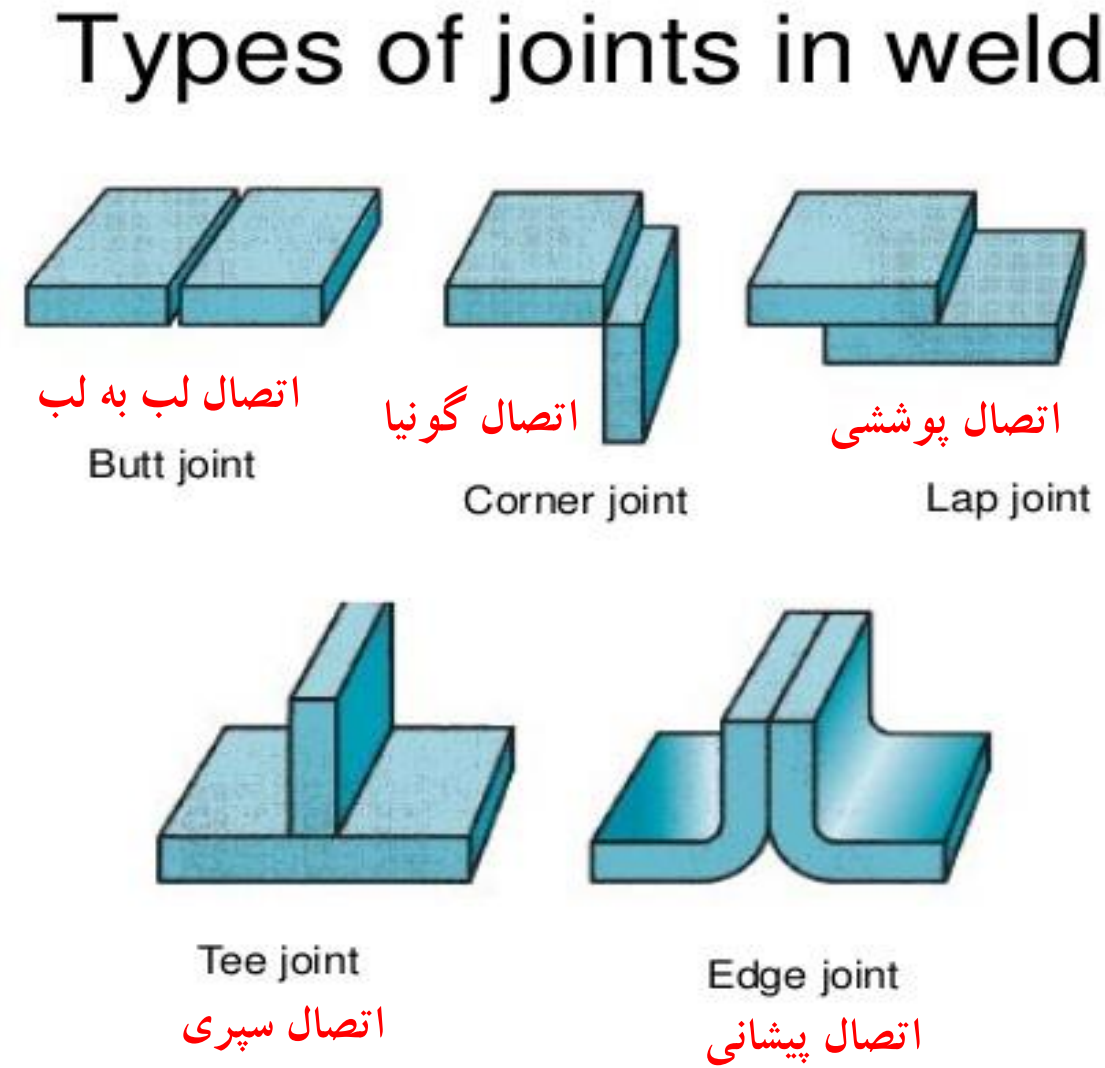
آشنایی با جوش، فرآیندهای جوشکاری و ضوابط طراحی و اجرایی

مدرس: علی شهماری

انواع قرارگیری قطعات در اتصالات جوشی

به طور معمول اتصالات جوشی به ۵ نوع تقسیم می‌شوند:



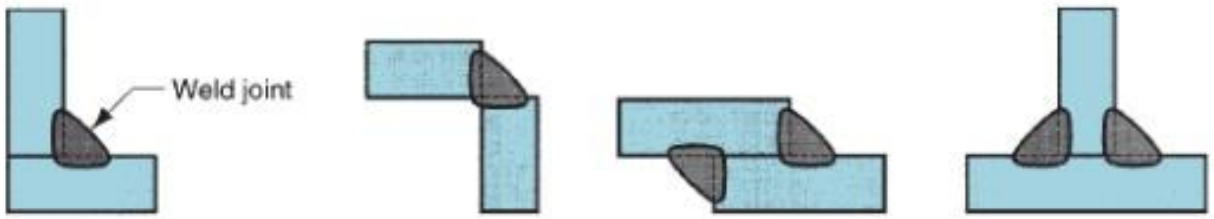
انواع جوش

جوش‌ها به ۴ دسته مشخص تقسیم می‌شوند

۱) جوش گوشه

Types of welds

1) Fillet weld



Fillet weld on corner joint

جوش گوشه در
اتصال گونیا

Fillet weld
on lap joint

جوش گوشه در
اتصال پوششی

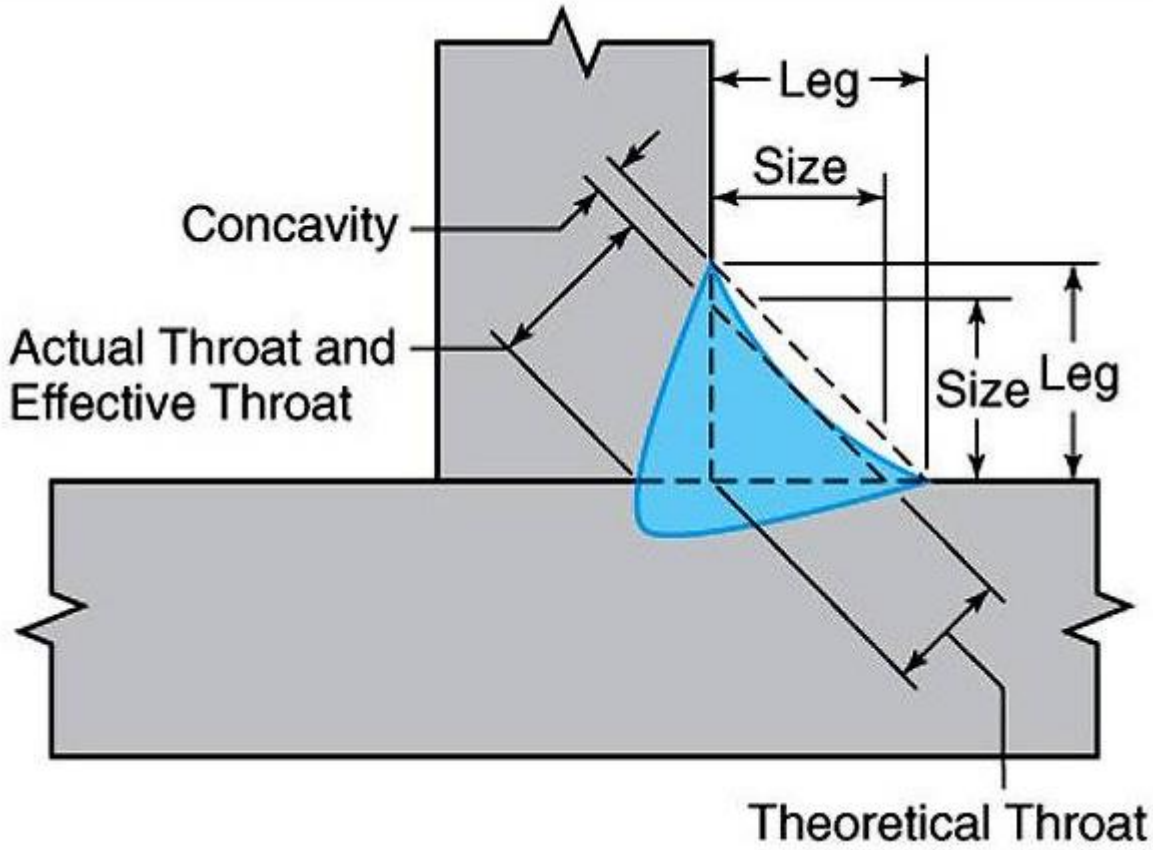
Fillet weld
on T-joint

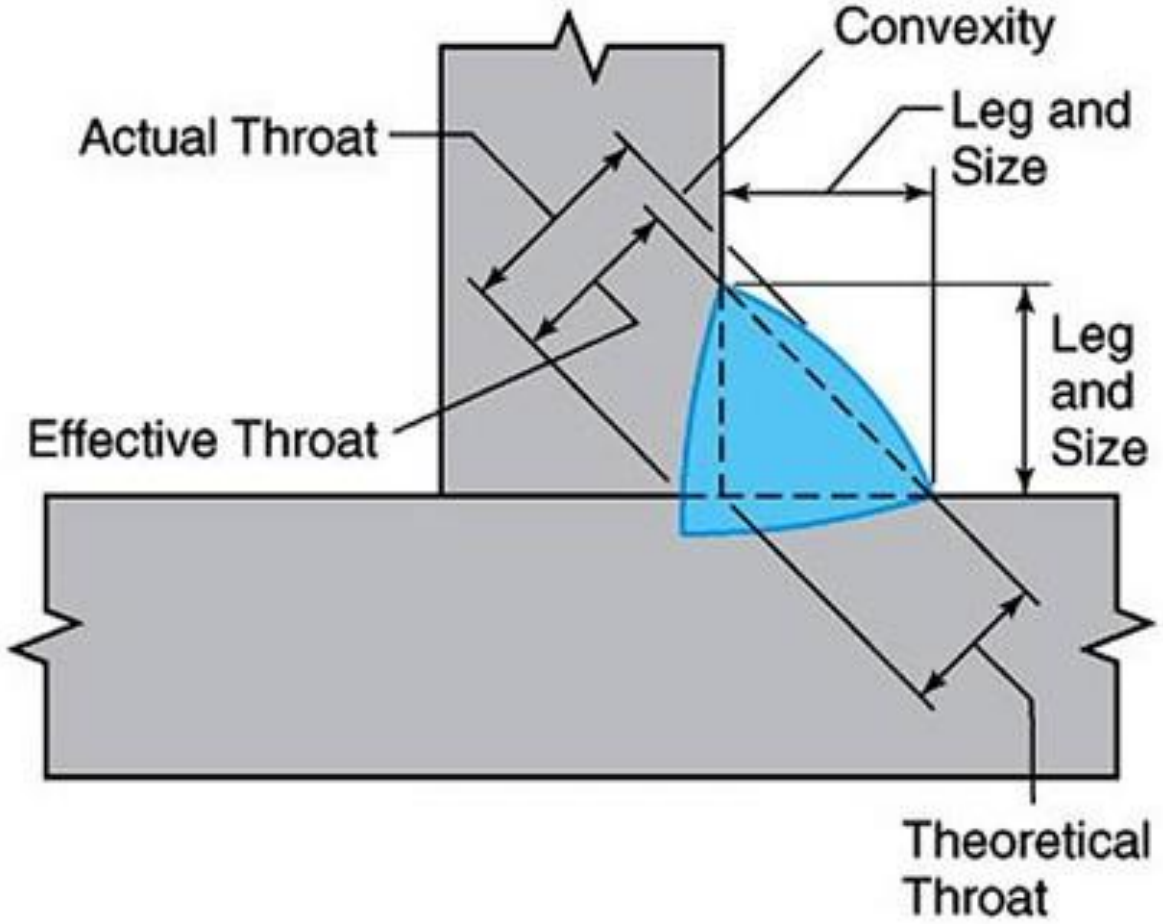
جوش گوشه در
اتصال سپری

انواع جوش

۱) جوش گوشه

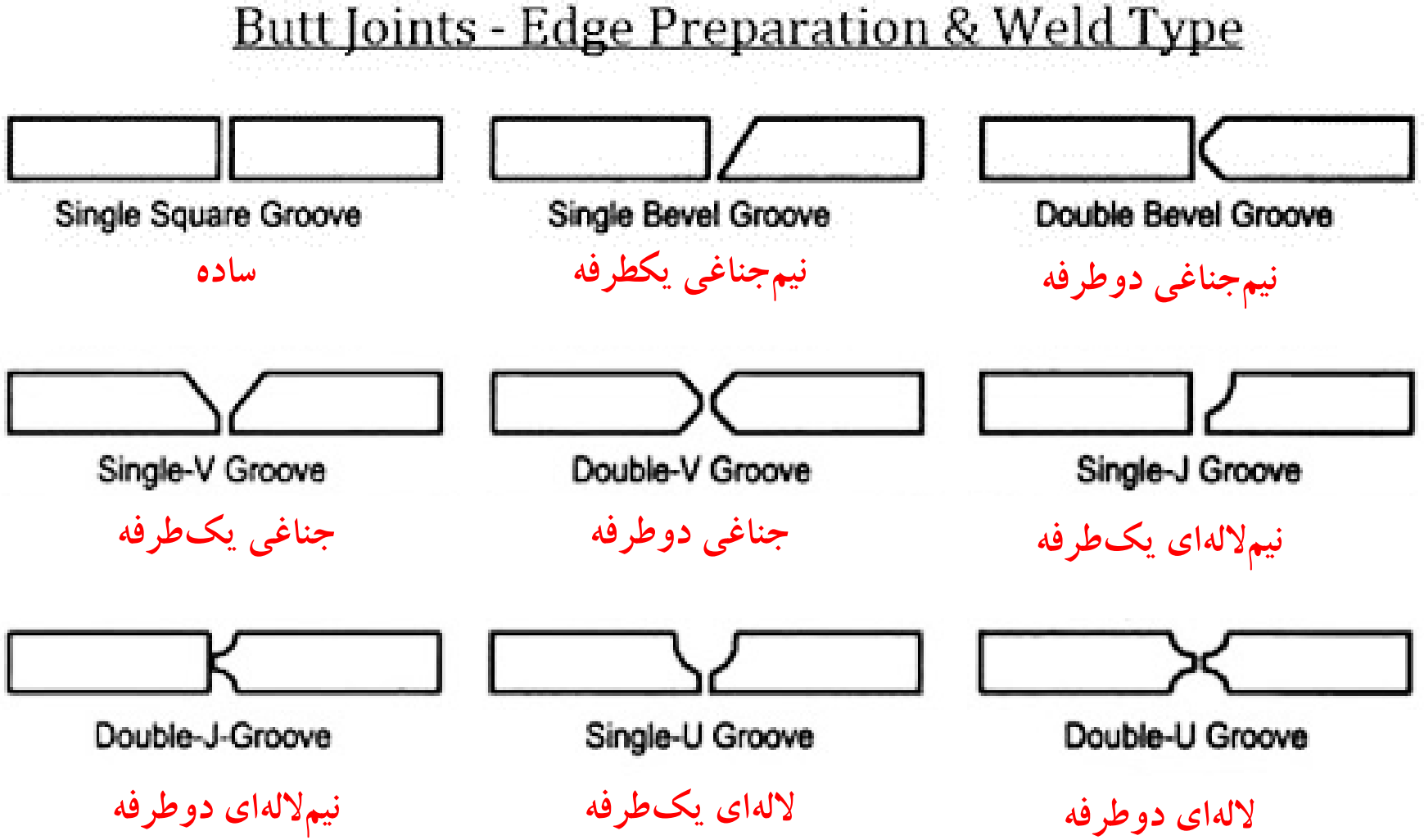
$$t_e = 0.707D$$





انواع جوش

۲) جوش شیاری



انواع جوش

۲) جوش شیاری (طراحی درز)

فصل مشترک دو قطعه که مصالح جوش در امتداد آن رسوب می‌نمایند، درز[1] جوش نامیده می‌شود. هندسه درز، از عوامل مهم و تأثیرگذار بر اقتصاد و کیفیت جوش است. هندسهٔ درز با سه پارامتر زیر تعریف می‌شود:

الف: زاویهٔ پخی لبه

ب: بازشدگی یا دهانهٔ ریشه (R)

پ: پیشانی یا ضخامت ریشه

انواع جوش

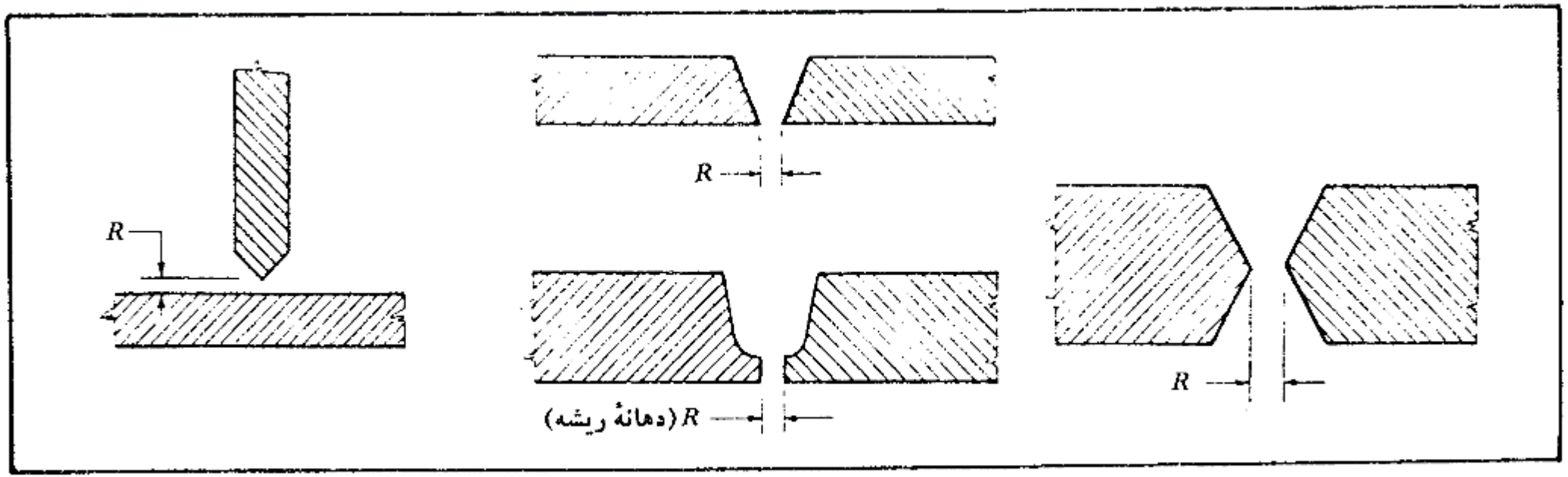
۲) جوش شیاری (طراحی درز)- دهانه یا بازشدگی ریشه (R)

در شکل ۴ ـ ۵ دهانهٔ ریش((R) که همان فاصلهٔ بین دو لبه در محل ریشهٔ درز می‌باشد، نشان داده شده است. دهانهٔ ریشه برای این منظور به‌کار می‌رود که الکترود بتواند به‌ریشهٔ جوش برسد. هرقدر که زاویهٔ پخی لبه‌ها کم باشد، برای اینکه یک ریشه خوب به‌دست آید، باید دهانهٔ ریشهٔ (R) را بیشتر در نظر گرفت.

اگر دهانهٔ ریشه خیلی کوچک باشد جوش ریشه خیلی مشکل خواهد بود و باید از الکترودهای نازک استفاده شود و استفاده از الکترودهای نازک باعث کندی کار خواهد شد.

انواع جوش

۲) جوش شیاری (طراحی درز)- دهانه یا بازشدگی ریشه (R)



شکل ۴ ـ ۵ ـ دهانه یا بازشدگی ریشه.

انواع جوش

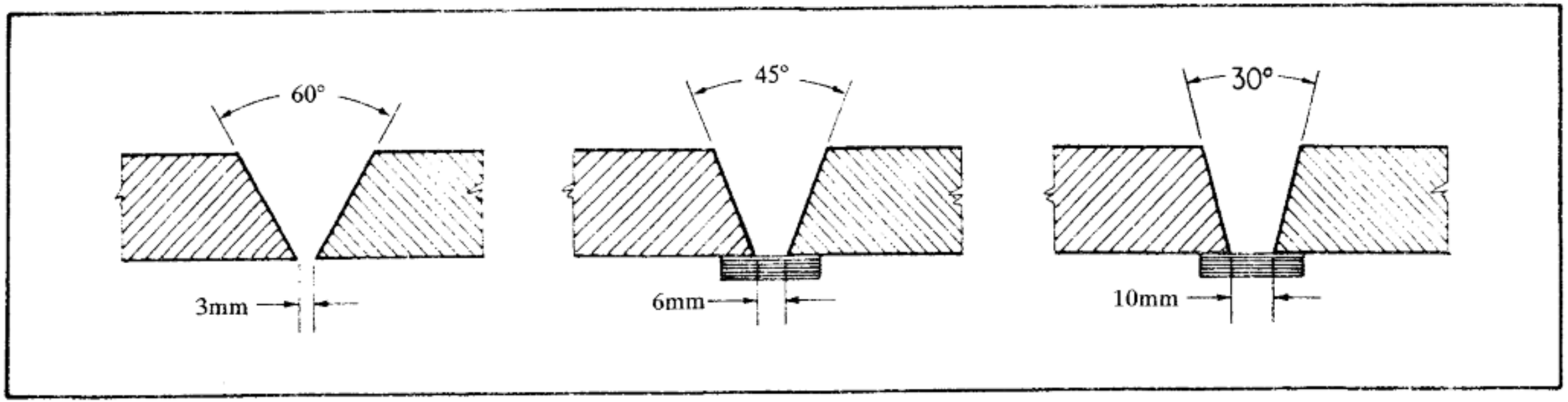
۲) جوش شیاری (طراحی درز)- دهانه یا بازشدگی ریشه (R)

شکل ۴ ـ ۶ نشان می‌دهد، که چگونه وقتی زاویهٔ پخی لبه کم می‌شود، دهانهٔ ریشه باید افزایش یابد.

وقتی که دهانهٔ ریشه زیاد می‌گردد، باید از تسمهٔ پشت‌بند استفاده شود. هر سه وضعیت نشان داده شده در شکل ۴ ـ ۶ قابل قبول هستند و هر سه برای یک جوشکاری خوب مساعد می‌باشند، ترجیح یکی بر دوتای دیگر فقط برمبنای مقایسه اقتصادی خواهد بود.

انواع جوش

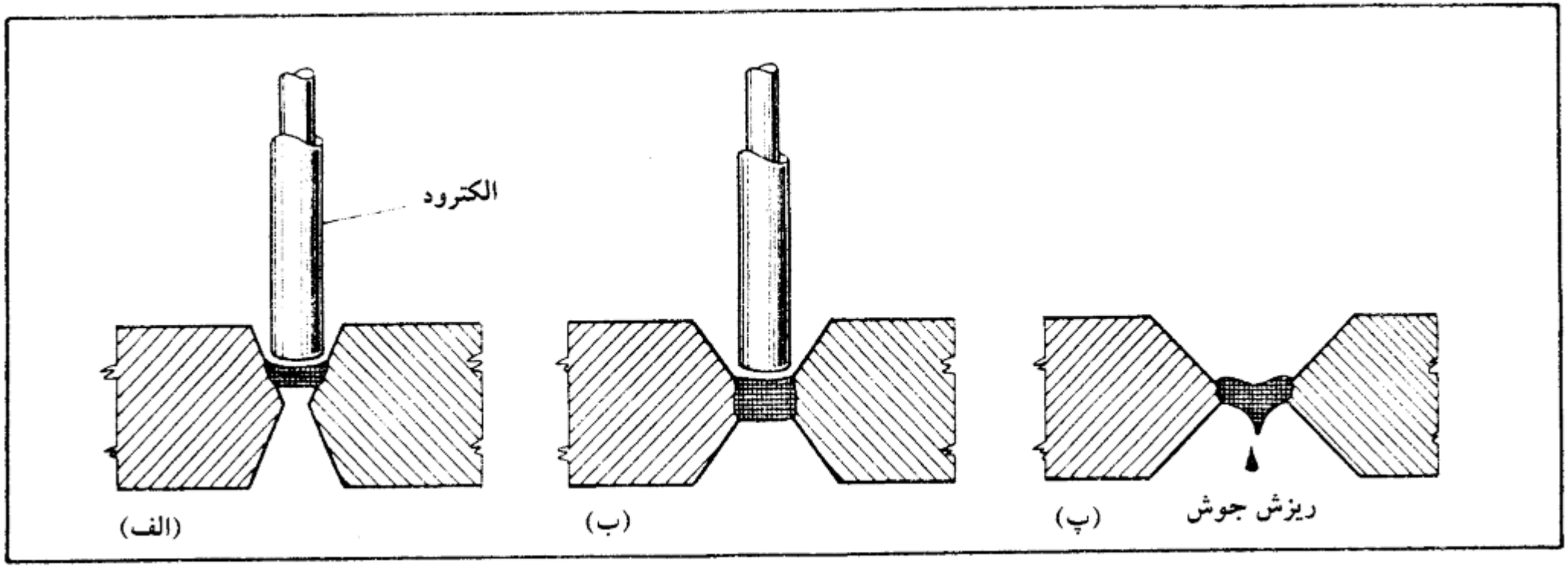
۲) جوش شیاری (طراحی درز)- دهانه یا بازشدگی ریشه (R)



شکل ۴ ـ ۶ ـ تسمهٔ پشت‌بند.

انواع جوش

۲) جوش شیاری (طراحی درز)- دهانه یا بازشدگی ریشه (R)



شکل ۴ ـ ۷

انواع جوش

۲) جوش شیاری (طراحی درز)- دهانه یا بازشدگی ریشه (R)

شکل ۴ ـ ۷ ـ الف، حالتی را نشان می‌دهد که فاصلهٔ لبهٔ دو قطعه و همچنین زاویهٔ پخی لبه‌ها کم می‌باشد. این حالت برای جوشکاری خوب نیست زیرا جوش بین دو لبه پل زده، تفاله و خاکستر جوشکاری پس از انجام عملیات جوشکاری در محل ریشهٔ اتصال باقی می‌ماند و حذف آنها از روی جوش برای جوش طرف دوم وقت‌گیر خواهد بود.

شکل ۴ ـ ۷ ـ ب، نشان‌دهندهٔ یک فرم صحیح لبه‌ها قبل از شروع به‌جوشکاری می‌باشد. این جوش باعث یک امتزاج و ترکیب خوب مصالح در ریشه خواهد شد. تولید خاکستر جوشکاری در این حالت به‌حداقل مقدار خود خواهد رسید.

انواع جوش

۲) جوش شیاری (طراحی درز)- دهانه یا بازشدگی ریشه (R)

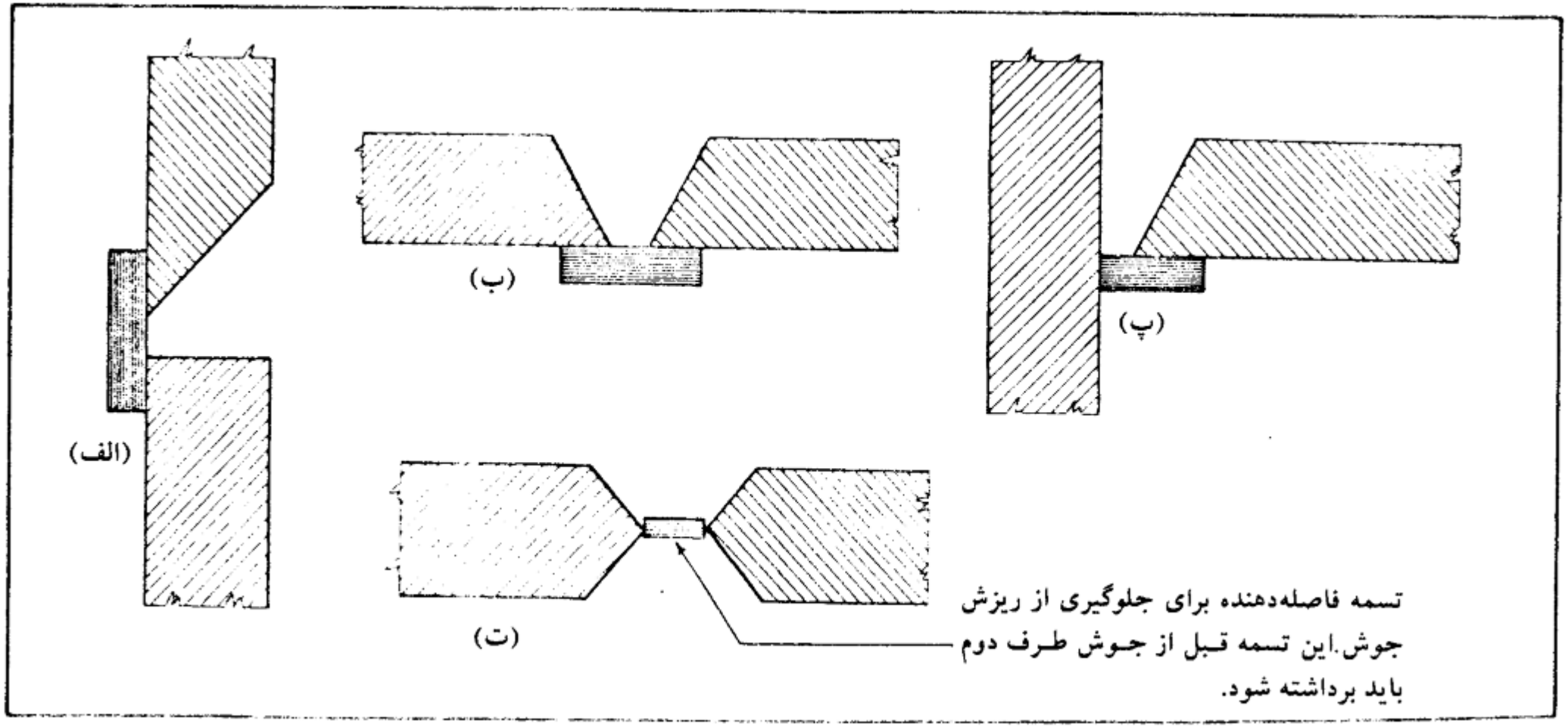
شکل ۴ ـ ۷ ـ پ، نشان می‌دهد که چگونه فاصلهٔ زیاد لبه‌ها در هنگام جوشکاری باعث ریزش جوش از زیر آن می‌گردد. در کارخانه‌ها برای اینکه از ریزش جوش جلوگیری بکنند از تسمه‌های فاصله‌دهنده با اندازهٔ معین استفاده می‌کنند.

۲) جوش شیاری (طراحی درز)- تسمه‌های پشت‌بند

وقتی که جوشکاری از یک طرف بوده و فاصلهٔ لبه‌ها نیز زیاد باشد، از تسمه‌های پشت‌بند استفاده می‌شود. تسمه‌های پشت‌بند در اشکال ۴ ـ ۸ ـ الف، ب و پ، نشان داده شده‌اند. این تسمه‌ها پس از انجام عملیات جوشکاری در جای خود باقی می‌مانند و جزیی از اتصال می‌شوند.

انواع جوش

۲) جوش شیاری (طراحی درز) تسمه‌های پشت‌بند



شکل ۴ ـ ۸

انواع جوش

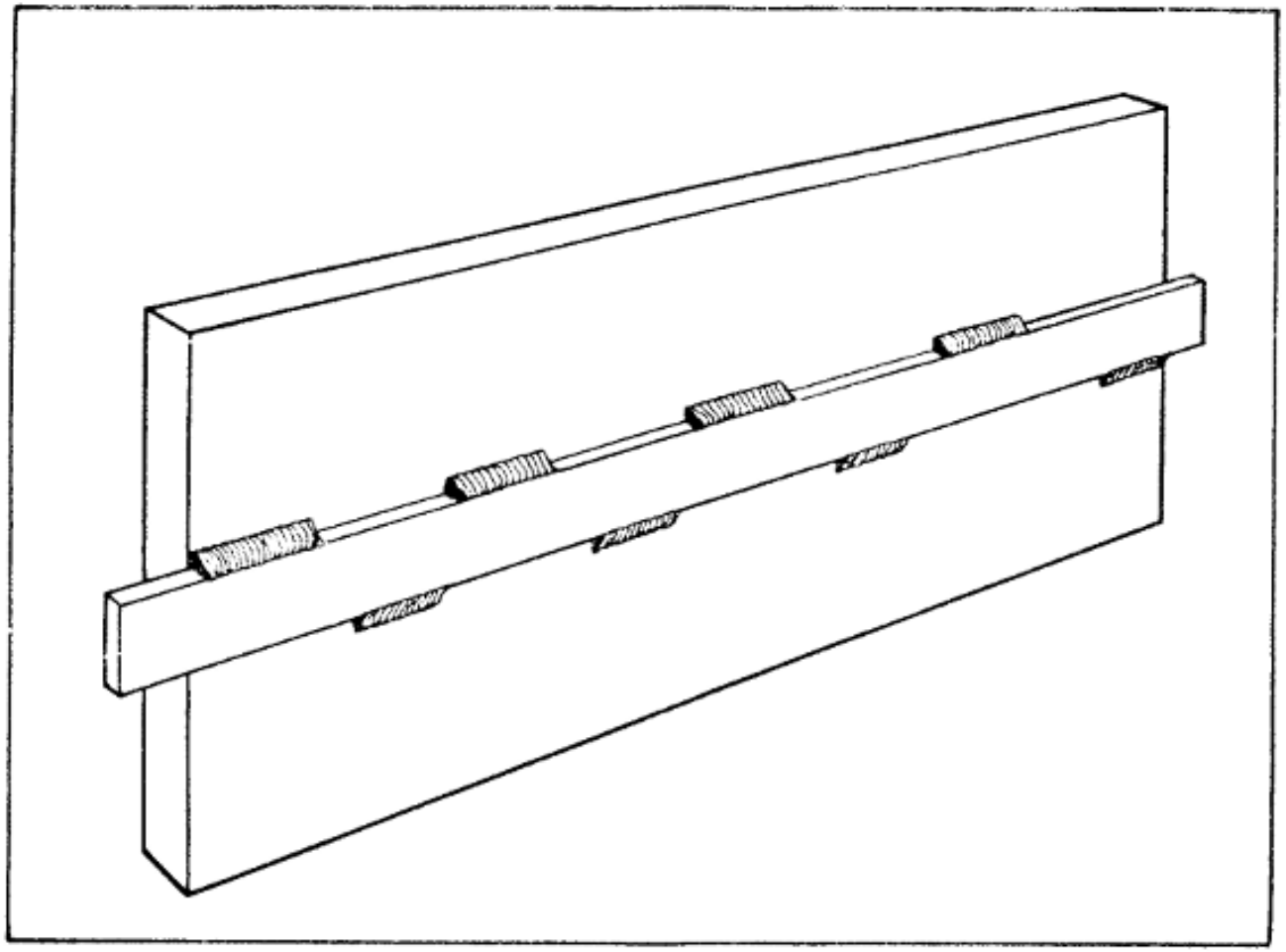
۲) جوش شیاری (طراحی درز) تسمه‌های پشت‌بند

تسمه‌های فاصله‌دهنده اغلب در درزهای جناغی دورو (X) مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این حالت قبل از جوشکاری طرف دوم، نیاز به‌سنگ زدن ریشه می‌باشد.

جنس تسمه‌های پشت‌بند با مصالح اصلی سازگار باشد. برای تثبیت این تسمه‌ها، قبل از انجام عمل جوشکاری از خال‌جوش‌های متناوب استفاده می‌شود. این خال‌جوش‌ها در هر دو طرف تسمهٔ پشت‌بند به‌صورت چپ و راست داده می‌شوند تا ایجاد تنش‌های اضافی نکنند. در ضمن، این خال‌جوش‌ها نباید درست مقابل یکدیگر قرار گیرند (شکل ۴ ـ ۹).

انواع جوش

۲) جوش شیاری (طراحی درز) تسمه‌های پشت‌بند

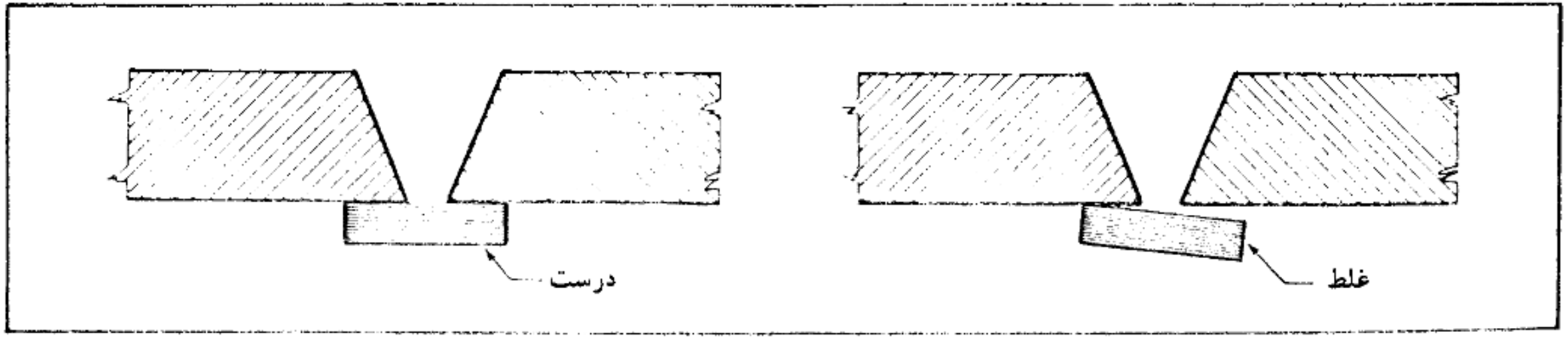


شکل ۴ ـ ۹ ـ اجرای خال‌جوش‌های متناوب برای اتصال تسمهٔ پشت‌بند.

