corner joint (C)



ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation		Allowed Welding Positions	Weld Size (E)	Notes	
				Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
		T ₁	T ₂		As Detailed (see 3.12.3)				As Fit-Up (see 3.12.3)
SMAW	BTC-P4	U	U	R = 0 f = 3 min. α = 45°	+2, -0 +U -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 +10°, -5°	All	S-3	b, e, f, g, j, k
GMAW FCAW	BTC-P4-GF	6 min.	U	R = 0 f = 3 min. α = 45°	+2, -0 +U -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 +10°, -5°	F, H	S	a, b, f, g, j, k
							V, OH	S-3	
SAW	TC-P4-S	11 min.	U	R = 0 f = 6 min. α = 60°	±0 +U, -0 +10°, -0°	+2, -0 ±2 +10°, -5°	F	S	b, f, g, j, k

Double-bevel-groove weld (5)
 Butt joint (B)
 T-joint (T)
 Corner joint (C)

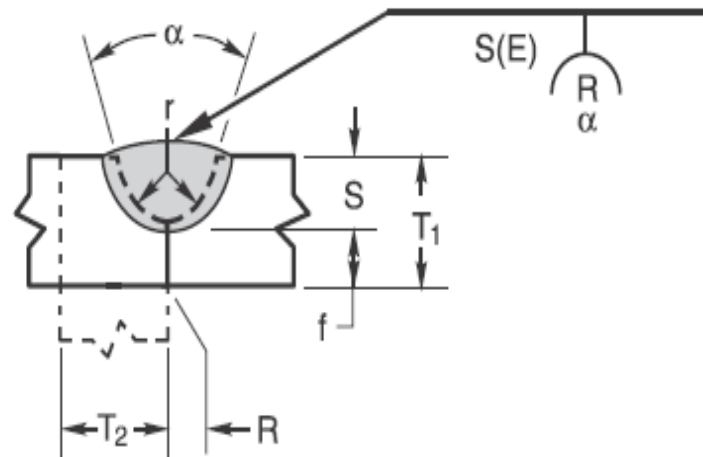


ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Total Weld Size (E ₁ + E ₂)	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
					As Detailed (see 3.12.3)	As Fit-Up (see 3.12.3)			
SMAW	BTC-P5	8 min.	U	R = 0 f = 3 min. α = 45°	+2, -0 +U -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 +10°, -5°	All	S ₁ + S ₂ -6	e, f, g, i, j, k
GMAW FCAW	BTC-P5-GF	12 min.	U	R = 0 f = 3 min. α = 45°	+2, -0 +U -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 +10°, -5°	F, H V, OH	S ₁ + S ₂ -6	a, f, g, i, j, k
SAW	TC-P5-S	20 min.	U	R = 0 f = 6 min. α = 60°	±0 +U, -0 +10°, -0°	+2, -0 ±2 +10°, -5°	F	S ₁ + S ₂	f, g, i, j, k

**Figure 3.2 (Continued)—Prequalified PJP Groove Welded Joint Details
 (see 3.12) (Dimensions in Millimeters)**

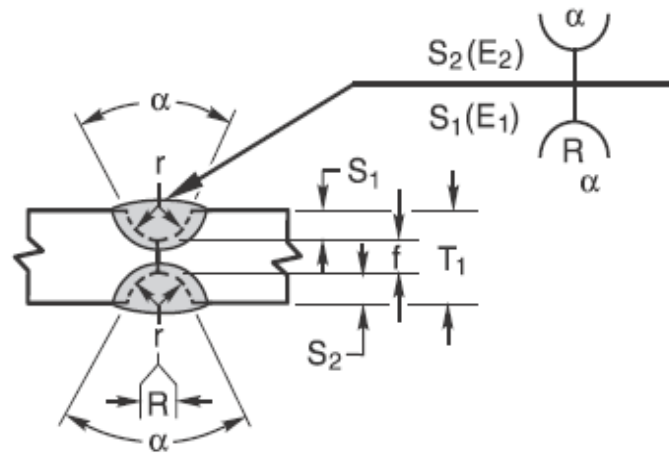
Single-U-groove weld (6)
Butt joint (B)
Corner joint (C)



ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation		Allowed Welding Positions	Weld Size (E)	Notes	
		T ₁	T ₂	Root Opening Root Face Bevel Radius Groove Angle	Tolerances				
					As Detailed (see 3.12.3)				As Fit-Up (see 3.12.3)
SMAW	BC-P6	6 min.	U	R = 0 f = 1 min. r = 6 α = 45°	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5°	All	S	b, e, f, j
GMAW FCAW	BC-P6-GF	6 min.	U	R = 0 f = 3 min. r = 6 α = 20°	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5°	All	S	a, b, f, j
SAW	BC-P6-S	11 min.	U	R = 0 f = 6 min. r = 6 α = 20°	±0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+2, -0 ±2 ±2 +10°, -5°	F	S	b, f, j

Double-U-groove weld (7)
Butt joint (B)

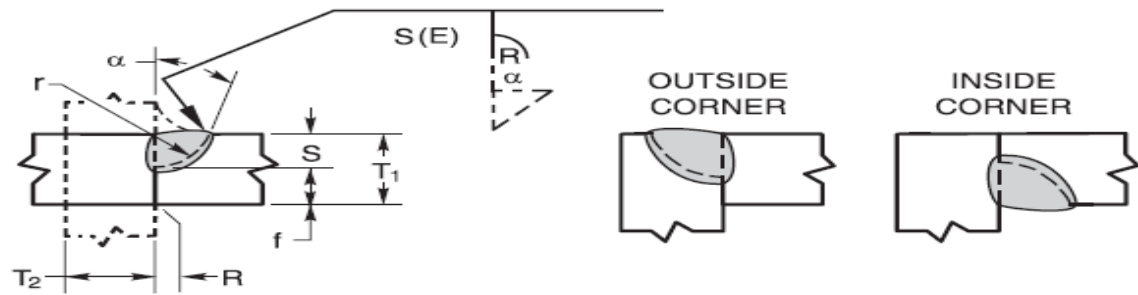


ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation		Allowed Welding Positions	Total Weld Size (E ₁ + E ₂)	Notes	
		T ₁	T ₂	Root Opening Root Face Bevel Radius Groove Angle	Tolerances				
					As Detailed (see 3.12.3)				As Fit-Up (see 3.12.3)
SMAW	B-P7	12 min.	—	R = 0 f = 3 min. r = 6 α = 45°	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5°	All	S ₁ + S ₂	e, f, i, j
GMAW FCAW	B-P7-GF	12 min.	—	R = 0 f = 3 min. r = 6 α = 20°	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5°	All	S ₁ + S ₂	a, f, i, j
SAW	B-P7-S	20 min.	—	R = 0 f = 6 min. r = 6 α = 20°	±0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+2, -0 ±2 ±2 +10°, -5°	F	S ₁ + S ₂	f, i, j

**Figure 3.2 (Continued)—Prequalified PJP Groove Welded Joint Details
(see 3.12) (Dimensions in Millimeters)**

Single-J-groove weld (8)
 Butt joint (B)
 T-joint (T)
 Corner joint (C)



ALL DIMENSIONS IN mm

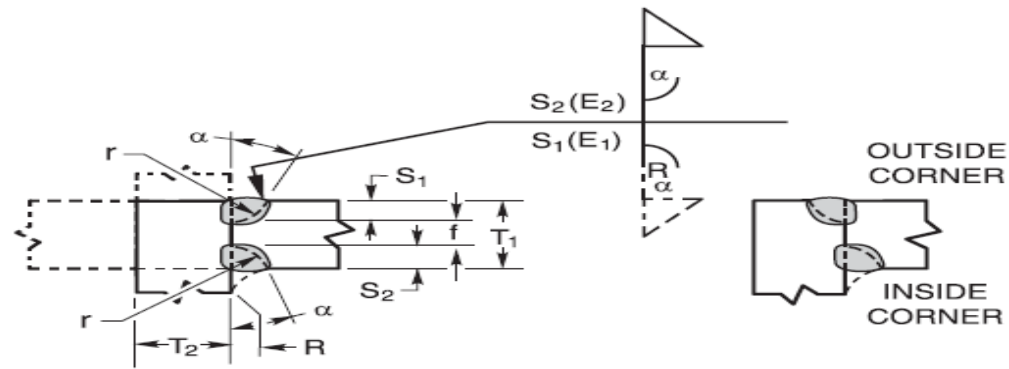
Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Weld Size (E)	Notes
				Root Opening Root Face Bevel Radius Groove Angle	Tolerances				
		T ₁	T ₂		As Detailed (see 3.12.3)	As Fit-Up (see 3.12.3)			
SMAW	B-P8	6 min.	—	R = 0 f = 3 min. r = 10 α = 30°	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5°	All	S	e, f, g, j, k
	TC-P8	6 min.	U	R = 0 f = 3 min. r = 10 α _{oc} = 30°** α _{ic} = 45°***	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0° +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5° +10°, -5°	All	S	e, f, g, j, k
GMAW FCAW	B-P8-GF	6 min.	—	R = 0 f = 3 min. r = 10 α = 30°	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5°	All	S	a, f, g, j, k
	TC-P8-GF	6 min.	U	R = 0 f = 3 min. r = 10 α _{oc} = 30°** α _{ic} = 45°***	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0° +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5° +10°, -5°	All	S	a, f, g, j, k
SAW	B-P8-S	11 min.	—	R = 0 f = 6 min. r = 12 α = 20°	±0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+2, -0 ±2 ±2 +10°, -5°	F	S	f, g, j, k
	TC-P8-S	11 min.	U	R = 0 f = 6 min. r = 12 α _{oc} = 20°** α _{ic} = 45°***	±0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0° +10°, -0°	+2, -0 ±2 ±2 +10°, -5° +10°, -5°	F	S	f, g, j, k

*α_{oc} = Outside corner groove angle.

**α_{ic} = Inside corner groove angle.

Figure 3.2 (Continued)—Prequalified PJP Groove Welded Joint Details (see 3.12) (Dimensions in Millimeters)

Double-J-groove weld (9)
 Butt joint (B)
 T-joint (T)
 Corner joint (C)



ALL DIMENSIONS IN mm

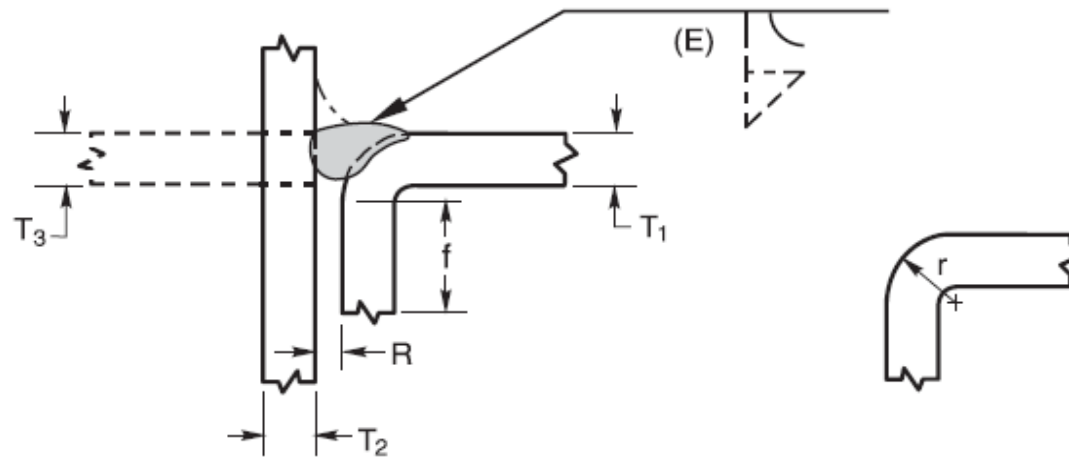
Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Total Weld Size (E ₁ + E ₂)	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening Root Face Bevel Radius Groove Angle	Tolerances				
					As Detailed (see 3.12.3)	As Fit-Up (see 3.12.3)			
SMAW	B-P9	12 min.	—	R = 0 f = 3 min. r = 10 α = 30°	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5°	All	S ₁ + S ₂	e, f, g, i, j, k
	TC-P9	12 min.	U	R = 0 f = 3 min. r = 10 α _{oc} = 30°** α _{ic} = 45°***	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5° +10°, -5°	All	S ₁ + S ₂	e, f, g, i, j, k
GMAW FCAW	B-P9-GF	6 min.	—	R = 0 f = 3 min. r = 10 α = 30°	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5°	All	S ₁ + S ₂	a, f, g, i, j, k
	TC-P9-GF	6 min.	U	R = 0 f = 3 min. r = 10 α _{oc} = 30°** α _{ic} = 45°***	+2, -0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+3, -2 ±2 ±2 +10°, -5° +10°, -5°	All	S ₁ + S ₂	a, f, g, i, j, k
SAW	B-P9-S	20 min.	—	R = 0 f = 6 min. r = 12 α = 20°	±0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+2, -0 ±2 ±2 +10°, -5°	F	S ₁ + S ₂	f, g, i, j, k
	TC-P9-S	20 min.	U	R = 0 f = 6 min. r = 12 α _{oc} = 20°** α _{ic} = 45°***	±0 +U, -0 +6, -0 +10°, -0°	+2, -0 ±2 ±2 +10°, -5° +10°, -5°	F	S ₁ + S ₂	f, g, i, j, k

*α_{oc} = Outside corner groove angle.

**α_{ic} = Inside corner groove angle.

Figure 3.2 (Continued)—Prequalified PJP Groove Welded Joint Details (see 3.12) (Dimensions in Millimeters)

Flare-bevel-groove weld (10)
 Butt joint (B)
 T-joint (T)
 Corner joint (C)

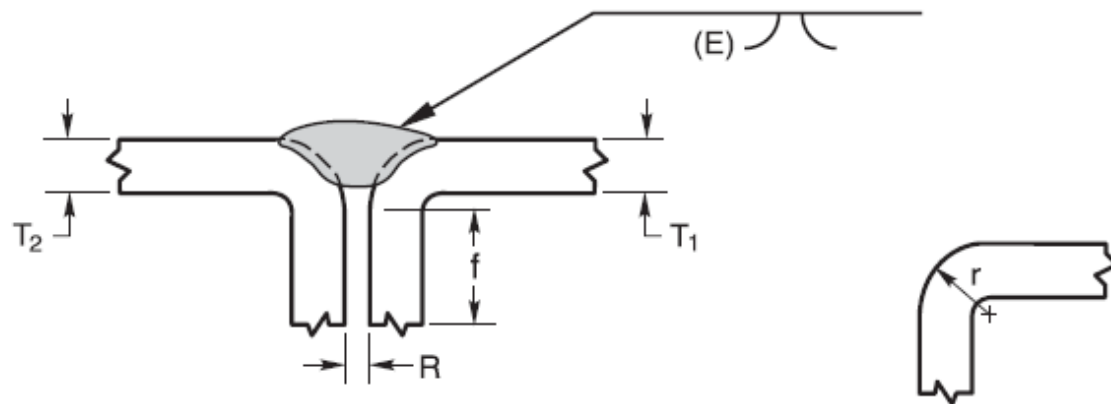


ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)			Groove Preparation		Allowed Welding Positions	Weld Size (E)	Notes	
		T ₁	T ₂	T ₃	Root Opening Root Face Bend Radius	Tolerances				
						As Detailed (see 3.12.3)				As Fit-Up (see 3.12.3)
SMAW FCAW-S	BTC-P10	5 min.	U	T ₁ min.	R = 0 f = 5 min. r = $\frac{3T_1}{2}$ min.	+2, -0 +U, -0 +U, -0	+3, -2 +U, -2 +U, -0	All	5/16 r	e, g, j, l
GMAW FCAW-G	BTC-P10-GF	5 min.	U	T ₁ min.	R = 0 f = 5 min. r = $\frac{3T_1}{2}$ min.	+2, -0 +U, -0 +U, -0	+3, -2 +U, -2 +U, -0	All	5/8 r	a, g, j, l, m
SAW	B-P10-S	12 min.	12 min.	N/A	R = 0 f = 12 min. r = $\frac{3T_1}{2}$ min.	±0 +U, -0 +U, -0	+2, -0 +U, -2 +U, -0	F	5/16 r	g, j, l, m

Figure 3.2 (Continued)—Prequalified PJP Groove Welded Joint Details (see 3.12) (Dimensions in Millimeters)

Flare-V-groove weld (11)
Butt joint (B)



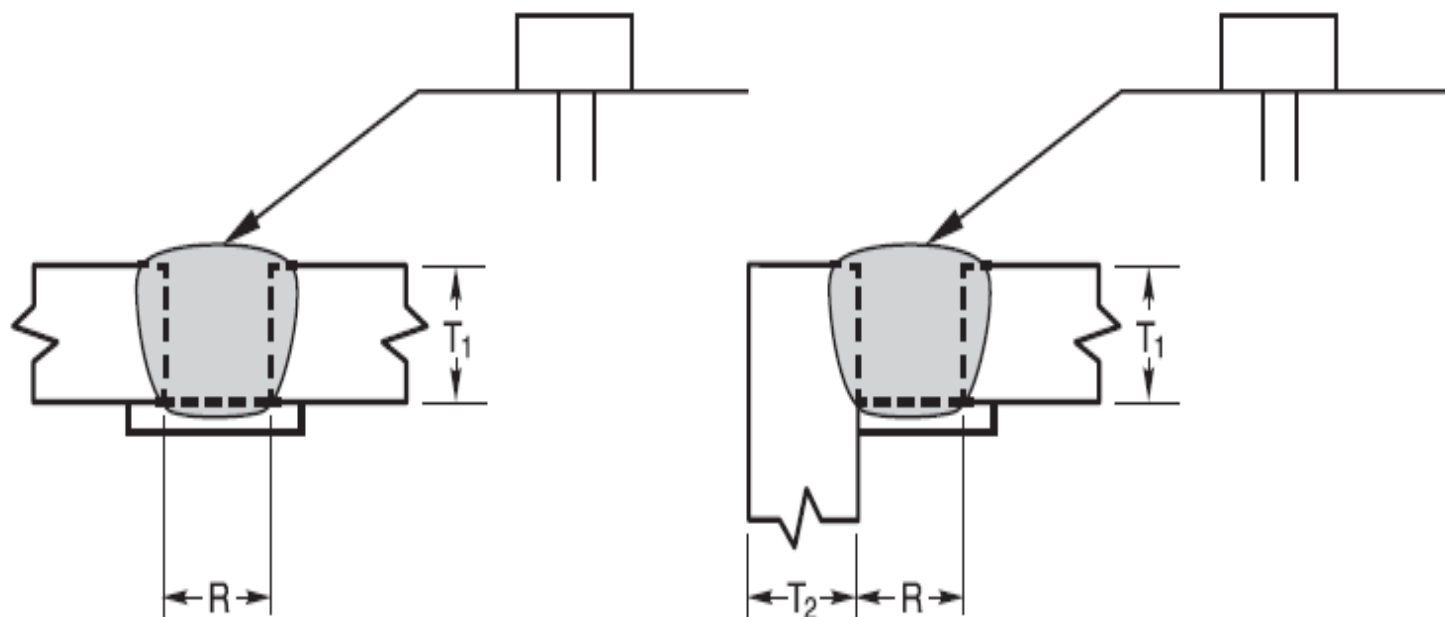
Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation		Allowed Welding Positions	Weld Size (E)	Notes	
		T ₁	T ₂	Root Opening Root Face Bend Radius	Tolerances				
					As Detailed (see 3.12.3)				As Fit-Up (see 3.12.3)
SMAW FCAW-S	B-P11	5 min.	T ₁ min.	R = 0 f = 5 min. $r = \frac{3T_1}{2}$ min.	+2, -0 +U, -0 +U, -0	+3, -2 +U, -2 +U, -0	All	5/8 r	e, j, l, m, n
GMAW FCAW-G	B-P11-GF	5 min.	T ₁ min.	R = 0 f = 5 min. $r = \frac{3T_1}{2}$ min.	+2, -0 +U, -0 +U, -0	+3, -2 +U, -2 +U, -0	All	3/4 r	a, j, l, m, n
SAW	B-P11-S	12 min.	T ₁ min.	R = 0 f = 12 min. $r = \frac{3T_1}{2}$ min.	±0 +U, -0 +U, -0	+2, -0 +U, -2 +U, -0	F	1/2 r	j, l, m, n