انواع جوش

۲) جوش شیاری (طراحی درز) تسمه‌های پشت‌بند

تسمه‌های پشت‌بند باید کاملاً به‌زیر ورق بچسبند وگرنه باعث به‌وجود آمدن تفالهٔ جوشکاری در ناحیهٔ ریشهٔ جوش می‌شوند (شکل ۴ ـ ۱۰).



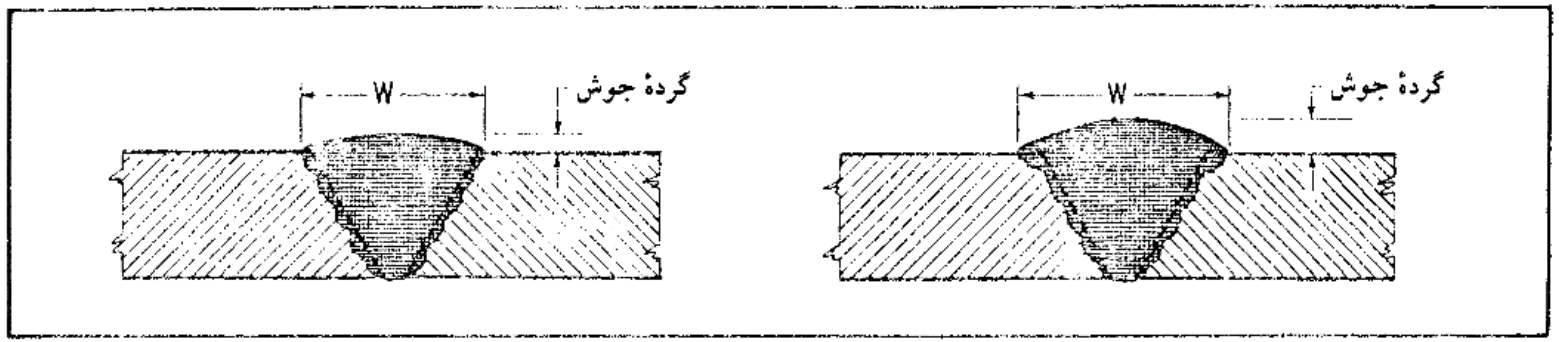
شکل ۴ ـ ۱۰

انواع جوش

۲) جوش شیاری (طراحی درز) گُردهٔ جوش

در درزهای لب به‌لب یک تحدب اسمی (تقریباً ۱/۵ میلی‌متر بالای سطح تراز) لازم است (شکل ۴ ـ ۱۱ ـ چپ).

مقدار زیاد این تحدب فایده‌ای ندارد و باعث افزایش هزینهٔ جوشکاری می‌شود (شکل ۴ ـ ۱۱ ـ راست). باید دقت شود که هم‌ارتفاع و هم‌پهنای گرده حداقل گردد.

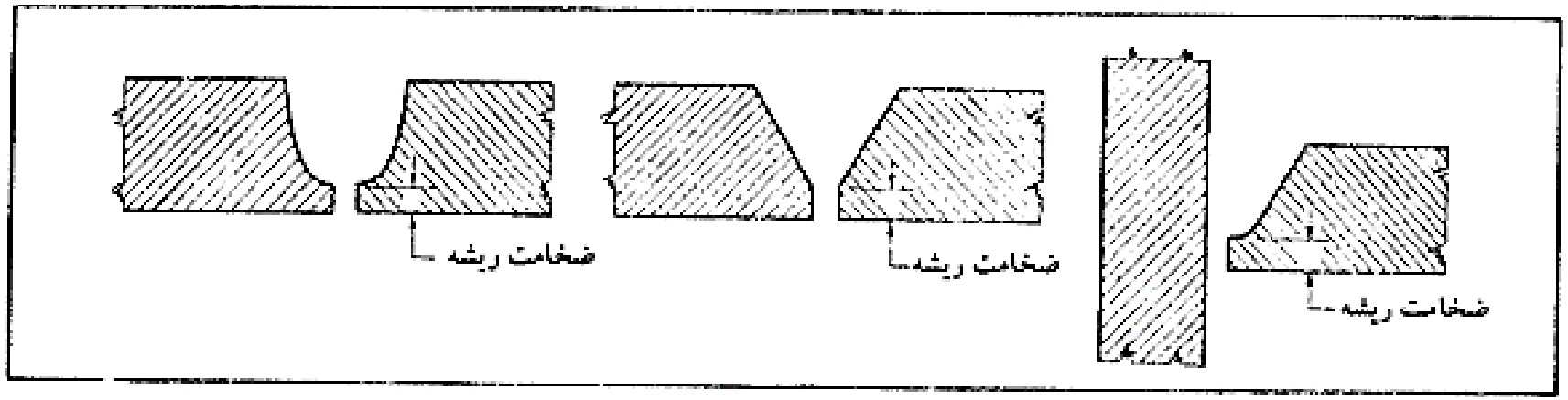


شکل ۴ ـ ۱۱

انواع جوش

۲) جوش شیاری (طراحی درز) ضخامت ریشه جوش

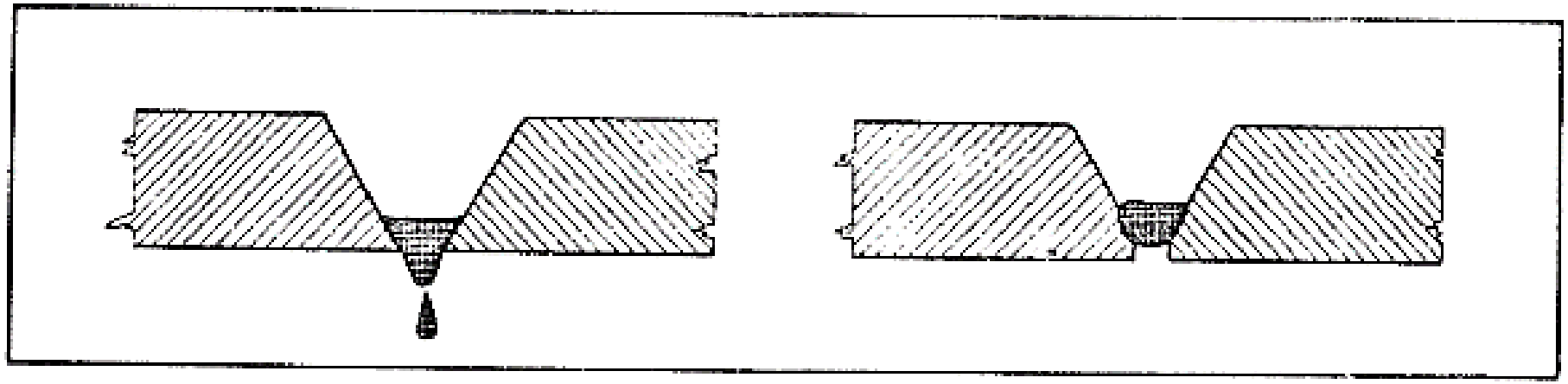
برای اینکه از سوختن ریشه جوش و همچنین از ریزش جوش جلوگیری شود، به‌جای اینکه لبهٔ جوش در محل ریشه به‌صورت تیز باشد، ضخامتی برای آن قائل می‌شوند که آن را ضخامت ریشه[۱۴] یا پیشانی می‌نامند (شکل ۴ ـ ۱۲). اگر لبهٔ درز در محل ریشه تیز باشد، برای سوختن و ریزش خیلی مستعد است، مخصوصاً اگر فاصلهٔ لبه نیز مقداری زیاد باشد (شکل ۴ ـ ۱۳).



شکل ۴ ـ ۱۲ ـ ضخامت ریشه.

انواع جوش

۲) جوش شیاری (طراحی درز) ضخامت ریشه جوش



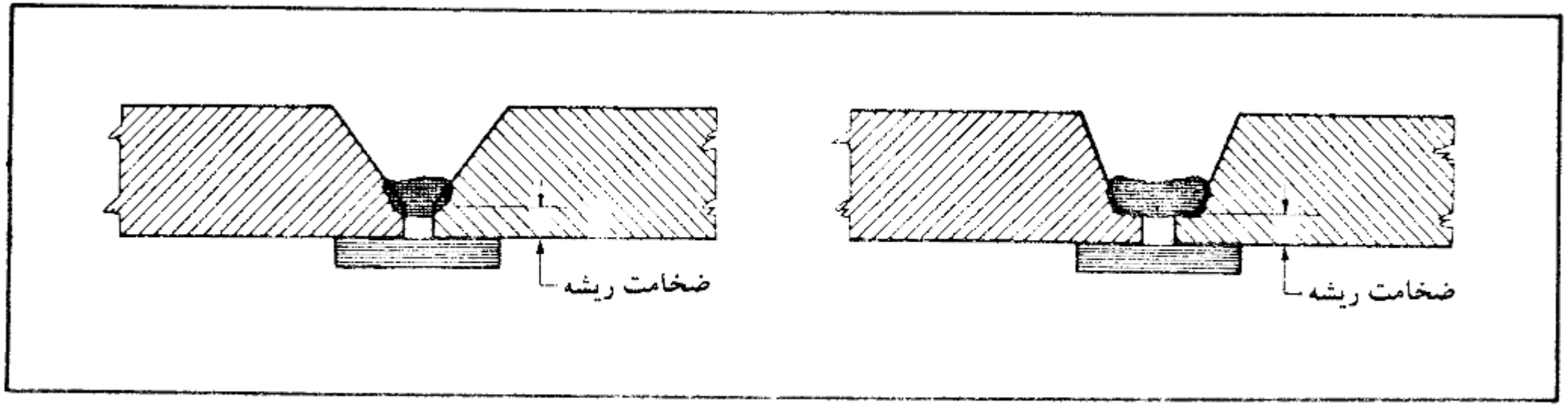
شکل ۴ ـ ۱۳

البته درآوردن ضخامت ریشه در عمل وقت‌گیر و پرکار است و به‌دو برش و یا یک برش و یک سنگ زدن نیاز دارد. وقتی منظور به‌دست آوردن جوش صددرصد (تمام‌قدرت) بوده و لبه نیز دارای ضخامت ریشه باشد، قبل از جوش روی دوم (پشت‌کار) احتیاج به‌سنگ زدن ریشه است.

انواع جوش

۲) جوش شیاری (طراحی درز) ضخامت ریشه جوش

وقتی که از تسمه‌های پشت‌بند استفاده می‌شود، دیگر نباید ضخامتی برای ریشه در نظر گرفت (شکل ۴ ـ ۱۴). زیرا در این حالت یک فضای خالی پیدا می‌شود که در هنگام جوشکاری درون آن پر از گاز می‌گردد.



شکل ۴ ـ ۱۴

انواع جوش

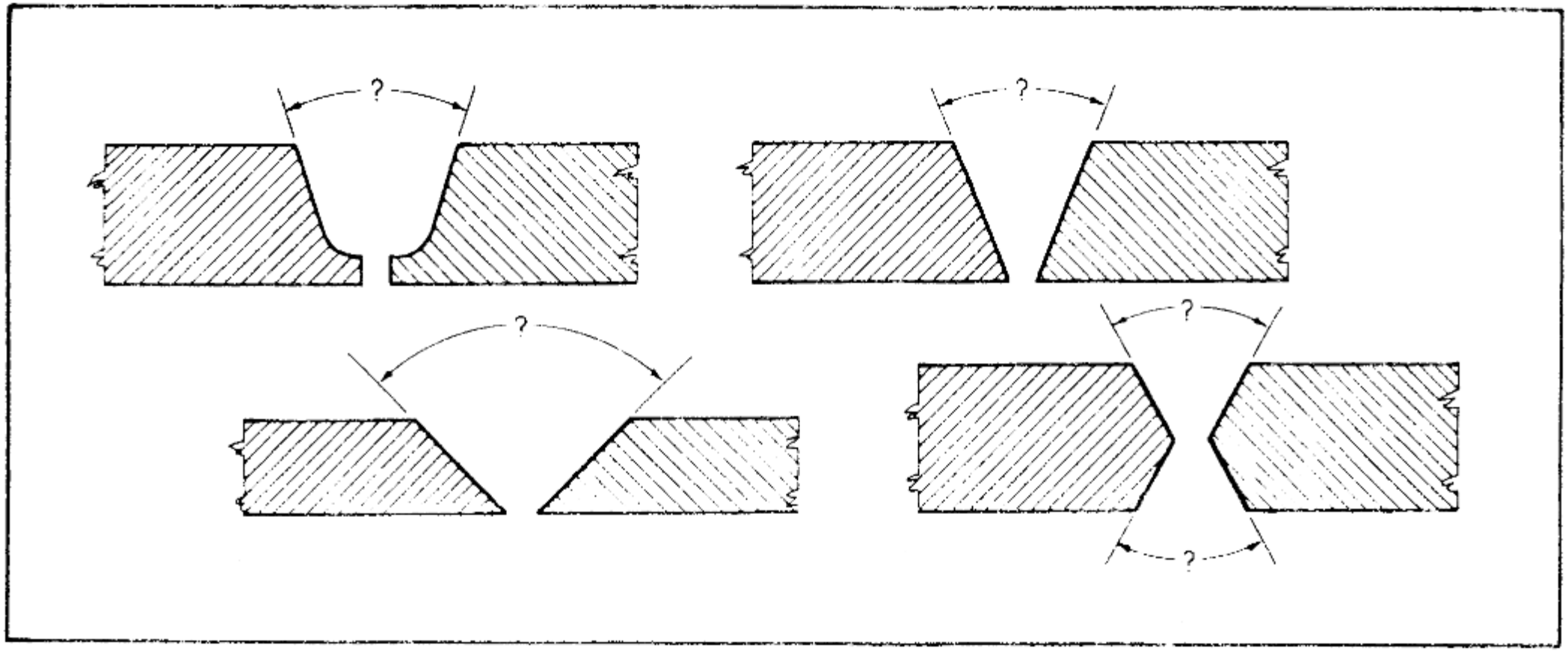
۲) جوش شیاری (طراحی درز) ضخامت ریشه جوش

فلسفهٔ اصلی از پخ زدن لبه ایجاد دسترسی برای جوشکاری در تمام ضخامت، و همچنین مطمئن شدن از ذوب و امتزاج کامل در تمام سطح مقطع می‌باشد. یک دسترسی خوب، با افزایش زاویهٔ پخی، و افزایش دهانهٔ ریشه به‌دست می‌آید که همیشه ترکیبی از آنها یک راه‌حل خوب به‌دست می‌دهد (شکل ۴ ـ ۱۵).

زاویهٔ پخی بستگی به‌محل کار و زاویه‌ای که الکترود در محل کار می‌تواند داشته باشد، دارد (شکل ۴ ـ ۱۶). همان‌طوری که در شکل نشان داده شده، زاویهٔ پخی حداقل برابر با ۴۵° توصیه می‌شود.

انواع جوش

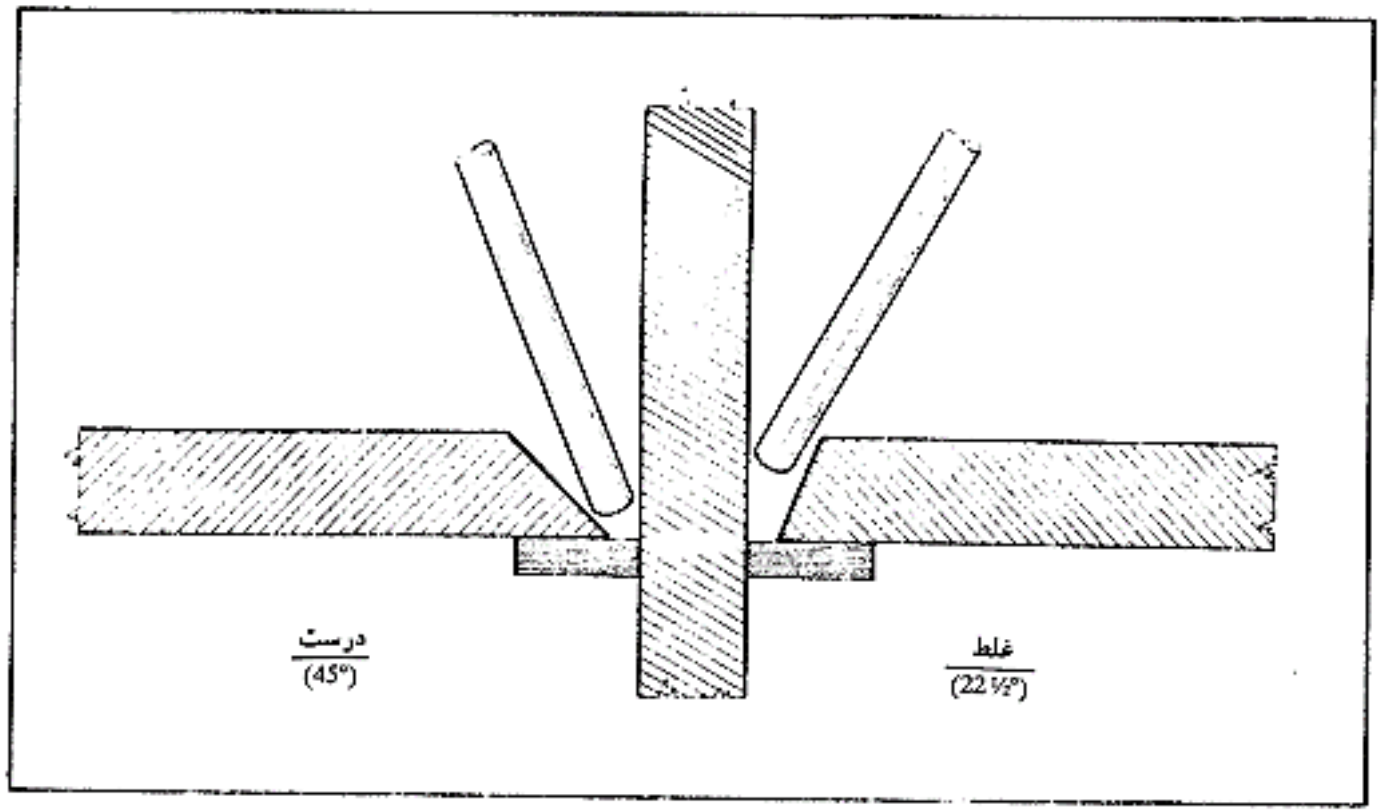
۲) جوش شیاری (طراحی درز) ضخامت ریشه جوش



شکل ۴ ـ ۱۵ ـ زاویهٔ پخی

انواع جوش

۲) جوش شیاری (طراحی درز) ضخامت ریشه جوش

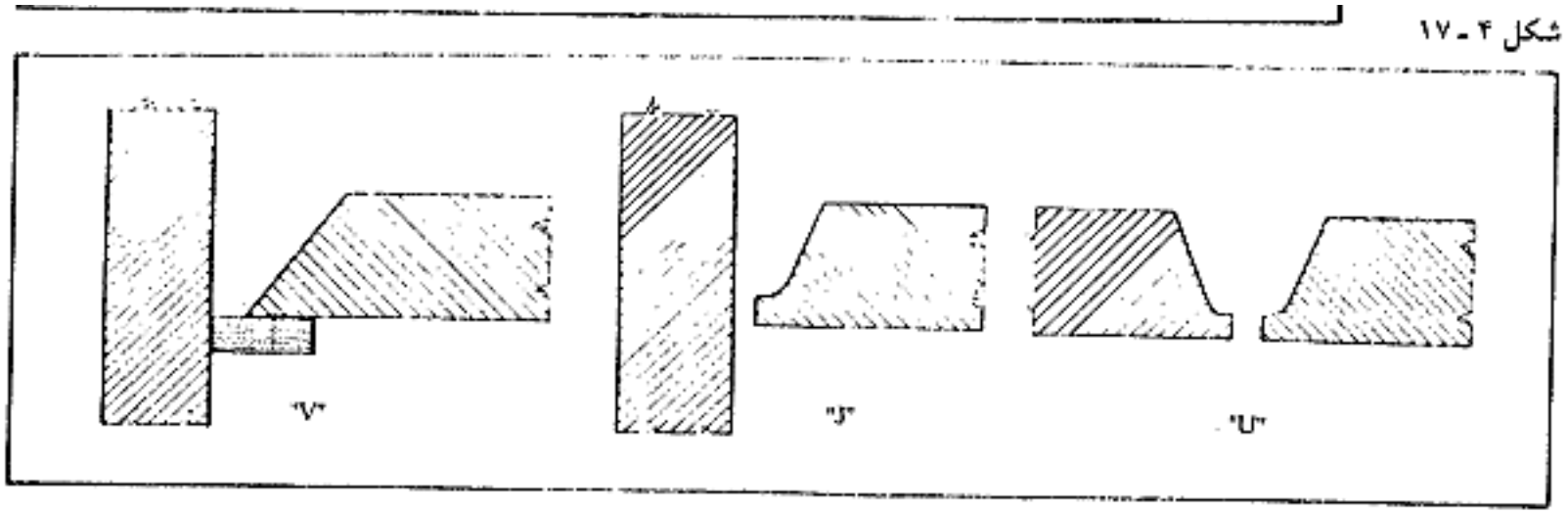


شکل ۴ - ۱۶

انواع جوش

۲) جوش شیاری (طراحی درز) – ضخامت ریشه جوش

درزهای لاله‌ای و نیم‌لاله‌ای برای جوشکاری بسیار عالی هستند ولی هزینهٔ ساخت آنها گران تمام می‌شود (شکل ۴ـ۱۷). این اشکال نیز احتیاج به ضخامت ریشه و در نتیجه سنگ زدن ریشه از پشت دارند.



انواع جوش

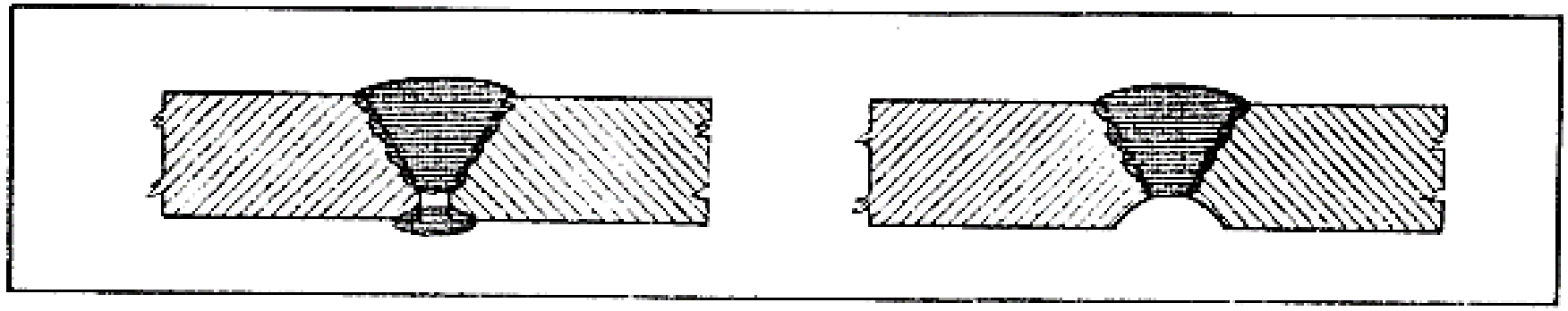
۲) جوش شیاری (طراحی درز) – سنگ‌زنی ریشه از پشت (شیار زنی)

برای دستیابی به‌یک ذوب و امتزاج کامل در تمام مقطع جوش و در نتیجه یک جوش صددرصد (تمام قدرت) لازم است در تمام انواع درزها (به‌غیر از درز جناغی (V) و نیم‌جناغی (V) با لبهٔ تیز و تسمه پشت‌بند)، طرف دوم یا پشت‌کار نیز جوش شود. قبل از جوش پشت‌کار باید ریشهٔ جوش سنگ زده شود، این کار به‌وسیلهٔ تراش دادن یا سنگ زدن صورت می‌گیرد. بدون تراش ریشهٔ جوش، جوش طرف دوم نفوذ کامل نخواهد داشت (شکل ۴ ـ ۱۸).

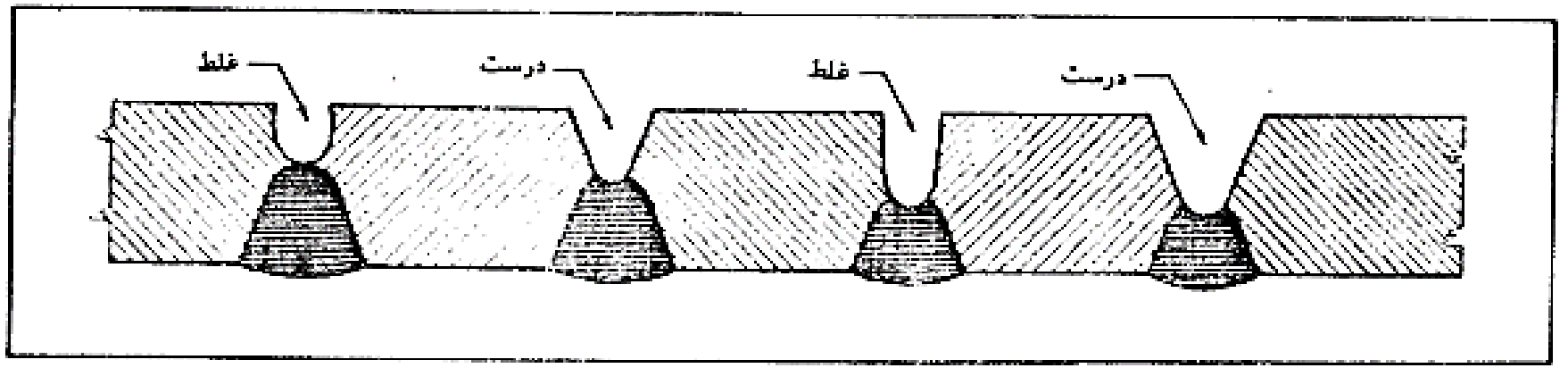
تراش ریشه آنقدر باید عمیق باشد تا مصالح اصلی جوش طرف اول ظاهر گردند. شکل تراش طوری باید باشد که الکترود برای جوشکاری بتواند داخل آن گردد (شکل ۴ ـ ۱۹).

انواع جوش

۲) جوش شیاری (طراحی درز) سنگ‌زنی ریشه از پشت (شیار زنی)



شکل ۴ ـ ۱۸ ـ شیارزنی از پشت.



شکل ۴ ـ ۱۹

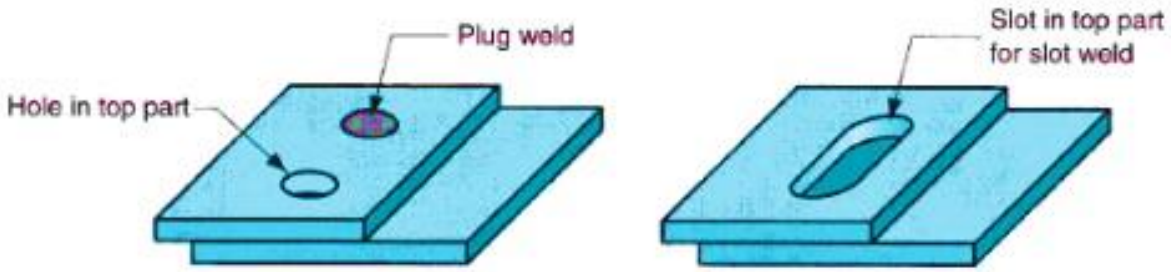
انواع جوش

۳) جوش کام

۴) جوش انگشتانه

Types of welds

3) Plug & slot weld

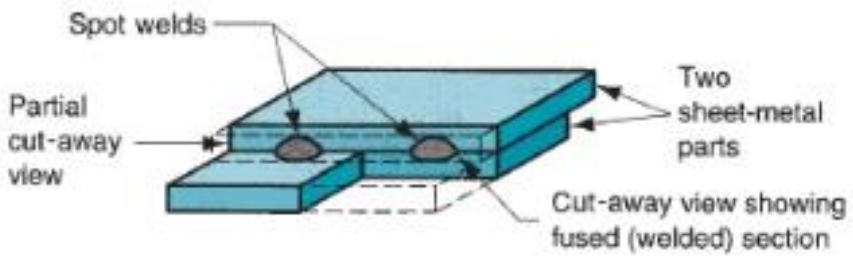


سوراخ دایره‌ای　　سوراخ لوبیایی

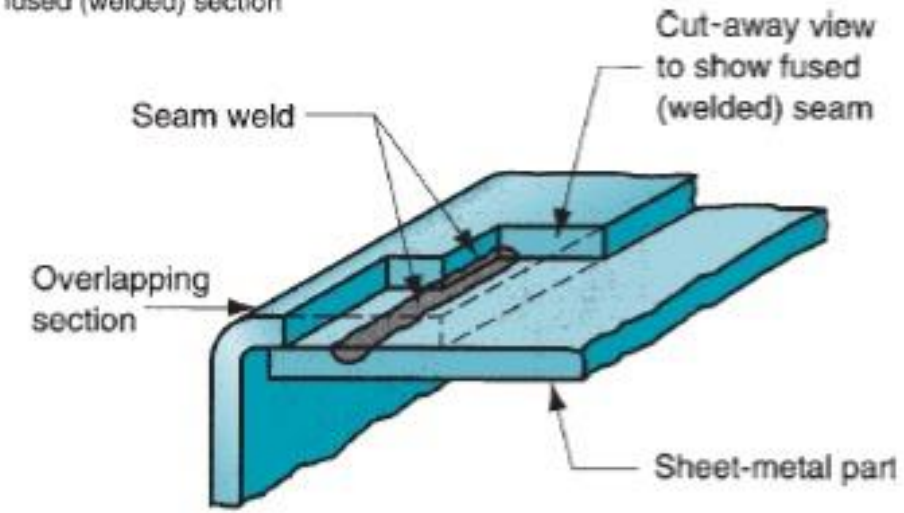
- Drill hole/slot on the top plate only
- Hole/slot is filled with filler metal

انواع جوش

Types of welds



4) Spot weld



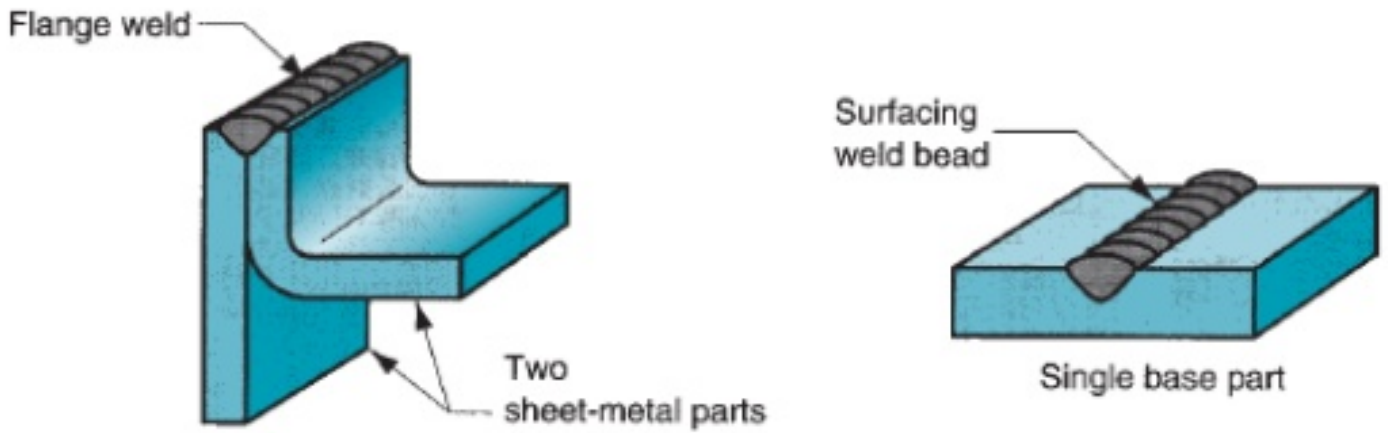
5) Seam weld

- Fused section between the surfaces of two sheets
- Mostly associated with resistance welding

انواع جوش

Types of welds

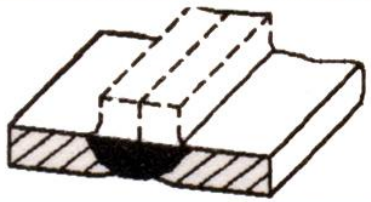
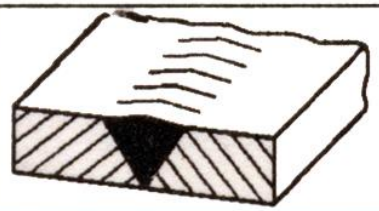
6) Flange weld & Surfacing weld



- Surfacing weld is not for joining parts
- The purpose is to increase the thickness of the plate or to provide a protective coating on the surface.

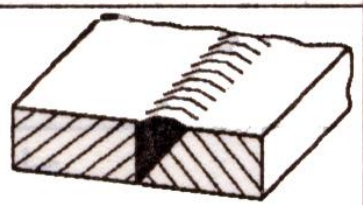
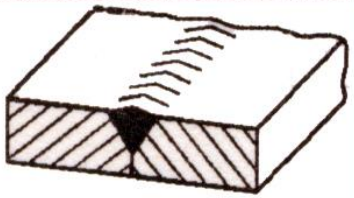
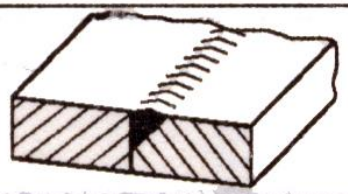
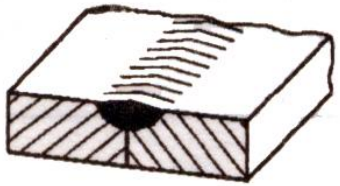
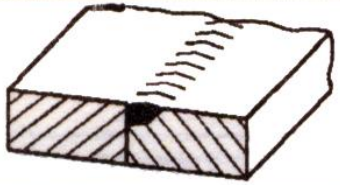
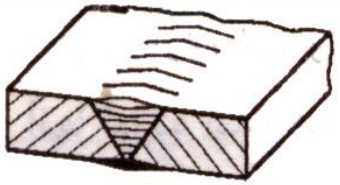
علایم جوشکاری

۱) علائم اصلی جوش

ردیف	نوع جوش	تصویر	علامت
۱	جوش لب به لب (ذوب دو لبه برآمده باعث اتصال دو جسم می‌شود) Butt weld between plates with raised edges		
۲	جوش لب به لب با مقطع مربع Square butt weld		
۳	جوش جناغی یکطرفه		

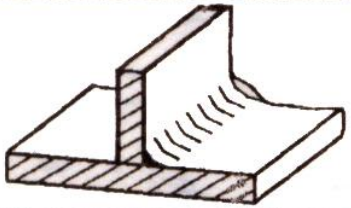
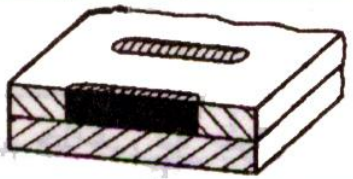
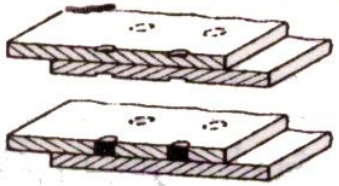
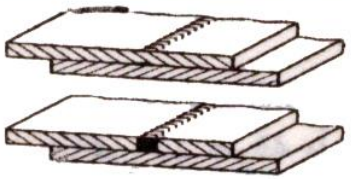
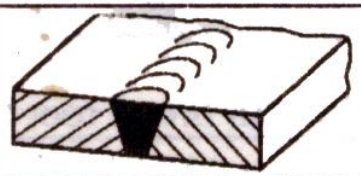
علایم جوشکاری

۱) علائم اصلی جوش

ردیف	نوع جوش	تصویر	علامت
۴	جوش نیم جناغی یکطرفه		
۵	جوش جناغی یکطرفه با ریشه Single		
۶	جوش نیم جناغی یکطرفه با ریشه		
۷	جوش U (لاله‌ای) (ناودانی) یکطرفه با ریشه sides)		
۸	جوش J (نیم لاله‌ای) یکطرفه با ریشه		
۹	جوش پشت Backing run ; back or backing weld		

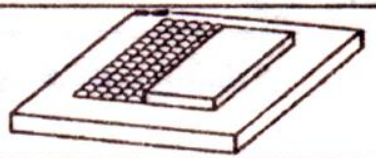
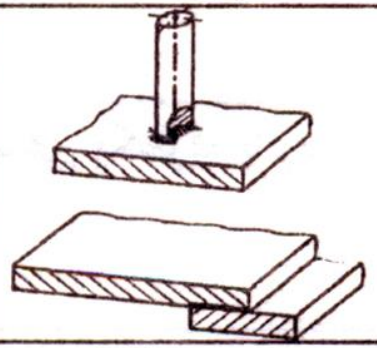
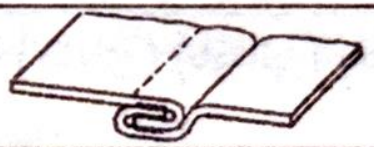
علایم جوشکاری

۱) علائم اصلی جوش

		جوش گوشه‌ای Fillet weld	۱۰
		جوش شکافی (پرچمی) Plug weld; plug or slot weld	۱۱
		نقطه جوش (جوش نقطه‌ای) Spot weld	۱۲
		درز جوش Seam weld	۱۳
		جوش مایل	۱۴
		جوش یکطرفه مایل	۱۵
		جوش لبه Edge weld	۱۶

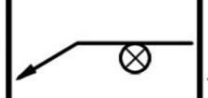
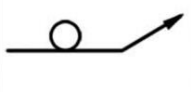
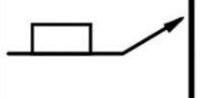
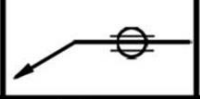
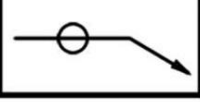
علایم جوشکاری

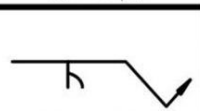
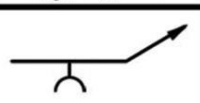
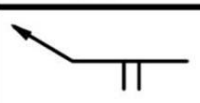
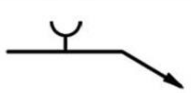
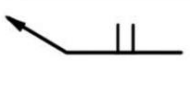
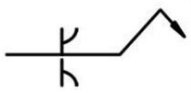
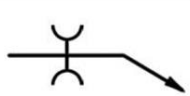
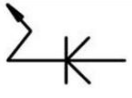
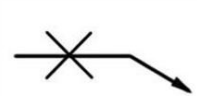
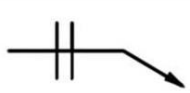
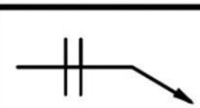
۱) علائم اصلی جوش

ردیف	نوع جوش	تصویر	علامت
۱۷	روکش کاری Surfacing		
۱۸	اتصال سطحی Surface joint		
۱۹	اتصال اریب Inclined joint		
۲۰	فرنگی پیچ Fold joint		

علایم جوشکاری

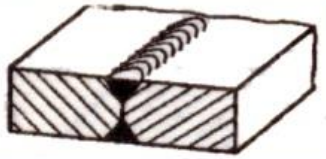
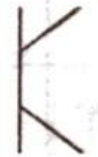
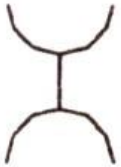
۱) علائم اصلی جوش

علائم اصلی									
فلنجی لبه ای	فلنجی گوشه ای	روکشی	پشت جوش	درزی	زائده ای	نقطه‌جوش یا برجسته	کام یا انگشتانه	گوشه ای	محل قرارگیری
									طرف پیکان
	کاربرد ندارد			کاربرد ندارد				طرف دیگر	
کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد		هر دو طرف
کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد		کاربرد ندارد		کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	------

شیاری								
اریب (لحیم کاری)	نیم جناقی گرد	جناقی گرد	نیم لاله ای	لاله ای شیاری	نیم جناغی	جناغی	ساده	محل قرارگیری
								طرف پیکان
								طرف دیگر
								هر دو طرف
کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد		------

علایم جوشکاری

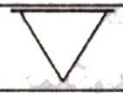
۲) علائم ترکیبی جوش

ردیف	نوع جوش	تصویر	علامت
۱	جوش جناغی دو طرفه (X)		
۲	جوش نیم جناغی دو طرفه		
۳	جوش جناغی دوطرفه با ریشه		
۴	جوش نیم جناغی دو طرفه با ریشه weld with broad root face		
۵	جوش U (لاله‌ای) (ناودانی) دوطرفه		

علایم جوشکاری

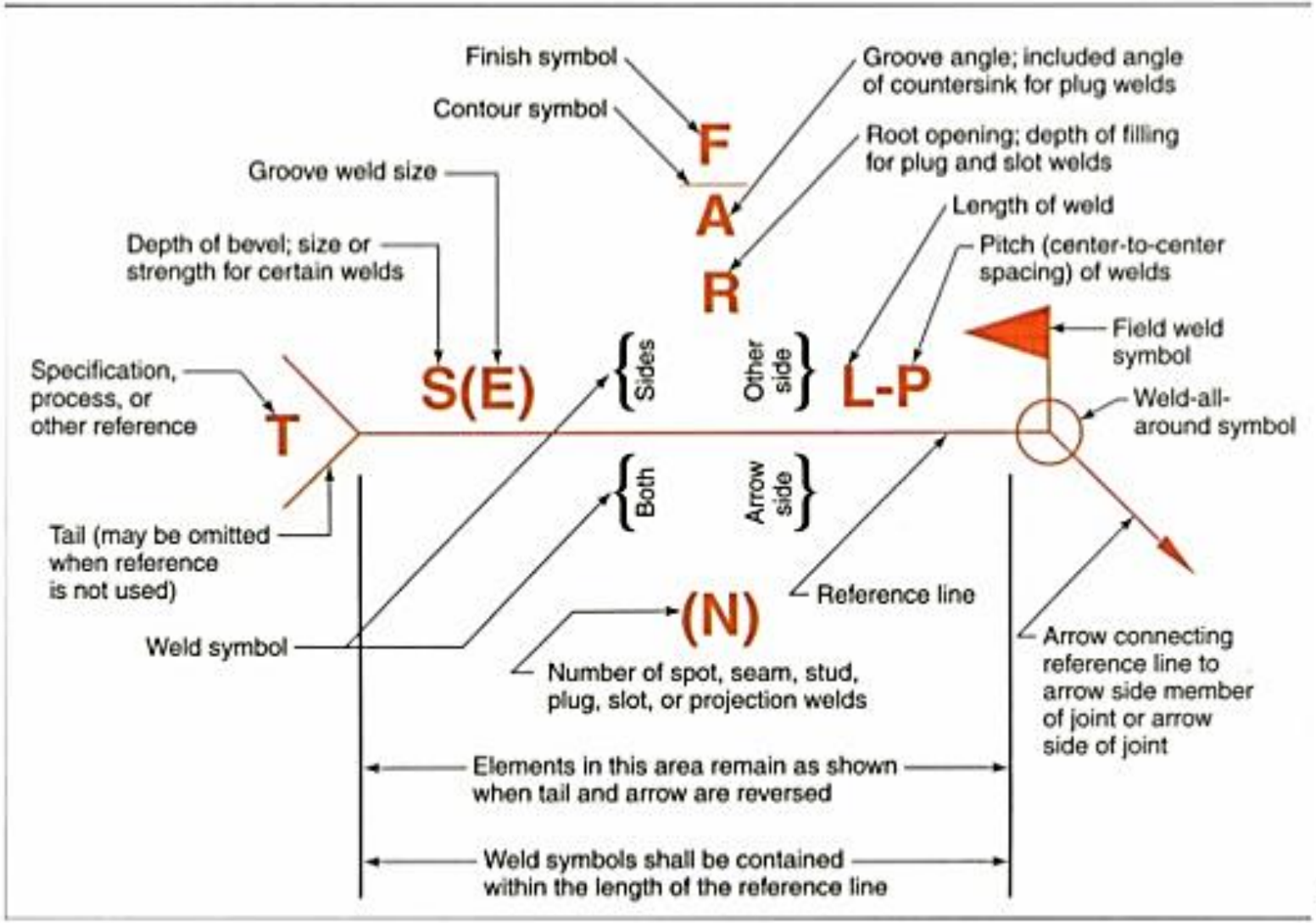
۳) علائم تکمیلی جوش

ردیف	توضیح	علامت
۱	سطح تخت	—
۲	محدب	⌒
۳	مقعر	⌣
۴	سطح همگن	⌓
۵	پشت بندد ایم	M
۶	پشت بندموقت	MR

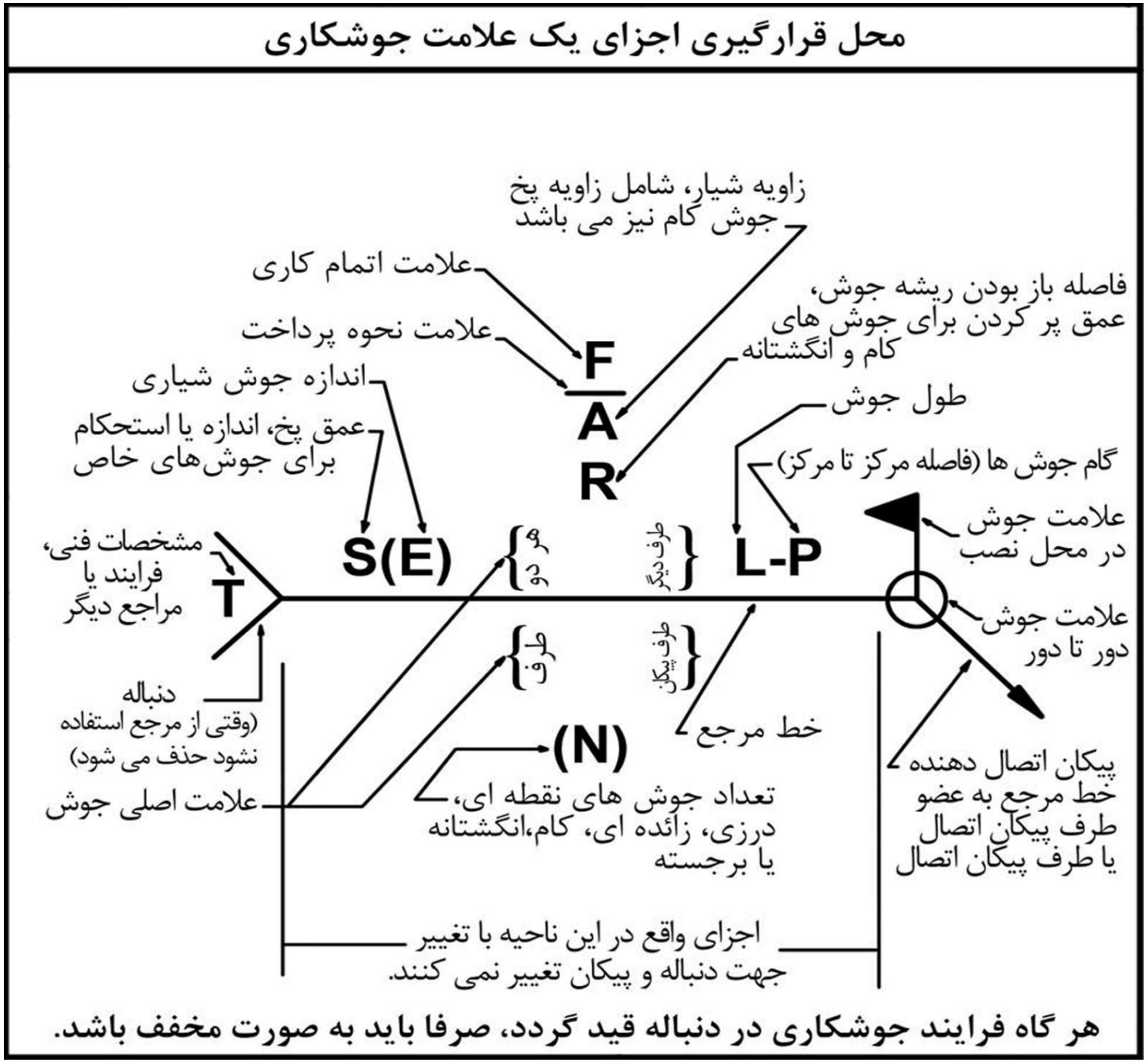
ردیف	نوع جوش	تصویر	علامت
۱	جوش جناغی یکطرفه با سطح تخت		
۲	جوش جناغی دوطرفه با سطح محدب		
۳	جوش گوشه‌ای با سطح مقعر		
۴	جوش جناغی یکطرفه با جوش پشت دارای سطح تخت		
۵	جوش جناغی یکطرفه با ریشه و جوش پشت		
۶	جوش جناغی یکطرفه با سطح تخت [۱]		
۷	جوش گوشه‌ای با سطح همگن		

Weld Specification

علایم جوشکاری



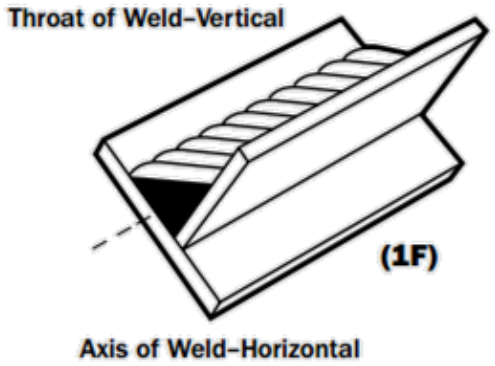
علایم جوشکاری



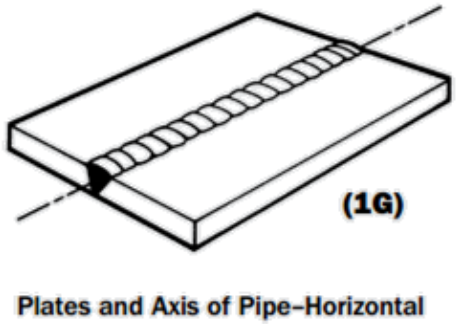
وضعیت‌های جوشکاری

بر حسب وضعیت قطعه مورد جوش و الکترود نسبت به هم چهار وضعیت جوشکاری وجـود دارد:

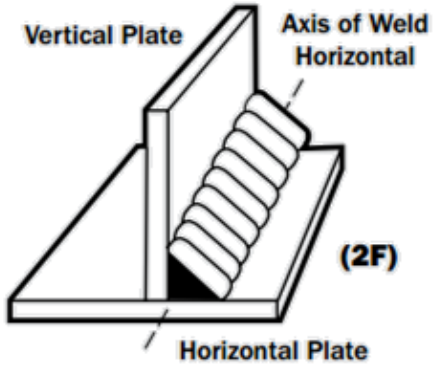
Flat Position



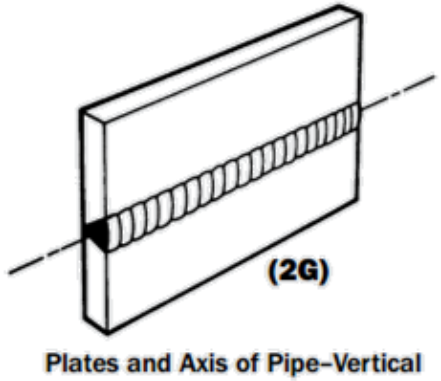
وضعیت تخت یا کفی



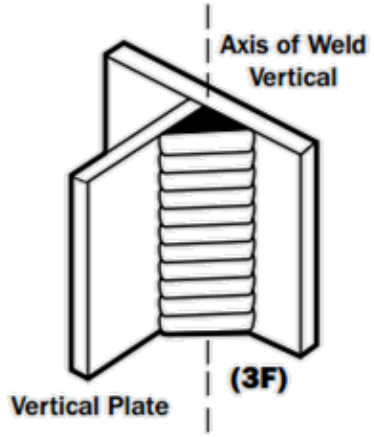
Horizontal Position



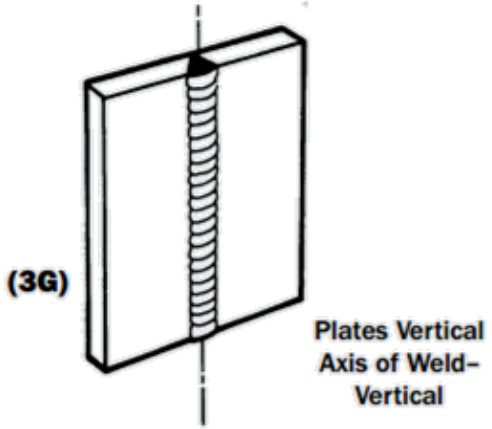
وضعیت افقی



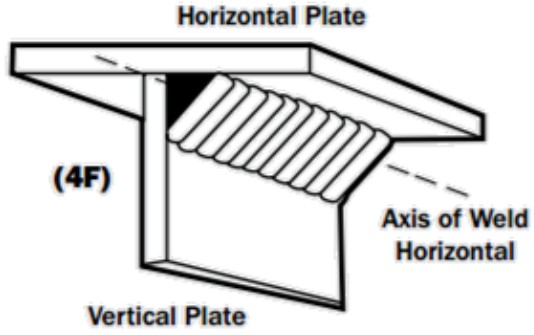
Vertical Position



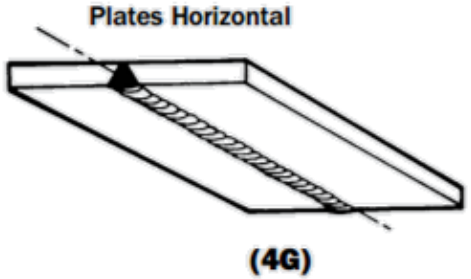
وضعیت سربالا



Overhead Position



وضعیت سقفی



ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

۱۰-۲-۹-۱-۵ وصله‌ها در مقاطع سنگین

الزامات این بند به نیمرخ‌های حجیم و سنگین و نیمرخ‌های مرکبی که از ورق‌های ضخیم‌تر از ۴۰میلی‌متر ساخته می‌شوند، مربوط می‌شود.

در وصلهٔ این‌گونه اعضا چنانچه از جوش نفوذی لب به لب استفاده شود، باید برای جلوگیری از اثر انقباض ناشی از سردشدن و شکست ناشی از تردی در جوش و مصالح مجاور آن، احتیاط‌های لازم به عمل آید. استفاده از پیش‌گرمایش و پس‌گرمایش و یا استفاده از الکترودهای کم هیدروژن دراین خصوص الزامی است.

اگر جوش وصلهٔ این‌گونه اعضا نقش انتقال تنش‌های کششی ناشی از نیروی کششی یا لنگر خمشی را داشته باشد، لازم است محدودیت‌های مربوط به طاقت مصالح روی نمونه زخم‌دار با انجام آزمایش شارپی بررسی گردد.

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

در اینگونه مقاطع باید جزئیات سوراخ‌های دسترسی جوشکاری در محل اتصال طبق بند ۱۰-۲-۹-۱-۶، جوش مناسب طبق بند ۱۰-۲-۹-۲-، گرم‌کردن قبل از جوشکاری طبق بند ۱۰-۲-۹-۲-۸ و محدودیت‌های مربوط به برش با شعله و آماده‌کردن سطوح و نکات مربوط به بررسی جوش‌ها طبق الزامات فصل ۱۰-۴ رعایت شود. در اتصالات کششی مقاطع سنگین باید بعد از جوشکاری، تسمهٔ پشت بند جوش را (در صورت موجود بودن) از جای خود برداشت و جوش‌ها را با سنگ‌زدن صاف و یکنواخت کرد و در صورت لزوم از جوش پشت استفاده نمود.

برای وصلهٔ مقاطع سنگین ارجح است از جزئیاتی استفاده شود که انقباض جوش در آن بزرگ نباشد.

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

۱۰-۲-۹-۱-۶ سوراخ‌های دسترسی برای جوشکاری و برش بال‌های تیر در محل اتصال

کلیهٔ سوراخ‌هایی که به منظور دسترسی و تسهیل جوشکاری تعبیه می‌شود (مثل سوراخ دسترسی در جان به منظور جوش لب به لب بال)، برای قرار دادن مصالح جوش در موضع مورد نظر، باید دید کامل و فراخی کافی را داشته باشد. این سوراخ‌ها و نیز قسمت‌های برش دادهٔ بال در انتهای تیرها باید به صورتی کاملاً یکنواخت، با انحنای ملایم و بدون گوشه‌های تیز، تعبیه شود.

طول سوراخ‌های دسترسی (l_1) برای جوشکاری که از محل ریشهٔ جوش مربوطه اندازه‌گیری می‌شود، نباید کمتر از ۴۰ میلی‌متر و از ۱/۵ برابر ضخامت ورقی گردد که سوراخ دسترسی در آن ایجاد می‌شود. ارتفاع سوراخ دسترسی (h_1) نباید از ۲۰ میلی‌متر و از ضخامت ورقی که سوراخ

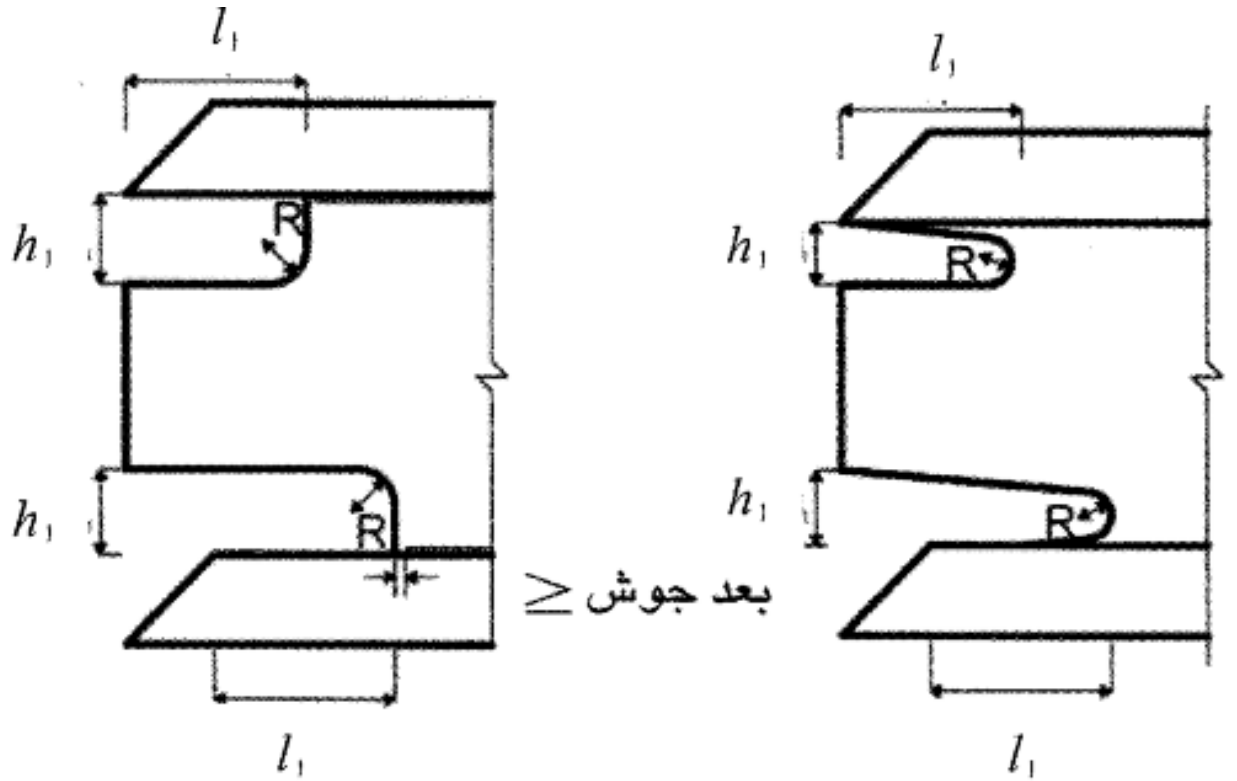
ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

دسترسی در آن ایجاد می‌شود کوچکتر و از ۵۰ میلی‌متر بزرگتر در نظر گرفته شود. شعاع قوس‌های سوراخ دسترسی جوش نباید کمتر از ۱۰ میلی‌متر اختیار شود.

در مقاطع نوردشده و ساخته‌شده از ورق که در آنها ایجاد سوراخ دسترسی پس از اتمام جوشکاری بال‌ها به جان صورت می‌گیرد، لبهٔ جان باید از سطح بال تا سطح تو رفتگی سوراخ دسترسی به صورت شیب‌دار، کاملاً یکنواخت و بدون گوشه‌های تیز باشد.

در مقاطع ساخته‌شده از ورق که در آنها ایجاد سوراخ دسترسی قبل از تکمیل جوشکاری بال‌ها به جان صورت می‌گیرد، انتهای سوراخ دسترسی می‌تواند عمود بر بال باشد مشروط بر آنکه انتهای جوش به اندازهٔ بعد جوش از سوراخ دسترسی فاصله داشته باشد.

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی



شکل ۱۰-۲-۹-۱

الف) مقاطع نوردشده و ساخته‌شده از ورق که در آنها ایجاد سوراخ دسترسی پس از اتمام جوشکاری بال‌ها به جان صورت می‌گیرد.

ب) مقاطع ساخته‌شده از ورق که در آنها ایجاد سوراخ دسترسی قبل از تکمیل جوشکاری بال‌ها به جان صورت می‌گیرد.

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

۱۰-۲-۹-۱- ۷ آرایش جوش‌ها و پیچ‌ها در محل اتصال

ترتیب قرارگیری جوش‌ها و پیچ‌ها در انتهای هر عضوی که نیروی محوری را انتقال می‌دهند باید طوری باشد که مرکز هندسی گروه وسایل اتصال و مرکز ثقل عضو در یک راستا قرار گیرد مگر حالتی‌که به برون‌محوری موجود در طرح و اثر آن در محاسبه توجه شده باشد. انطباق مذبور در اتصال‌های انتهایی نبشی‌های تک، نبشی‌های زوج و اجزای مشابه تحت بار استاتیکی ضرورتی ندارد.

۱۰-۲-۹-۱-۸ ترکیب پیچ و جوش

وقتی‌که پیچ‌های معمولی یا پیچ‌های پر مقاومت در حالت اتصال اتکایی (غیر اصطکاکی) بصورت مشترک با جوش استفاده شود، نباید فرض کرد که آنها در تحمل بار با جوش سهیم هستند. دراین صورت کل تنش در اتصال را باید جوش به تنهایی تحمل کند.

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

در صورت استفاده از ترکیب جوش و پیچ‌های پر مقاومت در اتصال اصطکاکی، می‌توان جوش و پیچ را در تحمل تنش‌ها سهیم فرض کرد مشروط بر اینکه در اتصال‌های برشی سوراخ پیچ‌ها از نوع استاندارد یا دارای شکاف‌های عمود بر جهت بار و جوش‌های گوشه تحت اثر بار طولی در نظر گرفته شده باشند. در چنین اتصال‌هایی، مقاومت موجود در پیچ‌ها را نباید بزرگتر از ۵۰ درصد مقاومت موجود پیچ‌ها در حالت اتکایی در نظر گرفت.

تقویت از طریق جوشکاری در خصوص ساختمان‌های موجودی که اتصالات آنها از نوع پیچی می‌باشد به شرطی مجاز است که پیچ‌های موجود از نوع اصطکاکی طراحی و اجرا شده باشند. در اینگونه موارد پیچ‌های موجود را می‌توان برای انتقال بارهای موجود فرض نموده و جوش باید تنش‌های اضافی را انتقال دهند.

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

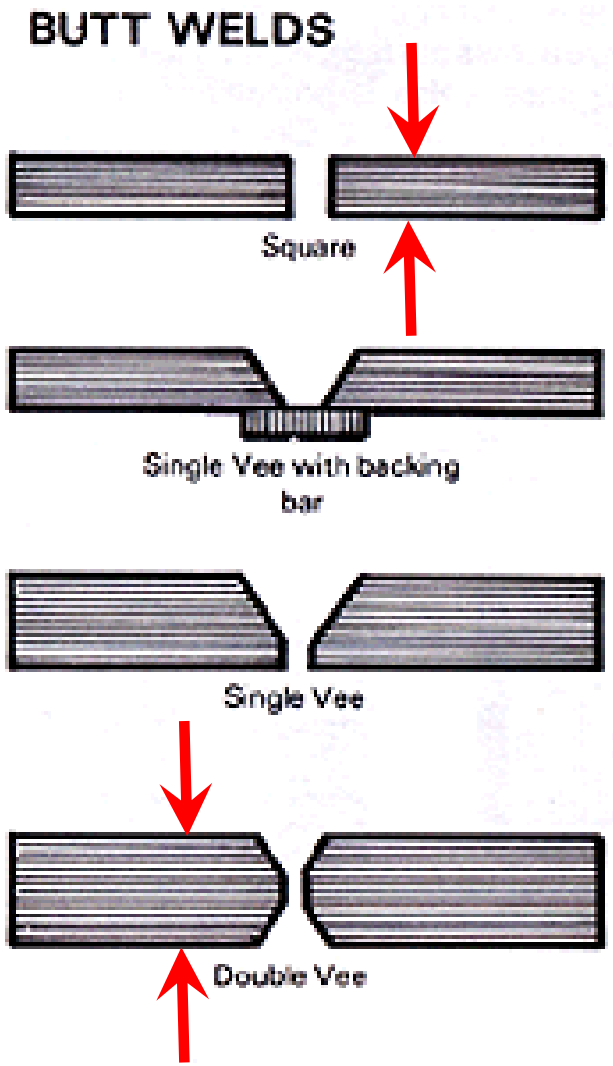
۱۰-۲-۹-۲ جوش‌ها

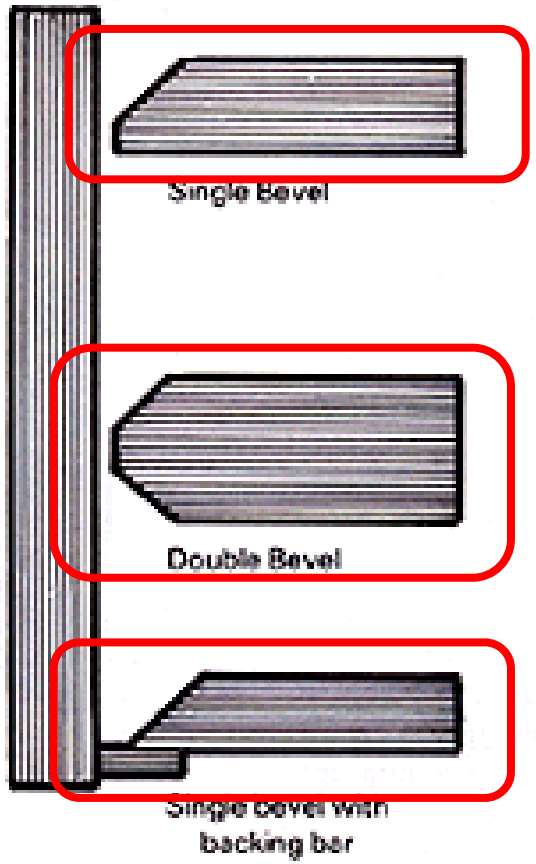
۱۰-۲-۹-۲-۱ جوش‌های شیاری

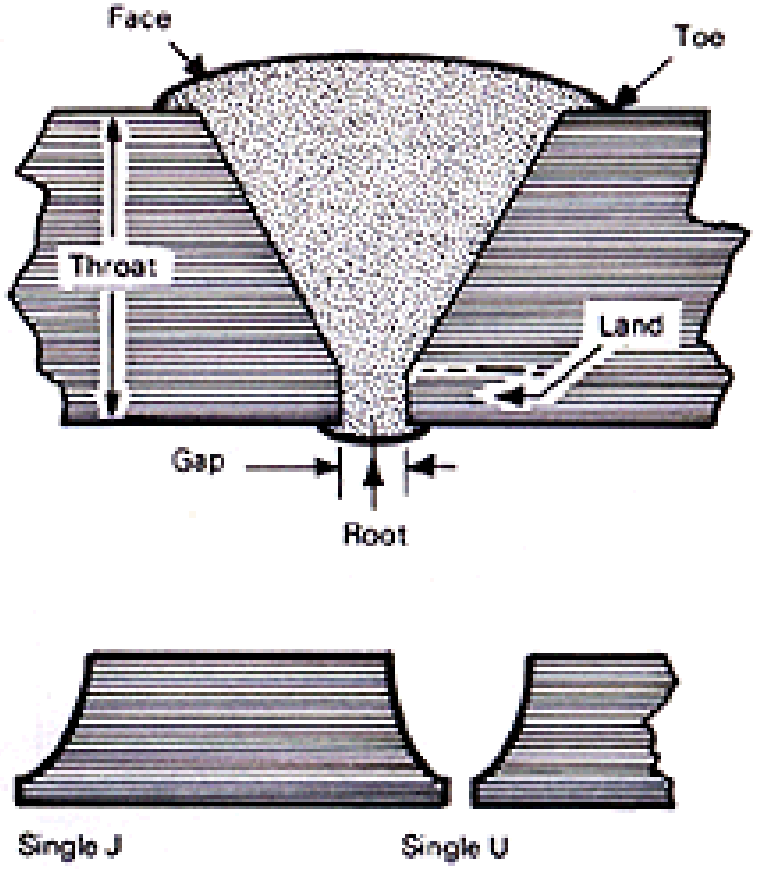
الف) سطح مقطع موثر: سطح مقطع موثر در جوش‌های شیاری عبارت است از: حاصل‌ضرب طول موثر در ضخامت موثر جوش. طول موثر جوش برابر با طول جوش‌شده و ضخامت موثر جوش شیاری با نفوذ کامل برابر با ضخامت قطعهٔ نازکتر در اتصال لب به لب و ضخامت قطعهٔ جوش شده در اتصال کنج و سپری در نظر گرفته می‌شود. ضخامت موثر در جوش شیاری با نفوذ نسبی برابر با عمق شیار جوش منهای ۳ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود. استفاده از جوش شیاری با نفوذ نسبی در وضعیتی که بارگذاری متناوب (اثر خستگی) وجود داشته باشد مجاز نیست.

ضخامت موثر جوش شیاری که بین دو لبهٔ گرد (مثل شیار بین دو میلگرد) و یا بین یک لبهٔ گرد و لبهٔ تخت (مثل میلگرد در مجاورت ورق) داده می‌شود، مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۲ می‌باشد.

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

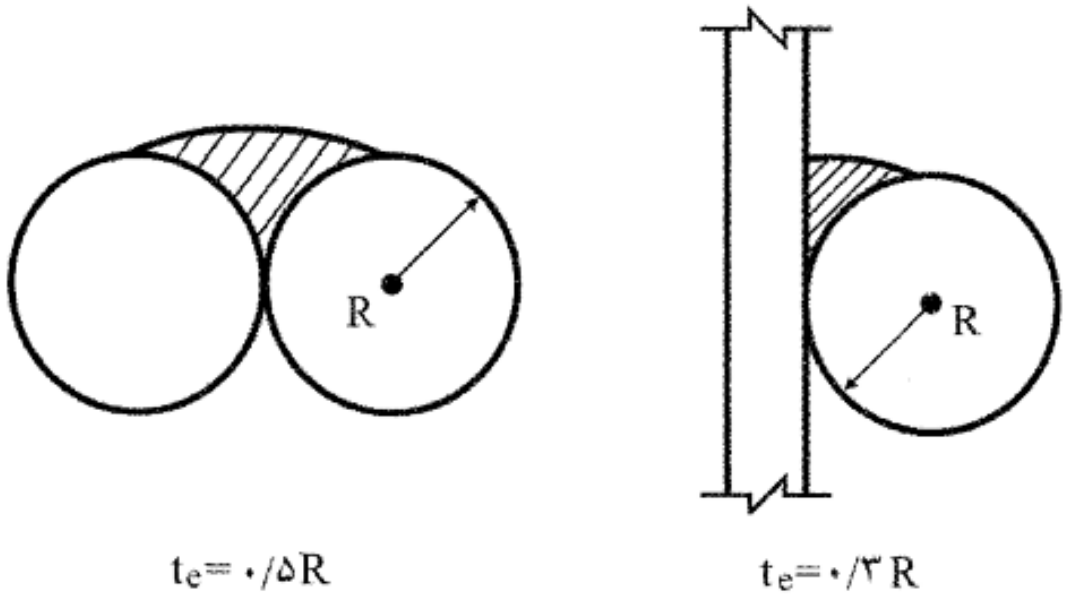






ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

ضخامت موثر جوش شیاری که بین دو لبهٔ گرد (مثل شیار بین دو میلگرد) و یا بین یک لبهٔ گرد و لبهٔ تخت (مثل میلگرد در مجاورت ورق) داده می‌شود، مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۲ می‌باشد.



شکل ۱۰-۲-۹-۲ ضخامت موثر جوش‌های شیاری لب گرد

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

ب) محدودیت: ضخامت موثر در جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی نباید از مقادیر مندرج در جدول ۱۰-۲-۹-۱ کمتر شود. حداقل ضخامت موثر با توجه به ضخامت قطعه نازکتر تعیین می‌شود. ضخامت جوش نباید از ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده تجاوز کند.