**Figure 3.2 (Continued)—Prequalified PJP Groove Welded Joint Details
(see 3.12) (Dimensions in Millimeters)**

Square-groove weld (1)

Butt joint (B)

Corner joint (C)



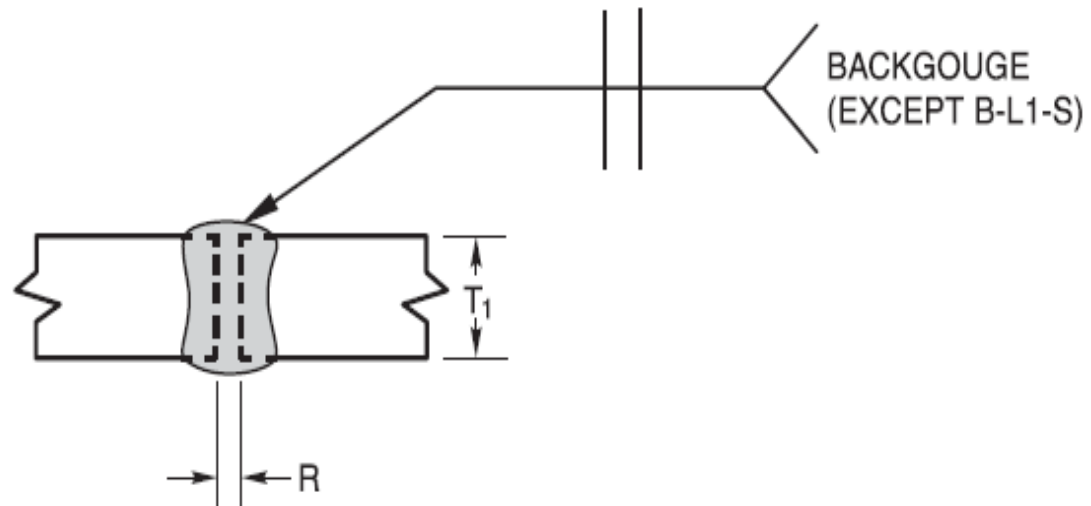
B-L1a

C-L1a

ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T_1	T_2	Root Opening	Tolerances				
					As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)			
SMAW	B-L1a	6 max.	—	$R = T_1$	+2, -0	+6, -2	All	—	e, j
	C-L1a	6 max.	U	$R = T_1$	+2, -0	+6, -2	All	—	e, j
FCAW GMAW	B-L1a-GF	10 max.	—	$R = T_1$	+2, -0	+6, -2	All	Not required	a, j

Square-groove weld (1)
Butt joint (B)

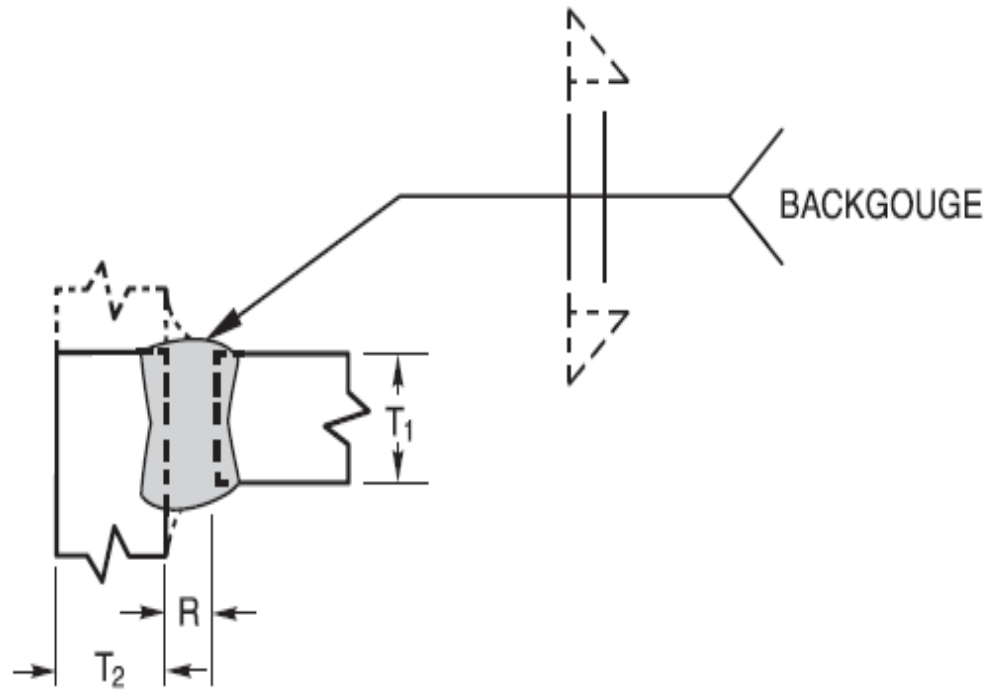


ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening	Tolerances				
					As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)			
SMAW	B-L1b	6 max.	—	$R = \frac{T_1}{2}$	+2, -0	+2, -3	All	—	d, e, j
GMAW FCAW	B-L1b-GF	10 max.	—	R = 0 to 3	+2, -0	+2, -3	All	Not required	a, d, j
SAW	B-L1-S	10 max.	—	R = 0	±0	+2, -0	F	—	j
SAW	B-L1a-S	16 max.	—	R = 0	±0	+2, -0	F	—	d, j

**Figure 3.3 (Continued)—Prequalified CJP Groove Welded Joint Details
(see 3.13) (Dimensions in Millimeters)**

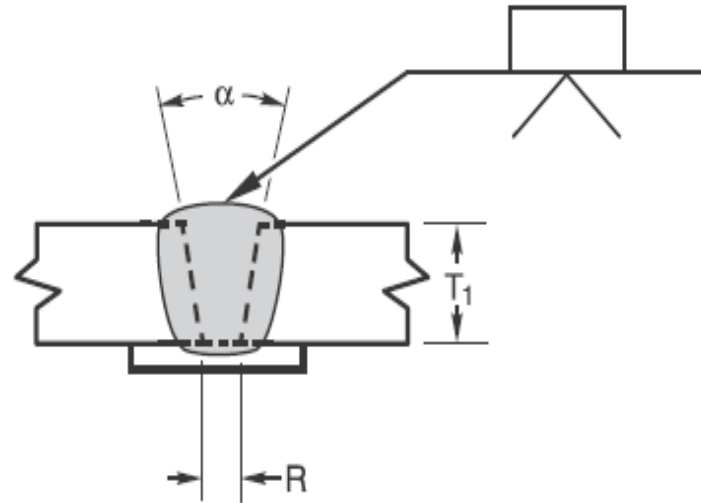
Square-groove weld (1)
 T-joint (T)
 Corner joint (C)



ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening	Tolerances				
					As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)			
SMAW	TC-L1b	6 max.	U	$R = \frac{T_1}{2}$	+2, -0	+2, -3	All	—	d, e, g
GMAW FCAW	TC-L1-GF	10 max.	U	R = 0 to 3	+2, -0	+2, -3	All	Not required	a, d, g
SAW	TC-L1-S	10 max.	U	R = 0	±0	+2, -0	F	—	d, g

Single-V-groove weld (2)
Butt joint (B)



Tolerances

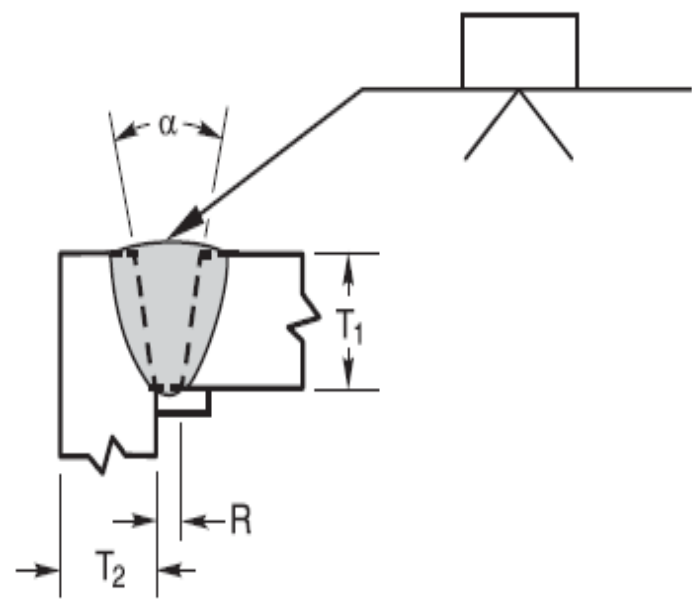
As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)
R = +2, -0	+6, -2
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$+10^\circ, -5^\circ$

ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation		Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening	Groove Angle			
SMAW	B-U2a	U	—	R = 6	$\alpha = 45^\circ$	All	—	e, j
				R = 10	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	—	e, j
				R = 12	$\alpha = 20^\circ$	F, V, OH	—	e, j
GMAW FCAW	B-U2a-GF	U	—	R = 5	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	Required	a, j
				R = 10	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	Not req.	a, j
				R = 6	$\alpha = 45^\circ$	F, V, OH	Not req.	a, j
SAW	B-L2a-S	50 max.	—	R = 6	$\alpha = 30^\circ$	F	—	j
SAW	B-U2-S	U	—	R = 16	$\alpha = 20^\circ$	F	—	j

**Figure 3.3 (Continued)—Prequalified CJP Groove Welded Joint Details
(see 3.13) (Dimensions in Millimeters)**

Single-V-groove weld (2)
Corner joint (C)

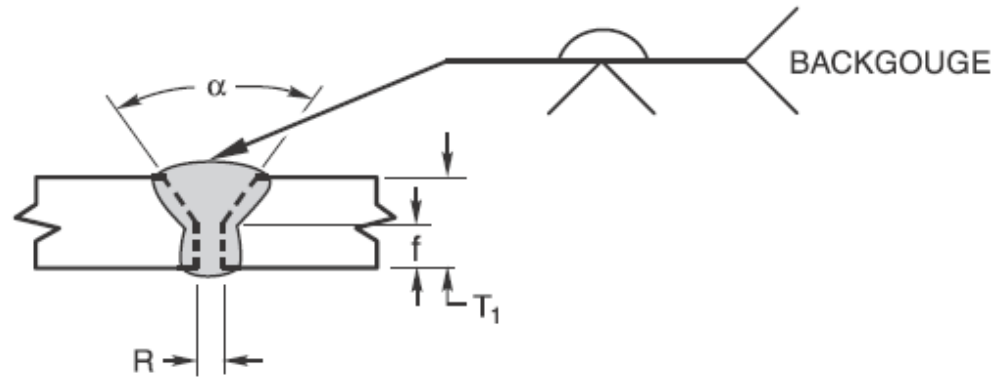


ALL DIMENSIONS IN mm

Tolerances	
As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)
R = +2, -0	+6, -2
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$+10^\circ, -5^\circ$

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation		Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening	Groove Angle			
SMAW	C-U2a	U	U	R = 6	$\alpha = 45^\circ$	All	—	e, o
				R = 10	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	—	e, o
				R = 12	$\alpha = 20^\circ$	F, V, OH	—	e, o
GMAW FCAW	C-U2a-GF	U	U	R = 5	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	Required	a
				R = 10	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	Not req.	a, o
				R = 6	$\alpha = 45^\circ$	F, V, OH	Not req.	a, o
SAW	C-L2a-S	50 max.	U	R = 6	$\alpha = 30^\circ$	F	—	o
SAW	C-U2-S	U	U	R = 16	$\alpha = 20^\circ$	F	—	o

Single-V-groove weld (2)
Butt joint (B)

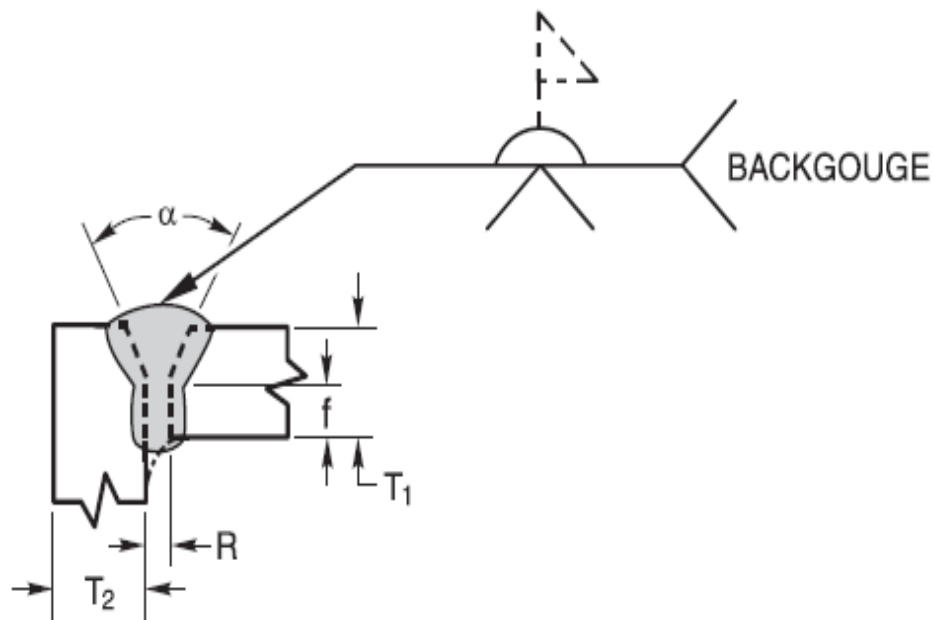


ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation		Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes	
				Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
		T_1	T_2		As Detailed (see 3.13.1)				As Fit-Up (see 3.13.1)
SMAW	B-U2	U	—	R = 0 to 3 f = 0 to 3 $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 Not limited +10°, -5°	All	—	d, e, j
GMAW FCAW	B-U2-GF	U	—	R = 0 to 3 f = 0 to 3 $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 Not limited +10°, -5°	All	Not required	a, d, j
SAW	B-L2c-S	Over 12 to 25	—	R = 0 f = 6 max. $\alpha = 60^\circ$	R = ± 0 f = +0, -f $\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+2, -0 ± 2 +10°, -5°	F	—	d, j
		Over 25 to 38	—	R = 0 f = 12 max. $\alpha = 60^\circ$					
		Over 38 to 50	—	R = 0 f = 16 max. $\alpha = 60^\circ$					

**Figure 3.3 (Continued)—Prequalified CJP Groove Welded Joint Details
(see 3.13) (Dimensions in Millimeters)**

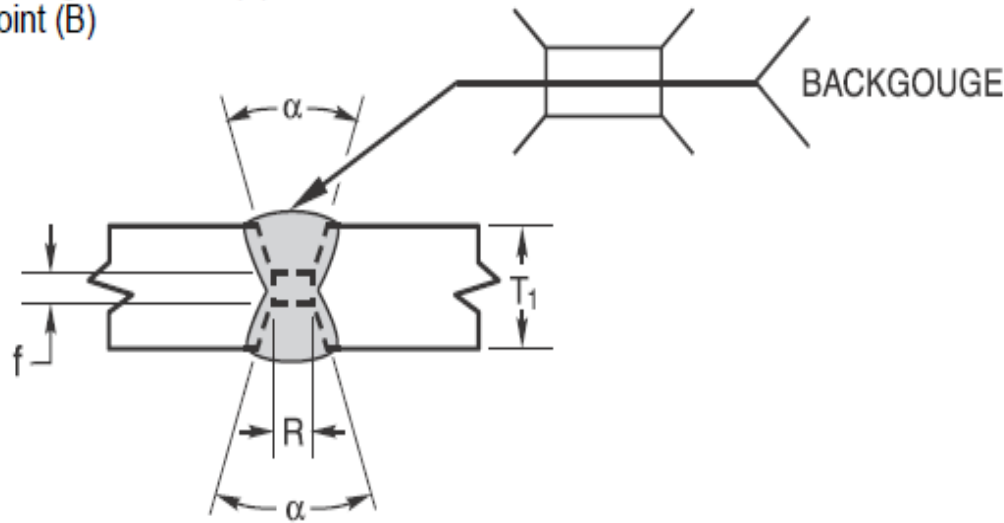
Single-V-groove weld (2)
Corner joint (C)



ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation		Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes	
		T ₁	T ₂	Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
					As Detailed (see 3.13.1)				As Fit-Up (see 3.13.1)
SMAW	C-U2	U	U	R = 0 to 3 f = 0 to 3 $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 Not limited +10°, -5°	All	—	d, e, g, j
GMAW FCAW	C-U2-GF	U	U	R = 0 to 3 f = 0 to 3 $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 Not limited +10°, -5°	All	Not required	a, d, g, j
SAW	C-U2b-S	U	U	R = 0 to 3 f = 6 max. $\alpha = 60^\circ$	± 0 +0, -6 +10°, -0°	+2, -0 ± 2 +10°, -5°	F	—	d, g, j

Double-V-groove weld (3)
Butt joint (B)



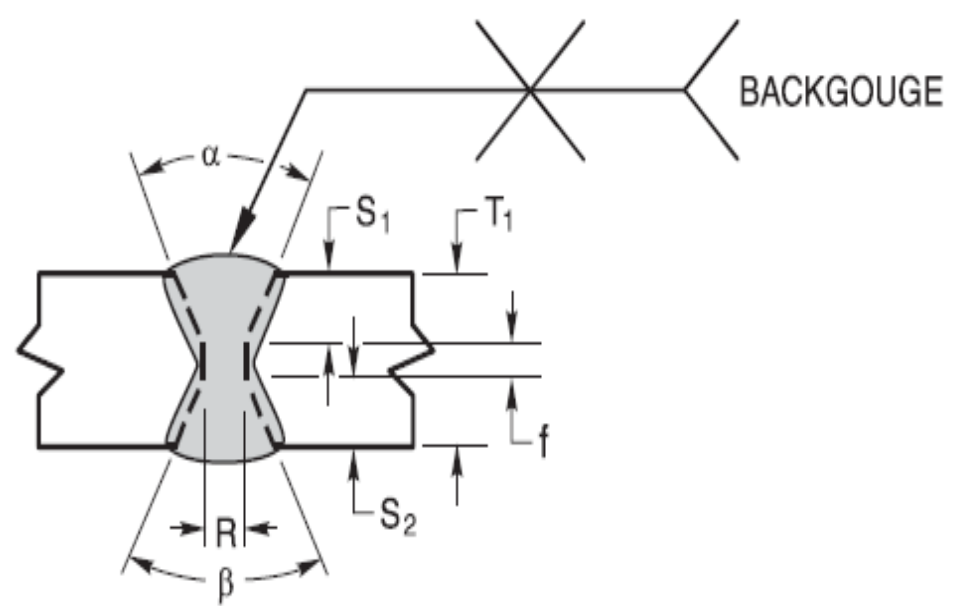
		Tolerances	
		As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)
		$R = \pm 0$	+6, -0
		$f = \pm 0$	+2, -0
		$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°
Spacer	SAW	± 0	+2, -0
	SMAW	± 0	+3, -0

ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening	Root Face	Groove Angle			
SMAW	B-U3a	U Spacer = 1/8 × R	—	R = 6	f = 0 to 3	$\alpha = 45^\circ$	All	—	d, e, h, j
				R = 10	f = 0 to 3	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	—	
				R = 12	f = 0 to 3	$\alpha = 20^\circ$	F, V, OH	—	
SAW	B-U3a-S	U Spacer = 1/4 × R	—	R = 16	f = 0 to 6	$\alpha = 20^\circ$	F	—	d, h, j

**Figure 3.3 (Continued)—Prequalified CJP Groove Welded Joint Details
(see 3.13) (Dimensions in Millimeters)**

Double-V-groove weld (3)
Butt joint (B)



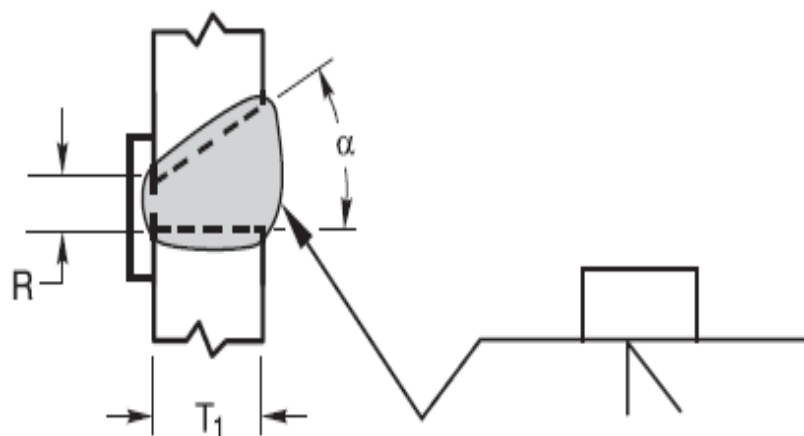
ALL DIMENSIONS IN mm

For B-U3c-S only

T ₁		S ₁
Over	to	
50	60	35
60	80	45
80	90	55
90	100	60
100	120	70
120	140	80
140	160	95
For T ₁ > 160 or T ₁ ≤ 50 S ₁ = 2/3 (T ₁ - 6)		

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
					As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)			
SMAW	B-U3b	U	—	R = 0 to 3 f = 0 to 3 α = β = 60°	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 Not limited +10°, -5°	All	—	d, e, h, j
GMAW FCAW	B-U3-GF			All	Not required	a, d, h, j			
SAW	B-U3c-S	U	—	R = 0 f = 6 min. α = β = 60°	+2, -0 +6, -0 +10°, -0°	+2, -0 +6, -0 +10°, -5°	F	—	d, h, j
				To find S ₁ see table above: S ₂ = T ₁ - (S ₁ + f)					

Single-bevel-groove weld (4)
Butt joint (B)



ALL DIMENSIONS IN mm

Tolerances

As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)
R = +2, -0	+6, -2
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$+10^\circ, -5^\circ$

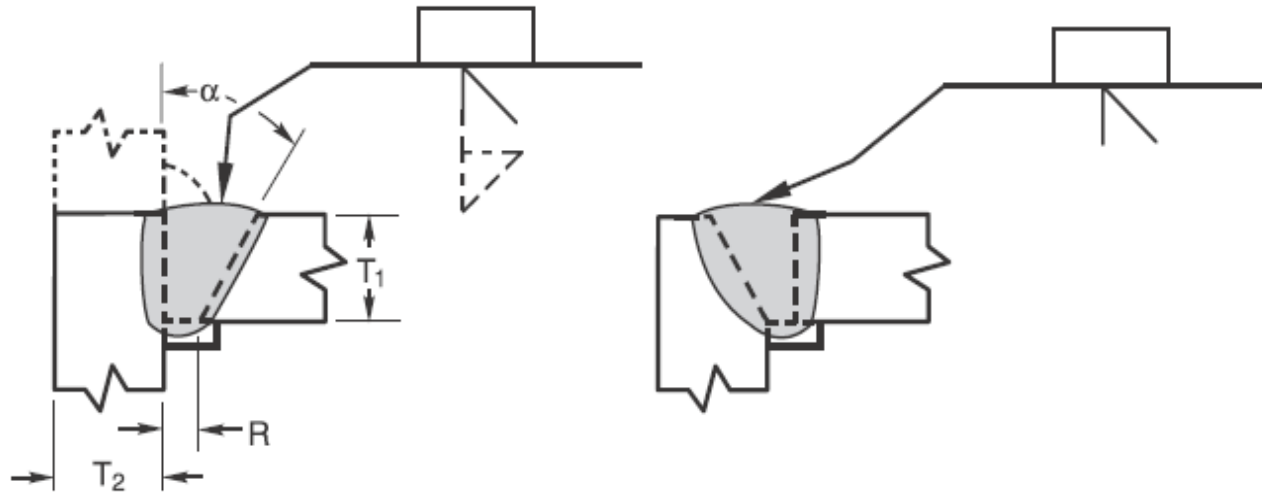
Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation		Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening	Groove Angle			
SMAW	B-U4a	U	—	R = 6	$\alpha = 45^\circ$	All	—	c, e, j
				R = 10	$\alpha = 30^\circ$	All	—	c, e, j
GMAW FCAW	B-U4a-GF	U	—	R = 5	$\alpha = 30^\circ$	All	Required	a, c, j
				R = 6	$\alpha = 45^\circ$	All	Not req.	a, c, j
				R = 10	$\alpha = 30^\circ$	F, H	Not req.	a, c, j
SAW	B-U4a-S	U	—	R = 10	$\alpha = 30^\circ$	F	—	c, j
				R = 6	$\alpha = 45^\circ$			

**Figure 3.3 (Continued)—Prequalified CJP Groove Welded Joint Details
(see 3.13) (Dimensions in Millimeters)**

Single-bevel-groove weld (4)

T-joint (T)

Corner joint (C)

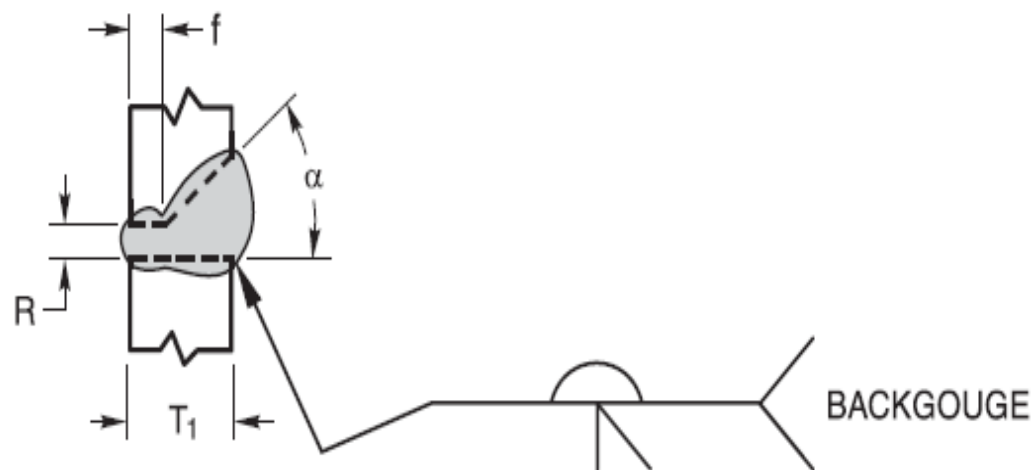


Tolerances	
As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)
R = +2, -0	+6, -2
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°

ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation		Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening	Groove Angle			
SMAW	TC-U4a	U	U	R = 6	$\alpha = 45^\circ$	All	—	e, g, k, o
				R = 10	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	—	e, g, k, o
GMAW FCAW	TC-U4a-GF	U	U	R = 5	$\alpha = 30^\circ$	All	Required	a, g, k, o
				R = 10	$\alpha = 30^\circ$	F	Not req.	a, g, k, o
				R = 6	$\alpha = 45^\circ$	All	Not req.	a, g, k, o
SAW	TC-U4a-S	U	U	R = 10	$\alpha = 30^\circ$	F	—	g, k, o
				R = 6	$\alpha = 45^\circ$			

Single-bevel-groove weld (4)
Butt joint (B)



ALL DIMENSIONS IN mm

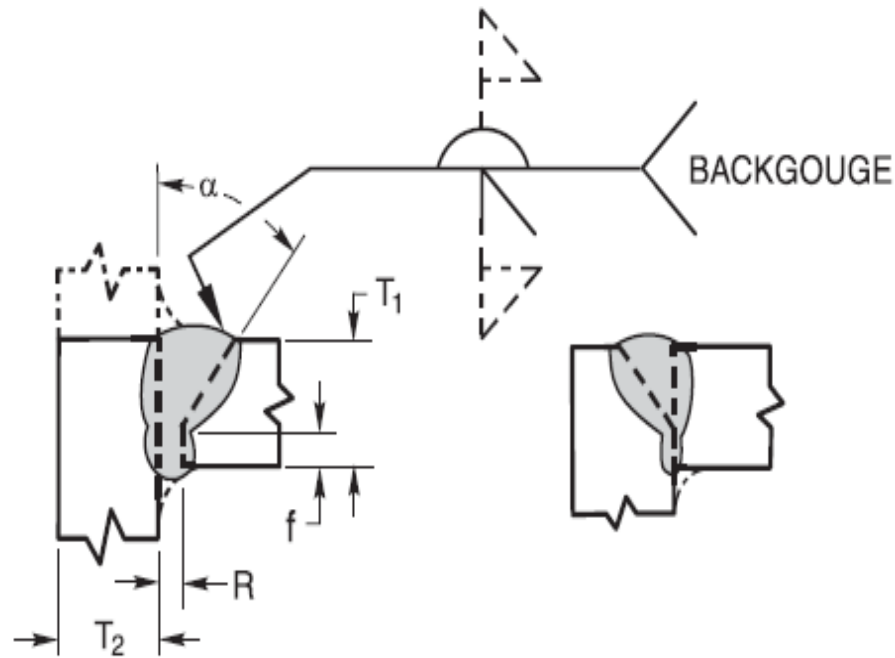
Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation		Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes	
				Root Opening	Tolerances				
		T ₁	T ₂		As Detailed (see 3.13.1)				As Fit-Up (see 3.13.1)
SMAW	B-U4b	U	—	R = 0 to 3 f = 0 to 3 α = 45°	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 Not limited 10°, -5°	All	—	c, d, e, j
GMAW FCAW	B-U4b-GF	U	—	R = 0 f = 6 max. α = 60°	±0 +0, -3 +10°, -0°	+6, -0 ±2 10°, -5°	All	Not required	a, c, d, j
SAW	B-U4b-S	U	—				F	—	c, d, j

**Figure 3.3 (Continued)—Prequalified CJP Groove Welded Joint Details
(see 3.13) (Dimensions in Millimeters)**

Single-bevel-groove weld (4)

T-joint (T)

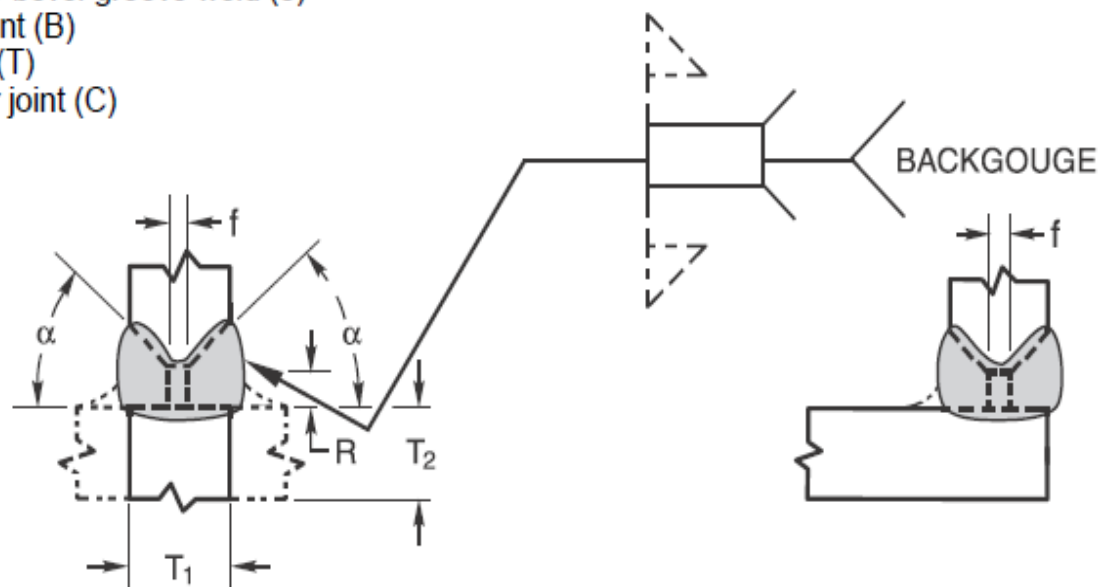
Corner joint (C)



ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T_1	T_2	Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
					As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)			
SMAW	TC-U4b	U	U	$R = 0$ to 3 $f = 0$ to 3 $\alpha = 45^\circ$	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 Not limited 10°, -5°	All	—	d, e, g, j, k
GMAW FCAW	TC-U4b-GF	U	U	$R = 0$ $f = 6$ max. $\alpha = 60^\circ$	± 0 +0, -3 +10°, -0°	+6, -0 ± 2 10°, -5°	All	Not required	a, d, g, j, k
SAW	TC-U4b-S	U	U	$R = 0$ $f = 6$ max. $\alpha = 60^\circ$	± 0 +0, -3 +10°, -0°	+6, -0 ± 2 10°, -5°	F	—	d, g, j, k

Double-bevel-groove weld (5)
 Butt joint (B)
 T-joint (T)
 Corner joint (C)



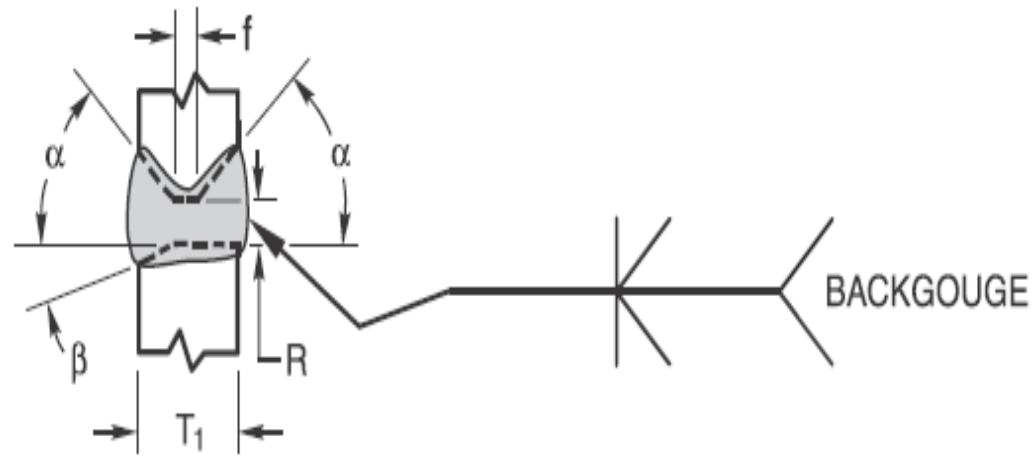
	Tolerances	
	As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)
	$R = \pm 0$	+6, -0
	$f = +2, -0$	± 2
	$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°
Spacer	+2, -0	+3, -0

ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening	Root Face	Groove Angle			
SMAW	B-U5b	U Spacer = 1/8 × R	—	R = 6	f = 0 to 3	$\alpha = 45^\circ$	All	—	c, d, e, h, j
	TC-U5a	U Spacer = 1/4 × R	U	R = 6	f = 0 to 3	$\alpha = 45^\circ$	All	—	d, e, g, h, j, k
				R = 10	f = 0 to 3	$\alpha = 30^\circ$	F, OH	—	d, e, g, h, j, k

**Figure 3.3 (Continued)—Prequalified CJP Groove Welded Joint Details
 (see 3.13) (Dimensions in Millimeters)**

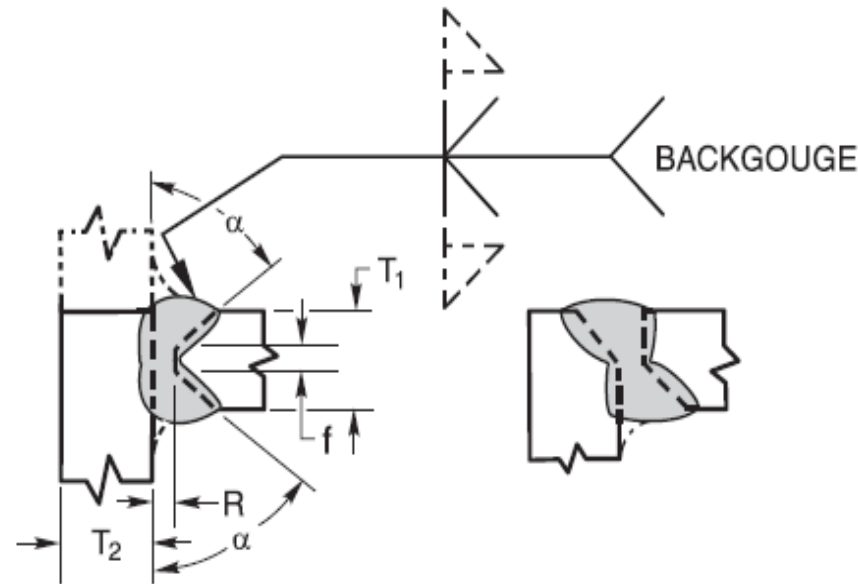
Double-bevel-groove weld (5)
Butt joint (B)



ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation		Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes	
				Root Opening	Tolerances				
		Root Face	As Detailed (see 3.13.1)		As Fit-Up (see 3.13.1)				
		T_1	T_2	Groove Angle					
SMAW	B-U5a	U	—	R = 0 to 3 f = 0 to 3 $\alpha = 45^\circ$ $\beta = 0^\circ$ to 15°	+2, -0 +2, -0 $\alpha + \beta = +10^\circ, -0^\circ$	+2, -3 Not limited $\alpha + \beta = +10^\circ, -5^\circ$	All	—	c, d, e, h, j
GMAW FCAW	B-U5-GF	U	—	R = 0 to 3 f = 0 to 3 $\alpha = 45^\circ$ $\beta = 0^\circ$ to 15°	+2, -0 +2, -0 $\alpha + \beta = +10^\circ, -0^\circ$	+2, -3 Not limited $\alpha + \beta = +10^\circ, -5^\circ$	All	Not required	a, c, d, h, j

Double-bevel-groove weld (5)
 T-joint (T)
 Corner joint (C)

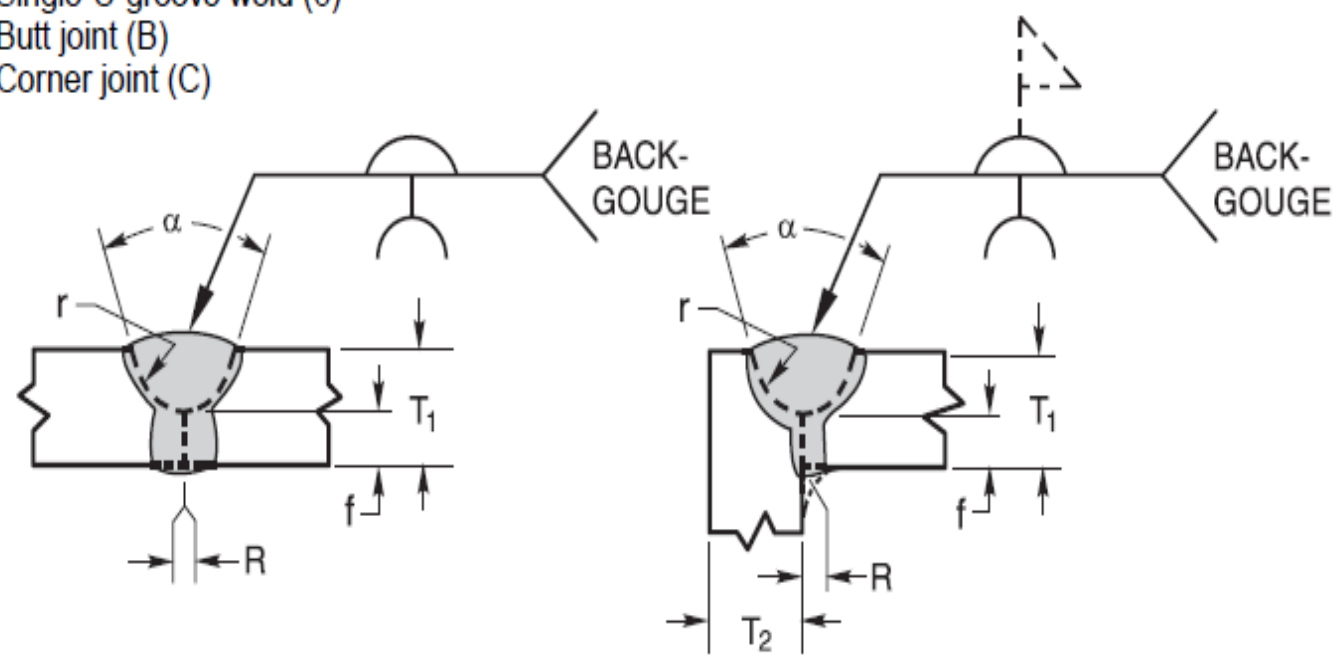


ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation		Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes	
				Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
		T ₁	T ₂		As Detailed (see 3.13.1)				As Fit-Up (see 3.13.1)
SMAW	TC-U5b	U	U	R = 0 to 3 f = 0 to 3 $\alpha = 45^\circ$	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 Not limited +10°, -5°	All	—	d, e, g, h, j, k
GMAW FCAW	TC-U5-GF	U	U	R = 0 f = 6 max. $\alpha = 60^\circ$	± 0 +0, -5 +10°, -0°	+2, -0 ± 2 +10°, -5°	All	Not required	a, d, g, h, j, k
SAW	TC-U5-S	U	U				F	—	d, g, h, j, k

**Figure 3.3 (Continued)—Prequalified CJP Groove Welded Joint Details
 (see 3.13) (Dimensions in Millimeters)**

Single-U-groove weld (6)
 Butt joint (B)
 Corner joint (C)

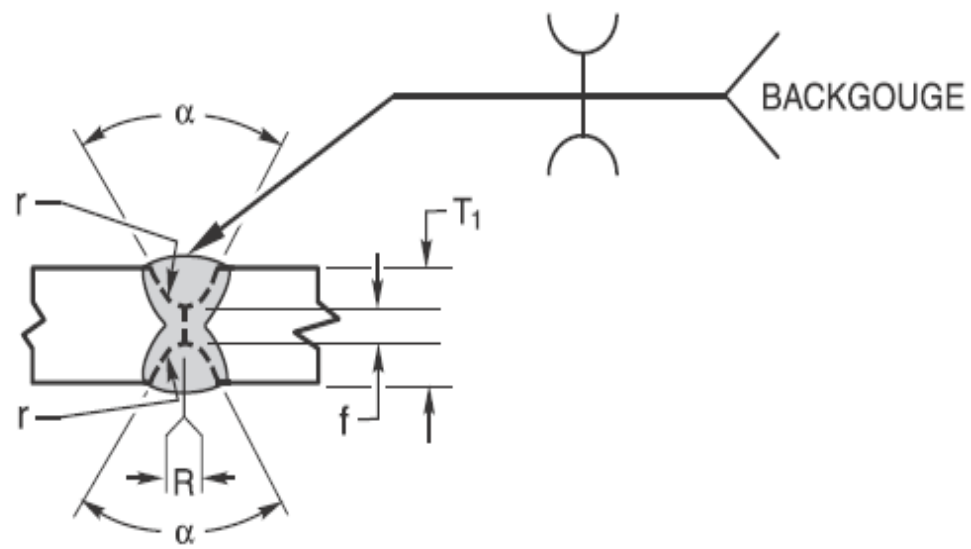


Tolerances	
As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)
R = +2, -0	+2, -3
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°
f = ±2	Not Limited
r = +3, -0	+3, -0

ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation				Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening	Groove Angle	Root Face	Bevel Radius			
SMAW	B-U6	U	—	R = 0 to 3	$\alpha = 45^\circ$	f = 3	r = 6	All	—	d, e, j
				R = 0 to 3	$\alpha = 20^\circ$	f = 3	r = 6	F, OH	—	d, e, j
	C-U6	U	U	R = 0 to 3	$\alpha = 45^\circ$	f = 3	r = 6	All	—	d, e, g, j
				R = 0 to 3	$\alpha = 20^\circ$	f = 3	r = 6	F, OH	—	d, e, g, j
GMAW FCAW	B-U6-GF	U	—	R = 0 to 3	$\alpha = 20^\circ$	f = 3	r = 6	All	Not req.	a, d, j
	C-U6-GF	U	U	R = 0 to 3	$\alpha = 20^\circ$	f = 3	r = 6	All	Not req.	a, d, g, j

Double-U-groove weld (7)
Butt joint (B)



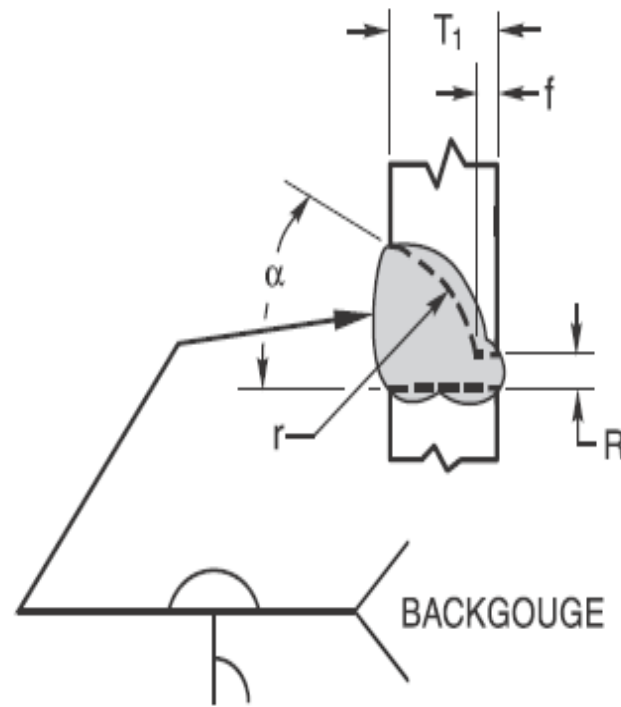
ALL DIMENSIONS IN mm

Tolerances	
As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)
For B-U7 and B-U7-GF	
R = +2, -0	+2, -3
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°
f = ±2, -0	Not Limited
r = +6, -0	±2
For B-U7-S	
R = +0	+2, -0
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°
f = +0, -6	±2
r = +6, -0	±2

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation				Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening	Groove Angle	Root Face	Bevel Radius			
SMAW	B-U7	U	—	R = 0 to 3	$\alpha = 45^\circ$	f = 3	r = 6	All	—	d, e, h, j
				R = 0 to 3	$\alpha = 20^\circ$	f = 3	r = 6	F, OH	—	d, e, h, j
GMAW FCAW	B-U7-GF	U	—	R = 0 to 3	$\alpha = 20^\circ$	f = 3	r = 6	All	Not required	a, d, h, j
SAW	B-U7-S	U	—	R = 0	$\alpha = 20^\circ$	f = 6 max.	r = 6	F	—	d, h, j

**Figure 3.3 (Continued)—Prequalified CJP Groove Welded Joint Details
(see 3.13) (Dimensions in Millimeters)**

Single-J-groove weld (8)
Butt joint (B)



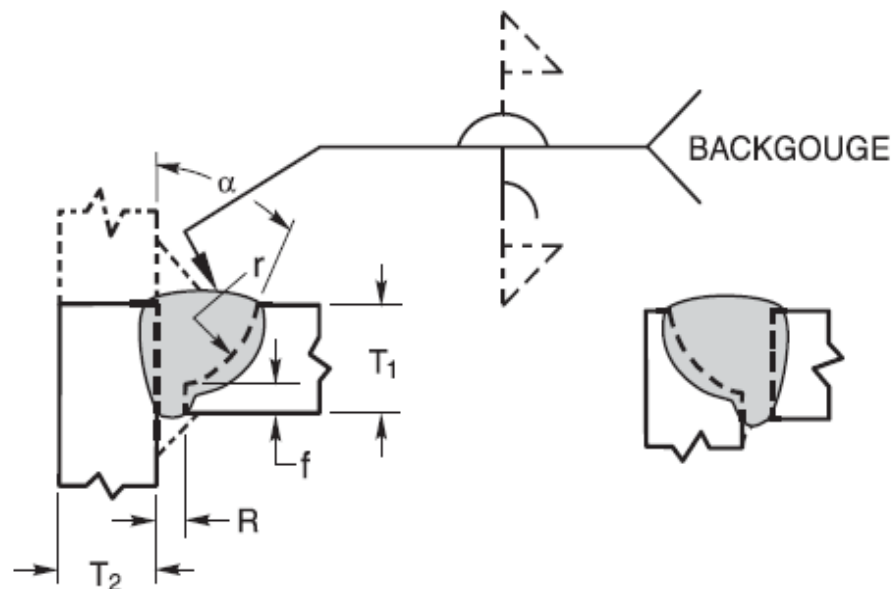
ALL DIMENSIONS IN mm

Tolerances

As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)
B-U8 and B-U8-GF	
$R = +2, -0$	$+2, -3$
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$+10^\circ, -5^\circ$
$f = +3, -0$	Not Limited
$r = +6, -0$	$\pm 1/16$
B-U8-S	
$R = \pm 0$	$+3, -0$
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$+10^\circ, -5^\circ$
$f = +0, -1/8$	± 2
$r = +6, -0$	± 2

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation				Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening	Groove Angle	Root Face	Bevel Radius			
SMAW	B-U8	U	—	$R = 0 \text{ to } 3$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	All	—	c, d, e, j
GMAW FCAW	B-U8-GF	U	—	$R = 0 \text{ to } 3$	$\alpha = 30^\circ$	$f = 3$	$r = 10$	All	Not req.	a, c, d, j
SAW	B-U8-S	U	—	$R = 0$	$\alpha = 45^\circ$	$f = 6$ max.	$r = 10$	F	—	c, d, j

Single-J-groove weld (8)
 T-joint (T)
 Corner joint (C)



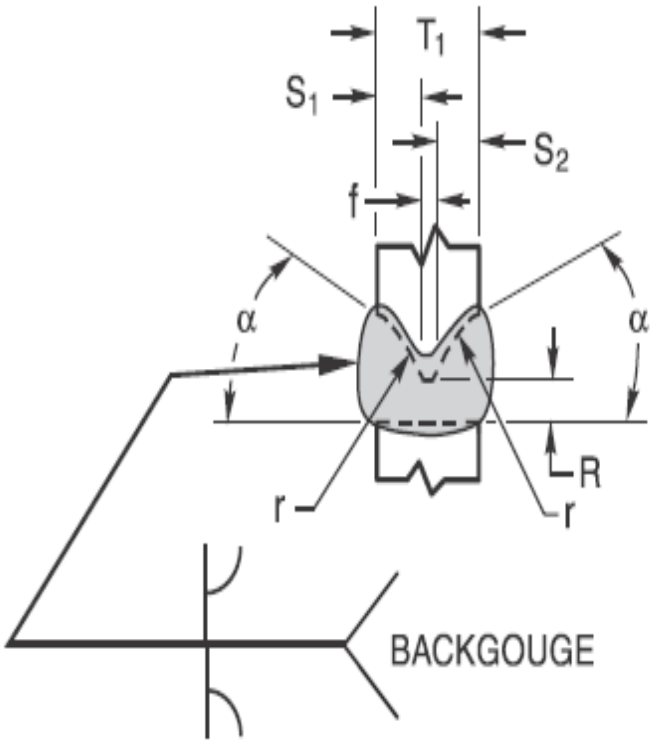
ALL DIMENSIONS IN mm

Tolerances	
As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)
TC-U8a and TC-U8a-GF	
R = +2, -0	+2, -3
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°
f = +2, -0	Not Limited
r = +6, -0	±1/16
TC-U8a-S	
R = ±0	+6, -0
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°
f = +0, -3	±2
r = +6, -0	±2

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation				Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening	Groove Angle	Root Face	Bevel Radius			
SMAW	TC-U8a	U	U	R = 0 to 3	$\alpha = 45^\circ$	f = 3	r = 10	All	—	d, e, g, j, k
				R = 0 to 3	$\alpha = 45^\circ$	f = 3	r = 10	F, OH	—	d, e, g, j, k
GMAW FCAW	TC-U8a-GF	U	U	R = 0 to 3	$\alpha = 45^\circ$	f = 3	r = 10	All	Not required	a, d, g, j, k
SAW	TC-U8a-S	U	U	R = 0	$\alpha = 45^\circ$	f = 6 max.	r = 10	F	—	d, g, j, k

**Figure 3.3 (Continued)—Prequalified CJP Groove Welded Joint Details
 (see 3.13) (Dimensions in Millimeters)**

Double-J-groove weld (9)
Butt joint (B)

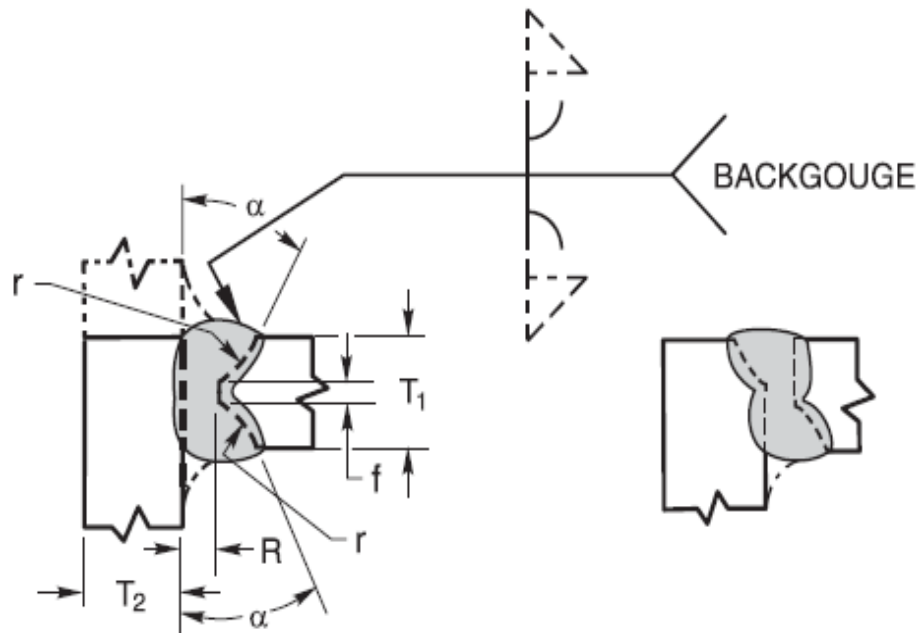


ALL DIMENSIONS IN mm

Tolerances	
As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)
R = +2, -0	+2, -3
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	$+10^\circ, -5^\circ$
f = +2, -0	Not Limited
r = +3, -0	± 2

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation				Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening	Groove Angle	Root Face	Bevel Radius			
SMAW	B-U9	U	—	R = 0 to 3	$\alpha = 45^\circ$	f = 3	r = 10	All	—	c, d, e, h, j
GMAW FCAW	B-U9-GF	U	—	R = 0 to 3	$\alpha = 30^\circ$	f = 3	r = 10	All	Not required	a, c, d, h, j

Double-J-groove weld (9)
 T-joint (T)
 Corner joint (C)