مربوط به جدول صفحه بعد

- *در صورتی‌که نتوان ضخامت‌های حداقل فوق را با یک عبور تعیین نمود باید از پیش گرمایش و یا فرآیندهای کم‌هیدروژن استفاده کرد.*
- *برای قطعات با ضخامت بزرگتر از ۴۰ میلی‌متر، پیش‌گرمایش و دستورالعمل جوشکاری باید با مطالعهٔ خاص مورد بررسی قرار گیرد.*

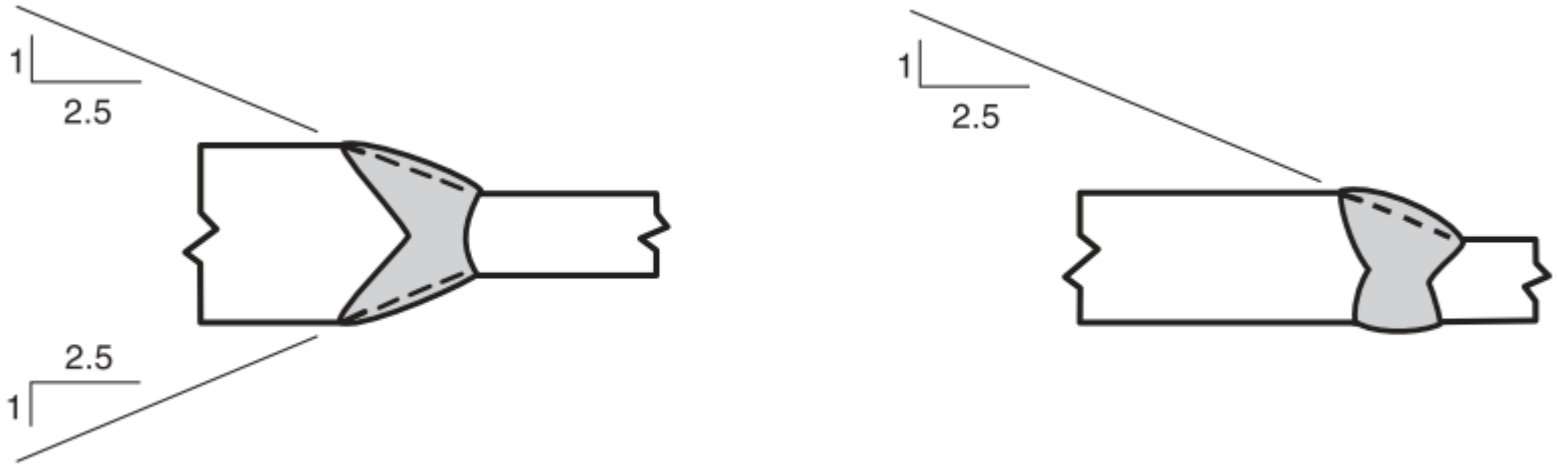
ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

جدول ۱۰-۲-۹-۱ حداقل ضخامت موثر جوش شیاری با نفوذ نسبی

ضخامت قطعه نازکتر	حداقل ضخامت موثر
تا ۶ میلی‌متر	۳ میلی‌متر
بیش از ۶ تا ۱۲ میلی‌متر	۵ میلی‌متر
بیش از ۱۲ تا ۲۰ میلی‌متر	۶ میلی‌متر
بیش از ۲۰ تا ۴۰ میلی‌متر	۸ میلی‌متر
بیش از ۴۰ تا ۶۰ میلی‌متر	۱۰ میلی‌متر
بیش از ۶۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر	۱۳ میلی‌متر
بیش از ۱۵۰ میلی‌متر	۱۶ میلی‌متر

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

اتصال قطعه ضخیم به قطعه نازک‌تر با جوش شیاری در بارگذاری چرخه‌ای



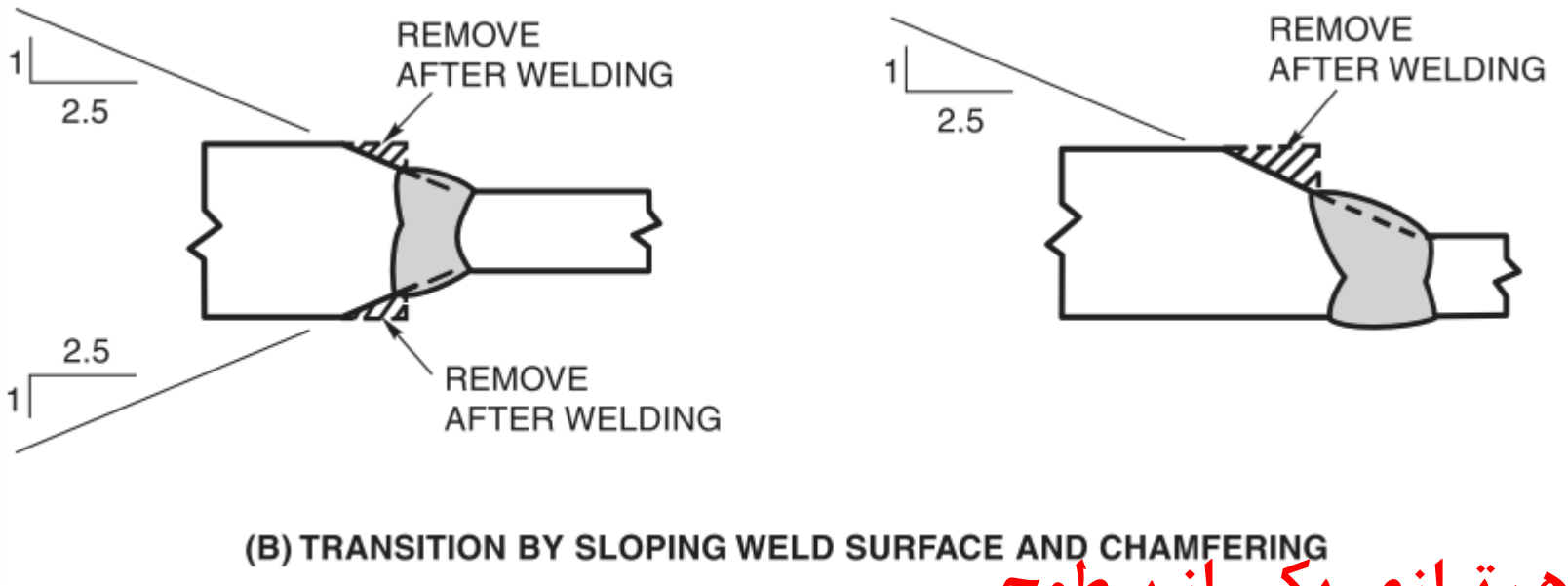
(A) TRANSITION BY SLOPING WELD SURFACE

هم‌ترازی یکی از سطوح ورق‌ها

هم‌ترازی تار میانی ورق‌ها

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

اتصال قطعه ضخیم به قطعه نازک‌تر با جوش شیاری در بارگذاری چرخه‌ای



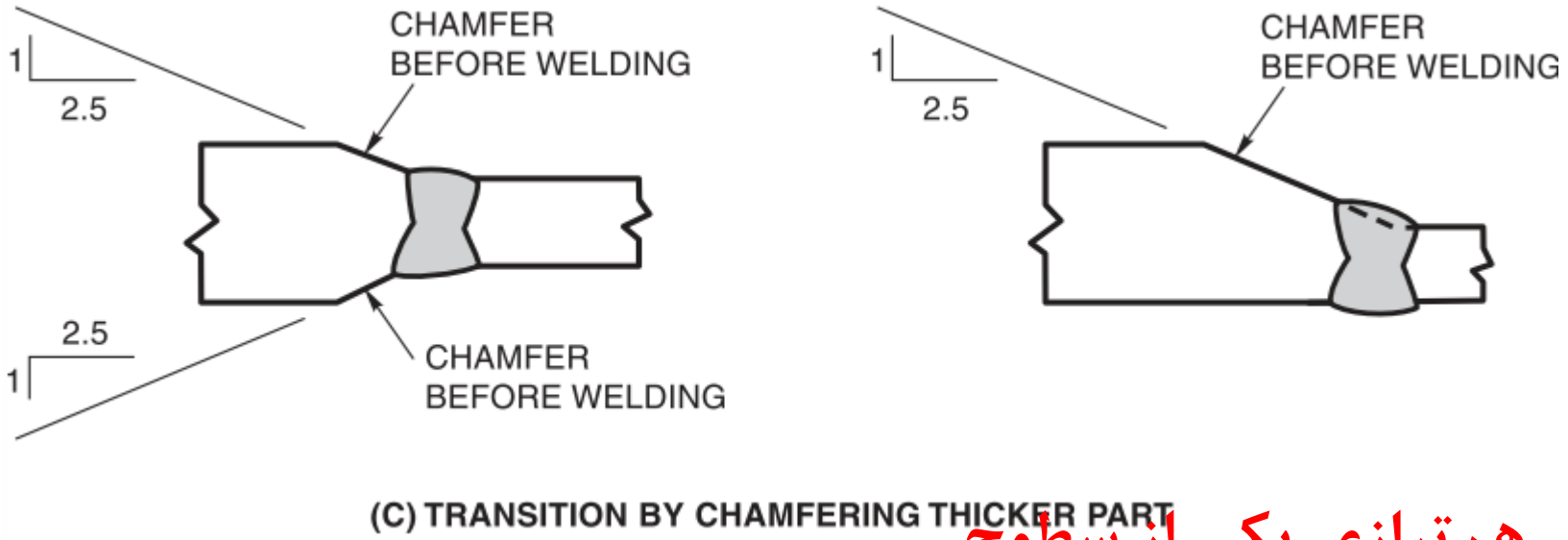
(B) TRANSITION BY SLOPING WELD SURFACE AND CHAMFERING

هم‌ترازی یکی از سطوح ورق‌ها

هم‌ترازی تار میانی ورق‌ها

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

اتصال قطعه ضخیم به قطعه نازک‌تر با جوش شیاری در بارگذاری چرخه‌ای



(C) TRANSITION BY CHAMFERING THICKER PART

هم‌ترازی یکی از سطوح ورق‌ها

هم‌ترازی تار میانی ورق‌ها

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

اتصال قطعه ضخیم به قطعه نازک‌تر با جوش شیاری در حالت استاتیکی

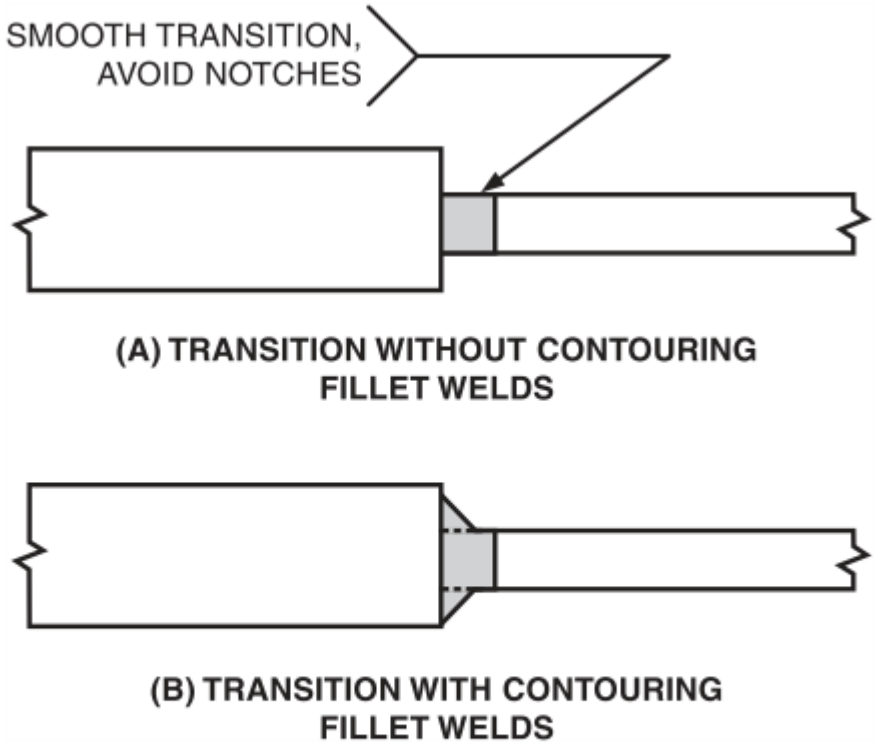


Figure 2.3– Transition of Thicknesses (Statically Loaded Nontubular) (see 2.7.5 and 2.8.1)

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

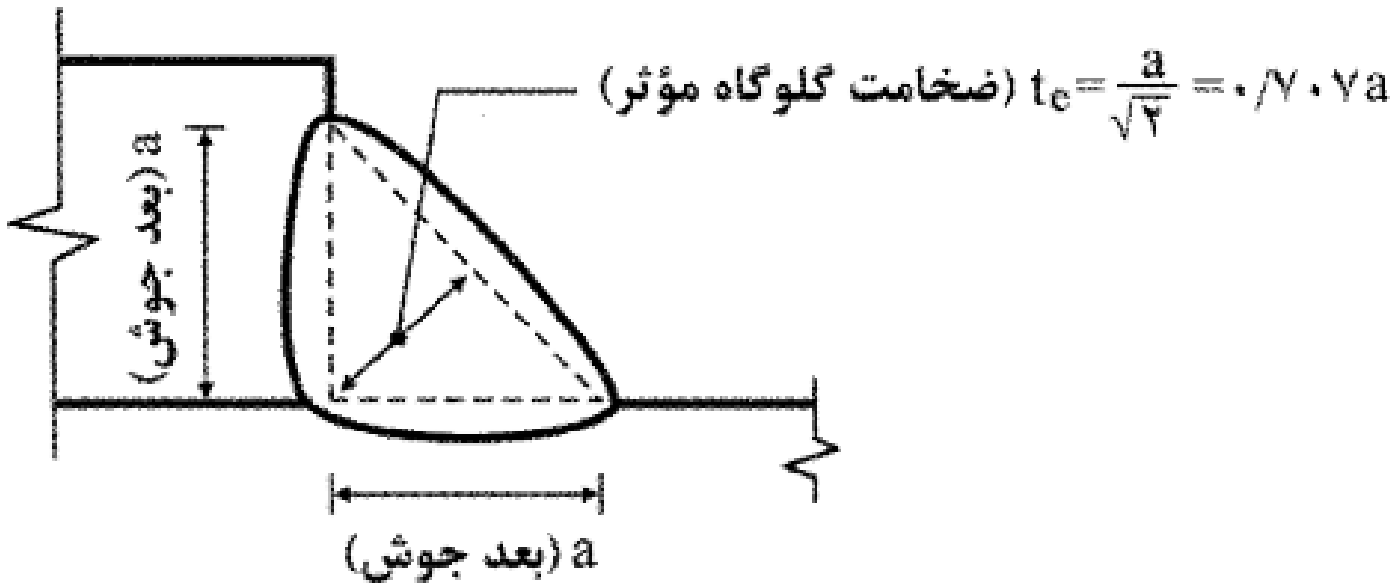
۱۰-۲-۹-۲-۲ جوش‌های گوشه

الف) سطح مقطع موثر: سطح مقطع موثر در جوش‌های گوشه برابر با حاصل‌ضرب طول موثر در ضخامت گلوگاه موثر در نظر گرفته می‌شود.

طول موثر جوش گوشه (به جز جوش‌هایی که در سوراخ و شکاف قرار می‌گیرد) برابر با طول کلی نوار جوش شامل قسمت‌های برگشت خورده می‌باشد.

بعد جوش گوشه (a) اندازه ساق مقطع جوش می‌باشد. طبق شکل ۱۰-۲-۹-۳ ضخامت گلوگاه موثر (t_e) در جوش گوشه برابر کوتاهترین فاصله بین ریشهٔ مقطع جوش تا سطح خارجی آن و به عبارت دیگر برابر ارتفاع وارد بر وتر مثلث مقطع جوش به حساب می‌آید.

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی



شکل ۱۰-۲-۹-۳ ضخامت گلوگاه موثر جوش‌های گوشه

برای جوش‌های گوشه در سوراخ و شکاف، طول موثر برابر با طول محوری (میانتاری) که از مقطع گلوگاه جوش می‌گذرد، در نظر گرفته می‌شود.

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

ب) محدودیت‌ها:

۱- حداقل بُعد جوش‌های گوشه نباید از بُعد مورد نیاز برای انتقال بارهای محاسبه شده و اندازه‌های نشان داده شده در جدول ۱۰-۲-۹-۲ کوچکتر انتخاب شود. حداقل بُعد جوش تابع ضخامت قطعهٔ نازکتر می‌باشد و از طرفی نباید بُعد جوش از ضخامت نازکترین قطعهٔ متصل شونده تجاوز نماید.

۲- حداکثر بُعد جوش‌های گوشه در لبهٔ قطعات متصل شونده برای قطعات با ضخامت مساوی یا کمتر از ۶ میلی‌متر برابر ضخامت قطعه منهای ۲ میلی‌متر و برای قطعات با ضخامت بیش از ۶ میلی‌متر برابر ضخامت قطعه می‌باشد.

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

جدول ۱۰-۲-۹-۲ حداقل بُعد جوش گوشه

ضخامت قطعه نازکتر	حداقل بُعد جوش گوشه (با یک بار عبور)
تا ۶ میلی‌متر	۳ میلی‌متر
بیش از ۶ تا ۱۲میلی‌متر	۵ میلی‌متر
بیش از ۱۲ تا ۲۰میلی‌متر	۶ میلی‌متر
بیش از ۲۰	۸ میلی‌متر

- در صورتی‌که نتوان ضخامت‌های حداقل فوق را با یکبار عبور تأمین نمود، باید از پیش گرمایش و یا فرآیندهای کم هیدروژن استفاده کرد.
- در سازهٔ تحت بار دینامیکی حداقل اندازه جوش ۵ میلی‌متر می‌باشد

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

۳- طول موثر جوش‌های گوشه‌ای که برای تحمل تنش‌ها محاسبه شده‌اند نباید از ۴ برابر بُعد جوش کمتر باشد. به عبارت دیگر، بُعد جوش نباید از $\frac{۱}{۴}$ طول آن تجاوز نماید.

۴- در اتصال‌های انتهای تسمه‌های کششی اگر از جوش گوشه فقط در لبه‌های طولی و موازی امتداد نیرو استفاده شود، طول جوش هر طرف نباید از فاصلهٔ عمودی بین آنها (تقریباً پهنای تسمه) کمتر باشد و این فاصله نباید از ۲۰۰ میلی‌متر تجاوز کند (شکل ۱۰-۲-۹-۴). برای تأثیر طول جوش در سطح مقطع موثر اعضای کششی به جدول ۱۰-۲-۳-۱ مراجعه شود.

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

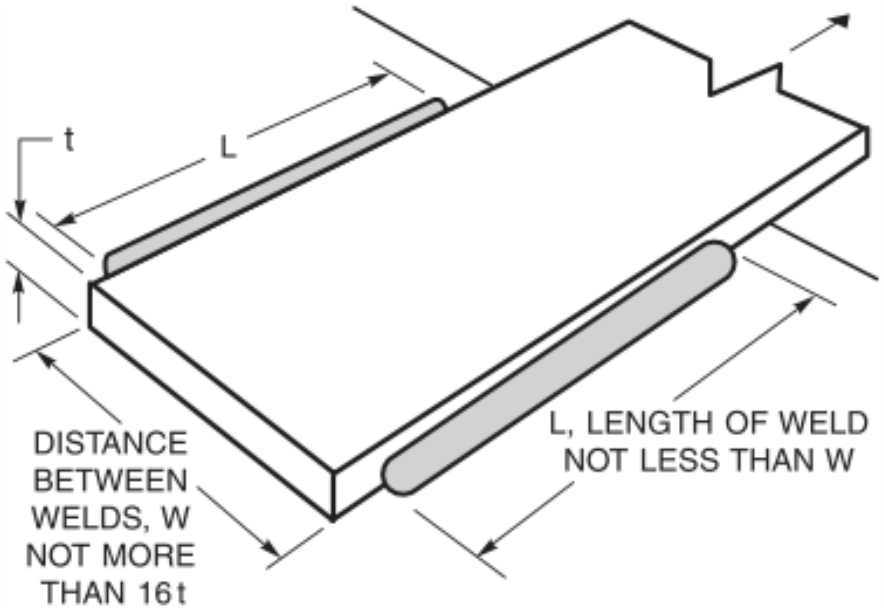
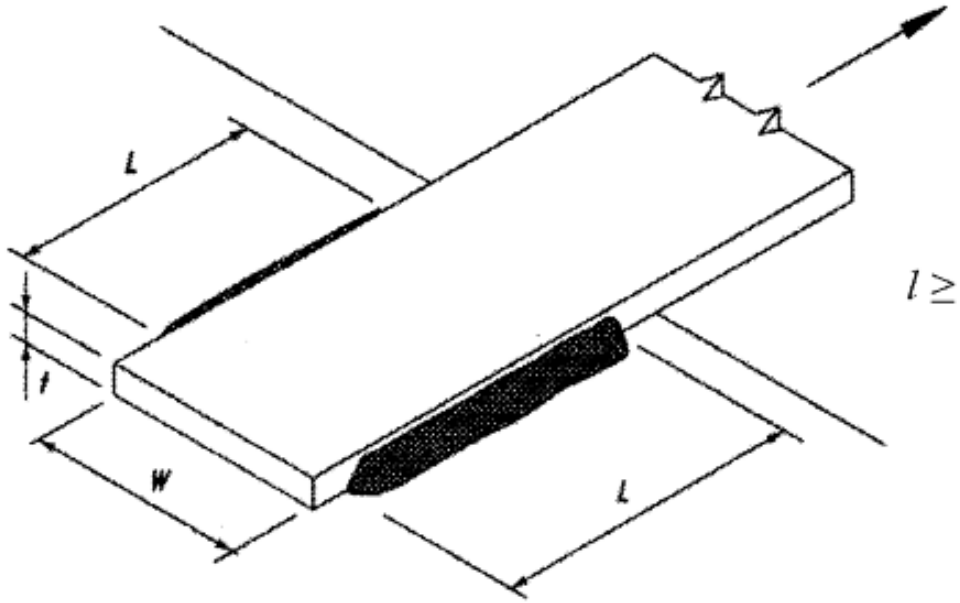


Figure 2.5– Minimum Length of Longitudinal Fillet Welds at End of Plate or Flat Bar Members (see 2.9.2)



$l \geq w\ ,\ w \leq ۲۰۰mm$

شکل ۱۰-۲-۹-۴ جوش گوشه در انتهای تسمه‌های کششی

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

۵- در اتصال انتهایی اعضای محوری، طول موثر جوشی که به صورت طولی بارگذاری شده است نباید از ۱۰۰ برابر بعد جوش (a) تجاوز نماید. در صورت نیاز به طول جوش بیش از ۱۰۰ برابر بعد ساق جوش، طول موثر جوش باید با ضریب (β) کاهش داده شود.

$$L_e=\beta L$$

$$\beta=۱/۲ - ۰/۰۰۲ (L/a) \leq ۱/۰ \qquad (۱-۹-۲-۱۰)$$

که در آن:

L_e= طول موثر جوش

L= طول واقعی جوشی که از قسمت انتهایی جوش به صورت طولی بارگذاری شده است.

a= بُعد ساق جوش

β= ضریب کاهش طول واقعی (اسمی) جوش

برای L/a بزرگتر از ۳۰۰ طول موثر جوش باید برابر ۱۸۰a در نظر گرفته شود.

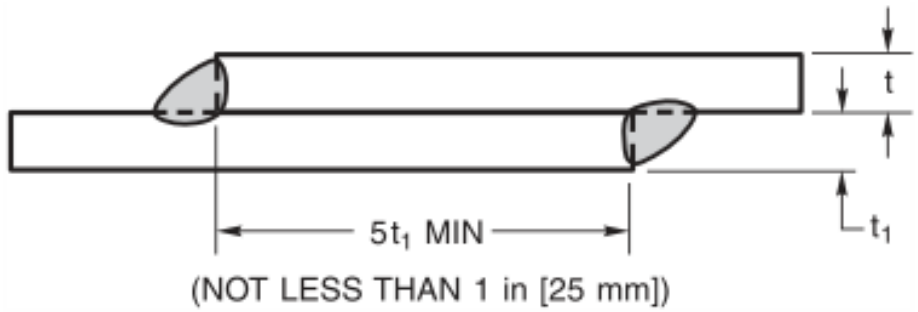
ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

۶- جوش‌های گوشه منقطع برای انتقال تنش‌های محاسبه شده هنگامی مجاز است که نیروی منتقله از مقاومتی که با جوش پیوسته (سرتاسری) و با حداقل بعد جوش تأمین می‌شود، کمتر باشد. استفاده از این نوع جوش در اتصال جان و بال تیر ورق‌ها، اتصال ورق‌های تقویتی بال، اتصال قطعات سخت‌کننده به جان تیر ورق و برای اتصال اجزای اعضای ساخته‌شده از ورق مجاز می‌باشد. طول موثر قطعات جوش منقطع نباید از ۴ برابر بُعد جوش و از ۴۰ میلی‌متر کمتر باشد. فاصلهٔ آزاد بین قطعات جوش نباید از ۱۶ برابر ضخامت نازکترین قطعهٔ متصل شونده وقتی که در فشار است و از ۲۴ برابر این ضخامت وقتی که در کشش است، بیشتر شود. دراین خصوص به الزامات بندهای ۱۰-۲-۳-۵ و ۱۰-۲-۴-۷-۲ نیز مراجعه شود.

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

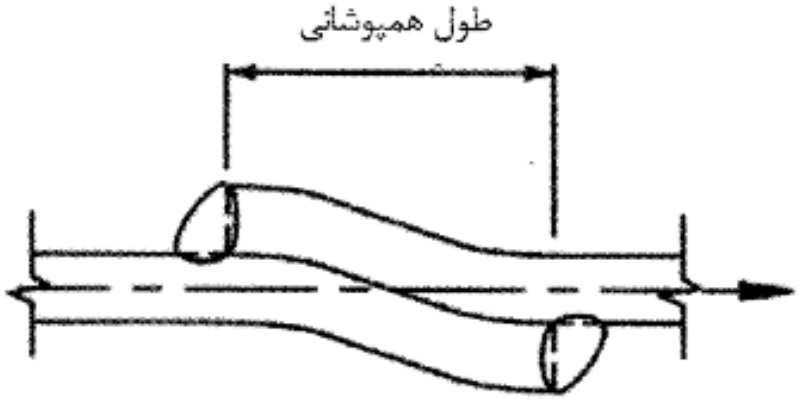
۷- در اتصالات پوششی (رویهم) دو قطعه، طول همپوشانی نباید از ۵ برابر ضخامت قطعهٔ نازکتر کمتر باشد و در هیچ حالتی از ۲۵ میلی‌متر کمتر نشود. در اتصالات پوششی که ورق و تسمه‌های تحت اثر تنش‌های محوری را به یکدیگر متصل می‌کند، باید ضلع انتهایی هریک از قسمت‌های متصل شونده، توسط جوش گوشه اتصال یابند (جوش دو طرفه). در وضعیتی که اتصال به اندازه کافی مقید شده باشد یا تغییرشکل خمشی آنقدر محدود باشد که از باز شدن اتصال تحت اثر بار حداکثر جلوگیری شود، می‌توان از جوش یکطرفه استفاده کرد (شکل ۱۰-۲-۹-۵).

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

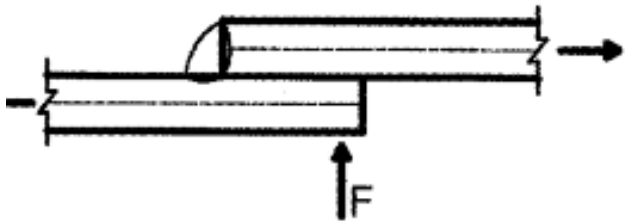


Note: t = thicker member, t_1 = thinner member.

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



(الف) طول همپوشانی در اتصالات پوششی (جوش دو طرفه)



(پ) جوش یکطرفه مقید و مجاز

(ب) جوش یکطرفه غیر مقید و غیر مجاز

شکل ۱۰-۲-۹-۵ اتصال پوششی (رویهم) دو قطعه

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

۸- استفاده از جوش گوشه در لبهٔ سوراخ و شکاف در اتصالات رویهم، به منظور انتقال برش یا جلوگیری از کمانش و یا جدایی قسمت‌های متصل شونده مجاز می‌باشد. جوش‌های گوشه در سوراخ‌ها و شکاف‌ها را نباید به عنوان جوش کام یا انگشتانه در نظر گرفت.

۹- جوش‌های گوشه می‌توانند به انتهای ناحیهٔ اتصال منتهی شده یا قبل از رسیدن به انتهای ناحیهٔ اتصال قطع شوند و یا حتی می‌توان آنها را طوری جوش داد تا به شکل قوطی یا ناودانی در بیاید. مگر در مواردی به شرح زیر که محدودیتی برای آنها وضع شده است.

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

- در اتصالات پوششی (رویهم) که یکی از قطعه‌های اتصالی تا پشت لبهٔ قطعه اتصالی دیگر که تحت اثر تنش کششی قرار دارد امتداد یافته باشد، جوش گوشه باید در فاصله‌ای بیشتر یا مساوی با بُعد جوش تمام شود (شکل ۱۰-۲-۹-۶).
- کلیهٔ جوش‌های گوشه که در لبهٔ کناری یا ضلع انتهایی عضو انجام می‌شود، باید در انتهای ضلع و بر روی ضلع دیگر برگشت داده شود که به آن قلاب می‌گویند. حداقل طول قلاب ۲ برابر بُعد جوش می‌باشد. این شرط شامل جوش‌های گوشه قائم و جوش‌های گوشه سر بالا در تکیه‌گاه‌های لچکی (براکت) و برای نبشی‌های نشیمن تیر و اتصالات نظیر می‌باشد (شکل ۱۰-۲-۹-۶).

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

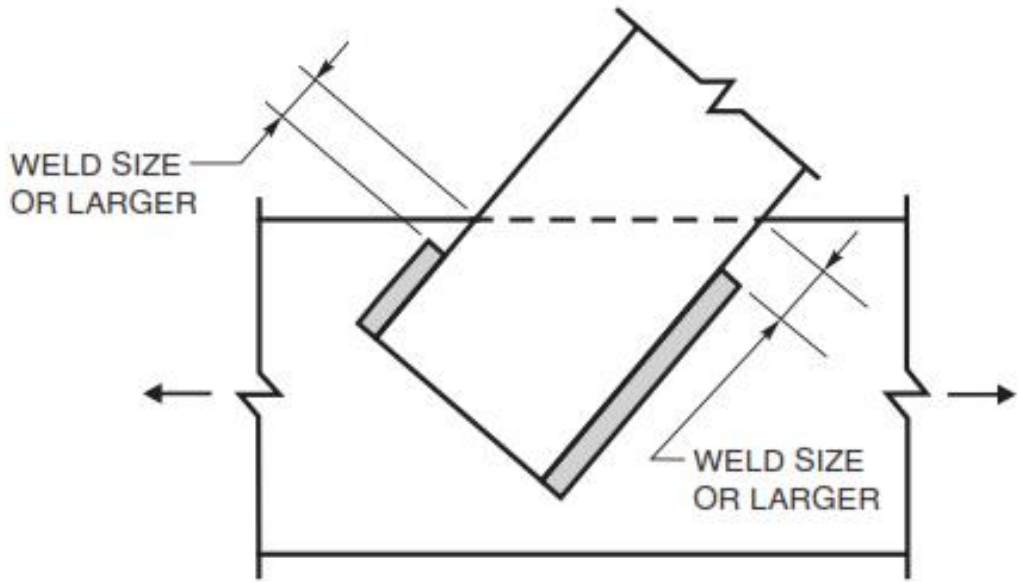
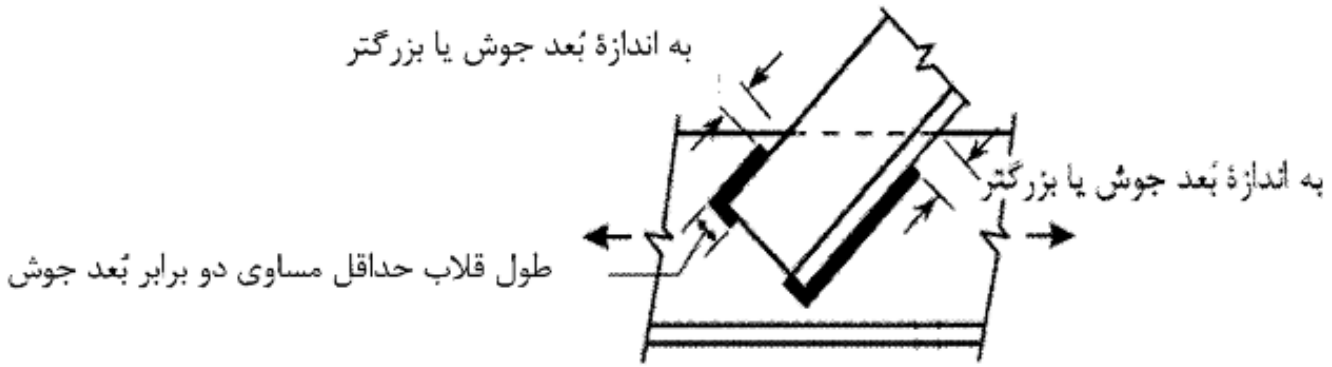


Figure 2.6– Termination of Welds Near Edges Subject to Tension (see 2.9.3.2)

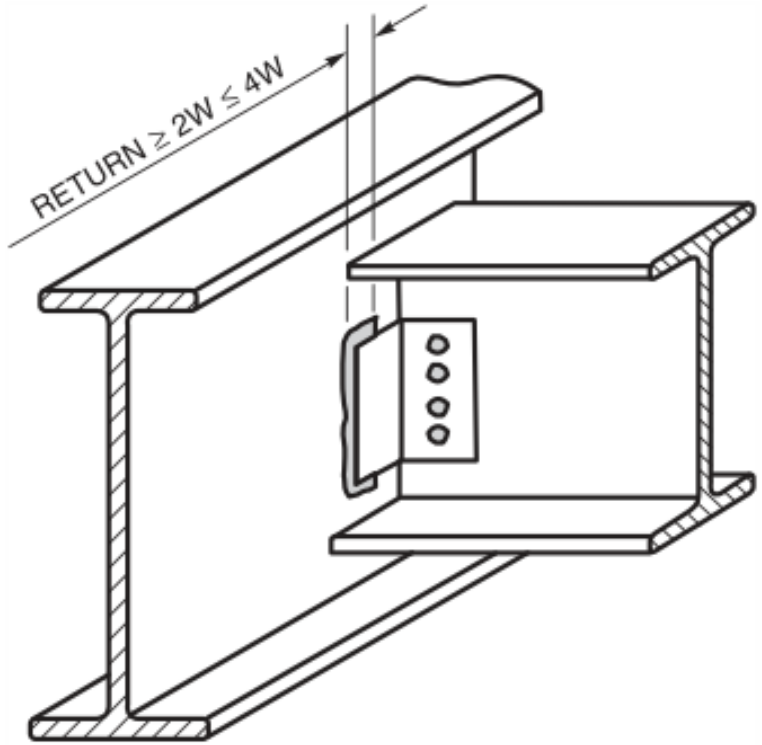


شکل ۱۰-۲-۹-۶ جوش گوشه در انتهای اعضای محوری

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

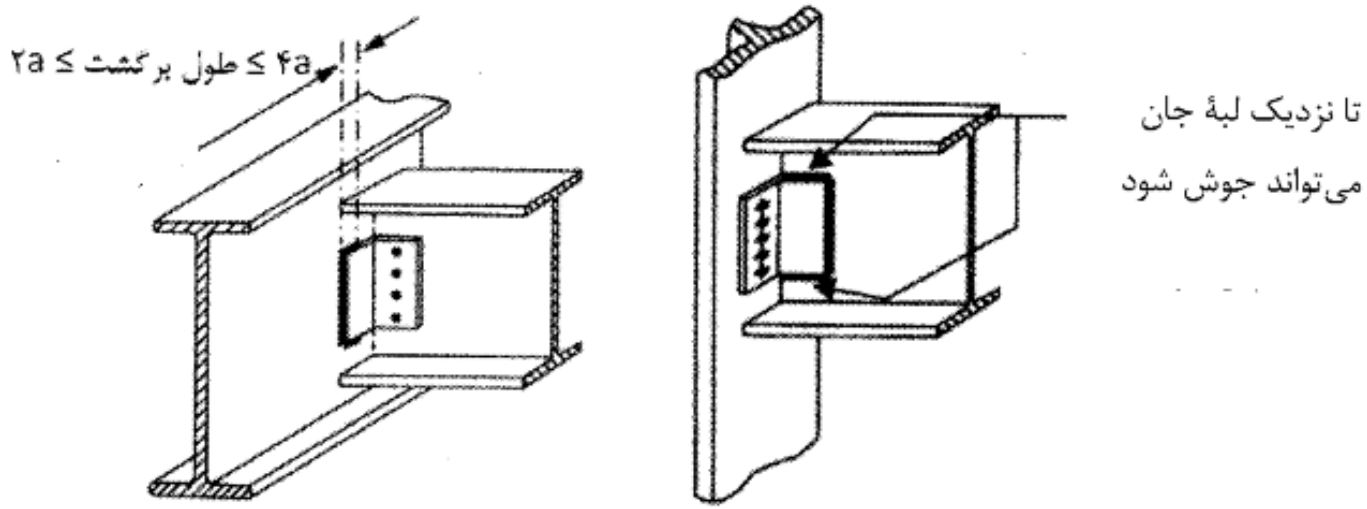
- در اتصالات مفصلی با نبشی‌های جان، که انعطاف‌پذیری اتصال به مقدار زیادی تابع انعطاف‌پذیری بال برجسته نبشی‌ها می‌باشد، برگشت در انتهای جوش گوشه نباید از ۴ برابر بُعد جوش و نیز نصف پهنای بال نبشی بیشتر باشد. برگشت انتها در جوش گوشه باید در نقشه‌ها و جزئیات اجرایی قید شود (شکل ۱۰-۲-۹-۷).
- جوش‌های گوشه‌ای که ورق‌های سخت‌کننده عرضی را به جان تیر ورق‌های با ضخامت جان کمتر از ۲۰ میلی‌متر متصل می‌کنند، نباید کمتر از ۴ برابر و بیشتر از ۶ برابر ضخامت جان، از پنجهٔ جان تا جوش جان به بال منتهی شود. مگر در حالتی‌که انتهای ورق سخت کنندهٔ عرضی به بال جوش شده باشد.

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی



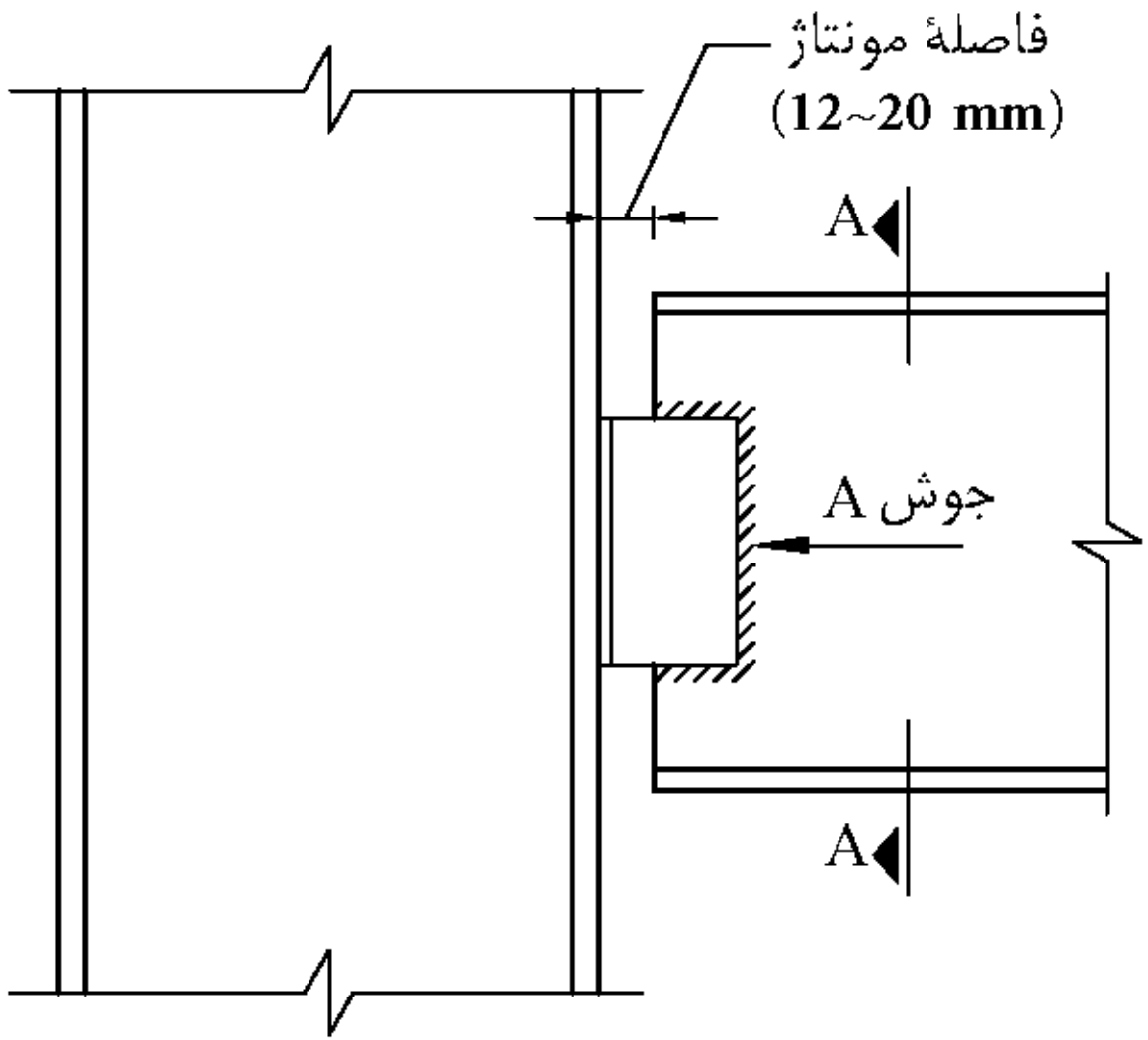
Note: W = nominal size of the weld.

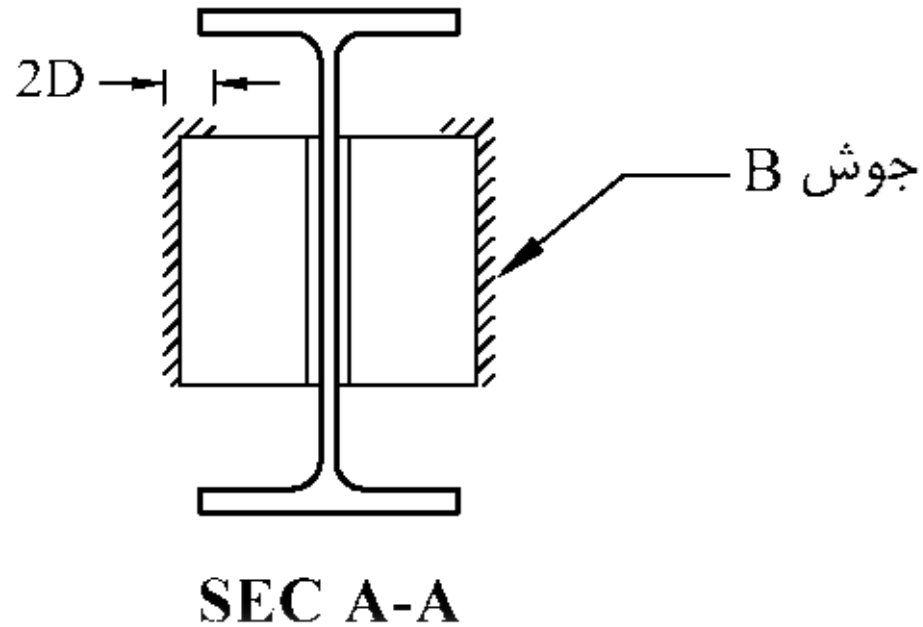
Figure 2.7– End Return at Flexible Connections (see 2.9.3.3)



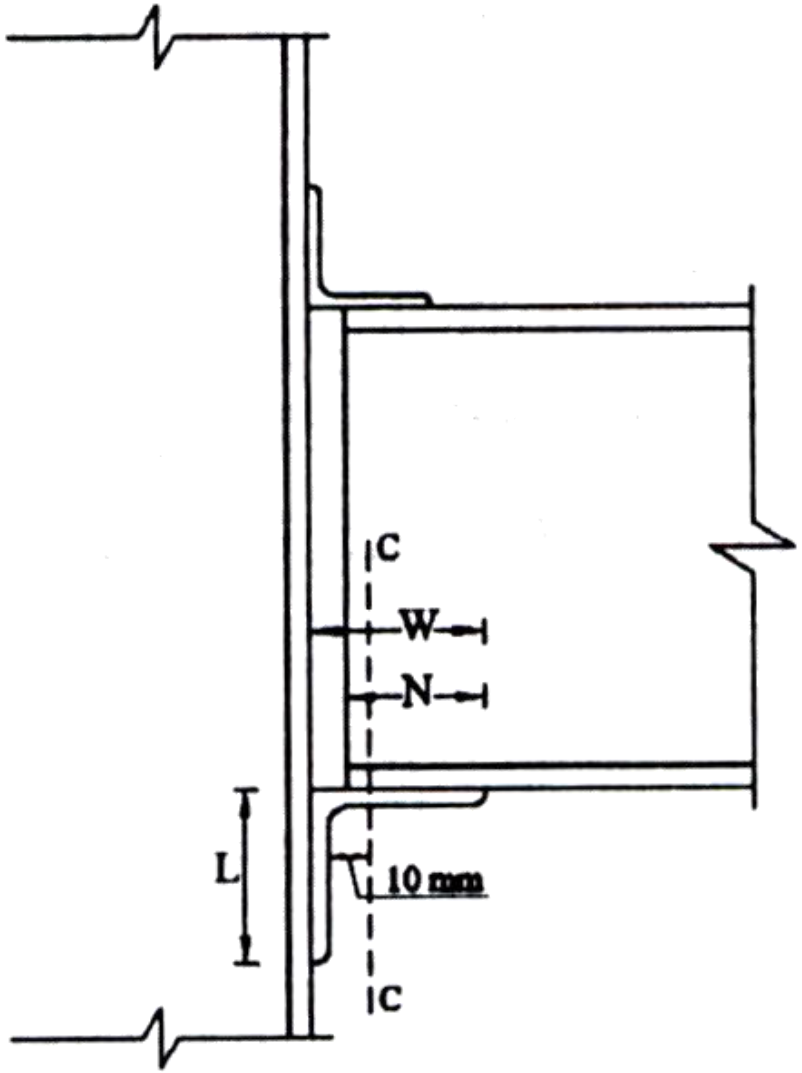
شکل ۱۰-۲-۹-۷ جوش گوشه در اتصالات مفصلی با نبشی‌های جان

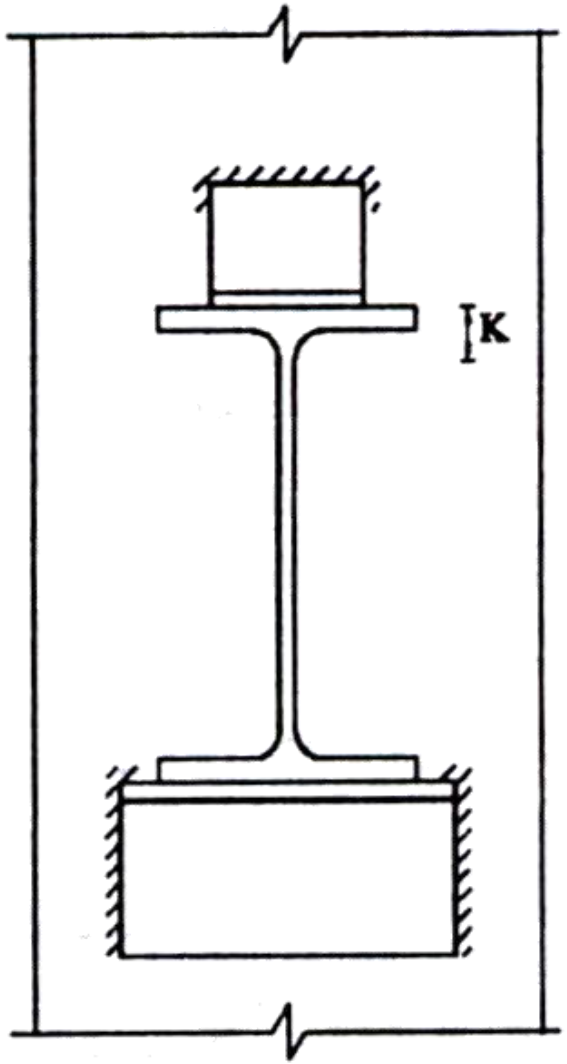
ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی



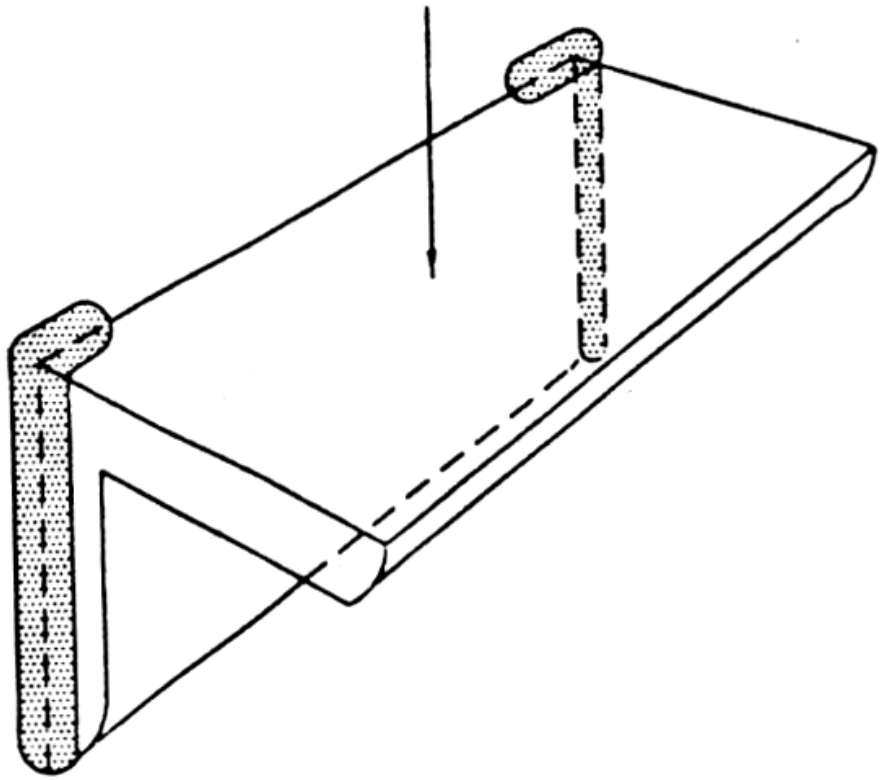


ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

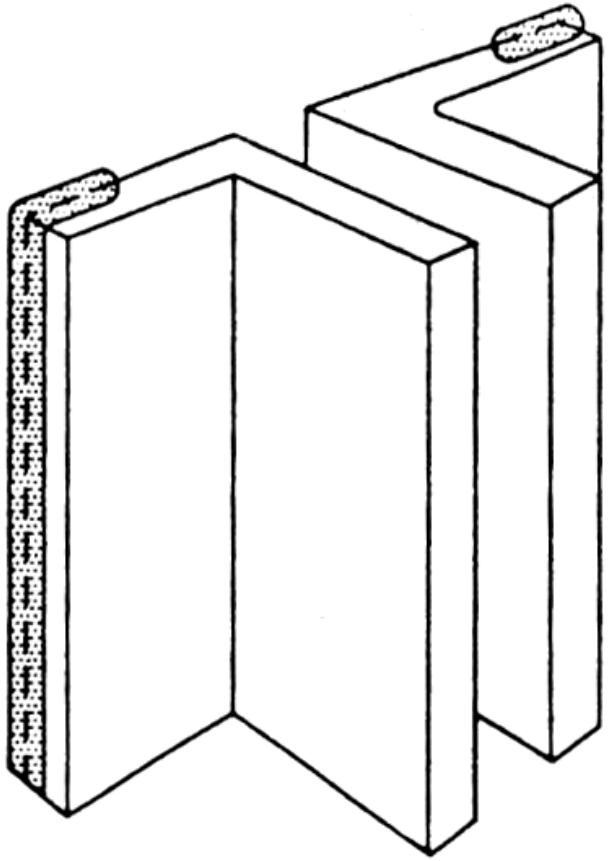




ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی



قلاب در نبشی نشیمن



قلاب در اتصال با نبشی جان

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

- جوش‌های گوشه‌ای که در دو وجه مخالف یک صفحهٔ مشترک ایجاد می‌شود، باید در گوشهٔ مشترک بین دو نوار جوش قطع شوند (شکل ۱۰-۲-۹-۸).

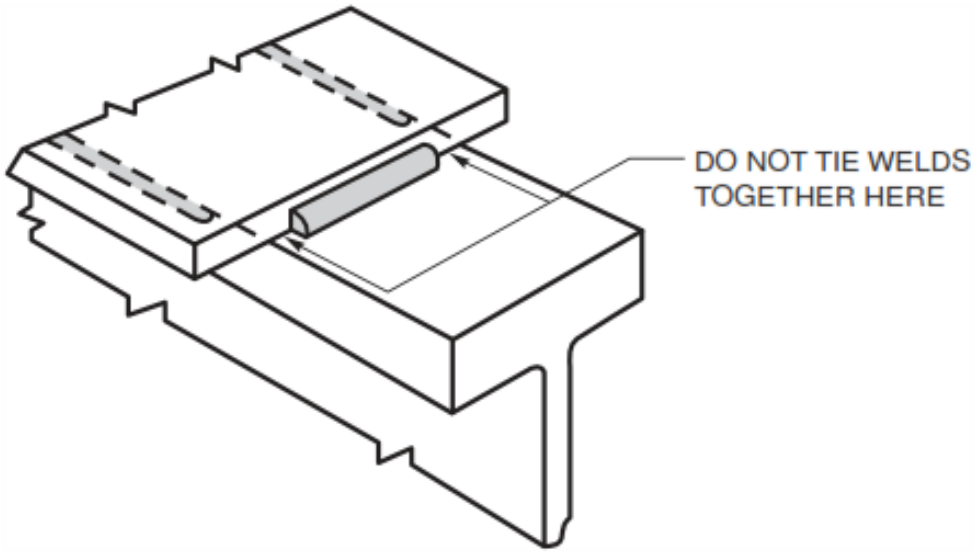
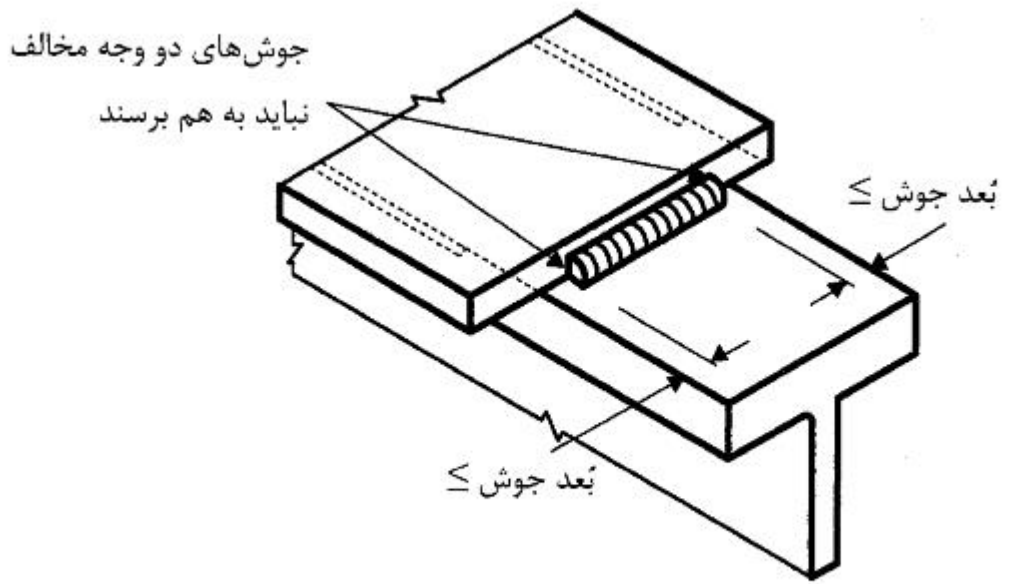


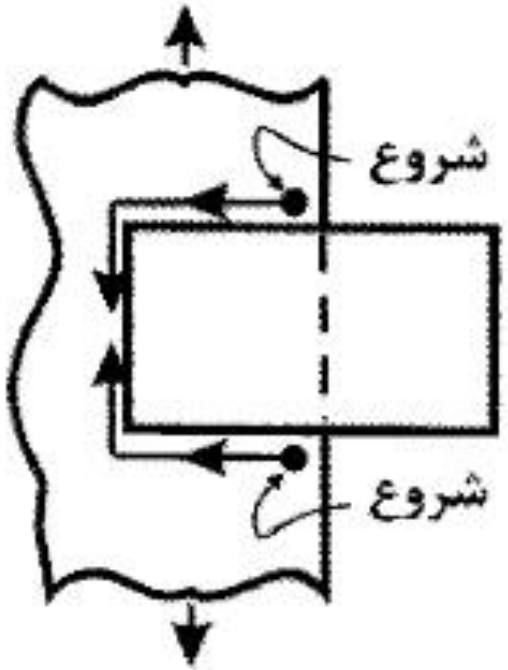
Figure 2.8– Fillet Welds on Opposite Sides of a Common Plane (see 2.9.3.5)



شکل ۱۰-۲-۹-۸ جوش‌های گوشه در دو طرف مخالف یک صفحهٔ مشترک

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

- در اتصالات پوششی (رویهم) برای جلوگیری از زخم در لبه، انتخاب محل شروع و پایان مسیر جوشکاری باید مورد توجه قرار گیرد (شکل ۱۰-۲-۹-۹).



شکل ۱۰-۲-۹-۹ مسیر مناسب برای جلوگیری از زخم در لبه

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

۱۰-۲-۹-۲-۳ جوش‌های انگشتانه و کام

الف) سطح مقطع مؤثر: سطح مقطع مؤثر در برش برای جوش انگشتانه و کام مساوی سطح مقطع اسمی سوراخ و شکاف در صفحهٔ برش در نظر گرفته می‌شود.

ب) محدودیت‌ها

۱. استفاده از جوش انگشتانه و کام برای انتقال برش در اتصال‌های پوششی و یا جلوگیری از کمانش در عناصر رویهم آمده در اعضای ساخته‌شده، مجاز می‌باشد.

۲. قطر سوراخ در جوش انگشتانه نباید از ضخامت قطعهٔ سوراخ‌شده به اضافهٔ ۸ میلی‌متر کمتر باشد. همچنین قطر یادشده نباید از قطر حداقل به اضافه ۳ میلی‌متر و یا $۲\frac{۱}{۴}$ برابر ضخامت جوش بزرگتر شود.

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

۳. حداقل فاصلهٔ مرکز به مرکز سوراخ‌های جوش‌های انگشتانه ۴ برابر قطر سوراخ می‌باشد.

۴. طول شکاف در جوش کام نباید از ۱۰ برابر ضخامت جوش بیشتر باشد.

۵. پهنای شکاف در جوش کام نباید از ضخامت قطعهٔ بریده شده به اضافه ۸ میلی‌متر کمتر و همچنین از $۲\frac{۱}{۴}$ برابر ضخامت جوش بیشتر باشد.

۶. انتهای شکاف یا باید نیم‌دایره‌ای باشد و یا خطی مستقیم که گوشه‌های آن تبدیل به ربعی از دایره (با شعاعی بزرگتر از ضخامت قطعه حاوی شکاف) می‌شود، باشد. مگر اینکه انتهای شکاف به لبهٔ قطعه منتهی شده باشد.

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

۷. حداقل فاصلهٔ مرکز به مرکز شکاف‌ها در امتداد عمود بر طول، ۴ برابر پهنای شکاف و حداقل فاصلهٔ مرکز به مرکز شکاف‌ها در امتداد طول، ۲ برابر طول شکاف می‌باشد.

۸. ضخامت جوش انگشتانه و کام در قطعاتی که ضخامت آنها ۱۶ میلی‌متر و یا کمتر است، باید برابر با ضخامت قطعه باشد. در قطعاتی که ضخامت آنها بیش از ۱۶ میلی‌متر است، ضخامت این جوش باید حداقل $\frac{۱}{۲}$ ضخامت قطعه باشد و از ۱۶ میلی‌متر نیز کمتر نشود.

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

۱۰-۲-۹-۲-۵ ترکیب جوش‌ها

اگر از دو یا چند نوع جوش به صورت مجموعه (جوش شیاری، جوش گوشه، جوش انگشتانه و جوش کام) در یک اتصال استفاده شود، برای تعیین مقاومت طراحی مجموعه باید مقاومت طراحی هر یک را جداگانه نسبت به محور مجموعهٔ جوش محاسبه و سپس مقاومت طراحی مجموعه را از مجموع مقاومت‌های طراحی تک تک جوش‌ها تعیین نمود.

۱۰-۲-۹-۲-۶ الکترودهای سازگار با مصالح فلز پایه

فلز جوش (الکترود مصرفی) باید سازگار با مصالح فلز پایه و مطابق با مقادیر جدول ۱۰-۲-۹-۴ باشد.

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

جدول ۱۰-۲-۹-۴ الکترودهای سازگار با فلز پایه

تنش تسلیم مصالح فلز پایه (F_y)	مقاومت نهایی کششی فلز الکترود (F_{ue})	نوع الکترود سازگار
تا ۳۰۰ MPa, $t \leq$ ۱۵mm	۴۲۰ MPa	E۶۰ یا معادل آن
	۴۹۰ MPa	E۷۰ یا معادل آن
تا ۳۰۰ MPa, $t >$ ۱۵mm	۴۹۰ MPa	E۷۰ یا معادل آن
از ۳۰۰ MPa تا ۳۸۰ MPa	۴۹۰ MPa	E۷۰ یا معادل آن
از ۳۸۰ MPa تا ۴۶۰ MPa	۵۶۰ MPa	E۸۰ یا معادل آن

t = ضخامت فلز پایه

ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی در مورد اتصال جوشی

۱۰-۲-۹-۲-۸ پیش گرمایش فولادهای ساختمانی

برای نیمرخ‌های نورد شدهٔ سنگین و قطعات ساخته‌شده با جوش، باید قبل از انجام جوش، پیش گرمایش تا دمای لازم صورت گیرد. حداقل دمای پیش گرمایش مطابق جدول ۱۰-۲-۹-۵ می‌باشد.

جدول ۱۰-۲-۹-۵ حداقل دمای پیش گرمایش

ضخامت (mm)	دمای پیش گرمایش در فرآیند غیر کم هیدروژن (درجه سلسیوس)	دمای پیش گرمایش در فرآیند کم هیدروژن (درجه سلسیوس)
$t \leq ۲۰$	*۲۰	*۱۰
$۲۰ < t \leq ۴۰$	۶۵	*۲۰
$۴۰ < t \leq ۶۵$	۱۱۰	۶۵
$t > ۶۵$	۱۵۰	۱۱۰

** این دما در حد لمس‌کردن ورق قابل حس است و در سایر موارد باید از روش‌های دماسنجی سطحی (مثلاً گچ‌های حساس به دما) استفاده شود.*

پیش‌گرمایش قطعات وصل شونده

پیش‌گرمایش عبارت است از گرم‌کردن قطعات مورد جوشکاری قبل از شروع عملیات جوشکاری که با اهداف زیر انجام می‌پذیرد:

۱) **کنترل سرعت سرد شدن قطعه:** عملیات پیش گرمایش فلز پایه، موجب کاهش شیب حرارتی بین ناحیه جوش و مناطق اطراف شده و در نتیجه سرعت سرد شدن ناحیه جوش و ناحیه HAZ کاهش می‌یابد. این امر باعث کاهش تردی و سختی ناحیه جوش و HFA شده و از طرفی انعطاف‌پذیری را بالا میبرد.

۲) **جلوگیری از ترک خوردن قطعه:** در جوشکاری قطعات با شکل پیچیده، پیش‌گرمایش می‌تواند از ترک خوردن قطعه بر اثر تجمع تنش‌های حرارتی جلوگیری کند.

پیش‌گرمایش قطعات وصل شونده

۳) **کنترل میزان نفوذ هیدروژن در قطعه:** پیش‌گرمایش موجب خشک شدن قطعه (حذف رطوبت) و کاهش تولید هیدروژن شده و در نتیجه از نفوذ هیدروژن به داخل جوش و ایجاد ترک جلوگیری میکند.

۴) **کاهش تنش‌های حرارتی:** پیش‌گرمایش باعث کنترل میزان کرنش بوسیله کاهش اختلاف درجه حرارت و کاهش سرد شدن قطعه شده و در نتیجه میزان تنش‌های حرارتی و پیچیدگی و تاب برداشتن قطعه کاهش می‌یابد.

۵) **تسهیل در عملیات جوشکاری:** بعلت سیلان بهتر و کم شدن حبس سرباره جوشکاری آسانتر می‌شود.

۶) **تقلیل اثر حرارت فروکش برای قطعات ضخیم و فلزات با هدایت حرارتی بالا**

اثر حرارتِ فروکِش

قطعات ضخیم قابلیت جذب حرارتی بیشتری از قطعات نازکتر را دارند. ولی افت درجه حرارت در قطعات ضخیم در حوضچه جوش و اطراف آن به ازای هر گرم از مذاب ریخته شده در حوضچه بیشتر است. امکان ترک خوردن قطعات ضخیم در حین جوشکاری به خاطر بوجود آمدن فازهای ترد مانند مارتنزیت بیشتر است. بخصوص در ابتدای شروع جوشکاری یا پاس اول اثرهای حرارت فروکش در موارد زیر بیشتر جلب مینماید.

- در جوشکاری دو قطعه با ضخامت‌های متفاوت حوضچه جوش به طرف قطعه نازکتر متمایل می‌شود.
- در جوشکاری دو قطعه با جنس‌های متفاوت ولی با یک ضخامت، حوضچه جوش به طرف قطعه‌ای که ضریب انتقال حرارت کمتری دارد متمایل می‌شود.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۲-۲ ناحیهٔ حفاظت‌شدهٔ اعضا

ناحیهٔ حفاظت‌شده در یک عضو از سازه، که به ناحیهٔ شکل‌پذیر عضو نیز موسوم است، به ناحیه‌ای از عضو اطلاق می‌شود که انتظار می‌رود در آن مفصل پلاستیک تشکیل شود. نظر به اهمیت این ناحیه و رفتار حساس آن در حرکات رفت و برگشتی سازه، این ناحیه باید عاری از هر گونه عملیاتی که موجب دگرگونی عملکرد عضو در این ناحیه می‌شود، باشد. ناحیهٔ حفاظت‌شده در دو انتهای تیر، فاصلهٔ بین بر ستون تا نصف عمق تیر از محل تشکیل مفصل پلاستیک به سمت داخل دهانه در نظر گرفته می‌شود. همچنین ناحیهٔ حفاظت‌شده برای مهاربندی‌های ویژه در تمام طول عضو و برای تیرهای پیوند قاب‌های مهاربندی‌شدهٔ واگرا تمام طول آن می‌باشد.

تبصره: در مهاربندهای همگرای ویژهٔ ضربدری ناحیهٔ حفاظت‌شده را می‌توان فاصلهٔ بین انتهای اتصال در محل ضربدری و انتهای عضو مهاربندی در نظر گرفت.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

نظر به اهمیت ناحیهٔ حفاظت‌شدهٔ اعضا در تأمین شکل‌پذیری مورد نیاز، الزامات عمومی که باید در جزئیات‌بندی ناحیهٔ حفاظت‌شدهٔ اعضا در نظر گرفته شوند به شرح زیر است.

۱. به کار بردن وصلهٔ مستقیم یا غیرمستقیم جوشی یا پیچی نیمرخ‌ها یا ورق‌های تشکیل‌دهندهٔ عضو در ناحیهٔ حفاظت‌شده ممنوع است.

۲. هر گونه ناپیوستگی ناشی از عملیات ساخت و نصب مانند جوش‌های موضعی، وسایل کمکی برای نصب، ناصافی‌های ناشی از برش‌های حرارتی در ناحیهٔ حفاظت‌شده ممنوع بوده و در صورت وجود باید به نحو مناسبی بر طرف شده و تعمیر گردد.

۳. خال‌جوش‌کردن ورق‌های ذوزنقه‌ای تیرهای مختلط و نیز جوش برشگیرهای از نوع گل‌میخ در تیرهای مختلط در ناحیهٔ حفاظت‌شده، در صورت تأمین الزامات بخش ۱۰-۳-۱۳ مجاز است.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۳ الزامات لرزه‌ای مشخصات مصالح

۱۰-۳-۳-۱ فولاد مصرفی

هر چند در فصل اول این مبحث به الزامات متعارف فولاد مصرفی به عنوان یک مادهٔ ساختمانی پرداخته شده است، لیکن جهت تأمین شکل‌پذیری مناسب لازم است توجه ویژه‌ای به نحوه عملکرد فولاد در طراحی لرزه‌ای ساختمان‌ها شود. برای حصول این امر لازم است از ناپایداری موضعی و کلی از قبیل کمانش جانبی- پیچشی در محدودهٔ رفتار پلاستیک جلوگیری به عمل آید. این فولادها باید در عین حال دارای مقاومت کششی نهایی حداقل ۱/۲ برابر مقاومت حد تسلیم باشند. یعنی:

$$F_u \geq ۱/۲F_y \qquad (۱۰-۳-۳-۱)$$

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۳-۲ اتصالات جوشی

مشخصات مصالح جوش به کار رفته در اتصالات و وصله‌های اعضای سیستم باربر جانبی لرزه‌ای و نیز وصلهٔ ستون‌های غیرباربر جانبی لرزه‌ای باید مطابق شرایط زیر باشد.

۱. فلز جوش با فلز پایه سازگار باشد.

۲. طاقت نمونهٔ شیاردادەشده شارپی استاندارد فلز جوش در دمای ۱۸- درجه سلسیوس، حداقل ۲۷ ژول باشد.

۳. در اتصالات و وصله‌های با جوش نفوذی کامل، در قاب‌های خمشی ویژه و متوسط و تیرهای پیوند قاب‌های مهاربندی‌شدهٔ واگرا، باید علاوه بر دو شرط فوق طاقت نمونه شیار داده شده شارپی استاندارد فلز جوش در دمای ۲۹- درجه سلسیوس حداقل ۲۷ ژول باشد.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

آزمایش شارپی – Charpy Test

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۵-۲ الزامات طراحی لرزه‌ای وصلهٔ ستون‌ها

۱۰-۳-۵-۲-۱ موقعیت وصلهٔ ستون‌ها

الف) به جزموارد ذکر شده در زیر، در کلیهٔ ستون‌های باربر و غیر باربر جانبی لرزه‌ای محل درز وصله در بالا و پایین وصله نباید از ۱۲۰۰ میلی‌متر به بال متصل به ستون نزدیکتر باشد.

(۱) در جایی‌که ارتفاع آزاد ستون کمتر از ۲/۴ متر است، محل وصلهٔ باید در وسط ارتفاع آزاد ستون در نظر گرفته شود.

(۲) در مواردی‌که درز لب به لب ورق‌های بال یا جان ستون در کارخانه و به صورت نفوذی کامل انجام می‌شود، محل درز وصله می‌تواند از ۱۲۰۰میلی‌متر به بال متصل به ستون تیر نزدیکتر باشد. ولی در هر حال این فاصله نباید از بُعد بزرگتر ستون با مقطع کوچکتر، کوچکتر در نظر گرفته شود.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

(۳) در مواردی‌که اتصال کلیهٔ تیرهای متصل به ستون مفصلی بوده و ستون در دهانه‌های مهاربندی‌شده قرار نگرفته باشد، محل درز وصله می‌تواند از ۱۲۰۰ میلی‌متر به بال تیر نزدیکتر باشد. ولی در هر حال این فاصله نباید از ۱/۵ برابر بُعد بزرگتر ستونِ با مقطع کوچکتر، کوچکتر در نظر گرفته شود.

ب) اتصال وصلهٔ ستون به هر یک از دو قطعهٔ ستون وصله‌شونده باید با یک نوع وسیلهٔ اتصال، جوش یا پیچ پر مقاومت، انجام شود و در مقطع عدم تقارن ایجاد نکند. اتصال وصله به یکی از قطعات ستون تماماً جوشی و به دیگری تماماً پیچی نیز مجاز است.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

پ) در وصلهٔ لب به لب بین ورق‌های با پهنا یا ضخامت متفاوت که در بال یا جان ستون به کار می‌روند، تغییر تدریجی در پهنا یا ضخامت، از ورق بزرگتر به ورق کوچکتر، باید با شیب حداکثر ۱ به ۶ صورت گیرد.

ت) در وصلهٔ ستون‌های با ابعاد و مقطع متفاوت، به جای استفاده از ورق‌های پرکننده با ضخامت‌های زیاد، ارجح است ابتدا مقطع بزرگتر با شیب حداکثر ۱ به ۶ به مقطع کوچکتر تبدیل شده و سپس اتصال وصله صورت گیرد.

ث) در محل وصلهٔ ستون‌های متشکل از چند نیمرخ لازم است هر یک از ستون‌های وصله‌شونده در ارتفاعی حداقل به اندازه بُعد بزرگتر مقطع ستون به صورت یکپارچه در آیند و سپس وصله شوند.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

تبصره: جوش‌هایی که در کارخانه و به صورت لب به لب صورت می‌گیرند، باید به صورت نفوذی کامل انجام شوند در صورتی‌که پس از انجام آزمایش مشخص شود که جوش مذکور با نفوذ نسبی صورت گرفته است این جوش در صورتی مورد تأیید خواهد بود که مقاومت طراحی اتصال مذکور حداقل دو برابر مقاومت مورد نیاز مطابق حالت‌های (۱) تا (۴) این بند باشد.

۱۰-۳-۵-۴ الزامات طراحی لرزه‌ای وصلهٔ تیرها

وصلهٔ تیرهای باربر جانبی باید الزامات لرزه‌ای زیر را تأمین کنند.

الف) وصلهٔ تیرها باید خارج از ناحیهٔ حفاظت‌شدهٔ دو انتهای تیر قرار گیرد.

ب) در صورت استفاده از وصلهٔ مستقیم، وصله باید با جوش نفوذی کامل صورت گیرد. در این‌گونه موارد ارجح است محل وصله بال‌ها و محل وصله جان در یک مقطع صورت نگیرد.

پ) در وصلهٔ مستقیم بین ورق‌های با پهنا یا ضخامت متفاوت - که در بال یا جان تیرها به کار می‌روند - تغییر تدریجی در پهنا یا ضخامت، از ورق بزرگتر به ورق کوچکتر، باید با شیب حداکثر ۱ به ۲/۵ صورت گیرد.

۱۰-۳-۷ الزامات تکمیلی طراحی لرزه‌ای قاب‌های خمشی معمولی

تیرها و ستون‌ها در قاب‌های خمشی معمولی باید دارای شرایط زیر باشند.

الف) مقاطع تیرها و ستون‌ها باید فشرده باشند.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۸ الزامات تکمیلی طراحی لرزه‌ای قاب‌های خمشی متوسط

تیرها و ستون‌ها در قاب‌های خمشی متوسط باید دارای شرایط زیر باشند.

الف) مقاطع تیرها و ستون‌ها باید از نوع فشردهٔ لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{md} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۴-۱ باشند.

۱۰-۳-۸-۴ ورق‌های تقویتی چشمهٔ اتصال (ورق‌های مضاعف)

در صورت نیاز به تعبیهٔ ورق‌های تقویتی چشمهٔ اتصال (ورق‌های مضاعف) در محل اتصال تیر به ستون، ورق‌های مضاعف علاوه بر تامین الزامات بخش ۱۰-۲-۹-۱۰ باید دارای شرایط زیر نیز باشند.