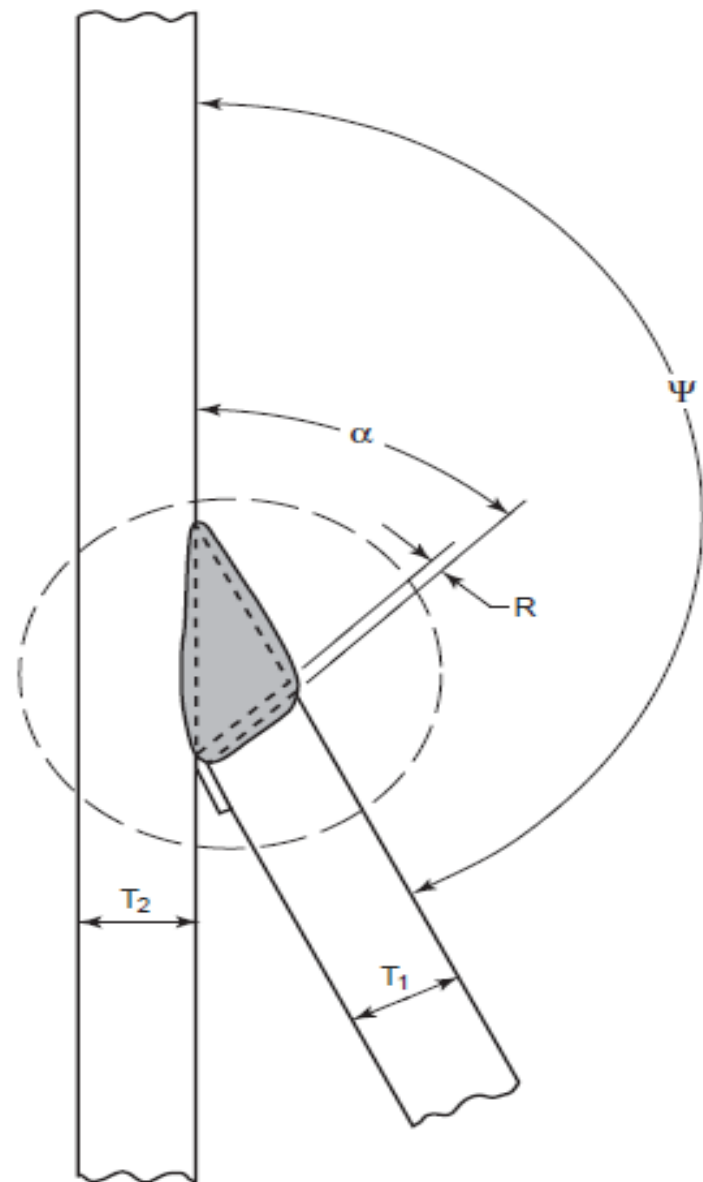
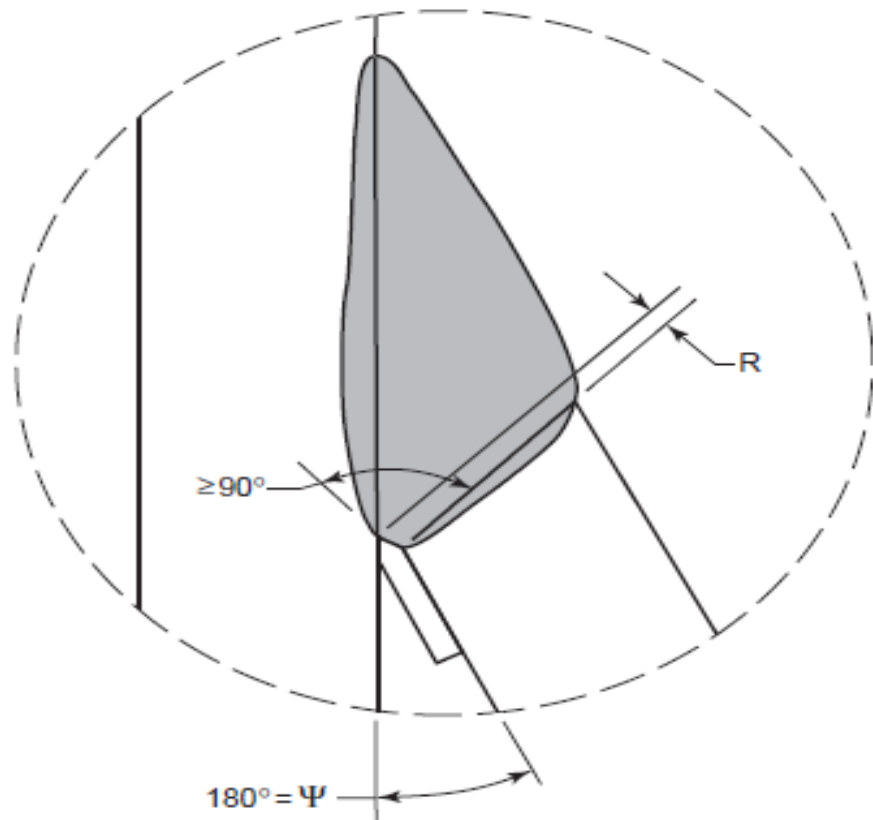


Tolerances	
As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)
R = +2, -0	+2, -3
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°
f = +2, -0	Not Limited
r = 3, -0	±2

ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation				Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening	Groove Angle	Root Face	Bevel Radius			
SMAW	TC-U9a	U	U	R = 0 to 3	$\alpha = 45^\circ$	f = 3	r = 10	All	—	d, e, g, h, j, k
				R = 0 to 3	$\alpha = 30^\circ$	f = 3	r = 10	F, OH	—	d, e, g, h, j, k
GMAW FCAW	TC-U9a-GF	U	U	R = 0 to 3	$\alpha = 30^\circ$	f = 3	r = 10	All	Not required	a, d, g, h, j, k

**Figure 3.3 (Continued)—Prequalified CJP Groove Welded Joint Details
 (see 3.13) (Dimensions in Millimeters)**



Note: $90^\circ \leq \Psi \leq 170^\circ$.

Figure 3.6—Prequalified CJP Groove, T-, and Corner Joint
 (see Notes for Figures 3.2 and 3.3, Note o)

ثبت ارزیابی روش جوشکاری

Procedure Qualification Record

- جهت اطمینان از قابل اجرا بودن و کارائی دستورالعمل جوشکاری آن را مورد آزمایش قرار میدهند. در نتیجه عملاً آن را مورد اجرا قرار داده و نتایج آزمونهای انجام شده را در فرمهای PQR ثبت می کنند. یک نمونه از فرم PQR در ضمیمه ارائه شده است.

گزارش آزمایش ارزیابی دستورالعمل جوشکاری (مخرب)

آزمایش کششی

شماره نمونه	عرض	ضخامت	سطح	بار کششی نهایی (kg)	تنش حد نهایی kg/cm^2	نوع و موقعیت شکست

آزمایش خمش هدایت شده

شماره نمونه	نوع خمش	نتیجه	توضیحات

بازرسی چشمی:

ظاهر جوش آزمایش پرتونگاری - فراصوتی
 بریدگی کناری شماره گزارش RT: نتیجه
 تخلخل حفره‌ای شماره گزارش UT: نتیجه
 تعمر نتایج آزمایش جوش گوشه
 تاریخ آزمایش حداقل بعد چندپاسه زخم‌دار حداکثر بعد تک‌پاسه زخم‌دار
 گواهی‌کننده ۱. ۲. ۳. ۱. ۲.
 آزمایش‌های دیگر آزمایش کشش فلز جوش

مقاومت کششی (kg/cm^2)
 مقاومت تسلیم (kg/cm^2)
 افزایش طول در ۵۰ میلی‌متر، %
 شماره آزمایش
 نام جوشکار شماره تأیید
 تأیید آزمایش توسط آزمایشگاه

شماره آزمایش
 هر
 ما، امضاءکنندگان، صحت نتایج مندرج در این برگه و تطبیق آماده‌سازی، جوشکاری و آزمایش قطعات نمونه را مطابق دستورالعمل
 آیین‌نامه، تأیید می‌نماییم.

سازنده یا پیمانکار
 امضاء
 معرفی به وسیله
 عنوان
 تاریخ

ارزیابی جوشکار

- برای ارزیابی جوشکار، یک جوش که دستورالعمل آن مورد تأیید است، توسط جوشکار در وضعیت مورد نظر انجام می گیرد. از قطعه جوشکاری شده نمونه هائی اخذ شده و تحت آزمایشهای مکانیکی تا نقطه خرابی قرار میگیرد. بر حسب نتایج حاصل صلاحیت جوشکار مورد ارزیابی قرار میگیرد. در ارزیابی جوشکار میتوان از نمونه های آزمایش های غیر مخرب UT و RT نیز استفاده نمود. یک نمونه از فرم ارزیابی جوشکار در ضمیمه ارائه شده است.

گزارش آزمایش ارزیابی جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری و خال جوشکاران

نوع جوشکار
 نام: شماره شناسنامه:
 شماره دستورالعمل جوشکاری اصلاح تاریخ

ثابت مقادیر واقعی مورد استفاده در ارزیابی	متغیرها نوع / روش الکتروود (تک یا چندگانه) جریان / قطبیت
	موقعیت موقعیت جوشکاری
	پشت بند (بله، خیر) نوع مصالح مصالح پایه
	شماره پرکننده
	رده
	نوع گداز آور / گاز
	سایر موارد

ضرورت بازرسی

- برای حصول یک جوش خوب باید پنج عامل زیر را برآورده نمود. (قانون پنج P)
- روش جوشکاری (*Process selection*)
- آماده سازی مناسب لبه ها (*Preparation*)
- دستورالعمل جوشکاری (*Procedure*)
- پرسنل جوش (*Personnel*)
- بازرسی و تأیید جوش (*Prove*)
- چهار دستورالعمل اول در رده بازرسی های تضمین کیفیت "Q/A" (Quality Assurance) و قانون پنجم در رده بازرسی های کنترل کیفیت "Q/C" (Quality Control) می باشد.

خصوصیات بازرسی

- بازرسی فنی بایستی با نقشه های مهندسی آشنایی کامل داشته و نقشه را خوب خوانده و بفهمند.
- 2- اصطلاحات تعریف شده بین المللی ، علائم جوشکاری و کدهای استاندارد را بدانند.
- 3- از فرآیندهای جوشکاری اطلاعات کافی داشته باشند.
- 4- با روش های تست استاندارد آشنا باشند.
- 5- توانایی آزمایش تأیید صلاحیت جوشکاری را داشته باشند.
- 6- اطلاعات کافی از متالورژی جوش داشته باشند ، تا در هنگام ضرورت قادر به تجزیه و تحلیل مسائل مهندسی جوش باشند.
- 7- در جوش تجربه داشته و عیوب جوش را بشناسند و روش های پیشگیری یا رفع آنها را بدانند.
- 8- در کار بازرسی ، تجربه آموخته باشند.
- 9- گزارشات کنترل کیفیت را در مراحل مختلف ساخت ، تهیه و تثبیت نمایند.
- 10- در تمامی مراحل ساخت پروژه ، حضور داشته باشند.

وظایف بازرسی جوش

- تفسیر نقشه های جوشکاری و مشخصات آنها.
- بررسی سفارش خرید به منظور حصول اطمینان از درستی تعیین مواد جوشکاری و مواد مصرفی.
- بررسی و شناسایی مواد دریافت شده طبق مشخصات سفارش خرید.
- بررسی ترکیبات شیمیایی و خواص مکانیکی از روی گزارش خورد طبق نیازمندیهای معین شده.
- بررسی فلز مبنا از نظر عیوب و انحرافات مجاز.
- بررسی نحوه انبار کردن فلز پر کننده و دیگر مواد مصرفی.
- بررسی تجهیزات مورد استفاده.
- بررسی آماده سازی اتصال جوش.
- بررسی جفت و جوری اتصال.
- بررسی به کار گرفتن دستورالعمل جوشکاری تایید شده.
- بررسی ارزیابی صلاحیت جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری.
- انتخاب نمونه های آزمایش تولید.
- ارزیابی نتایج آزمایش.
- نگهداری سوابق.
- تهیه و تنظیم گزارش.

مراحل بازرسی عینی جوش " *Visual inspection* "

- بازرسی عینی قبل از جوشکاری

- بازرسی عینی هنگام جوشکاری

- بازرسی عینی بعد از جوشکاری

بازرسي عيني قبل از جوشكاري شامل موارد دي مي
باشد كه عبارتند از

A.اطلاع از كيفيت مورد نظر كار و ميزان حساسيت سازه

B.مطالعه دقيق نقشه ها و مشخصات فني

C.مقايسة مشخصه داده شده توسط مشتري و كيفيت مورد
نياز با محصول

D.مطالعه استانداردهاي مربوطه و انتخاب
استانداردهاي اجرائي

E.انتخاب و ارزيابي روش جوشكاري

F.انتخاب مصالح و بازرسي مصالح

G.انتخاب مواد مصرفي و بازرسي مواد مصرفي

- در انتخاب الکتروود دو مطلب باید در نظر گرفته شود :
- (1) نوع الکتروود
- (2) سایز الکتروود
- در خصوص نوع الکتروود مسائل موردنظر عبارتند از :
- جنس قطعه و ضخامت آن
- نوع تنش و مقدار تنش
- درجه حرارت
- خورندگی محیط
- نوع جریان الکتریکی وضعیت جوشکاری
- نرخ رسوب
- سهولت کار
- قیمت الکتروود
- در خصوص سایز الکتروود باید به موارد زیر توجه کرد :
- ضخامت قطعه
- طرح اتصال
- وضعیت جوشکاری
- سهولت کار
- کیفیت جوش
- هزینه
- بازرسی مواد مصرفی جوش توسط بازرسی می تواند به دو صورت انجام گیرد :
- 1-انجام آزمایش بر روی خواص جوش الکتروود و یا پودر و مفتول مصرفی جوش
- 2-اخذ گواهی از شرکت های سازنده الکتروود ، پودر یا مفتول جوشکاری

بازرسی ورق های مصرفی

- در صورت مشاهده ترك های ناشی از تورق و یا ناپیوستگی های سطحی می توان مطابق جدول زیر به تعمیر و عملیات اصلاحی اقدام نمود.
- در مواردی که سطح ورق ها دارای ناپیوستگی های با عمق زیاد و یا سوراخ باشد و نیاز به این باشد که با جوش پر شود ، بهتر است اولاً این مواد با الکترودهای کم هیدروژن مثل E7018 اصلاح شوند ، ثانیاً پس از جوشکاری با آزمایش های PT یا MT از کیفیت کامل موضع جوشکاری شده اطمینان حاصل نمود.

شرح ناپیوستگی	تعمیر لازم
هر نوع ناپیوستگی با طول مساوی 25 میلیمتر یا کمتر	لازم نیست
هر نوع ناپیوستگی با طول بزرگتر از 25 میلیمتر و عمق کمتر از 3 میلیمتر	لازم نیست ولی عمق باید مورد بررسی قرار گیرد
هر نوع ناپیوستگی با طول بزرگتر از 25 میلیمتر و عمق 3 تا 6 میلیمتر	باید کاملاً برداشته ولی جوش لازم نیست
هر نوع ناپیوستگی با طول بزرگتر از 25 میلیمتر و عمق بیش از 6 میلیمتر	باید کاملاً برداشته و با جوش پر شود

• **H. بازرسی وسایل و تجهیزات جوشکاری ، برشکاری و عملیات حرارتی**

• **ا. طرح و تنظیم و یا ارائه دستورالعمل جوشکاری**

• موارد مهمی که در دستورالعمل جوشکاری (**WPS**) بایستی به آن اشاره شود عبارتند از

• نوع فرآیند جوشکاری ، نوع ضخامت ورق مصرفی ، نوع و قطر الکتروود مصرفی ، مشخصات الکتریکی دستگاه جوش و اتصال الکتروود ، ترتیب جوشکاری ، نحوه تکنیک جوشکاری ، عملیات حرارتی پیش گرم و یا پس گرم کردن.

• تست هایی که در گزارش کیفیت دستورالعمل جوش (**PQR**) بکار برده می شوند و معمولاً در استاندارد نیز به آنها توجه شده است شامل :

• بازرسی چشمی

• آزمایش غیر مخرب ، Pt یا Mt و Ut یا Rt

• آزمایش کشش عرضی

• آزمایش خمش

• آزمایش ضربه در شرایط خاص یا به تشخیص بازرس.

• **ل. آزمون جوشکاران و اپراتورها و بررسی صلاحیت آنها**

معمولاً در صورت تست در حالت گوشه علاوه بر کنترل چشمی ظاهر جوش ، آزمایش شکست نمونه جوش گوشه انجام می شود و در صورت جوشکاری در حالت نفوذی و اتصال لب به لب علاوه بر کنترل چشمی آزمایش خمش و یا آزمایش غیر مخرب Ut یا Rt انجام می شود.