الف) اتصال ورق‌های مضاعف به بال ستون می‌تواند از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل یا جوش گوشه باشد

ت) در صورت وجود ورق‌های پیوستگی، ورق‌های مضاعف می‌توانند در محل ورق‌های پیوستگی قطع شده و از طریق جوش شیاری با نفوذ کامل یا جوش گوشه به ورق‌های پیوستگی جوش شوند.

۱۰-۳-۸-۵ ورق‌های پیوستگی

ج) جوش ورق‌های پیوستگی به بال ستون باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل باشد. در صورتی‌که ضخامت ورق پیوستگی کوچکتر یا مساوی ۱۰ میلی‌متر باشد، استفاده از جوش گوشهٔ دو طرفه نیز مجاز است.

چ) جوش ورق‌های پیوستگی به جان ستون باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل یا جوش گوشه دو طرفه باشد.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۰ الزامات تکمیلی طراحی لرزه‌ای قاب‌های مهاربندی‌شدهٔ همگرای معمولی

پ) مقاطع اعضای مهاربندی‌ها و تیرهای نظیر دهانه‌های مهاربندی‌شده در مهاربندی‌های از نوع ۷ و ۸ باید از نوع فشردهٔ لرزه‌ای با محدودیت نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{md} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۴ و مقاطع کلیهٔ ستون‌ها و تیرهای نظیر دهانه‌های مهاربندی‌شده در مهاربندی‌های از نوع قطری و ضربدری باید فشرده باشند.

۱۰-۳-۱۱ الزامات تکمیلی طراحی لرزه‌ای قاب‌های مهاربندی‌شدهٔ همگرای ویژه

ب) مقاطع اعضای مهاربندی‌ها و ستون‌های نظیر دهانه‌های مهاربندی‌شده باید از نوع فشردهٔ لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{hd} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۴ و مقاطع تیرهای دهانه‌های مهاربندی‌شده باید از نوع فشردهٔ لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{md} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۴ و مقاطع بقیهٔ ستون‌ها باید فشرده باشند.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۲ الزامات تکمیلی طراحی لرزه‌ای قاب‌های مهاربندی‌شدهٔ واگرا

پ) در تیرهای پیوند ساخته‌شده از ورق، اتصال جان (یا جان‌ها) به بال تیر باید از نوع جوش گوشهٔ دو طرفه یا جوش شیاری با نفوذ کامل باشد.

ث) تیرهای پیوند باید دارای مقطع از نوع فشردهٔ لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{hd} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۴ باشند.

ج) تیر (یا تیرهای) خارج از ناحیهٔ پیوند، اگر دارای مقطع متفاوت با مقطع تیر پیوند باشند، باید دارای مقطع از نوع فشرده لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{md} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۴ باشند.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۲ الزامات تکمیلی طراحی لرزه‌ای قاب‌های مهاربندی‌شدهٔ واگرا

چ) مقاطع ستون‌های نظیر دهانه‌های مهاربندی باید از نوع فشردهٔ لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{hd} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۴ و مقطع بقیه ستون‌ها باید از نوع فشرده باشند

ح) مقاطع مهاربندی‌ها باید از نوع فشردهٔ لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{md} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۴ باشند.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳ اتصالات گیردار از پیش تأیید شده

جدول ۱۰-۳-۱۳-۱ انواع اتصالات گیردار از پیش تأیید شده

ردیف	نوع اتصال	مخفف	نوع سیستم سازه‌ای قابل کاربرد	بخش مربوطه
۱	اتصال مستقیم تیر با مقطع کاهش‌یافته	RBS	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	(۱۰-۳-۱۳-۲)
۲	اتصال فلنجی چهار پیچی بدون استفاده از ورق لچکی	BUEEP	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	(۱۰-۳-۱۳-۳)
۳	اتصال فلنجی چهار یا هشت پیچی با استفاده از ورق لچکی	BSEEP	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	(۱۰-۳-۱۳-۳)
۴	اتصال پیچی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری	BFP	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	(۱۰-۳-۱۳-۴)
۵	اتصال جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری	WFP	قاب‌های خمشی متوسط	(۱۰-۳-۱۳-۵)
۶	اتصال مستقیم تقویت نشدهٔ جوشی	WUF-W	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	(۱۰-۳-۱۳-۶)

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳ اتصالات گیردار از پیش تأیید شده

(۵) در دو انتهای تیرهای ساخته‌شده از ورق، به فاصله (S_h+d) که در آن d عمق تیر است، اتصال جان به بال باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل با جوش گوشهٔ تقویتی در هر دو طرف جان باشد. ضخامت جوش‌های گوشهٔ تقویتی در هر طرف جان نباید از ۸ میلی‌متر کمتر در نظر گرفته شود. در مواردی‌که در بخش‌های مربوط به اتصالات گیردار از پیش تأیید شده در این خصوص الزام دیگری وضع شده باشد، تأمین این شرایط برای اتصال جان به بال تیر الزامی نیست.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳ اتصالات گیردار از پیش تأیید شده

(۶) در ستون‌های H شکل ساخته‌شده از ورق، در محل اتصال تیر به ستون به فاصله‌ای شامل عمق تیر بعلاوه ۳۰۰ میلی‌متر بالا و پایین بال‌های تیر، اتصال جان به بال‌های مقطع ستون باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل با جوش گوشهٔ تقویتی در هر دو طرف جان باشد. ضخامت جوش‌های گوشه تقویتی در هر طرف جان نباید از ۸ میلی‌متر و ضخامت جان مقطع ستون کمتر در نظر گرفته شود.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳ اتصالات گیردار از پیش تأیید شده

(۷) در ستون‌های قوطی شکل ساخته‌شده از ورق، در محل اتصال تیر به ستون به فاصله‌ای شامل عمق تیر بعلاوهٔ ۳۰۰ میلی‌متر بالا و پایین بال تیر، اتصال جان‌ها به بال‌های مقطع ستون، باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل باشد.

(۸) در ستون‌های ساخته‌شده از ورق با مقطع صلیبی شکل، در محل اتصال تیر به ستون به فاصله‌ای شامل عمق تیر بعلاوه ۳۰۰ میلی‌متر بالا و پایین بال تیر، اتصال جان‌ها به بال‌ها و جان دیگر باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل با جوش گوشه تقویتی در هر دو طرف جان باشد. ضخامت جوش‌های گوشه تقویتی در هر طرف جان نباید از ۸ میلی‌متر و ضخامت جان مقطع ستون کمتر در نظر گرفته شود.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳ اتصالات گیردار از پیش تأیید شده

(۹) در صورت نیاز به تعبیهٔ تسمه‌های پشت‌بند در جوش‌های نفوذی، رعایت الزامات زیر ضروری است.

- برداشتن پشت‌بندهای مورد استفاده در اتصال ورق‌های پیوستگی به بال‌ها و جان (یا جان‌های) مقطع ستون، پس از اتمام عملیات جوشکاری الزامی نیست.
- در اتصالات گیردار مستقیم تیر به ستون، پشت‌بندهای مورد استفاده در بال تحتانی تیر باید برداشته شوند و پس از برداشتن تسمه‌های پشت‌بند، ریشهٔ جوش نفوذی باید با جوش گوشه به ضخامت حداقل ۸ میلی‌متر تقویت گردد.

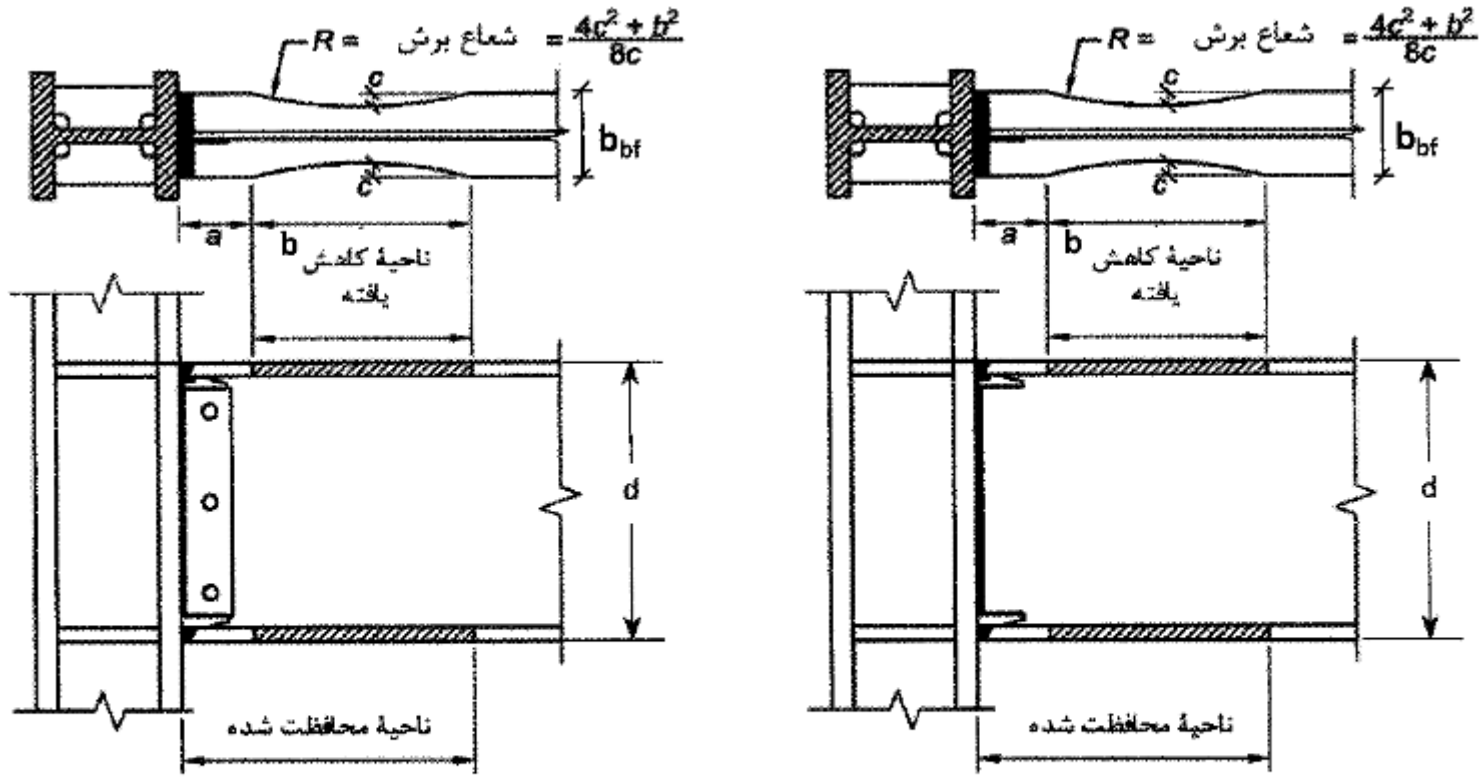
ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳ اتصالات گیردار از پیش تأیید شده

- در اتصالات گیردار مستقیم تیر به ستون، برداشتن پشت‌بندهای مورد استفاده در بال فوقانی تیر الزامی نیست. در صورتی‌که تسمه‌های پشت‌بند برداشته نشوند، این تسمه‌ها باید با جوش گوشه به ضخامت حداقل ۸ میلی‌متر به بال ستون جوش داده شوند.
- اتصال پشت‌بندهای مورد استفاده در اتصالات گیردار مستقیم تیر به ستون، به بال‌های تیر مجاز نیست.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳-۲ اتصال گیردار مستقیم تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)



الف) برای قاب‌های خمشی متوسط و ویژه

ب) فقط برای قاب‌های خمشی متوسط

شکل ۱۰-۳-۱۳-۱ اتصال گیردار مستقیم تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳-۲ اتصال گیردار مستقیم تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)

(۱) در دو انتهای تیر، تعبیهٔ سوراخ‌های دسترسی برای انجام جوش نفوذی بال تیر به بال ستون، مطابق الزامات فصل ۱۰-۲، الزامی است.

(۵) اتصال بال‌های تیر به بال ستون باید از طریق جوش نفوذی با نفوذ کامل صورت گیرد. برای این جوش رعایت ضابطهٔ طراحی خاصی الزامی نیست.

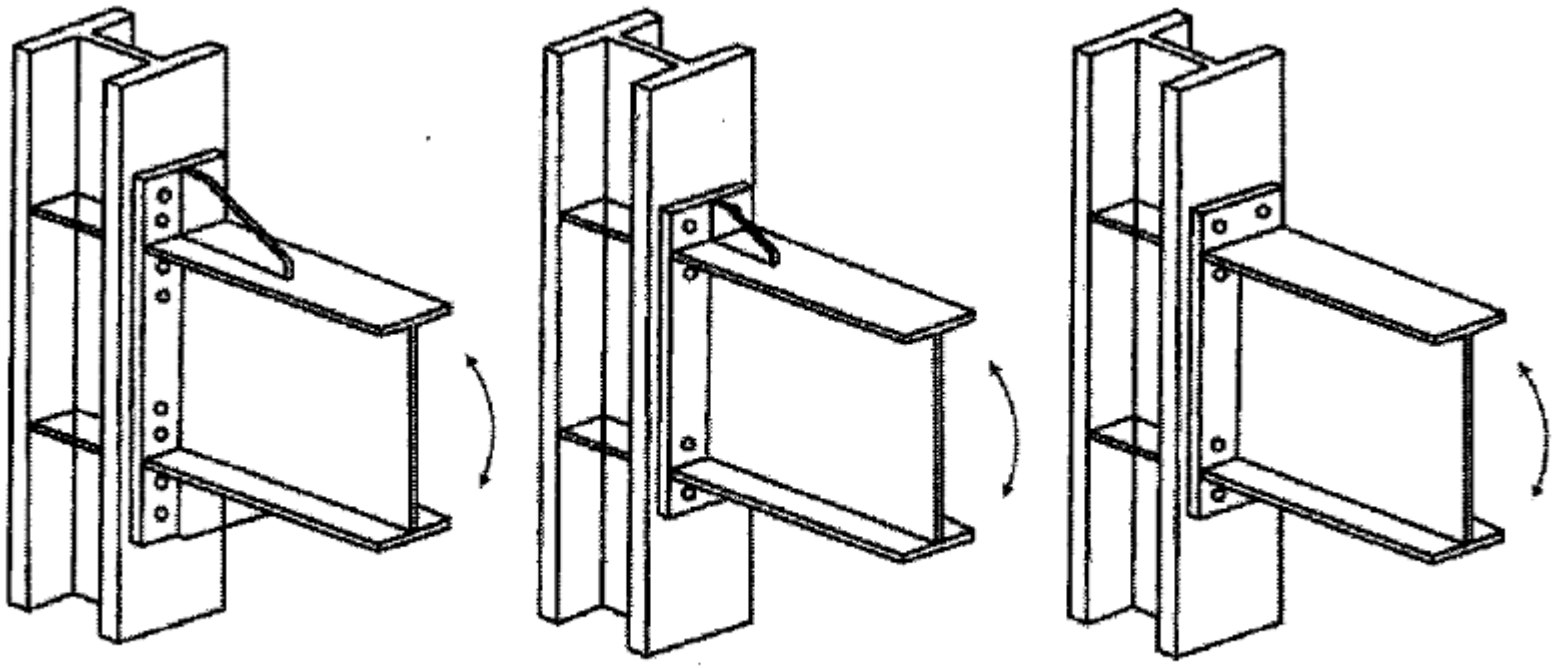
ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳-۲ اتصال گیردار مستقیم تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)

(۶) اتصال جان تیر به بال ستون باید از طریق جوش نفوذی با نفوذ کامل صورت گیرد. در این حالت برای این جوش رعایت ضابطهٔ طراحی خاصی الزامی نیست. در قاب‌های خمشی متوسط، اتصال جان تیر به بال ستون می‌تواند از طریق یک ورق تک پیچ‌شده به جان تیر نیز صورت گیرد. در این‌گونه موارد اتصال ورق تک به جان تیر باید از نوع اصطکاکی با سوراخ استاندارد، یا سوراخ استاندارد در یکی و سوراخ لوبیایی کوتاه در امتداد موازی با محور تیر در دیگری، و اتصال آن به بال ستون از نوع نفوذی یا جوش گوشهٔ دو طرفه باشد. در این حالت مقاومت برشی مورد نیاز اتصال باید براساس الزامات بند ۱۰-۳-۸-۳ تعیین شود. ضخامت جوش‌های گوشه طرفین ورق تک به بال ستون باید حداقل برابر ۰/۷۵ ضخامت ورق تک و ضخامت ورق تک باید حداقل برابر ۱۰ میلی‌متر باشد.

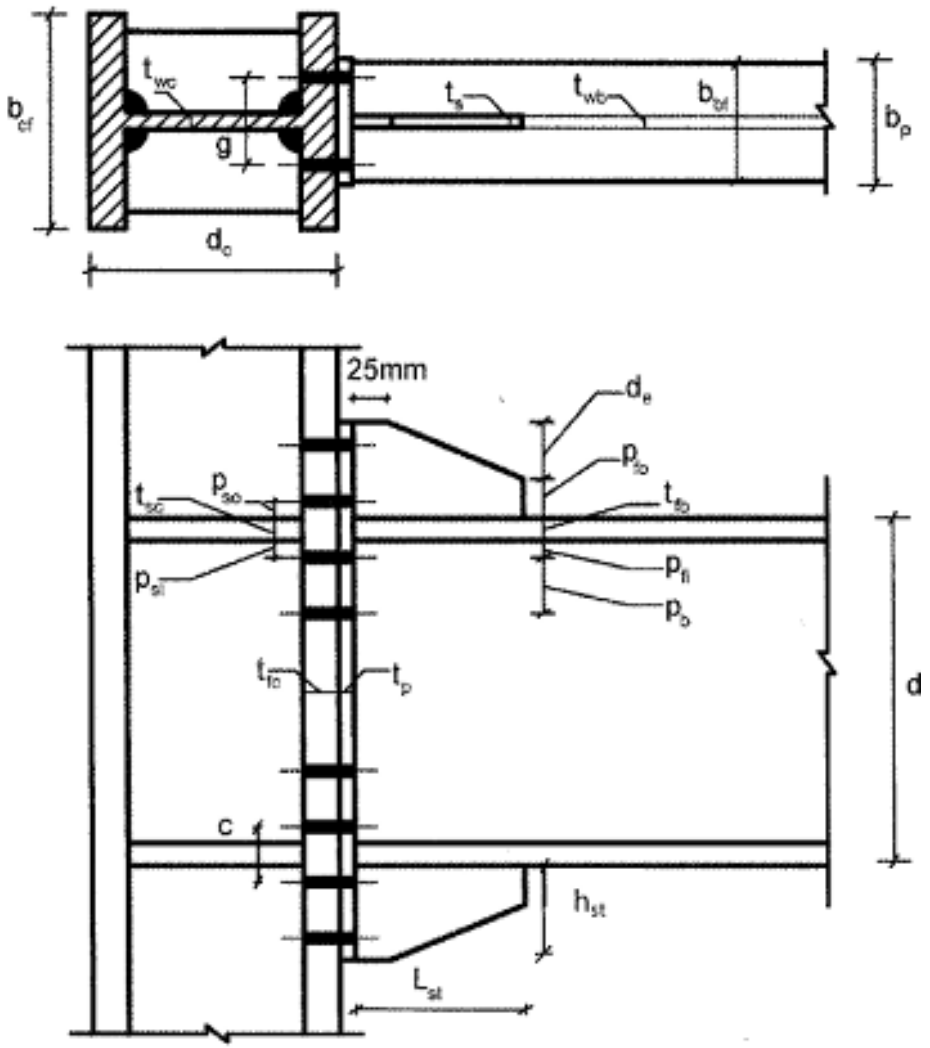
ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳-۳ اتصال گیردار فلنجی بدون استفاده از ورق لچکی(BUEEP) و اتصال گیردار فلنجی چهار یا هشت پیچی با استفاده از ورق لچکی(BSEEP)



الف) چهارپیچی بدون ورق سخت‌کننده ب) چهارپیچی با ورق سخت‌کننده پ) هشت‌پیچی با ورق سخت‌کننده

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی



ت) هندسهٔ اتصال فلنجی هشت‌پیچی با استفاده از ورق لچکی

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳-۳ اتصال گیردار فلنجی بدون استفاده از ورق لچکی(BUEEP) و اتصال گیردار فلنجی چهار یا هشت پیچی با استفاده از ورق لچکی(BSEEP)

(۱) در دو انتهای تیر، تعبیهٔ سوراخ‌های دسترسی برای انجام جوش نفوذی بال تیر به ورق انتهایی مجاز نمی‌باشد.

(۹) در دو انتهای تیرهای ساخته‌شده از ورق، به فاصلهٔ حداقل برابر کوچکترین دو مقدار عمق تیر و سه برابر پهنای بال تیر، اتصال جان به بال باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل یا جوش گوشهٔ دو طرفه باشد. ضخامت جوش‌های گوشهٔ دو طرفه نباید از $۰/۷۵t_w$ (t_w ضخامت جان مقطع تیر است) و ۶ میلی‌متر کمتر در نظر گرفته شود.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳-۳ اتصال گیردار فلنجی بدون استفاده از ورق لچکی(BUEEP) و اتصال گیردار فلنجی چهار یا هشت پیچی با استفاده از ورق لچکی(BSEEP)

(۱۰) اتصال بال تیر به ورق انتهایی باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل بوده و در وجه داخلی بال تیر با جوش گوشه به ضخامت حداقل ۸ میلی‌متر تقویت گردد. برای این جوش رعایت ضابطهٔ طراحی خاصی الزامی نیست.

(۱۱) اتصال جان تیر به ورق انتهایی باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل باشد. چنانچه ضخامت جان مقطع تیر کوچکتر یا مساوی ۱۰ میلی‌متر باشد، استفاده از جوش گوشهٔ دو طرفه نیز مجاز است. ضخامت جوش‌های گوشه نباید از t_w ۰/۸ و ۸ میلی‌متر کمتر در نظر گرفته شوند. برای اتصال جان تیر به ورق انتهایی غیر از الزامات این بند، رعایت ضابطهٔ طراحی خاصی الزامی نیست.

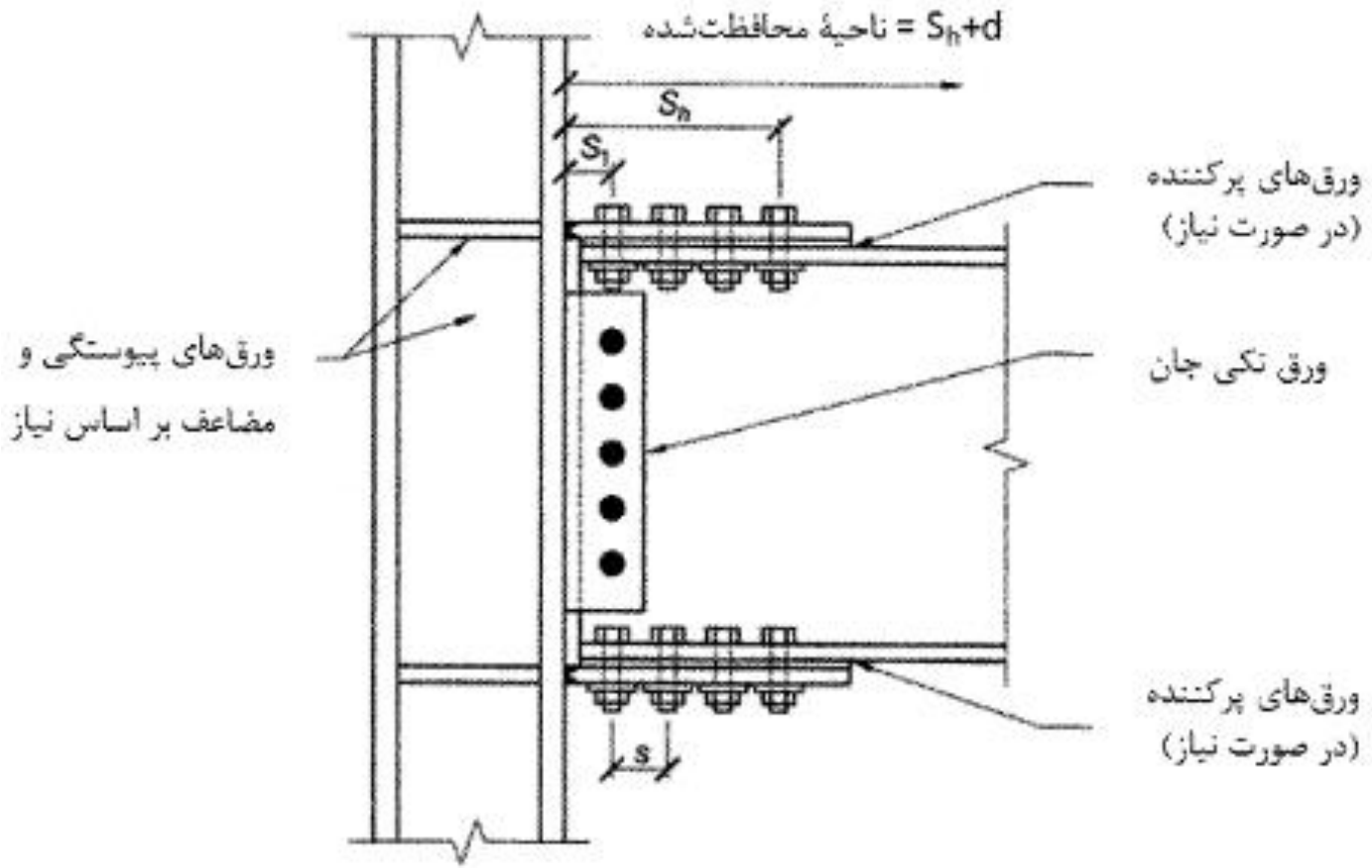
ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳-۳ اتصال گیردار فلنجی بدون استفاده از ورق لچکی(BUEEP) و اتصال گیردار فلنجی چهار یا هشت پیچی با استفاده از ورق لچکی(BSEEP)

(۱۲) اتصال لچکی‌ها (در صورت استفاده) به ورق انتهایی باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل باشد. چنانچه ضخامت لچکی‌ها کوچکتر یا مساوی ۱۰ میلی‌متر باشد، استفاده از جوش گوشه دو طرفه نیز مجاز است. ضخامت جوش‌های گوشه نباید از t_s ۰/۷۵ (t_s ضخامت ورق لچکی است) و ۶ میلی‌متر کمتر در نظر گرفته شود. برای اتصال لچکی‌ها به ورق انتهایی غیر از الزامات این بند، رعایت ضابطهٔ طراحی خاصی الزامی نیست.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳-۴ اتصال گیردار پیچی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری(BFP)



شکل ۱۰-۳-۱۳-۳ اتصال گیردار پیچی به کمک ورق‌های روسری و زیر سری (BFP)

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳-۴ اتصال گیردار پیچی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری(BFP)

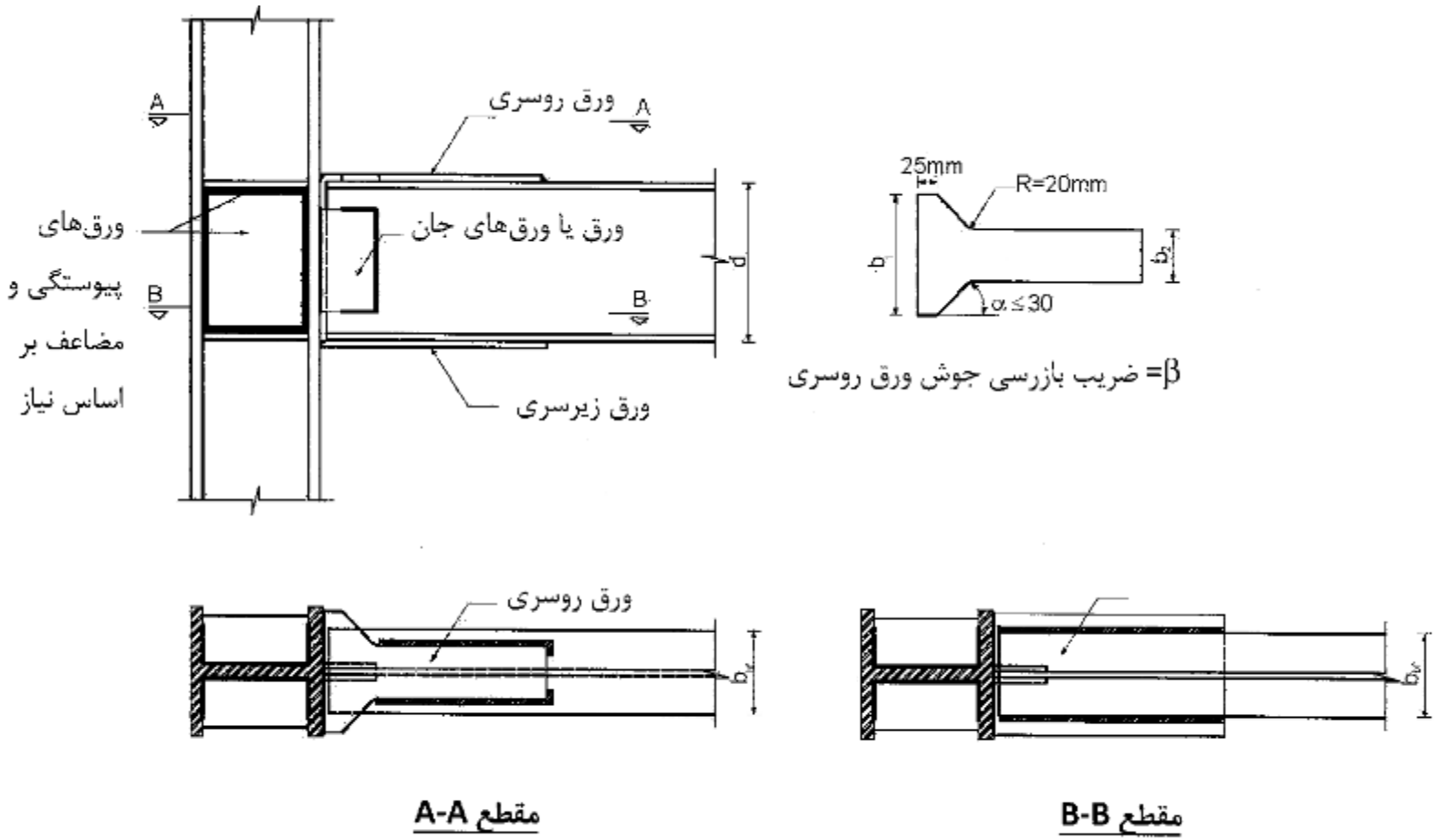
(۱) در دو انتهای تیر تعبیهٔ سوراخ دسترسی برای انجام جوشکاری مجاز نمی‌باشد.

(۷) اتصال ورق‌های روسری و زیرسری به بال ستون باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل و به بال‌های تیر از نوع پیچی با قطر پیچ حداکثر برابر ۲۷ میلی‌متر باشد. در صورت استفاده از تسمه پشت‌بند در پشت جوش نفوذی تسمه‌های پشت‌بند باید پس از انجام جوشکاری برداشته شوند.

(۸) اتصال ورق تکی جان به بال ستون باید از نوع نفوذی با نفوذ کامل یا جوش گوشهٔ دو طرفه باشد. ضخامت جوش‌های گوشه در هر دو طرف نباید از $۰/۸t_w$ (t_w ضخامت ورق تکی جان است) و ۸ میلی‌متر کمتر در نظر گرفته شود.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳-۵ اتصال گیردار جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری (WFP)



شکل ۱۰-۳-۱۳-۴ اتصال گیردار جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری(WFP)

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳-۵ اتصال گیردار جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری (WFP)

کاربرد اتصالات گیردار جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری (شکل ۱۰-۳-۱۳-۴)، فقط به قاب‌های خمشی متوسط محدود می‌شود. در این نوع اتصالات علاوه بر الزامات عمومی بخش ۱۰-۳-۱۳-۱، باید الزامات زیر تأمین گردد.

(۱) در دو انتهای تیر، تعبیهٔ سوراخ‌های دسترسی برای انجام جوشکاری مجاز نمی‌باشد.

(۵) اتصال ورق‌های روسری و زیرسری به بال ستون باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل و به بال‌های تیر از نوع جوش گوشه باشد. در صورت استفاده از تسمه‌های پشت‌بند در پشت جوش‌های نفوذی، تسمه‌های پشت‌بند باید پس از انجام جوشکاری برداشته شوند.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳-۵ اتصال گیردار جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری (WFP)

(۶) اتصال ورق (یا ورق‌های) جان به بال ستون باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل یا جوش گوشه باشد. در صورت استفاده از ورق تکی جان ، جوش‌گوشه باید دو طرفه باشد.

(۷) اتصال ورق (یا ورق‌های) جان به جان تیر باید از نوع جوش گوشه باشد.

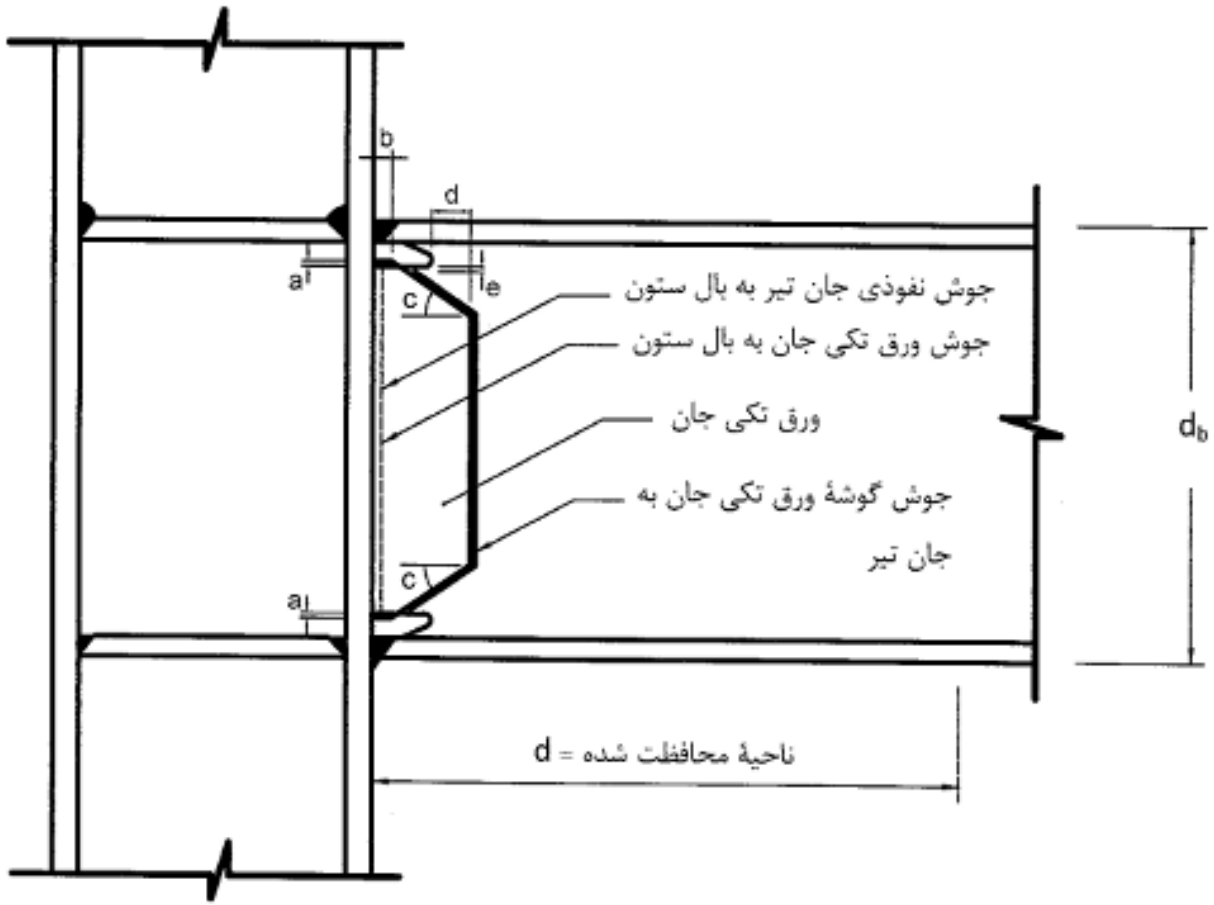
۱۰-۳-۱۳-۶ اتصال گیردار تقویت نشدهٔ جوشی (WUF-W)

(۱)در دو انتهای تیر، تعبیهٔ سوراخ‌های دسترسی برای انجام جوش نفوذی بال تیر به بال ستون، مطابق الزامات فصل ۱۰-۲، الزامی است.

(۵) اتصال بال‌های تیر به بال ستون باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل باشد. برای این جوش رعایت ضابطهٔ طراحی خاصی الزامی نیست.

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳-۶ اتصال گیردار تقویت نشدهٔ جوشی (WUF-W)



شکل۱۰-۳-۱۳-۵ اتصال گیردار تقویت نشدهٔ جوشی (WUF-W)

ضوابط لرزه‌ای مبحث دهم برای اتصالات جوشی

۱۰-۳-۱۳-۶ اتصال گیردار تقویت نشدهٔ جوشی (WUF-W)

(۶) در این نوع اتصالات، انتقال برش باید از طریق دو عامل، یکی اتصال مستقیم جان تیر به بال ستون و دیگری اتصال ورق تکی جان به بال ستون صورت گیرد. اتصال جان تیر به بال ستون باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل باشد. اتصال ورق تکی جان به بال ستون می‌تواند از طریق جوش نفوذی با نفوذ کامل یا جوش گوشه صورت گیرد. مقاومت برشی طراحی اتصال ورق تکی جان به بال ستون می‌تواند از طریق جوش نفوذی با نفوذ کامل یا جوش گوشه صورت گیرد. مقاومت برشی طراحی اتصال ورق تکی جان به بال ستون باید حداقل برابر $h_p t_p$ $(۰/۶R_yF_y)$ باشد که درآن h_p ارتفاع ورق تکی جان و t_p ضخامت آن است. اتصال ورق تکی جان به جان تیر باید از طریق جوش گوشه به ضخامت برابر ضخامت ورق تکی جان منهای ۲ میلی‌متر انجام پذیرد. ضخامت ورق تکی جان باید حداقل برابر ضخامت جان مقطع تیر باشد. ورق تکی جان باید محدودیت‌های ابعادی جدول ۱۰-۳-۱۳-۳ را تأمین نماید. به جز الزامات این بند برای انتقال برش رعایت ضابطهٔ طراحی خاصی الزامی نیست.

ضوابط مبحث دهم برای ساخت، نصب و کنترل

این فصل به روش‌های تهیه مصالح، برشکاری، مونتاژ، جوشکاری، حمل، پیش‌نصب، برپاداشتن، نصب، کارهای تکمیلی جوشکاری و محکم کردن پیچ‌ها اختصاص دارد.

۱۰-۴-۲ دامنهٔ کاربرد

براساس مفاد این فصل و طبق نقشه‌ها و مدارک فنی، سازندهٔ اسکلت موظف به‌انجام موارد زیر می‌باشد.

- تهیه مصالح*، تجهیزات و نیروی انسانی لازم
- تهیه نقشه‌های اجرایی در هماهنگی با نقشه‌ها و مدارک فنی، تجهیزات و امکانات اجرایی
- برشکاری، سوراخکاری و مونتاژ قطعات
- جوشکاری قطعات مونتاژ شده
- تمیزکاری و رنگ‌آمیزی قطعات

ضوابط مبحث دهم برای ساخت، نصب و کنترل

ـ حمل قطعات ساخته شده به‌محل نصب

ـ ایجاد امکانات لازم برای انبار کردن قطعات فولادی

ـ پیش‌نصب قسمت‌های کار در محل کارگاه ساخت در صورت نیاز

ـ برپاداشتن و تکمیل جوشکاری و یا محکم کردن پیچ‌ها، مونتاژ قطعات طبق نقشه‌ها در محل کار و کارهای تکمیلی

---

* *در بعضی موارد این کار برعهدهٔ کارفرما است.*

کارخانهٔ سازنده باید با عرضهٔ شماره و عنوان مصالح، مشخصات فنی مربوطه طبق مدارک رسمی و همچنین گزارش آزمایش‌های مصالح، ثابت کند که مصالح مورد استفاده مطابق با مشخصات فنی ارائه‌شده در نقشه‌های محاسباتی می‌باشد.

ضوابط مبحث دهم برای ساخت، نصب و کنترل

کارفرما نقشه‌های محاسباتی فولادی را در اختیار پیمانکار قرار می‌دهد. پیمانکار موظف است براساس نقشه‌های مذکور ابتدا نقشه‌های اجرایی را تهیه و به‌تصویب طراح سازه برساند. کنترل مهندس طراح درحد انطباق با نقشه‌های محاسباتی و مشخصات فنی بوده و مسئولیت هندسهٔ برش‌ها و قطعات برعهدهٔ سازندهٔ اسکلت است.

نقشه‌های اجرایی باید کلیهٔ اطلاعات و جزییات لازم برای برش و ساخت قطعات اعم از ابعاد و اندازه‌ها، آماده‌سازی لبه‌ها برای جوشکاری، جزییات جوش و اندازهٔ پیچ‌ها و سوراخ‌های آنها را شامل شود.

نقشه‌های اجرایی، باید جوش‌های کارخانه‌ای را از جوش‌های کارگاهی متمایز کرده و نوع اتصال با پیچ‌ها (اتکایی یا اصطکاکی) و نیز حد سفت کردن آنها را به‌وضوح معین نموده باشد.

ضوابط مبحث دهم برای ساخت، نصب و کنترل

۱۰-۴-۴-۴ اتصال با جوش

برای برقراری اتصالات جوشی رعایت مشخصات مندرج در آیین‌نامهٔ جوشکاری ساختمانی* لازم است. علاوه بر مفاد آیین‌نامهٔ مذکور، رعایت موارد زیر لازم می‌باشد.

الف) پیمانکار باید برای انواع جوش‌ها قبل از شروع جوشکاری، نوع الکترود مصرفی و قطر آن، شدت جریان و ولتاژ، تعداد پاس‌ها، نحوهٔ آماده‌سازی لبه‌ها و تمام اطلاعات اجرایی دیگر را توسط مهندس یا کاردان ارشد جوشکاری بر روی برگه‌های «دستورالعمل جوشکاری ـ WPS» ثبت نموده و در تمام مدت جوشکاری در اختیار جوشکار، سرپرست کارگاه جوشکاری و ناظرین قرار دهد. برگه‌های «دستورالعمل جوشکاری» باید قبلاً به‌تأیید مهندس ناظر رسیده باشند.

ضوابط مبحث دهم برای ساخت، نصب و کنترل

ب) جوشکاری باید طبق نقشه‌ها و مدارک فنی، توسط جوشکاران ماهر ارزیابی شده انجام گردد و چنانچه مهندس ناظر لازم بداند باید جوشکاران دارای گواهینامهٔ جوشکاری از وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی یا مراجع ذیصلاح دیگر بوده و یا قبل از انجام کار توسط مهندس ناظر آزمایش لازم از آنها به‌عمل آید.

پ) قبل از جوشکاری باید سطوح مورد نظر از مواد زاید (گرد و خاک، زنگ‌زدگی، رنگ و غیره) کاملاً پاک شود.

ت) جوشکاری به‌طور کلی در دمای محیط جوشکاری زیر صفر درجه سلسیوس خصوصاً در جریان باد ممنوع است. در صورتی‌که جریان هوا یکنواخت و ثابت بوده و بتوان محیط جوشکاری را به‌شعاع حداقل ۱۰۰ میلی‌متر با وسایل مناسب به‌نحوی گرم کرد که با دست کاملاً محسوس باشد و محیط جوشکاری حفاظت گردد، جوشکاری بلامانع است.

ضوابط مبحث دهم برای ساخت، نصب و کنترل

ث) جوشکاری نباید بیش از آنچه در نقشه ذکرشده انجام شود، مگر با تأیید مهندس ناظر و طراح.

ج) شدت جریان و نوع الکترودها باید طوری انتخاب شوند که جوش کامل و دارای نفوذ کافی مطابق نقشه‌ها بوده و قطعات مورد اتصال به‌قدر کافی ذوب شوند. سطح جوش باید عاری از شیار، قسمت‌های برآمده، بریدگی و گودافتادگی باشد.

چ) چنانچه جوشکاری در بیش از یک عبور انجام شود، قبل از انجام عبور بعدی، پوستهٔ عبور قبلی باید به‌کمک چکش گِل‌زن و برس سیمی، پاک گردد.

ح) بین قطعاتی که مستقیماً به‌طریق جوش گوشه به‌هم جوش می‌شوند نباید درزی بیش از ۲ میلی‌متر موجود باشد.

ضوابط مبحث دهم برای ساخت، نصب و کنترل

خ) ترتیب عملیات جوشکاری باید به‌نحوی انجام گیرد که قطعات مربوطه از شکل اصلی خارج نشده و از تاب برداشتن و اعوجاج بیشتر از حد رواداری‌های بند ۱۰-۴-۶ بیشتر نگردد.

د) بر روی تمام جوش‌ها باید آزمایش‌های کنترل کیفیت چشمی توسط بازرس جوش انجام و نتیجهٔ این آزمایش‌ها به مهندس ناظر و کارفرما گزارش شود. در جدول ۱۰-۴-۱ میزان آزمایش‌های غیرمخرب جوش ارایه شده است. نتیجه تمام این آزمون‌ها باید در پرونده‌های مخصوص ثبت شده و در اختیار مهندس ناظر قرار گیرند. تفسیر مهندس ناظر از نتایج آزمایش قطعی محسوب می‌گردد.

مهندس ناظر می‌تواند مستقیماً آزمایش‌های کنترل کیفیت بر روی قطعات انجام داده و یا دستور تکرار و تجدید آزمایش‌های لازم توسط پیمانکار را بنماید.

ضوابط مبحث دهم برای ساخت، نصب و کنترل

ذ) روش اجرا باید طوری ترتیب داده شود که مقدار جوش‌های کارگاهی لازم به‌حداقل برسد، به‌طوری که ساخت قطعات با جوش در کارخانه انجام شده و اتصال در کارگاه حتی‌المقدور توسط پیچ پرمقاومت صورت گیرد.

جدول ۱۰-۴-۱ میزان آزمایش‌های غیرمخرب جوش هنگام تولید و نصب

نوع جوش مورد آزمایش	نوع آزمایش
۱ ـ صد درصد کلیهٔ جوش‌ها	بازرسی چشمی (VI)
۲ ـ صد درصد جوش‌های لب به‌لب عرضی بال‌های کششی، اعضای کششی خرپاها، ۱/۶ عمق جان تیرها در مجاورت بال کششی*و جوش شیاری ورق روسری و زیرسری به‌ستون در اتصال صلب تیر به‌ستون	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)
۳ ـ ده درصد جوش‌های لب به لب طولی بال‌های کششی و اعضای کششی خرپاها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)
۴ ـ بیست درصد جوش‌های لب به‌لب عرضی و طولی در بال‌های فشاری و اعضای فشاری خرپاها و ستون‌ها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)
۵ ـ بیست درصد جوش‌های لب به‌لب عرضی جان تیرها که شامل بند ۲ فوق نمی‌باشد و جوش‌های لب به لب طولی جان تیرها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)
۶ ـ ده درصد جوش گوشه بال به‌جان و سخت‌کننده‌ها	رنگ نافذ (PT)
۷ ـ صد درصد جوش‌های گوشه اتصالات مهاربندی‌ها و اتصالات تیر به‌ستون*	رنگ نافذ

* *درصورت حصول نتایج مثبت، مهندس ناظر می‌تواند دستور تقلیل آزمایشات را تا حداقل ۳۰ درصد صادر نماید.*

ضوابط مبحث دهم برای ساخت، نصب و کنترل

۱۰-۴-۶-۱ رواداری‌های جوش

۱۰-۴-۶-۱-۱ قطعاتی که باید به‌وسیلهٔ جوش گوشه به‌یکدیگر جوش شوند، باید تا حد امکان در تماس نزدیک با یکدیگر قرار گیرند. فاصلهٔ ریشه (بازشدگی درز) نباید از ۵ میلی‌متر بزرگتر گردد. اگر فاصلهٔ ریشه از ۲ میلی‌متر بزرگتر شود، اندازهٔ ساق جوش مندرج در نقشه، باید به‌اندازهٔ آن افزایش یابد و یا سازنده به‌طریقی اثبات نماید که ضخامت مؤثر گلوی مورد نظر حاصل شده است.

بازشدگی بین سطوح در تماس جوش‌های انگشتانه و کام و همچنین فاصلهٔ بین تسمهٔ پشت‌بند با ورق در درزهای لب به‌لب نباید از ۲ میلی‌متر بزرگتر گردد. استفاده از مصالح پرکننده مجاز نیست مگر اینکه استفاده از آن در نقشه‌ها تصریح شده باشد و یا به تأیید مهندس طراح برسد.

ضوابط مبحث دهم برای ساخت، نصب و کنترل

۱۰-۴-۶-۱-۲ قطعاتی که توسط جوش شیاری با نفوذ نسبی در امتداد طولی به‌یکدیگر متصل می‌شوند، باید تا حد امکان در تماس با یکدیگر قرار گیرند. فاصلهٔ ریشه بین دو قطعه نباید از ۵ میلی‌متر بزرگتر گردد.

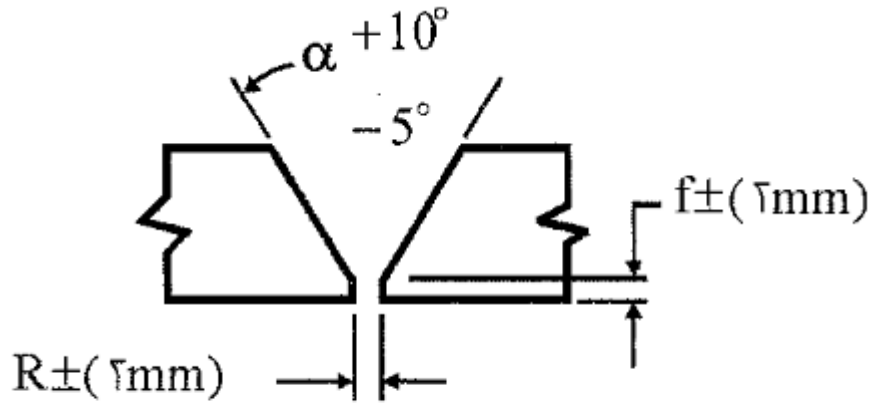
۱۰-۴-۶-۱-۳ قطعاتی که با جوش شیاری به‌صورت لب به‌لب به‌یکدیگر متصل می‌شوند، باید با دقت با یکدیگر همباد و تراز شوند. حداکثر ناهمترازی بین دو قطعه، مساوی ۱۰ درصد ضخامت قطعهٔ نازکتر یا حداکثر ۳ میلی‌متر می‌باشد. برای اصلاح ناهمترازی نباید شیبی بزرگتر از ۱۲ میلی‌متر در ۳۰۰ میلی‌متر به‌وجود آورد. اندازه‌گیری ناهمترازی باید برمبنای میانتار قطعات انجام شود، مگر اینکه در نقشه‌ها به‌نحو دیگری مشخص شود (شکل ۱۰-۴-۲).

ضوابط مبحث دهم برای ساخت، نصب و کنترل

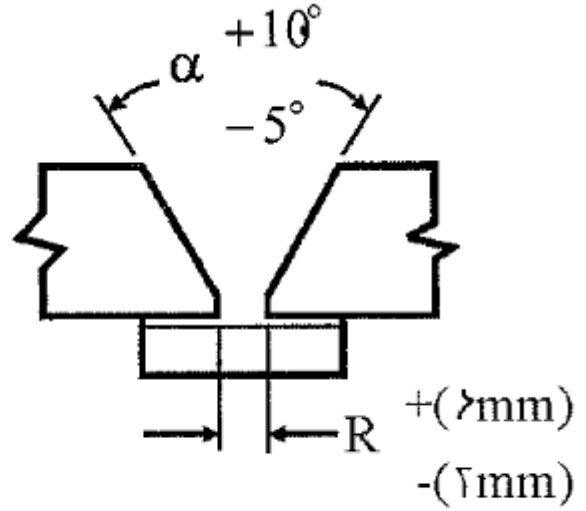
۱۰-۴-۶-۱-۴ رواداری‌های مربوط به‌زاویهٔ شیار، فاصلهٔ ریشه و ضخامت‌ریشه درشکل ۱۰-۴-۱ نشان داده شده است. در صورتی‌که ابعاد و اندازهٔ مقطع جوش اختلافی بیش از مقادیر ارایه‌شده در شکل (یا در ادامه) با اندازهٔ نشان داده‌شده در نقشه‌ها داشته باشد، درز با شرایط زیر قابل پذیرش است. در صورتی‌که اختلاف فاصلهٔ ریشه با مقدار نقشه بزرگتر از رواداری مجاز مذکور در شکل ۱۰-۴-۱ باشد ولی از دو برابر ضخامت ورق نازکتر و یا ۲۰ میلی‌متر (هر کدام که کوچکتر باشند) بزرگتر نباشد، با استفاده از جوشکاری (قبل از جوشکاری درز اتصال) قابل اصلاح است.

۱۰-۴-۶-۱-۵ قطعاتی که به‌یکدیگر جوش می‌شوند، باید همباد یکدیگر قرار گرفته و به‌وسیلهٔ پیچ، گیره، گوه، قید و یا خال‌جوش در وضعیت خود تا اتمام جوشکاری تثبیت شوند. در صورت امکان استفاده از قید و قالب، توصیه می‌شود. لازم است آزادی‌های مناسب برای جمع‌شدگی و تابیدگی وجود داشته باشد.

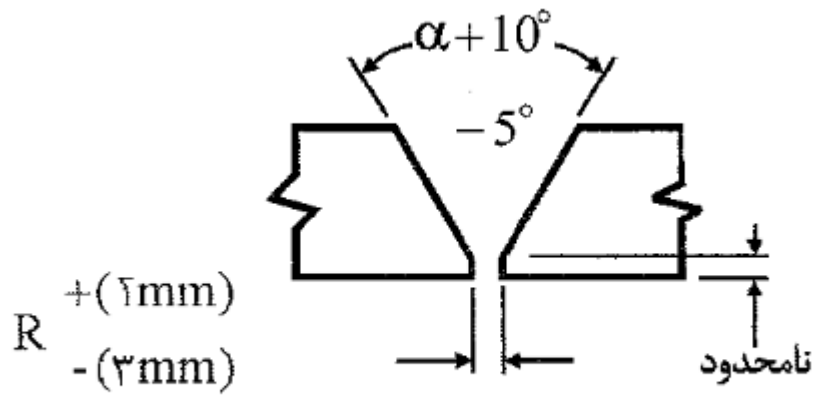
ضوابط مبحث دهم برای ساخت، نصب و کنترل



(الف) جوش شیاری بدون پشت بند - بدون جوش پشت



(ب) جوش شیاری با تسمه پشت بند - بدون جوش پشت



(پ) جوش شیاری بدون پشت بند - با جوش پشت

شکل ۱۰-۴-۱ رواداری‌های مونتاژ در درزها با جوش شیاری

ضوابط مبحث دهم برای ساخت، نصب و کنترل

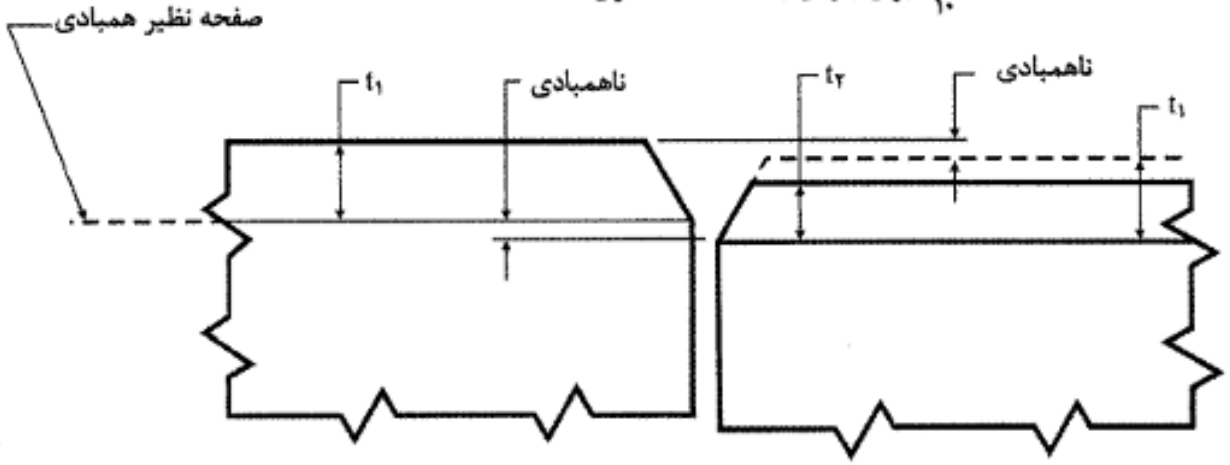
جدول ۱۰-۴-۶ رواداری‌های مونتاژ در درزها با جوش شیاری

	جوش پشت	بدون جوش پشت
۱ ـ ضخامت ریشه	نامحدود	±۲mm
۲ ـ الف ـ فاصلهٔ ریشه بدون پشت‌بند	+۲mm -۳mm	±۲mm
۲ ـ ب ـ فاصلهٔ ریشه با پشت‌بند	کاربرد ندارد	+۶mm -۲mm
۳ ـ زاویهٔ شیار	+۱۰° -۵°	+۱۰° -۵°

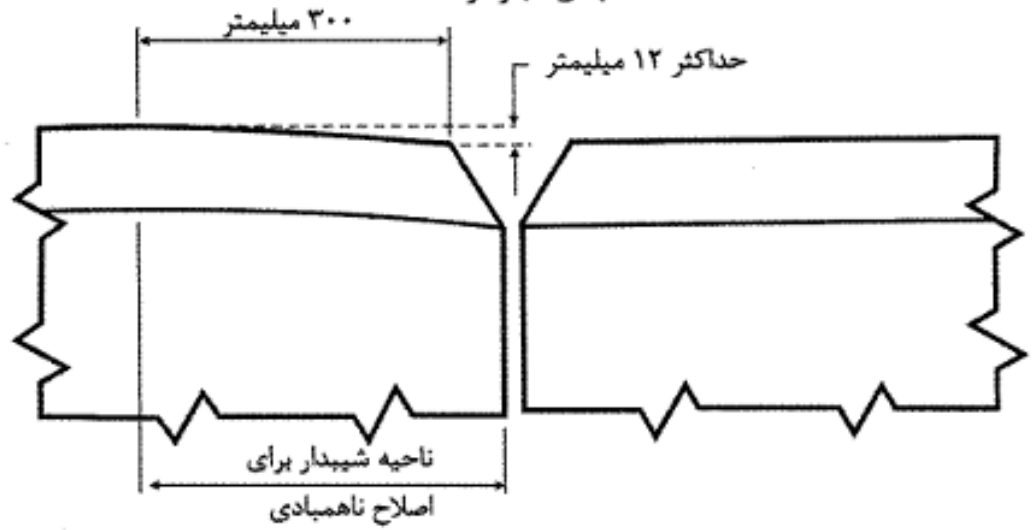
ضوابط مبحث دهم برای ساخت، نصب و کنترل

$\frac{t_1}{10} < 3\,mm$ برای بالهای با ضخامت مساوی

$\frac{t_2}{10} < 3\,mm$ برای بالهای با ضخامت نامساوی



ناهمبادی مجاز در قطعات



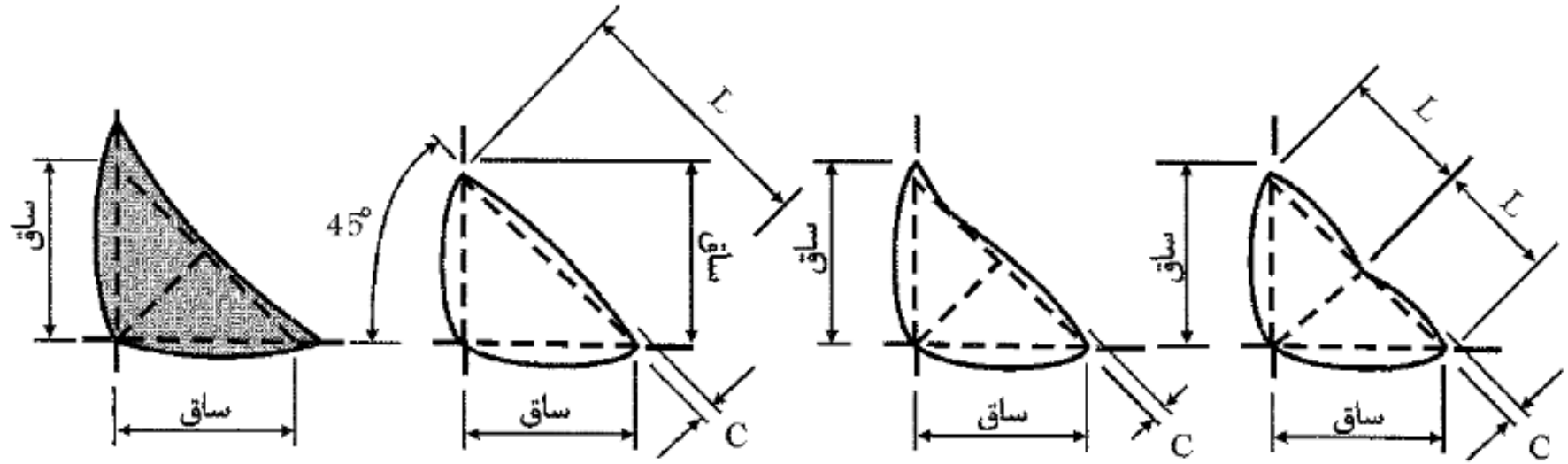
شکل ۱۰-۴-۲ اصلاح ناهمبادی و ناهم‌محوری

ضوابط مبحث دهم برای ساخت، نصب و کنترل

۱۰-۴-۶-۶ مقطع جوش

۱۰-۴-۶-۶-۱ در شکل‌های ۱۰-۴-۸ الف و ب، مقاطع مطلوب قابل پذیرش و در شکل ۱۰-۴-۸ پ، مقاطع غیرقابل پذیرش جوش‌های گوشه نشان داده شده است. همان‌طورکه شکل‌های الف و ب، نشان می‌دهد، سطح جوش گوشه تا مقدار محدودی می‌تواند محدب یا مقعر باشد (بدون فرورفتگی ناگهانی به‌استثنای جوش خارجی در اتصال گونیا، مقدار تحدب سطحی جوش گوشه (C) نباید از مقادیر مندرج در شکل ۱۰ ـ ۴ ـ ۸ تجاوز نماید به‌استثنای عیوب مربوط به‌بریدگی پای جوش، وجود سایر عیوب در دو انتهای جوش‌های منقطع، خارج از طول مؤثر جوش، مهم نمی‌باشد.

ضوابط مبحث دهم برای ساخت، نصب و کنترل



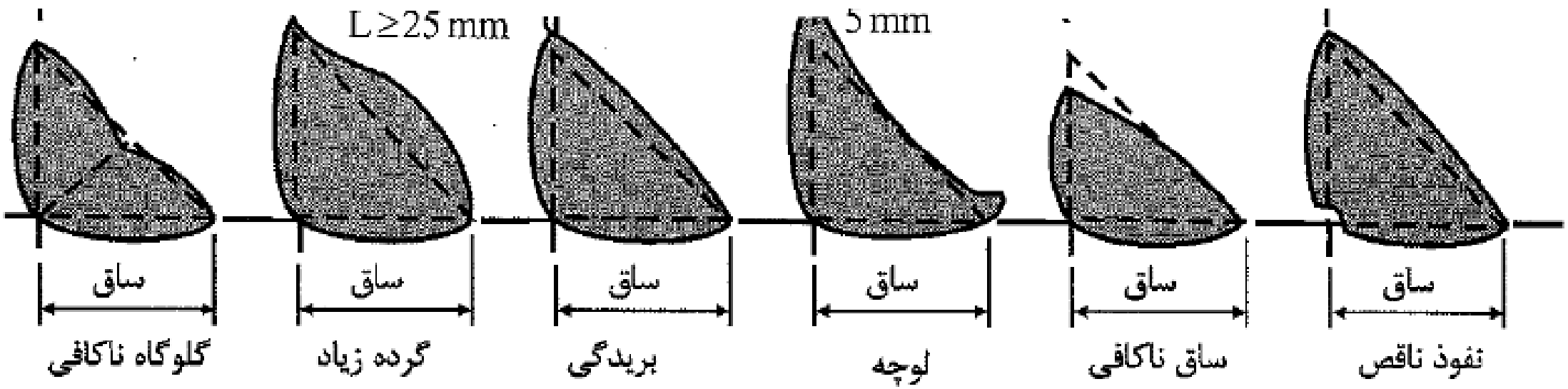
(ب) مقاطع قابل پذیرش جوش گوشه

(الف) تعریف مقطع جوش گوشه

توجه: گرده جوش نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید

اندازهٔ ساق یا طول L	حداکثر گرده (mm)
L≤8 mm	1/6mm
8<L<25	3 mm
L≥25 mm	5 mm

ضوابط مبحث دهم برای ساخت، نصب و کنترل

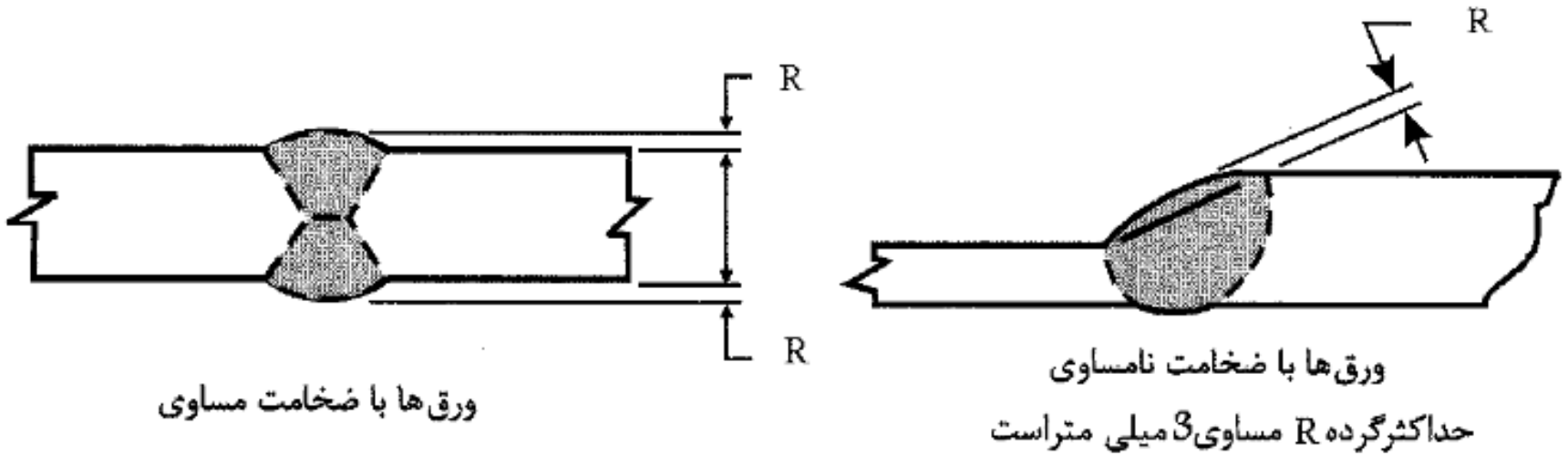


(پ) مقاطع غیرقابل پذیرش جوش گوشه

ضوابط مبحث دهم برای ساخت، نصب و کنترل

۱۰-۴-۶-۶-۲ جوش‌های شیاری ترجیحاً باید با حداقل تحدب (R) اجرا شوند. در درزهای لب به‌لب یا اتصالات گونیا، حداکثر تحدب R مساوی ۳ میلی‌متر می‌باشد و باید دارای انتقال تدریجی با سطح فلز پایه باشد (شکل ۱۰-۴-۸ ت). کلیهٔ جوش‌های شیاری نشان داده شده در شکل ۱۰-۴-۸ ث، به‌علت داشتن ناپیوستگی سطحی غیرقابل پذیرش می‌باشند.

ضوابط مبحث دهم برای ساخت، نصب و کنترل

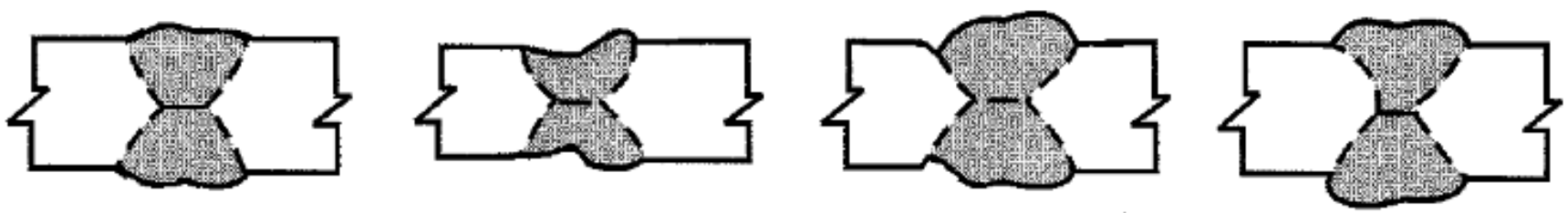


ورق‌ها با ضخامت مساوی

ورق‌ها با ضخامت نامساوی

حداکثرگرده R مساوی3 میلی متراست

(ت) مقاطع قابل پذیرش جوش های شیاری



تحدب زیاد

گلوی ناکافی

گودافتادگی زیاد

لوچه

(ث) مقاطع غیر قابل پذیرش جوش گوشه

انواع روش‌های جوشکاری

جوشکاری فرآیندی است که در آن جهت اتصال دائمی یا موقت قطعات فلزی به یکدیگر، محل اتصال به روش مناسبی ذوب و با استفاده از ماده مناسبی پر می‌شود.

ممکن است از روش‌های غیرذوبی و بدون استفاده از ماده پر کننده نیز استفاده شود.

بر این اساس فرآیندهای جوشکاری به دو روش تقسیم می‌شوند:

- **فرآیند جوشکاری ذوبی**

محل اتصال حرارت دیده و به نقطه ذوب می‌رسد و در صورت لزوم با ماده پرکننده پر می‌شود.

- **فرآیند جوشکاری حالت جامد (غیرذوبی)** – Solid state welding

لبه دو قطعه متصل شونده در حالت جامد آنقدر به هم نزدیک می‌گردد که یک اتصال فلزی بین آنها ایجاد می‌گردد.