• **K. بررسی تسهیلات آزمایش**

بازرسی عینی در حین جوشکاری شامل مواردی می باشد که عبارتند از

- A. بازرسی قطعات متصل شونده و درزهای آماده جوشکاری
- B. بازرسی محل های جوش و سطوح مجاور به منظور اطمینان از تمیزی و عدم آلودگی با موادی که اثرات زیان بخشی بر جوش دارند
- C. بازرسی سطوح جوشکاری شده با شعله یا شیار زده ، از نظر پوسته ، ترک و غیره
- D. بازرسی و ترتیب و توالی جوشکاری ، استفاده از قیدها ، گیره ها و سایر تمهیدات به منظور کنترل پیچیدگی ناشی از جوشکاری
- E. بازرسی مواد مصرفی جوشکاری از نظر دارا بودن شرایط مطلوب و گرم و خشک کردن الکترودهای روپوش قلیایی طبق دستورالعمل های مصوبه
- F. بازرسی جوشکارانی که تایید صلاحیت شده اند و کد دارند و کنترل کیفیت جوش آنها در حین کار
- G. کنترل تمیز کاری و حذف سرباره های جوش در بین لایه و پاس های جوشکاری
- H. بازرسی پیش گرم کردن و حفظ درجه حرارت بین پاسی در صورت لزوم

نوع الكترود	ستون (الف)	ستون (ب)
E70xx	4 ساعت	بين 4 تا 10 ساعت
E70xxR	9 ساعت	بين 4 تا 10 ساعت
E70xxHZR	9 ساعت	بين 4 تا 10 ساعت
E7018M	9 ساعت	بين 4 تا 10 ساعت
E70xx.x	4 ساعت	بين 4 تا 10 ساعت
E80xx.x	2 ساعت	2 تا 10 ساعت
E90xx.x	1 ساعت	1 تا 5 ساعت
E100xx.x	0.5 ساعت	0.5 تا 4 ساعت

بازرسی عینی بعد از جوشکاری شامل مواردی می باشد که عبارتند از

- **A.** بازرسی چشمی از نظر وجود عیوبی نظیر
 - تخلخل ظاهری
 - عدم امتزاج کامل
 - عدم نفوذ کامل جوش
 - بریدگی پای جوش
 - لوچه
 - ترکهای سطحی
 - گرده بیش از حد جوش
- **B.** بازرسی ابعاد جوش و قطعه جوشکاری شده از نظر
 - ظاهر نهائی جوش
 - اندازه نهائی جوش
 - طول جوش

- **C. بازرسی تغییر شکلهای ناشی از جوشکاری نظیر:**
- انقباض موضعی
- خیز
- خمشدگی
- تابیدگی
- چرخش
- کمانش
- موجدار شدن و غیره
- شکستگی محور
- بهم خوردگی زاویه ها و غیره
- **D. بازرسی تنش زدائی و سختی سنجی پس از تنش زدائی**
- **E. بازرسی های غیر مخرب نظیر:**
- پرتونگاری
- امواج مافوق صوت
- عیب یابی ذره مغناطیسی
- مایع نافذ
- جریان گردابی و غیره

چک لیست بازرسی عینی جوش

• نکاتی که قبل، حین و بعد از جوشکاری باید مورد بازرسی عینی قرار گیرند

• کنترل قبل از جوشکاری ○○●

• کنترل در حین جوشکاری ○●○

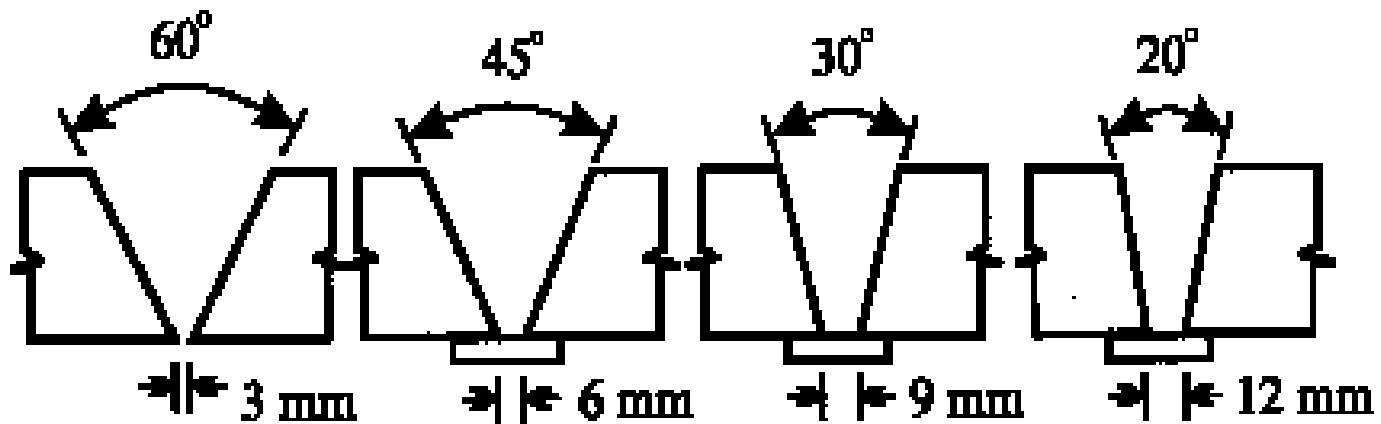
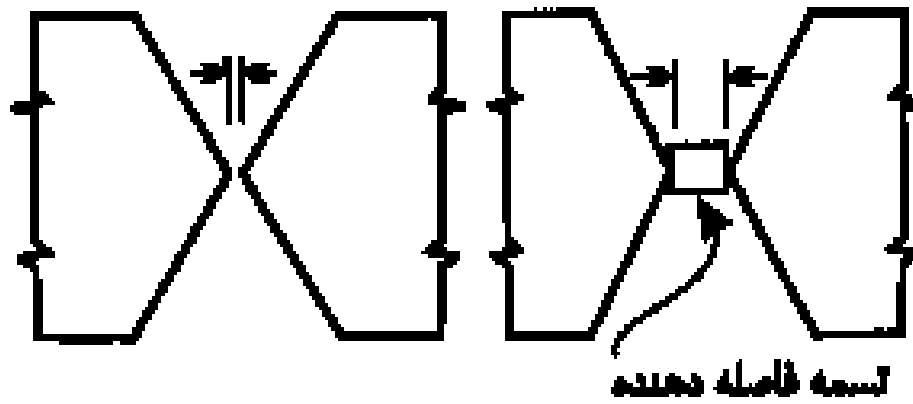
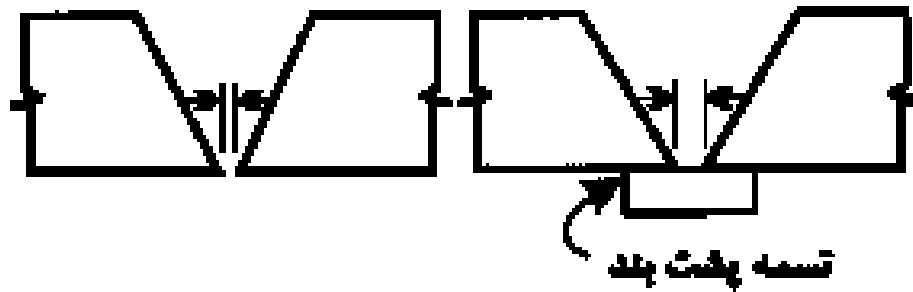
• کنترل بعد از جوشکاری ●○○

●●● " Included angle " 1-زاویه پخی

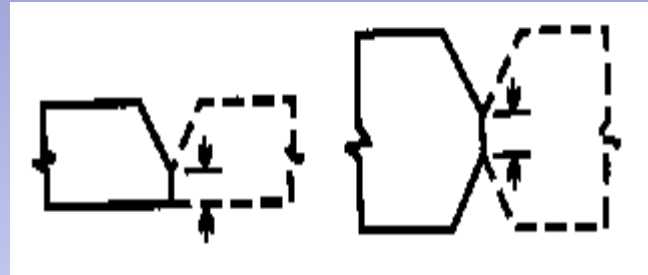
●
●
زاویه پخی باید به اندازه ای باشد که الکتروود به راحتی به ریشه جوش برسد و در عبورهای متوالی، از ذوب کامل جداره ها اطمینان حاصل گردد. در حالت عمومی هرچه این زاویه بزرگتر باشد، مصرح مصالح جوش افزایش می یابد.

●●● " Root opening " 2-دهانه ریشه

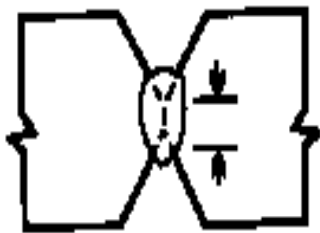
●
●
در صورت عدم استفاده از تسمه پشت بند، امکان سوختن ریشه در عبور (پاس) اول وجود دارد. در نتیجه در این حالت دهانه ریشه قدری کاهش داده می شود. در صورتی که امکان سنگ زدن ریشه از پشت کار وجود داشته باشد، عدم ذوب کامل ریشه در پاس اول خیلی جدی نیست. در صورت استفاده از تسمه پشت بند، دهانه ریشه افزایش داده می شود تا ذوب کامل ریشه و تسمه پشت بند امکان پذیر باشد. در این حالت نیازی به سنگ زدن ریشه از پشت کار نمی باشد و امکان سوختن ریشه نیز در میان نیست. در پخی دو طرفه، تسمه فاصله دهنده نقش ورق پشت را بازی میکند، لیکن قبل از جوش پشت کار باید سنگ زده و برداشته شود.



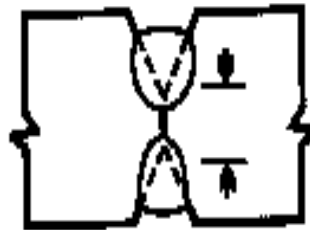
3- ضخامت ریشه " Root face " ●○○○



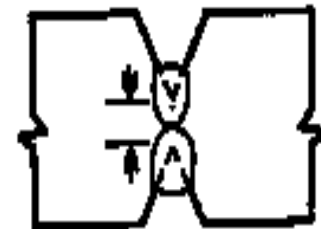
- رعایت ضخامت ریشه به منظور جلوگیری از سوختن ریشه می باشد و معمولاً در جوشهای اتوماتیک زیرپودری مقرر میگردد. ضخامت ریشه دارای یک مقدار حداقل و یک مقدار حداکثر است و در صورت عدم رعایت مقدار حداقل، ریشه جوش می سوزد، و در صورت عدم رعایت مقدار حداکثر، ذوب ریشه کامل نخواهد بود.



(پ) ضخامت ریشه مناسب
باعث نفوذ مناسب می شود

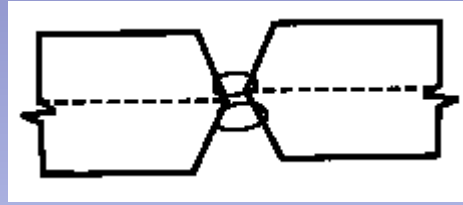


(ب) ضخامت ریشه زیاد باعث
عدم نفوذ کامل می شود



(الف) ضخامت ریشه کم باعث
سوختن ریشه می شود

4- هم محوری درز " Alignment " ●●●



• عدم هم محوری صحیح باعث تشکیل قسمتهائی با نفوذ ناقص میشود.

• 5- تمیزی درز " Cleanliness of joint " ●●●

• سطوح درز باید تمیز و عاری از هر گونه آلودگی، گرد و غبار و رطوبت باشند.

• 6- نوع و اندازه مناسب الکتروود " Proper type & size of

• electrode " ●●●

• نوع و اندازه الکتروود باید برای نوع فلز مورد جوش، وضعیت جوشکاری، وظیفه جوش، ضخامت ورق، اندازه درز و غیره مناسب باشد.

• 7- قطبیت و شدت جریان مناسب " Proper welding current &

• polarity " ●●●

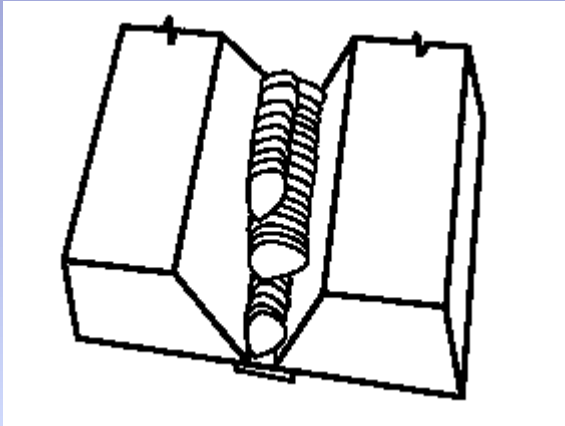
• بر حسب نوع و قطر الکتروود، نوع درز و وضعیت جوشکاری باید شدت جریان و قطبیت جوشکاری مناسب باشد.

• 8- خل جوش مناسب " proper tack weld " ●●●

• خل جوشها باید کوچک و بلند باشند، به طوری که با جوش اصلی تداخل نداشته باشند. در ورقهای ضخیم، برای اجرای خل جوشها باید از الکتروودهای کم هیدروژن استفاده نمود.

●●○ " Good fusion " 9-ذوب خوب

هر پاس جوش باید بطور کامل با ورق پشت بند، عبور قبلی و فلز پایه هم جوش شده و امتزاج کامل بوجود آورد، بطوریکه هیچ گونه حفره هوا در فصل مشترک بوجود نیاید.

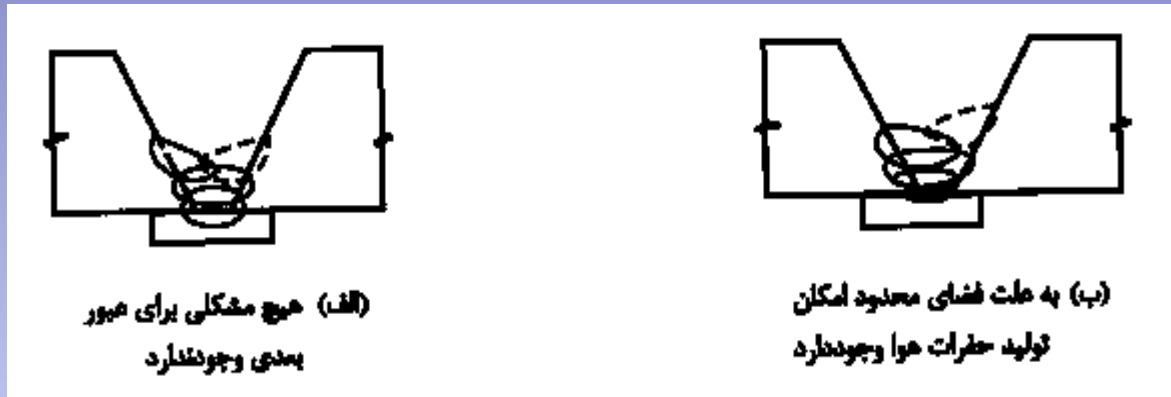


●●○ 10- پیش گرمایش و درجه حرارت بین پاسی

" Proper preheat & interpass temperature "

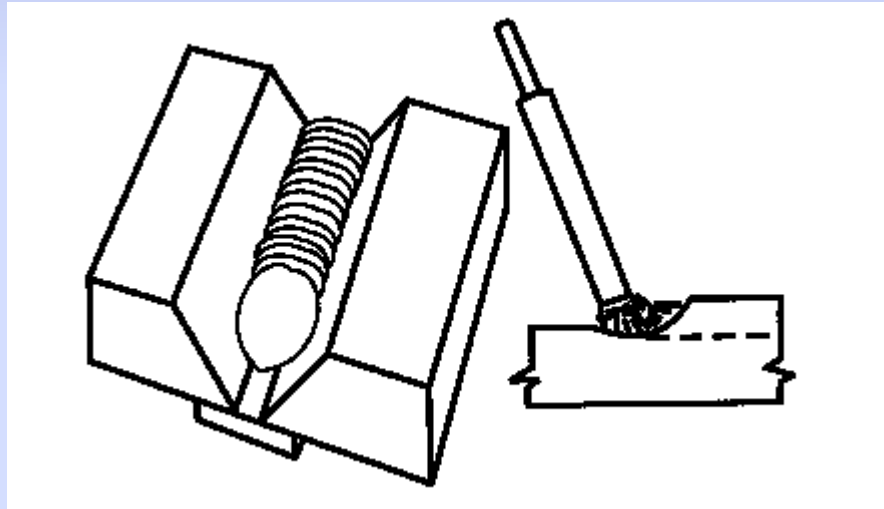
مقدار پیش گرمایش و درجه حرارت مناسب برای عبورهای میانی، بستگی به ضخامت ورق، نوع فولاد، روش جوشکاری و درجه حرارت محیط دارد. در صورتیکه شرایط گفته شده، پیش گرمایش و درجه حرارت خاصی برای جوش های میانی لازم ندارند، در حین عملیات جوشکاری این موضوع باید به طور پیوسته مورد بررسی قرار گیرد.

• 11. توالی و ترتیب پاسهای جوش " Proper sequencing of passes " ○●○

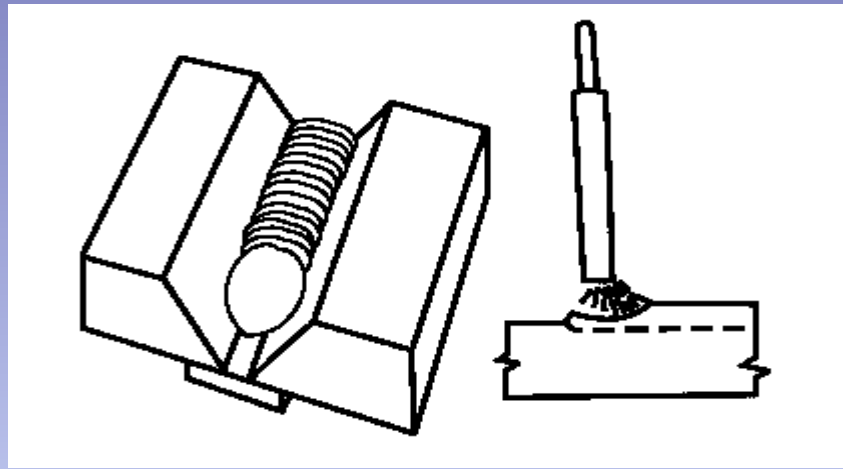


• ترتیب و توالی پاسها باید طوری باشد که امکان وقوع حفرات هوا در حد فاصل عبورهای جوش وجود نداشته باشد.

• 12. سرعت مناسب حرکت نوک الکتروود " Proper travel speed " ○●○

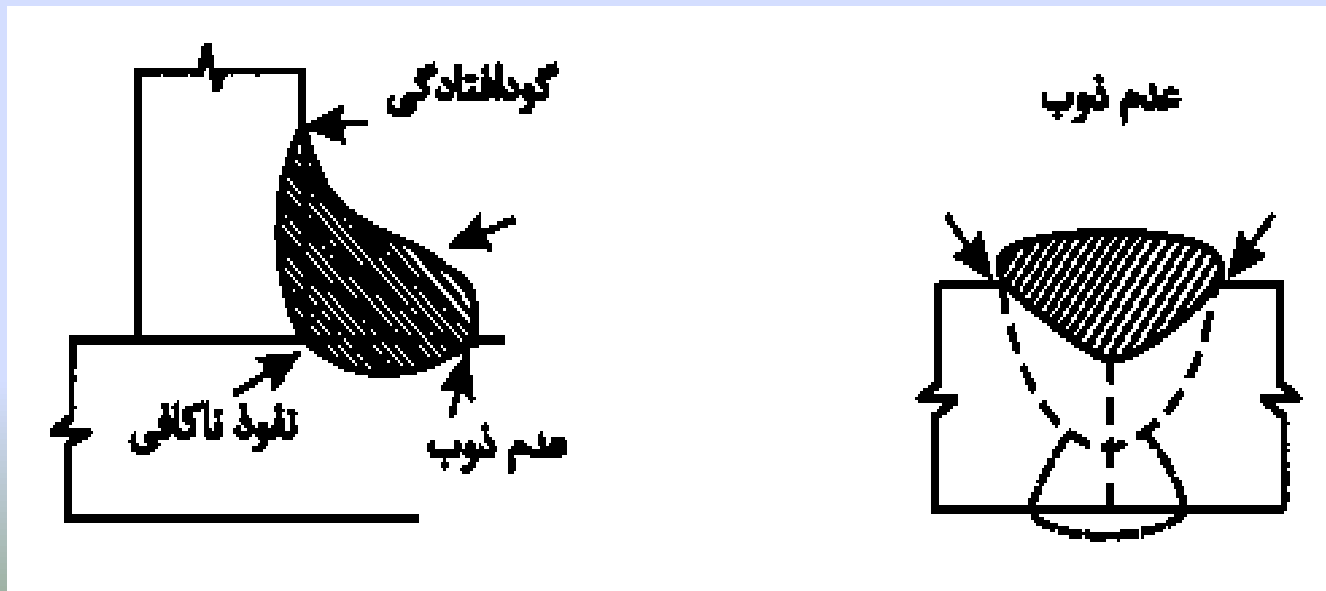


• اگر سرعت حرکت الکتروود خیلی آهسته باشد، فلز جوش ذوب شده و گل جوشکاری، به سمت جلوی الکتروود فرار کرده و شروع به سرد شدن می نماید. بر نتیجه جوش اصلی که به روی این قسمت اجرا میگردد، شانس نفوذ کافی به ریشه را از دست می دهد.

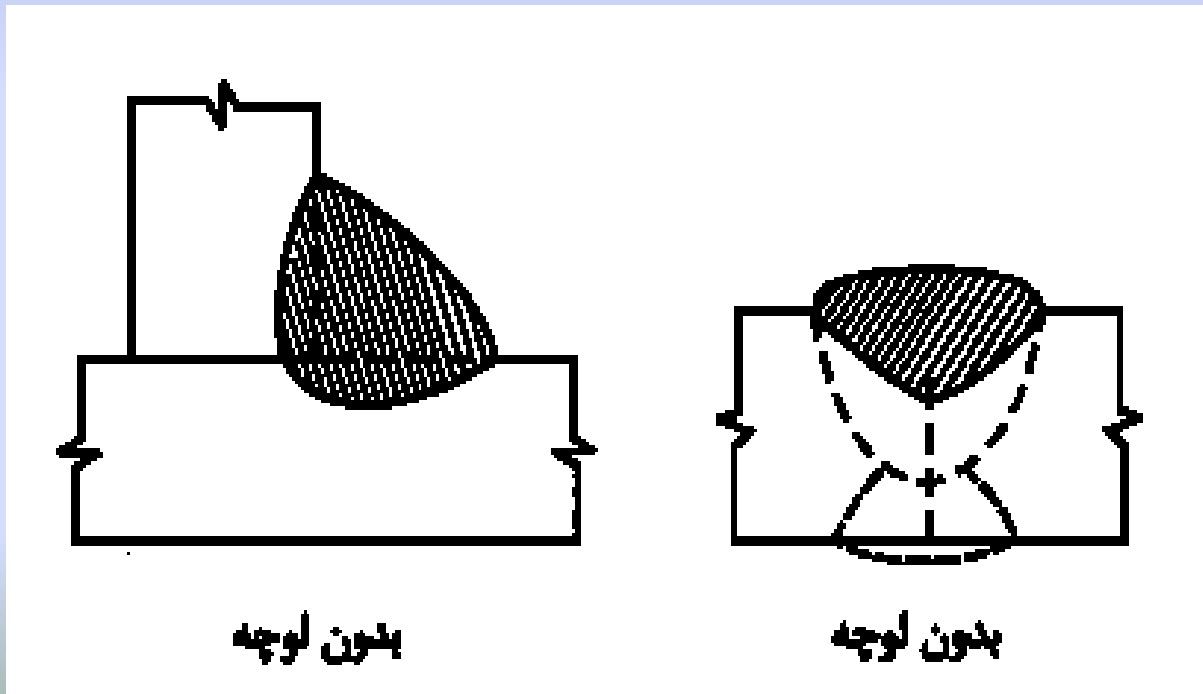


- اگر سرعت حرکت الکتروود افزایش داده شود، امکان فرار مواد مذاب به جلوی الکتروود وجود نداشته و نفوذ کامل صورت میگیرد.

• 13. لوجه جوش " Over lap " ●●○

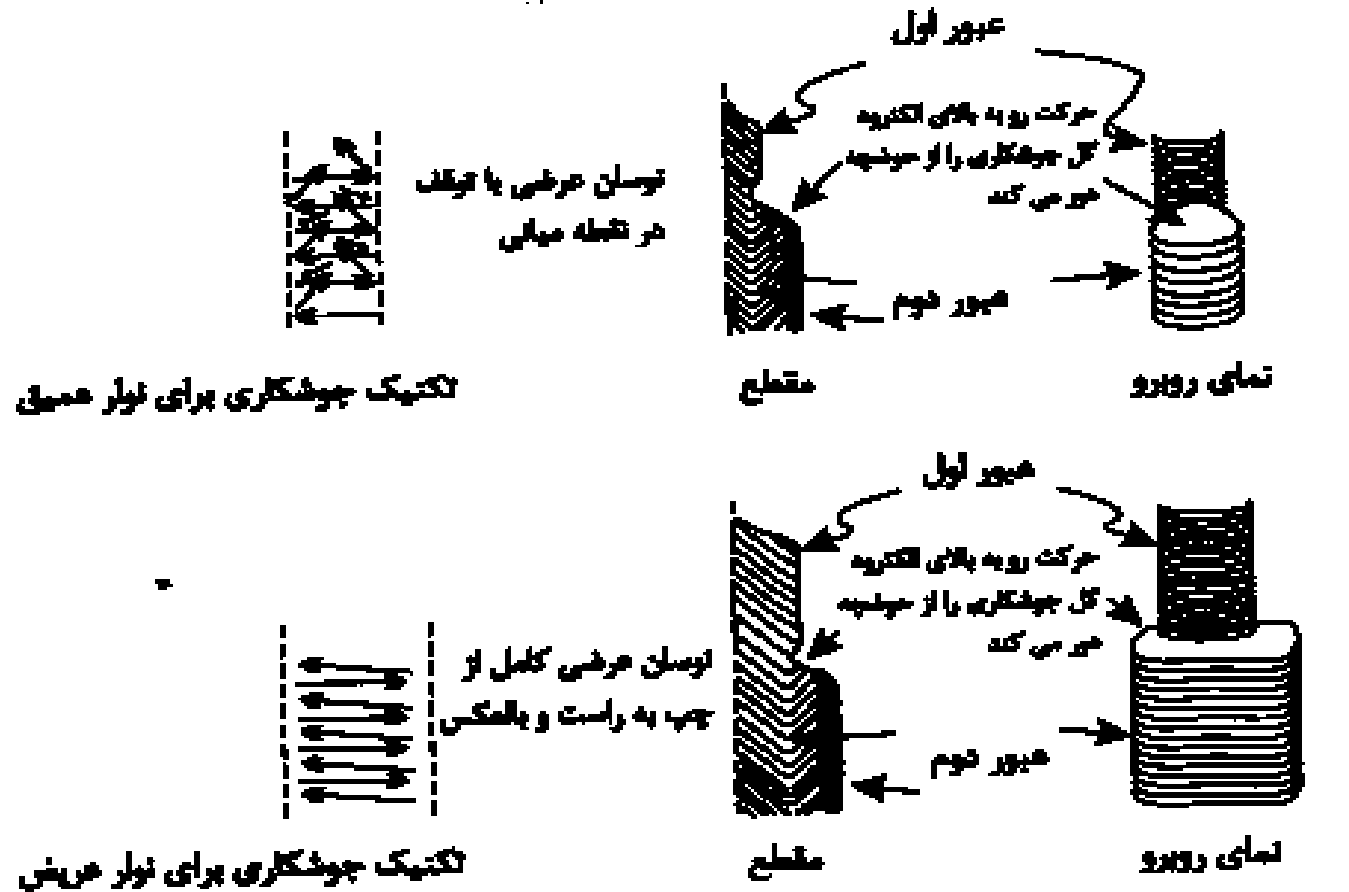
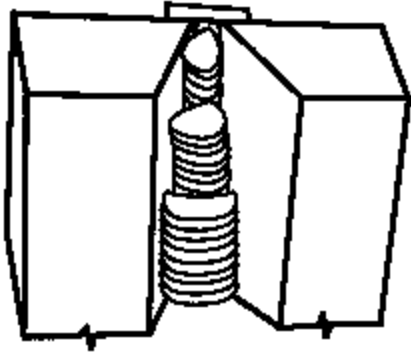


- اگر سرعت نوک الکتروود خیلی آهسته باشد، مقادیر زیادی از فلز جوش در حال رسوب، از لبه های نوار جوش به سمت بیرون سرریز (شره) کرده و هم جوشی کامل بوجود نمی آید. عمل سرریز به سهولت در حین جوشکاری قابل مشاهده بوده و روش اصلاح آن افزایش سرعت جوشکاری است.



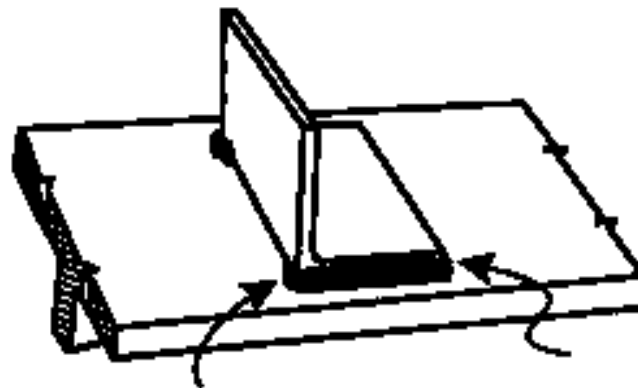
• 14. غلتاندن حوضچه مذاب نوک الکتروود در جوشهای
سربالا (قائم) ○●○

" Tilt of crater in vertical welding "



●●○ " Filled crater " جوش 5. چاله انتهای جوش

- چاله دو انتهای جوش از دو نقطه نظر زیر ممکن است بحث انگیز باشد:
- ضخامت گلوی موثر جوش کمتر از سایر قسمت‌های نوار جوش است.
- با توجه به اینکه سطح مقعری دارند، امکان وقوع ترک ستاره ای در آنها در هنگام سرد شدن وجود دارد. در جوشهای گوشه پیوسته، خطر چاله جوش وجود ندارد، زیرا جوشکاری در هنگام تعویض الکتروود، چاله انتهای جوش قبلی را با جوش پر میکند.
- در جوشها با طول محدود، لازم است انتهای جوش در محلی واقع گردد که میزان تنش کم است، در غیر اینصورت باید دقت گردد که در انتهای جوش چاله کاملاً پر شود.
- **مثال:** در جوش گوشه ورق فوقانی اتصال صلب به بال تیر، در شروع و ختم جوش باید دقیق بود تا چاله ایجاد نشود.
- **مثال:** در جوش نبشی نشیمن، جوش از پشت بال نبشی شروع شده و به لبه آن ختم می گردد بطوریکه چاله در این محل که تنش های کمتری دارد، ایجاد شود.

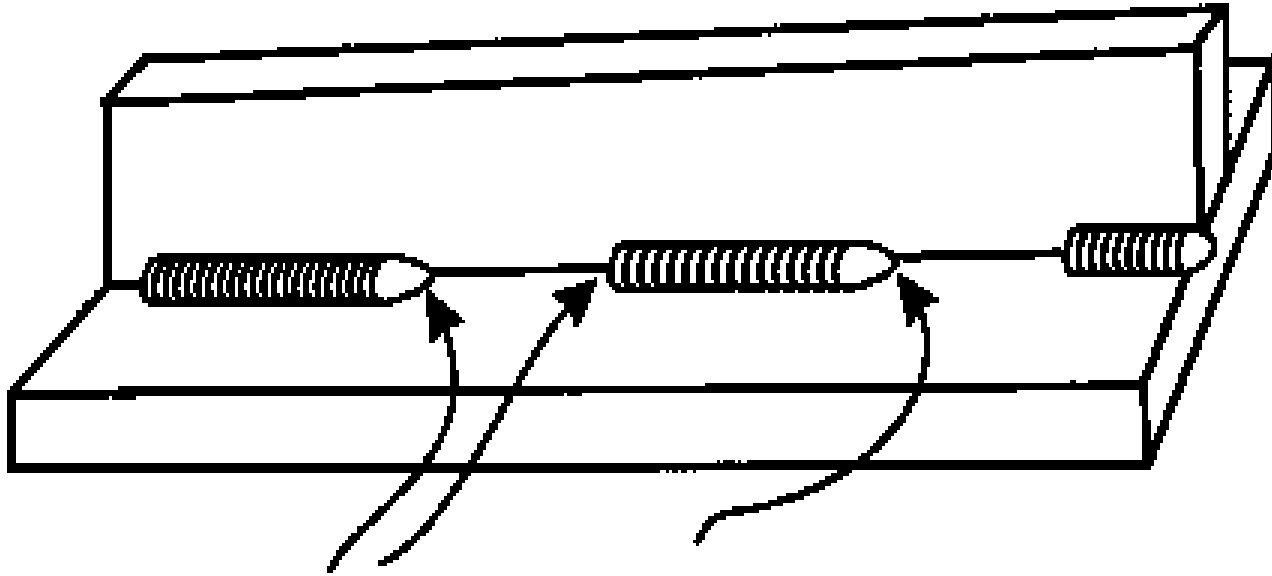


نقطه شروع جوش

انتهای جوش

(چاله جوش بهرانی نیست)

- **مثل:** در جوشهای منقطع، تشکیل چاله در دو انتهای هر قطعه، مشکل مهمی نیست، لیکن با روش کار مناسب نباید اجازه تشکیل آن را بدهیم. مکث جوشکار در انتها و کمی برگشت دست به عقب مشکل را حل مینماید.

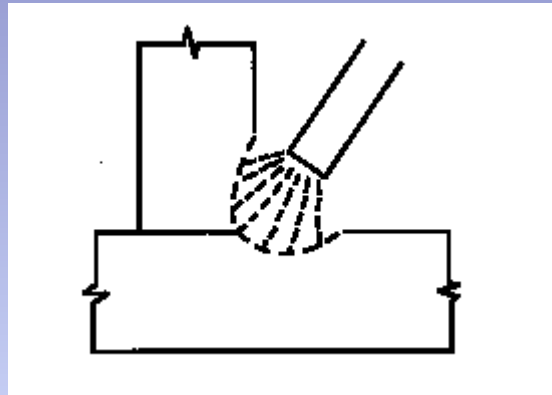


محل چاله انتهایی و وقوع ترک ستاره ای

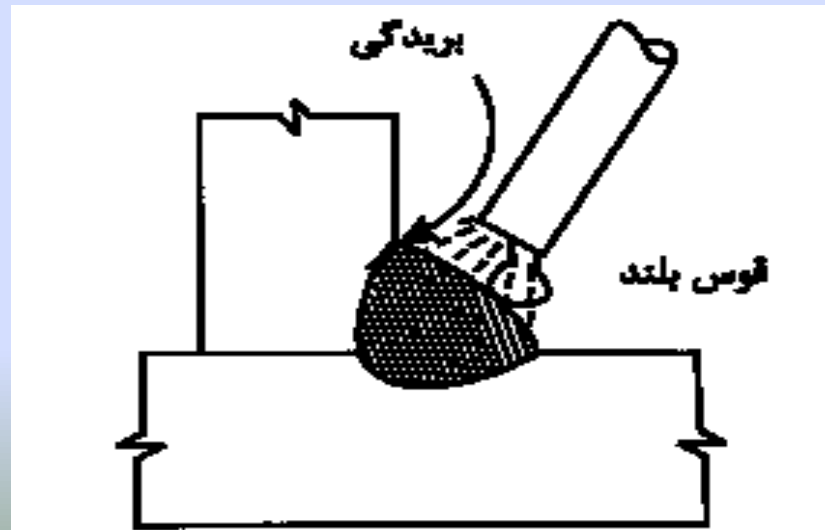
پرکردن چاله انتهایی ترک ستاره ای را از بین می برد

16. بریدگی لبه های جوش " Under cut " ●●○

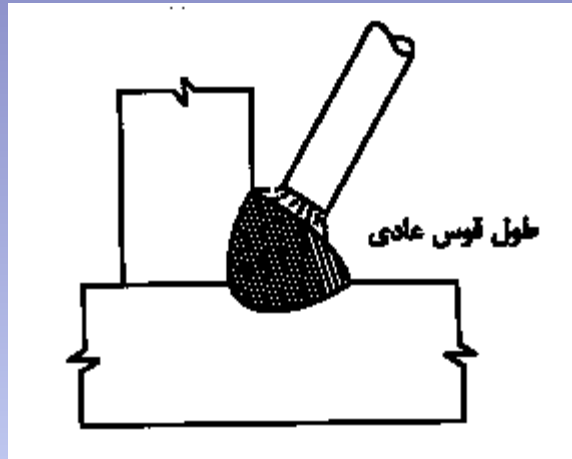
الف: قوس الکتریکی قادر به ذوب قسمتهایی از فلز پایه می باشد



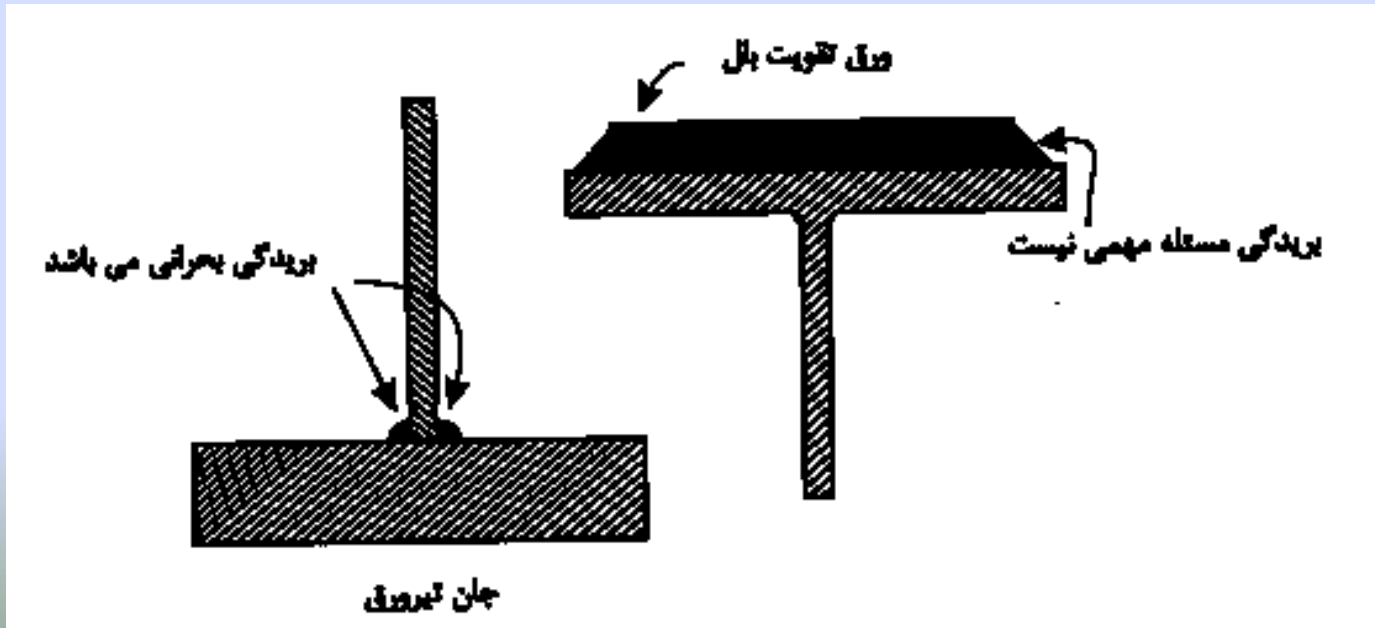
- ب: اگر طول قوس بلند باشد (فاصله نوک الکترود تا سطح جوش)، مصالح جوش نمی تواند تمام فضای جوش ذوب شده را پر کند، در نتیجه در لبه جوش گود افتادگی یا بریدگی بوجود می آید.



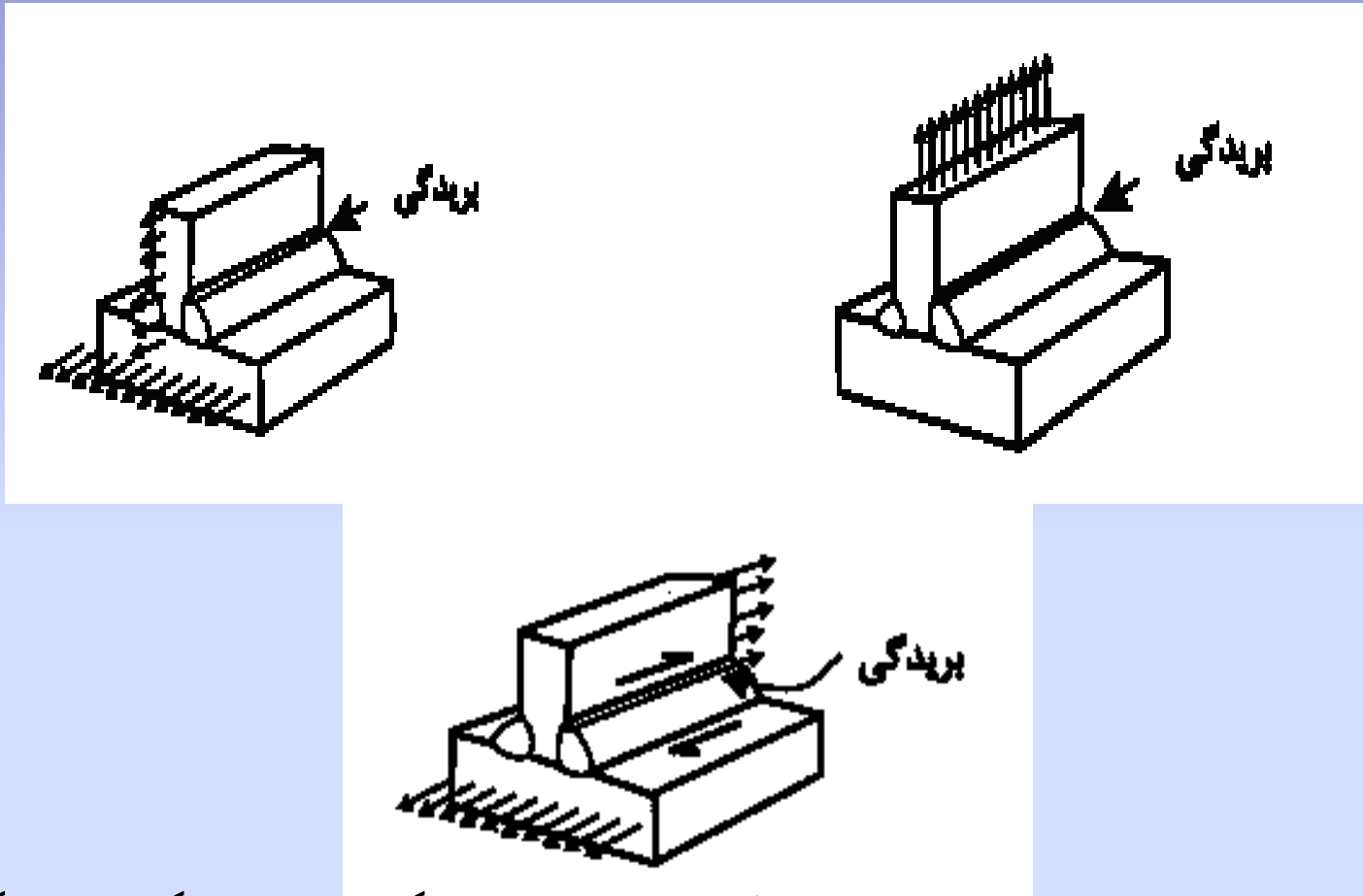
پ: با کاهش طول قوس، مصالح جوش تمام فضای ذوب شده را پر می کند.



- با توجه به اینکه بریدگی به راحتی با اصلاح دستورالعمل جوشکاری قابل اصلاح است، وقوع آن قابل پذیرش نیست. اما این سؤال پیش می آید که بریدگی در چه مواردی مضر بوده و باید اصلاح گردد.
- 1- اگر بریدگی باعث کاهش عمده در ضخامت یا سطح مقطع گردد، وقوع آن مردود است.

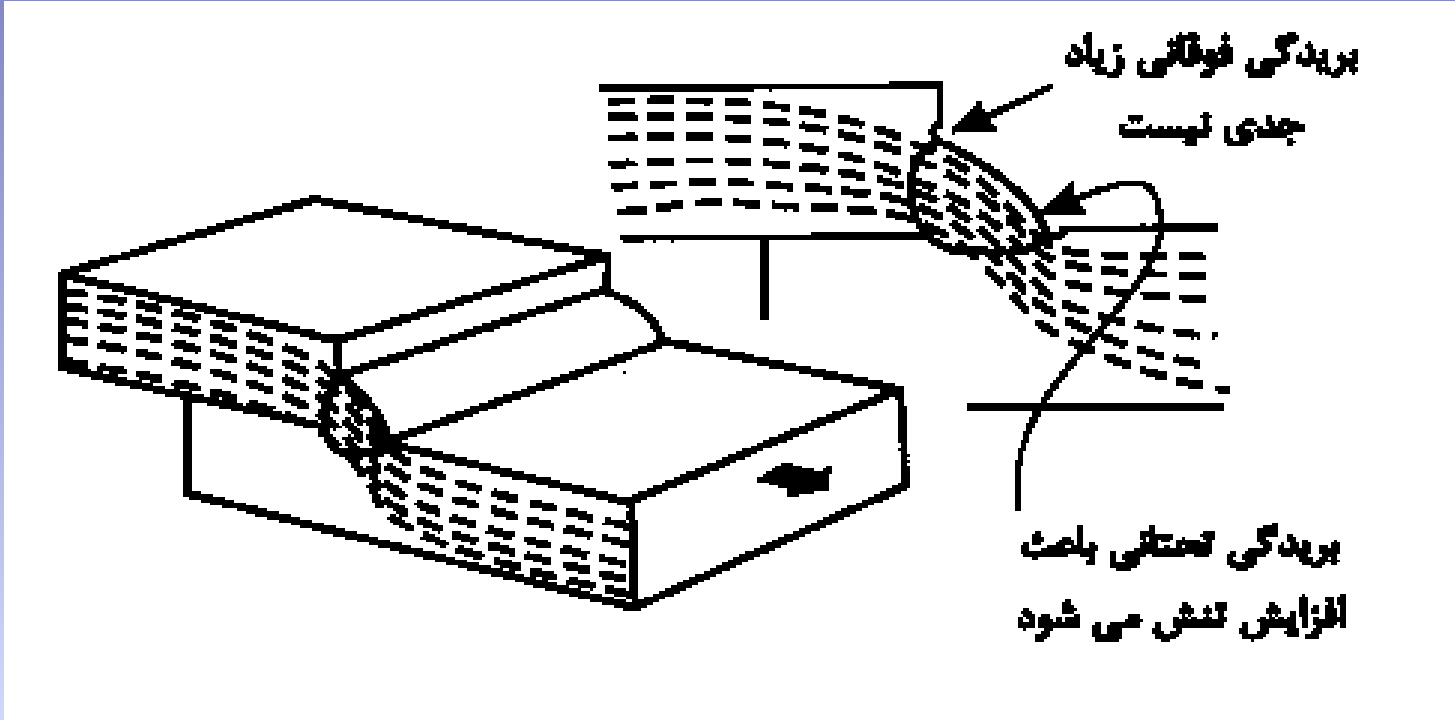


- اگر تنش در امتداد عرضی اعمال گردد، بریدگی همانند یک زخم عمل کرده و زیانبار خواهد بود.

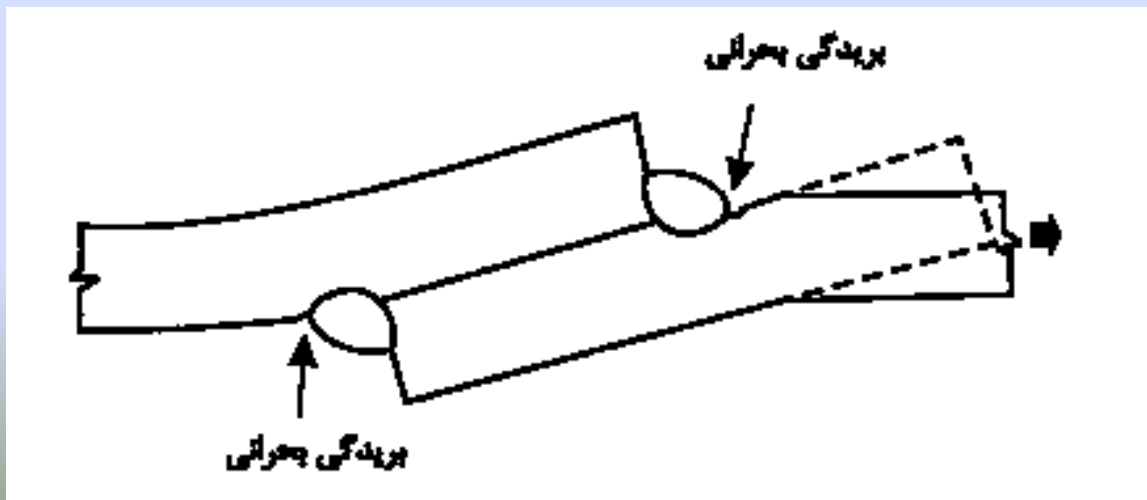


طبق آیین نامه AWS ، در حالتی که نیرو بطور عرضی بر بریدگی اعمال می گردد، بریدگی تا عمق 0.25 میلیمتر و در صورتیکه نیرو به موازات بریدگی باشد، تا عمق 0.8 میلیمتر قابل قبول است.

به عنوان آخرین مطلب، توجه گردد که بریدگی تحتانی دارای تأثیر زیانبارتری نسبت به بریدگی فوقانی است.



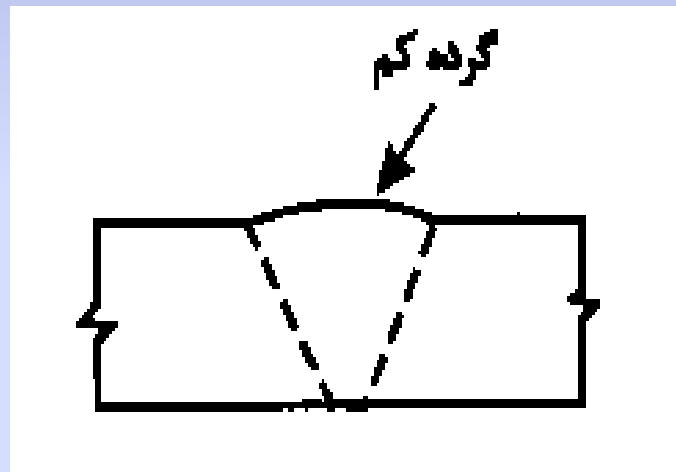
هر گونه برون محوری، باعث ایجاد تنش خمشی در بریدگی تحتانی می گردد.



●●○ 17. گرده در جوشهای شیاری

Slight Reinforcement on Groove welds ●

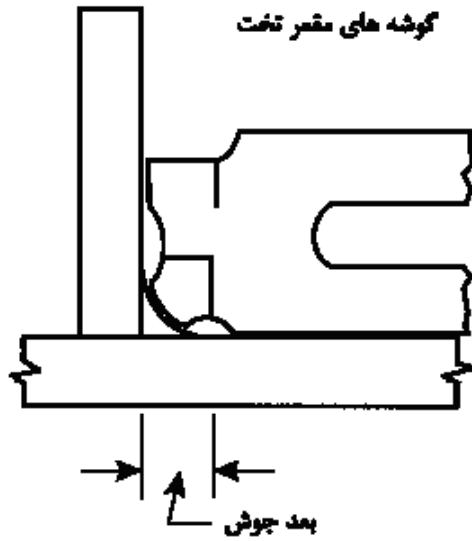
- وجود گرده تا 1.5 میلیمتر در جوشهای شیاری قابل پذیرش است. مقادیر بیشتر باعث افزایش مخارج و کاهش مقاومت خستگی می گردد.



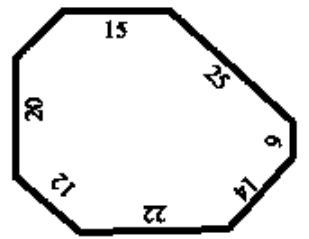
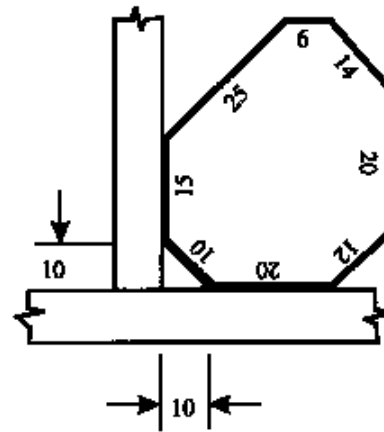
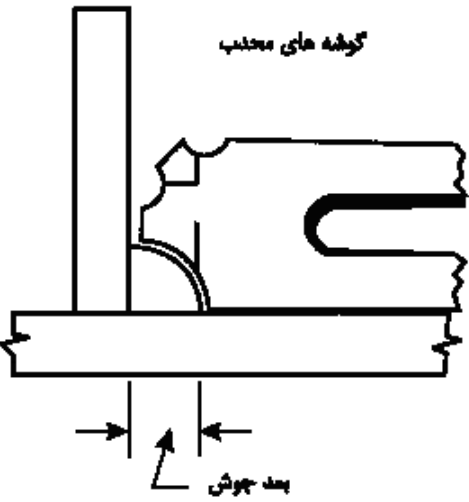
●○○ 18. اندازه جوش گوشه " Full size of fillet weld "

با استفاده از اندازه گیری های مخصوص، اندازه جوش گوشه باید کنترل گردد.

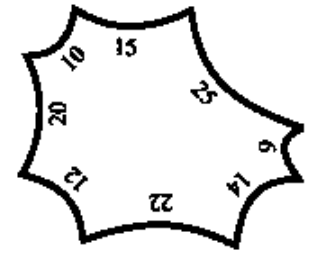
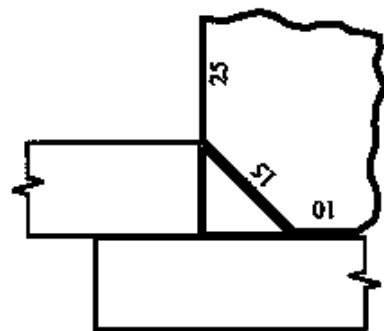
گوشه های مقعر تخت



گوشه های محدب



(الف) مناسب برای روده تخت



(ب) مناسب برای روده محدب

- **19. وقوع ترک " Cracks "** ●●○
- وقوع هر نوع ترک به هر صورت (سطحی یا عمقی)، باعث مردود شدن جوش خواهد شد.

• 4. Inspection of Welding

- *Observation of welding operations and visual inspection of in-process and completed welds shall be the primary method to confirm that the materials, procedures and workmanship are in conformance with the construction documents. For structural steel, all provisions of AWS D1.1/D1.1M Structural Welding Code—Steel for statically loaded structures shall apply.*
- *As a minimum, welding inspection tasks shall be in accordance with Tables N5.4- 1, N5.4-2 and N5.4-3. In these tables, the inspection tasks are as follows:*
- ***O – Observe these items on a random basis. Operations need not be delayed pending these inspections.***
- ***P – Perform these tasks for each welded joint or member***

TABLE N5.4-1 Inspection Tasks Prior to Welding

Inspection Tasks Prior to Welding	QC	QA
Welding procedure specifications (WPSs) available	P	P
Manufacturer certifications for welding consumables available	P	P
Material identification (type/grade)	O	O
Welder identification system ¹	O	O
Fit-up of groove welds (including joint geometry) <ul style="list-style-type: none"> • Joint preparation • Dimensions (alignment, root opening, root face, bevel) • Cleanliness (condition of steel surfaces) • Tacking (tack weld quality and location) • Backing type and fit (if applicable) 	O	O
Configuration and finish of access holes	O	O
Fit-up of fillet welds <ul style="list-style-type: none"> • Dimensions (alignment, gaps at root) • Cleanliness (condition of steel surfaces) • Tacking (tack weld quality and location) 	O	O
Check welding equipment	O	—

¹ The fabricator or erector, as applicable, shall maintain a system by which a welder who has welded a joint or member can be identified. Stamps, if used, shall be the low-stress type.

TABLE N5.4-2 Inspection Tasks During Welding

Inspection Tasks During Welding	QC	QA
Use of qualified welders	○	○
Control and handling of welding consumables <ul style="list-style-type: none"> • Packaging • Exposure control 	○	○
No welding over cracked tack welds	○	○
Environmental conditions <ul style="list-style-type: none"> • Wind speed within limits • Precipitation and temperature 	○	○
WPS followed <ul style="list-style-type: none"> • Settings on welding equipment • Travel speed • Selected welding materials • Shielding gas type/flow rate • Preheat applied • Interpass temperature maintained (min./max.) • Proper position (F, V, H, OH) 	○	○
Welding techniques <ul style="list-style-type: none"> • Interpass and final cleaning • Each pass within profile limitations • Each pass meets quality requirements 	○	○

TABLE N5.4-3 Inspection Tasks After Welding

Inspection Tasks After Welding	QC	QA
Welds cleaned	O	O
Size, length and location of welds	P	P
Welds meet visual acceptance criteria <ul style="list-style-type: none"> • Crack prohibition • Weld/base-metal fusion • Crater cross section • Weld profiles • Weld size • Undercut • Porosity 	P	P
Arc strikes	P	P
<i>k</i> -area ¹	P	P
Backing removed and weld tabs removed (if required)	P	P
Repair activities	P	P
Document acceptance or rejection of welded joint or member	P	P

¹ When welding of doubler plates, continuity plates or stiffeners has been performed in the *k*-area, visually inspect the web *k*-area for cracks within 3 in. (75 mm) of the weld.