انواع روش‌های جوشکاری

روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

- ایجاد حرارات به روش قوس الکتریکی (Arc Welding)
  - قوس الکتریکی با الکترود روپوش‌دار – (Shielded metal arc welding (SMAW
  - قوس الکتریکی زیرپودری – (Submerged arc welding (SAW
  - قوس الکتریکی با الکترود مغزدار – (Flux cored arc welding (FCAW
  - قوس الکتریکی تحت حفاظ گاز با الکترود فلزی – (Gas metal arc welding (GMAW
  - قوس الکتریکی تحت حفاظ گاز با الکتـرود تنگســتن – Gas Tungsten arc welding (GTAW)
  - جوش قوس گل‌میخ – Stud Arc (SW)

انواع روش‌های جوشکاری

روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

ایجاد حرارات به روش قوس الکتریکی (Arc Welding)

قوس الکتریکی زیرپودری – Submerged arc welding (SAW)

انواع روش‌های جوشکاری

روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

ایجاد حرارات به روش قوس الکتریکی (Arc Welding)

قوس الکتریکی زیرپودری – Submerged arc welding (SAW)

انواع روش‌های جوشکاری

روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

ایجاد حرارات به روش قوس الکتریکی (Arc Welding)

قوس الکتریکی زیرپودری – Submerged arc welding (SAW)

انواع روش‌های جوشکاری

روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

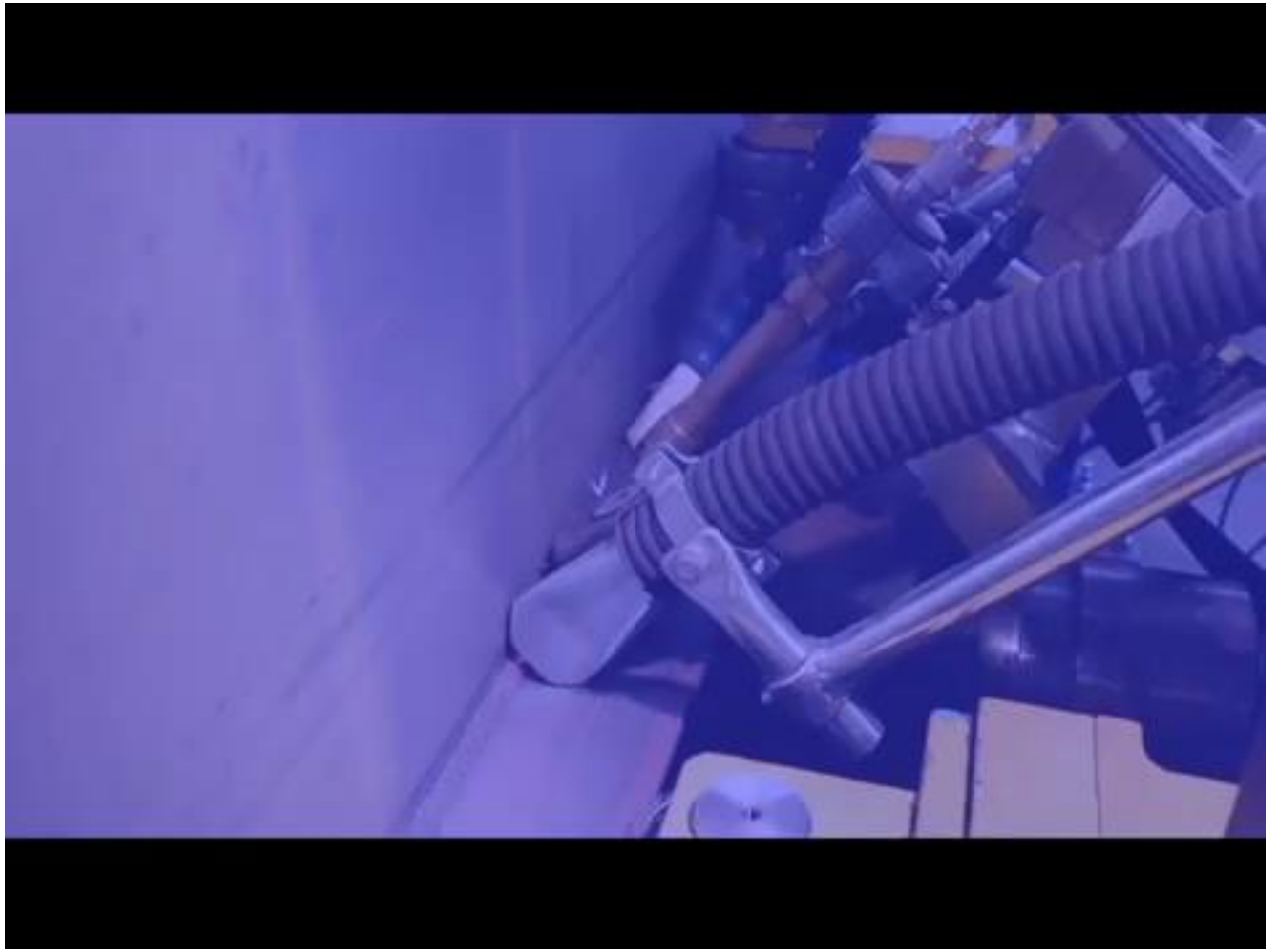
ایجاد حرارات به روش قوس الکتریکی (Arc Welding)

قوس الکتریکی زیرپودری – Submerged arc welding (SAW)

انواع روش‌های جوشکاری

روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

جوشکاری یک تیر ورق



انواع روش‌های جوشکاری

روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

ایجاد حرارات به روش قوس الکتریکی (Arc Welding)

قوس الکتریکی تحت حفاظ گاز با الکترود تنگستن – Gas Tungsten arc welding (GTAW)

انواع روش‌های جوشکاری

روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

ایجاد حرارات به روش قوس الکتریکی (Arc Welding)

قوس الکتریکی تحت حفاظ گاز با الکترود تنگستن – Gas Tungsten arc welding (GTAW)

انواع روش‌های جوشکاری

روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

ایجاد حرارات به روش قوس الکتریکی (Arc Welding)

جوش قوس گل‌میخ – Stud Arc (SW)

انواع روش‌های جوشکاری

روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

ایجاد حرارات به روش قوس الکتریکی (Arc Welding)

جوش قوس گل‌میخ – Stud Arc (SW)

انواع روش‌های جوشکاری

روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

ایجاد حرارت به روش مقاومت الکتریکی – Electrical Resistance Welding

INTRODUCTION TO RESISTANCE WELDING

BY: Mike Koper, CmfgT, CmfgE

248-709-7383
313-605-2793

انواع روش‌های جوشکاری

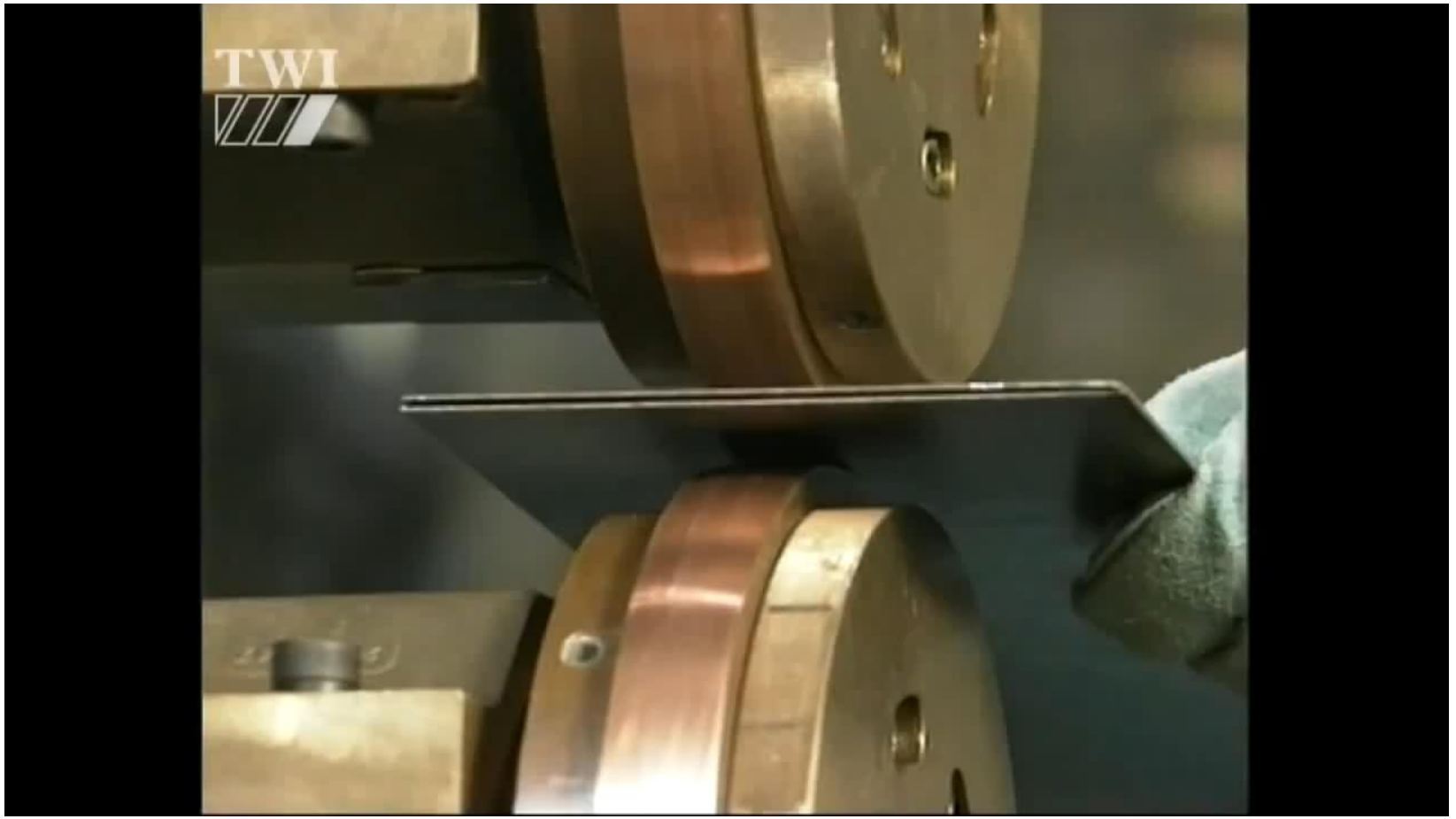
روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

جوشکاری نقطه‌ای – Spot Resistance (ایجاد حرارت به روش مقاومت الکتریکی)

انواع روش‌های جوشکاری

روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

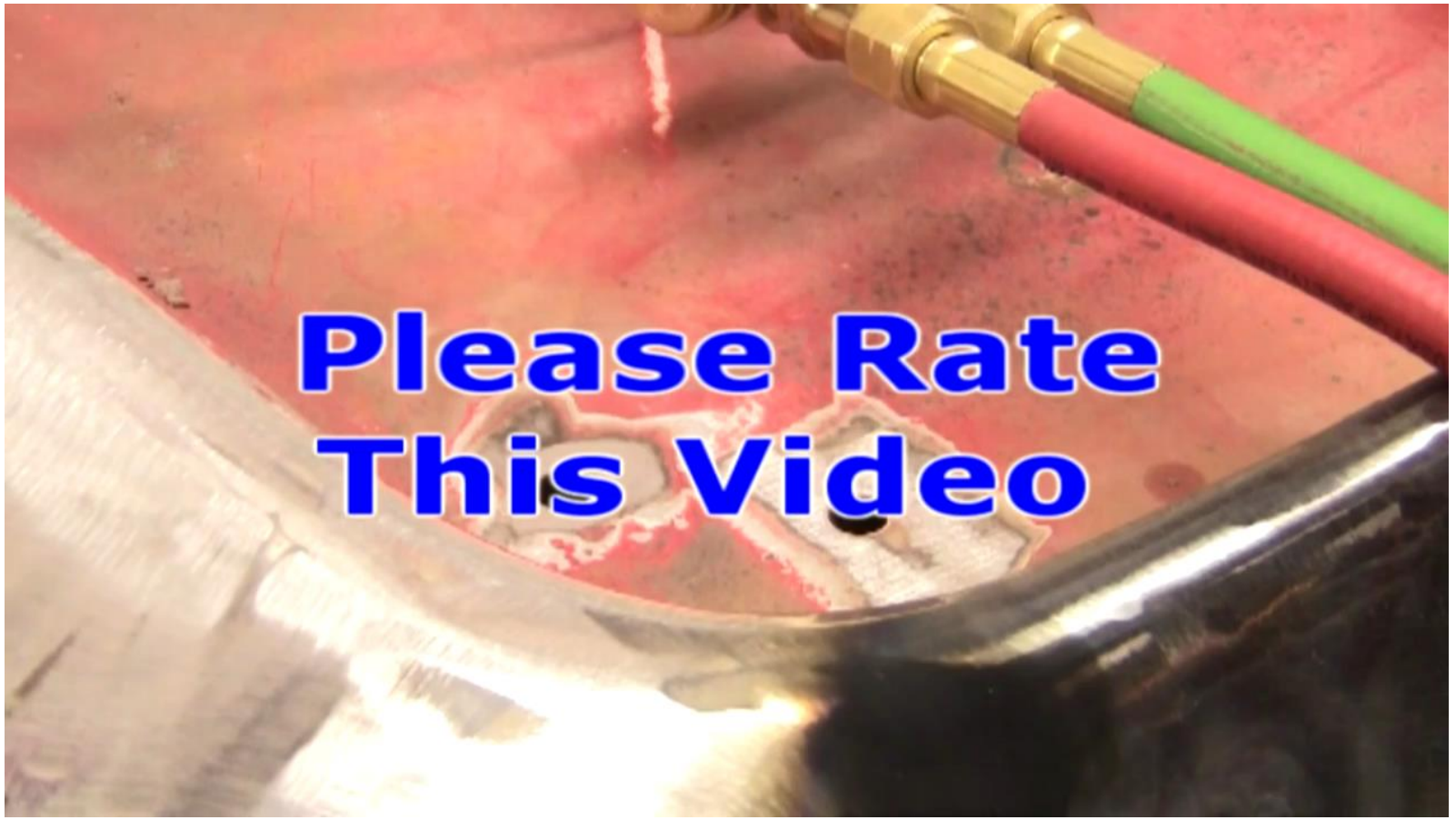
جوشکاری درزی – Seam Resistance (ایجاد حرارت به روش مقاومت الکتریکی)



انواع روش‌های جوشکاری

روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

ایجاد حرارت با احتراق – Oxyfuel Gas Welding



انواع روش‌های جوشکاری

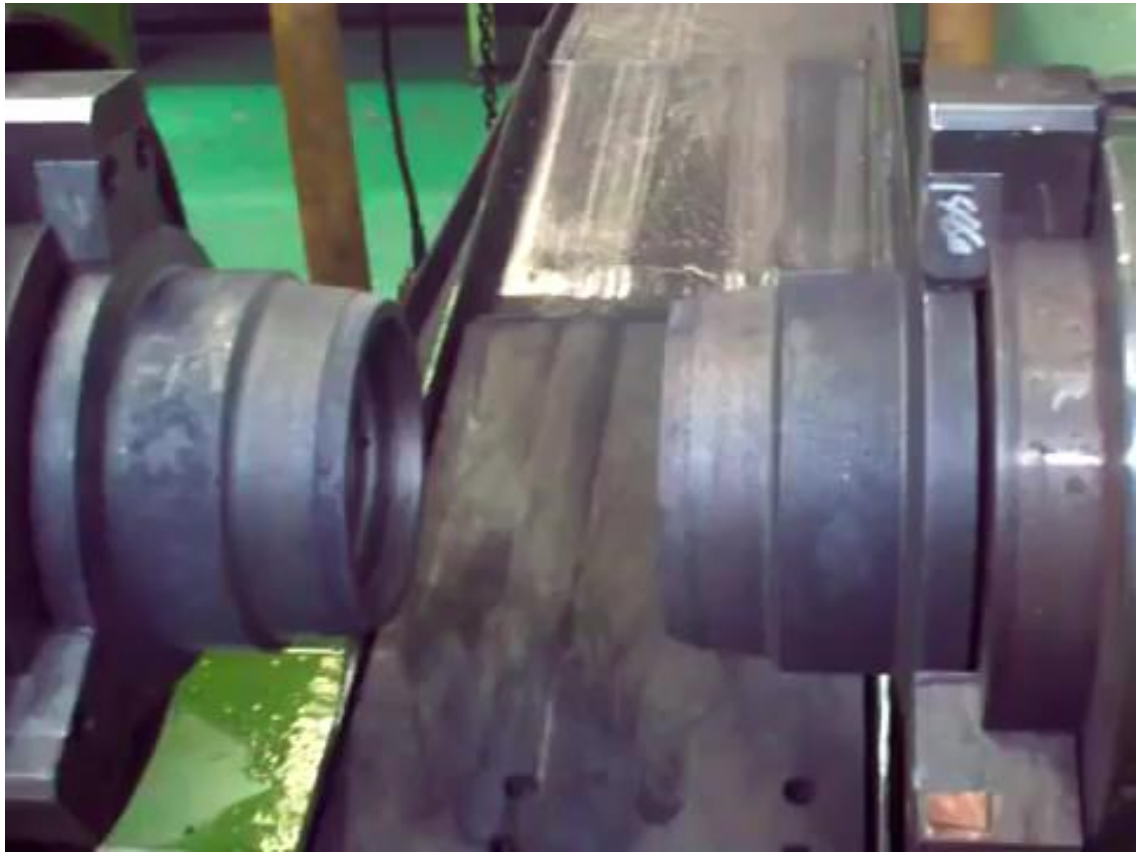
روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

ایجاد حرارت با واکنش شیمیائی – Thermo Chemical Welding

انواع روش‌های جوشکاری

روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

ایجاد حرارت با اصطکاک



انواع روش‌های جوشکاری

روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

- **ایجاد حرارت به کمک انرژی تشعشعی (لیزری)**

در این روش برای ایجاد حرارت در عملیات جوشکاری از دو روش زیر استفاده می‌شود:

- **پرتو الکترونی** Electron beam welding
- **لیزری** Laser beam welding

در این روش‌ها با سرعت بسیار زیادی نسبت به جوشکاری‌های معمول (حداقل تا ۶ برابر) بدون نیاز به پخ زدن ضخامت‌های بالا، بدون نیاز به اتمسفر خنثی، بدون تغییر در سختی و بوجود آمدن منطقه تحت حرارت یا تفتیده (Heat affected zone) میتوان جوشکاری کرد.

انواع روش‌های جوشکاری

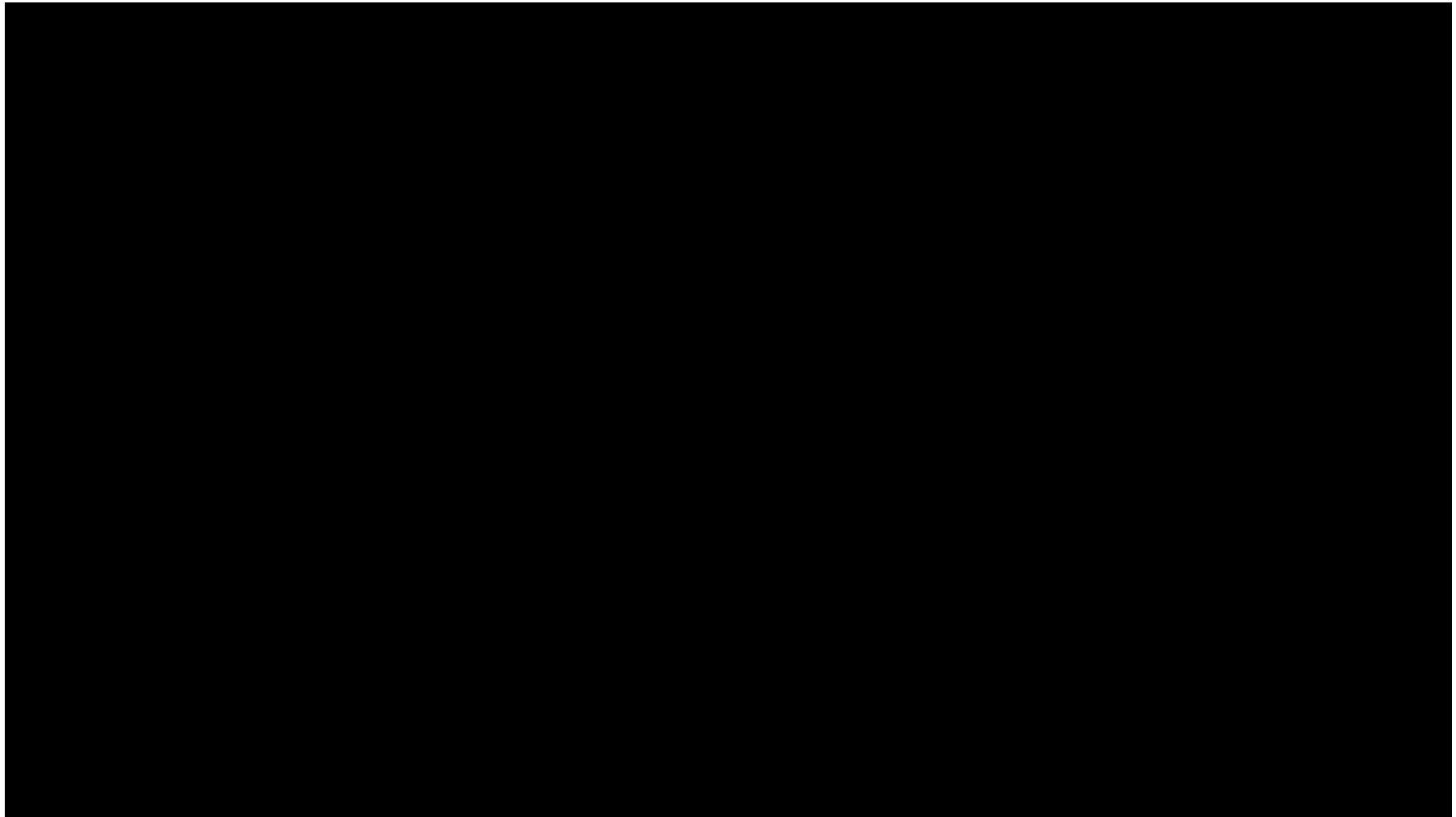
روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

پرتو الکترونی Electron beam welding

انواع روش‌های جوشکاری

روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

پرتو الکترونی Electron beam welding



انواع روش‌های جوشکاری

روش‌های تولید حرارت در جوشکاری

لیزری Laser beam welding

الکترودهای جوشکاری

نام‌گذاری الکترودها

شماره‌گذاری الکترودها بر اساس استاندارد AWS به صورت زیر انجام می‌پذیرد:

حرف اول کلمه Electrode

دو یا سه رقم سمت چپ، نشان دهندهٔ حداقل مقاومت کششی مفتول الکترود بر حسب کیلوپوند بر اینچ مربع است.

رقم اول نشان دهندهٔ وضعیت جوشکاری است.

رقم دوم (آخر) نشان دهندهٔ نوع جریان، نوع سرباره، نوع قوس، عمق نفوذ، وجود پودر آهن و هیدروژن در روکش

الکترودهای جوشکاری

وضعیت جوشکاری	علامت (رقم ماقبل آخر)
تمام وضعیت‌ها	۱
تخت و افقی	۲
تخت	۳

نوع پوشش	نوع قوس	جریان	رقم آخر
آلی	قوس نفوذی	فقط DCRP	0
آلی	قوس نفوذی	AC یا DCRP	1
روتیلی (اکسید تیتان)	قوس متوسط	AC یا DCRP	2
روتیل	قوس نرم	AC یا DC قطب آزاد	3
روتیل با پودر آهن (۳۰٪)	قوس نرم	AC یا DC قطب آزاد	4
کم هیدروژن	-	فقط DCRP	5
کم هیدروژن	قوس متوسط	AC یا DCRP	6
پودر آهن	-	AC یا DC	7
کم هیدروژن ـ پودر آهن	-	AC یا DCRP	8

الکترودهای جوشکاری

باید توجه کرد که بسیاری از الکترودهایی که در رده‌های مختلف قرار دارند، از نظر مفتول فولادی یکسان هستند. تفاوت در مشخصه‌های کاربردی و خصوصیات شیمیایی و مکانیکی فلز جوش رسوبی، غالبا توسط مواد تشکیل دهنده روکش الکترود تعیین می‌شود.

نکات زیر در انتخاب قطر مناسب الکترود باید مورد توجه قرار گیرد:

- **هندسه درز:** جوش گوشه می‌تواند با الکترود بزرگتری نسبت به آنچه که در جوش لب به لب مورد نیاز است، جوش شود.
- **ضخامت فلز پایه**: واضح است که با افزایش ضخامت فلز مورد جوش، الکترود با قطر بزرگتری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.
- **ضخامت لایه جوش:** ضخامت قطعات مورد جوشکاری و هم‌چنین موقعیت انجام جوشکاری دو عامل دخیل هستند. در جوشکاری تخت و افقی، ضخامت فلز جوش رسوب کرده، نسبت به جوشکاری سربالا یا سقفی بیشتر است.

الکترودهای جوشکاری

- **موقعیت جوشکاری:** در جوشکاری تخت و افقی می‌توان از الکترود با قطر بزرگتری نسبت به موقعیت سربالا یا سقفی استفاده کرد.
- **نوع و شدت جریان**: با افزیش شدت جریان جوشکاری، الکترود بزرگتری مورد نیاز است.
- **مهارت جوشکار:** بعضی از جوشکاران دارای مهارت فنی زیادی بوده، بنابراین می‌توانند از الکترودهای بزرگتری در جوشکاری سربالا یا سقفی استفاده کنند.
- **شرایط بهره‌برداری:** مقاومت کششی، شکل‌پذیری، مقاومت خستگی و مقاومت در برابر خوردگی خصوصیات مهم جوش هستند که توجه به آن‌ها به انتخاب صحیح الکترود کمک می‌کند.

الکترودهای جوشکاری

- **مشخصه‌های کاربردی الکترودها:**

جنس مواد مصرفی در روکش یک الکترود نه تنها مشخصات مکانیکی و شیمیایی فلز جوش را تعیین می‌کند، بلکه ویژگی‌های کاربردی الکترود را نیز مشخص می‌کند.

بنابراین الکترودها با توجه ویژگی‌های کاربردی و نوع درز اتصال به سه گروه تقسیم می‌شوند:

- **الکترودهای پرجوش (پربازده)**
- **الکترودهای زودجوش (نفوذی)**
- **الکترودهای پر و زودجوش (زودرو)**

الکترودهای جوشکاری

الکترودهای پر بازده (پُر جوش)

- الکترود پر بازده، درز را زود پُر می‌کند. این خاصیت نقطه مقابل الکترودهای نفوذی است.
- الکترودهای پُربازده، دارای روکش ضخیم محتوی پودر آهن می‌باشند که کاربرد وسیعی در جوشکاری گوشه و جوش شیاری عمیق دارد.
- در این نوع الکترود میزان رسوب زیاد بوده و پاک کردن سرباره آن براحتی انجام می‌شود.
- این نوع الکترود با قوس سبک و ملایم میسوزد و عمق نفوذ آن زیاد نیست و در نتیجه امتزاج فلز جوش و فلز پایه کم است.
- الکترودهای Exx14، Exx24، Exx27، Exx28 در جوش‌های شیاری وضعیت تخت و افقی به‌کار می‌روند.

الکترودهای جوشکاری

الکترودهای نفوذی (زود جوش)

- الکترودهای نفوذی دارای قابلیت سریع انجماد سریع فلز جوش می‌باشند.
- این خاصیت در مواردی که پاشیدگی گل جوش و یا فلز جوش به خارج از درز جوش وجـود دارد و یا در جوشکاری سقفی و سربالا، بسیار مهم است.
- این الکترودها دارای قوسی قوی و نفوذی هستند.
- دارای سرباره کمی هستند و خط جوش تختی تولید میکنند که اغلب جوابگوی آزمـون پرتونگـاری بوده و بیشتر در جوشکاری لوله‌ها و مخازن تحت فشار استفاده می‌شوند.
- الکترودهای E6010 با جریان مستقیم و E6011 با جریان متناوب از این نوع هستند.

الکترودهای جوشکاری

الکترودهای ترکیبی (پُر و زودجوش یا زود رو)

- در برخی درزها نیاز به هر دو خصویت پربازدهی و نفوذی بودن است.
- هنگامی که الکترود نفوذی مورد نیاز است بهترین انتخاب رده Exx10 و Exx11 است.
- الکترودی که دارای هر دو خاصیت پر بازدهی و نفوذی بودن است، الکترود Exx14 با روکش پودر آهن است که در همه وضعیت‌ها قابل استفاده است.
- این الکترود دارای خاصیت زود پُر کنندگی به میزان نوع Exx24 نبوده و سرعت انجماد آن نیز به اندازه Exx10 نیست ولی خواص آن حد واسطه این رده می‌باشد.

الکترودهای جوشکاری

الکترودهای کم هیدروژن

- روکش آن‌ها عملا فاقد هیدروژن می‌باشند.
- جوش‌هایی عاری از ترک، زیرترک و ریزترک تولید میکنند.
- جوش حاصل دارای شکل‌پذیری بسیار عالی است.
- تخلخل حاصل از جوشکاری فولادهای گوگرددار را بر طرف کرده و جوش حاصل جوابگوی آزمایش پرتونگاری است.
- به علت کاهش نیاز به عملیات پیش‌گرمایش با این الکترودها، کاربرد ویژه آنها در جوشکاری فولادهای سخت جوش و پرمقاومت می‌باشد.
- الکترودهای Exx18 و Exx28 از این نوع هستند.

الکترودهای جوشکاری

الکترودهای متعارف

الکترود E6010 (سلولزی) :

- الکترود همه وضعیت‌ها و از نوع **الکترودهای نفوذی** است.
- یکی از بهترین الکترودها برای جوشکاری‌های قائم و سقفی است.
- بیشتر برای فولاد نرمه بکار می‌رود. هرچند گاهاً برای جوشکاری ورق گالوانیزه نیز استفاده می‌شود.
- در جوشکاری بدنه کشتی، ساختمان‌ها و پل‌ها، مخازن ذخیره، لوله‌ها و مخازن معمولی و تحت فشار بخصوص در پاس ریشه کاربرد دارد.
- فقط با جریان یکسو کار می‌کند.
- گل کم ضخامت با چگالی و درجه ذوب پایین

الکترودهای جوشکاری

الکترودهای متعارف

الکترود E6011 (سلولزی) :

- تمامی ویژگی‌های عملی، خواص مکانیکی و موارد کاربرد آن همانند E6010 است.
- با هر دو جریان یکسو و متناوب کار می‌کند.

الکترودهای جوشکاری

الکترودهای متعارف

الکترود E6012 (روتیلی) :

- الکترود همه وضعیت‌ها و از نوع **نفوذی و پربازده** است.
- اغلب برای درزهایی که خوب جفت نشده‌اند به کار می‌رود، بخاطر نفوذی و پربازده بودن، قابلیت پل زنی بالایی دارد.
- بخاطر اقتصادی بودن، سهولت کاربرد و سرعت بالای جوشکاری کاربرد وسیعی در کارهای فلزی کارخانه‌ای دارد.
- شکل‌پذیری فلز جوش بدست آمده از این الکترود کمتر از E6010 و E6011 می‌باشد ولی مقاومت تسلیم بالاتری دارد.
- نفوذ کافی تا انتهای ریشه جوش و سایر درزها دارد ولی عمق نفوذ آن به میزان E6010 نیست.

الکترودهای جوشکاری

الکترودهای متعارف

الکترود E6012 (روتیلی) :

- گل حاصل از آن بسیار زیاد است و قسمت بیشتری از مواد مذاب را نسبت به E6010 می‌پوشاند.
- به دلیل انجماد سریع، گل جوش تولید شده بسار سخت‌تر از E6020 و E6030 است و به نوار جوش می‌چسبد.
- فلز مذاب روانی بیشتر نسبت به E6010 دارد ولی نه در حدی که قابلیت استفاده از آن را در همه وضعیت‌ها از بین ببرد.
- بنابراین E6012 بیشتر مناسب جوشکاری وضعیت تخت است و یک جوش تخت با تحدب کم و بدون بریدگی کناره جوش ایجاد می‌کند.

الکترودهای جوشکاری

الکترودهای متعارف

الکترود E6013 (روتیلی) :

- بسیار شبیه الکترود E6012 است.
- تمیز کردن گل جوش (گِل زنی) بسیار راحت‌تر انجام می‌شود (خصوصا با الکترودهایی با قطر کم ۱/۵ تا ۲/۵ میلی‌متر)
- عموما برای جوشکاری صفحات نازک و جوشکاری‌های رو به پایین طراحی شده‌اند.
- اندازه‌های بزرگتر آن برای کلیه‌ی موارد استفاده‌ی E6012 مناسب است.
- عمل قوس در جوشکاری با E6013 نرم‌تر بوده و سطح جوش صاف با موج‌های ریز و ملایم‌تری دارد.

الکترودهای جوشکاری

الکترودهای متعارف

الکترود E7015 (کم‌هیدروژن) :

- مقدار هیدروژن، کربن، منگنز، گوگرد و فسفر آن پایین بوده ولی مقدار کلسیم آن بیشتر است.
- به نام الکترود کم‌هیدروژن سدیم‌دار نیز شناخته می‌شود.
- میزان نفوذ آن متوسط و گل آن ضخیم و تُرد بوده و براحتی کنده می‌شود.
- باید جوشکاری با قوس کوتاه جهت افزایش کیفیت فلز جوش رعایت شود.
- با الکترودهایی تا قطر ۴ میلی‌متر در همه وضعیت‌ها جوش می‌شود.
- الکترودهای بزرگتر صرفا در حالت تخت و افقی مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- نیاز به پس‌گرمایش و پیش‌گرمایش معمولا ندارد.
- برای جوشکاری فولاد پرکربن، گوگرددار، لعاب‌دار و ... کاربرد دارد.

الکترودهای جوشکاری

الکترودهای متعارف

الکترود E7016 (کم‌هیدروژن) :

- بسیار شبیه الکترود E7015 است.
- امکان استفاده هم در جریان مستقیم و هم در جریان متناوب وجود دارد.
- علاوه بر ترکیبات موجود در E7015 مقداری سیلیکات پتاسیم دارد که آن را برای جریان متنـاوب قابل استفاده می‌سازد.

الکترودهای جوشکاری

الکترودهای متعارف

الکترود E7018 (کم‌هیدروژن + پودر آهن) :

- حاوی درصد زیادی پودر آهن است (۲۵ تا ۴۰ درصد).
- روکش آن دقیقا همانند E7015 و E7016 ولی اندکی ضخیم‌تر است.
- گل حاصل ضخیم و ترد بوده و کندن آن بسیار راحت است.
- نوار جوش ظاهر تخت دارد و نسبت به جوش حاصل از E7015 بهتر است.
- تا قطر ۴ میلی‌متر در همه وضعیت‌های می‌توان جوشکاری کرد.
- قطرهای بزرگتر در موقعیت افقی یا تخت مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- رده E8018 و E12018 نیز وجود دارد.

الکترودهای جوشکاری

الکترودهای متعارف

الکترود E7028 (کم‌هیدروژن + پودر آهن) :

- بسیار شبیه الکترود E7018 می‌باشد.
- فقط در **موقعیت افقی و تخت** مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- روکش آن درصد زیادتری از پودر آهن (تا ۵۰ درصد) دارد.
- نرخ رسوب آن بالاتر است.
- ظاهر جوش تخت تا کمی مقعر با فلس‌های ریز و صاف است.

الکترودهای جوشکاری

تصاویری از الکترودها و بسته‌بندی آن‌ها

الکترودهای جوشکاری

تصاویری از الکترودها و بسته‌بندی آن‌ها

الکترودهای جوشکاری

تصاویری از الکترودها و بسته‌بندی آن‌ها

الکترودهای جوشکاری

تصاویری از الکترودها و بسته‌ب

الکترودهای جوشکاری

تصاویری از الکترودها و بسته‌بندی آن‌ها

الکترودهای جوشکاری

تصاویری از الکترودها و بسته‌بندی آن‌ها

خصوصیات جوشکاری با الکترودهای فولاد نرمه

	نوع روکش	وضعیت جوشکاری	نوع جریان	نفوذ	سرعت حرکت	ظاهر نوارجوش	پاشش	جدا شدن سرباره (گل)	حداقل مقاومت کششی kg/cm^2	نقطهٔ تسلیم kg/cm^2	ازدیاد طول نسبی در ۵۰ میلی‌متر
E6010	پر سلولز ـ سدیمی	تمام وضعیت‌ها	DCRP	عمیق	متوسط	موجدار و نخت	متوسط	تقریباً آسان	4340	3500	22%
E6011	پرسلولز ـ پتاسیمی	تمام وضعیت‌ها	DCRP, a.c.	عمیق	متوسط	موجدار و نخت	متوسط	تقریباً آسان	4340	3500	22%
E6012	روتیلی ـ سدیمی	تمام وضعیت‌ها	DCSP, a.c.	متوسط	خوب	صاف و محدب	کم	آسان	4690	3850	17%
E6013	روتیلی ـ پتاسیمی	تمام وضعیت‌ها	DCRP, DCSP, a.c.	کم	خوب	صاف و نخت تا محدب	کم	آسان	4690	3850	17%
E7014	روتیلی ـ پودر آهن	تمام وضعیت‌ها	DCRP, DCSP, a.c.	متوسط	بالا	صاف و نخت تا محدب	کم	آسان	4900	4200	17%
E7015	کم‌هیدروژن سدیمی	تمام وضعیت‌ها	DCRP	کم تا متوسط	خوب	صاف و محدب	کم	تقریباً آسان	4900	4200	22%
E7016	کم‌هیدروژن پتاسیمی	تمام وضعیت‌ها	DCRP, a.c.	کم تا متوسط	خوب	صاف و محدب	کم	خیلی آسان	4900	4200	22%
E6020	اکسید آهن	نخت ـ افقی	نخت d.c., a.c. افقی DCSP, a.c.	عمیق	بالا	صاف و نخت تا مقعر	کم	خیلی آسان	4340	3500	25%
E7024	روتیل ـ پودر آهن	نخت ـ افقی	DCSP, DCRP, a.c.	کم	خیلی بالا	صاف و کمی محدب	کم	آسان	5040	4200	17%
E6027	پودر آهن ـ اکسید آهن	نخت ـ افقی	نخت d.c., a.c. افقی DCSP, a.c.	متوسط	خیلی بالا	نخت تا مقعر	کم	آسان	4340	3500	25%
E7018	پودر آهن ـ کم‌هیدروژن	تمام وضعیت‌ها	DCRP, a.c.	کم	بالا	صاف و نخت تا محدب	کم	خیلی آسان	5040	4200	22%
E7028	پودر آهن ـ کم‌هیدروژن	نخت ـ افقی	DCRP, a.c.	کم	خیلی بالا	صاف و کمی محدب	کم	خیلی آسان	5040	4200	22%

الکترودهای جوشکاری

دامنه شدت جریان الکتریکی برای جوشکاری با الکترودهای فولاد نرمه و فولاد کم آلیاژ

قطر الکترود اینچ (میلی متر)	دامنهٔ شدت جریان (آمپر)								
	نوع الکترود								
	E6010,E6011 DC+	E6012	E6013	E6020	E6027	E7014	E7015,E7016	E7018	E7024,E7028
1/16(1.6)	–	20–40	20–40	–	–	–	–	–	–
5/64(2)	–	25–60	25–60	–	–	–	–	–	–
3/32(2.4)	40–80	35–85	45–90	–	–	80–125	65–110	70–100	100–145*
1/8 (3.2)	75–125	80–140	80–130	100–150	125–185	110–160	100–150	115–165	140–190
5/32 (4)	110–170	110–190	105–180	130–190	160–240	150–210	140–200	150–220	180–250
3/16 (4.8)	140–215	140–240	150–230	175–250	210–300	200–275	180–255	200–275	230–305
7/32 (5.6)	170–250	200–320	210–300	225–310	250–350	260–340	240–320	260–340	275–365
1/4 (6.4)	210–320	250–400	250–350	275–375	300–420	330–415	300–390	315–400	335–430
5/16 (8)	275–425	300–500	320–430	340–450	375–475	390–500	375–475	375–470	400–525*

الکترودهای جوشکاری

الکترودهای آلومینیم

- الکترودهای E1100 برای جوشکاری آلومینیوم بدون آلیاژ طراحی شده‌اند. دارای شکل‌پذیری زیاد، هدایت الکتریکی مناسب و حداقل مقاومت کششی معادل $840\ kg/cm^2$ می‌باشند.
- الکترودهای E3003 با شکل‌پذیری زیاد و حداقل مقاومت کششی معادل $980\ kg/cm^2$.
- الکترودهای E4043 با مقدار سیلیکون بالا (حدود ۵٪) که روانی فوق‌العاده‌ای در فلز جوش تأمین می‌کند. به‌این منظور این نوع الکترود برای جوشکاری‌های معمولی ارجح است.

الکترودهای جوشکاری

قطر و طول استاندارد الکترودها

قطر استاندارد مفتول الکترود (mm)	طول استاندارد (mm)
1.5	225
2	225-300
2	300
3	350
4	350
4.5	350
5.5	330-450
6	450
8	450
10	450

عیب‌های جوش

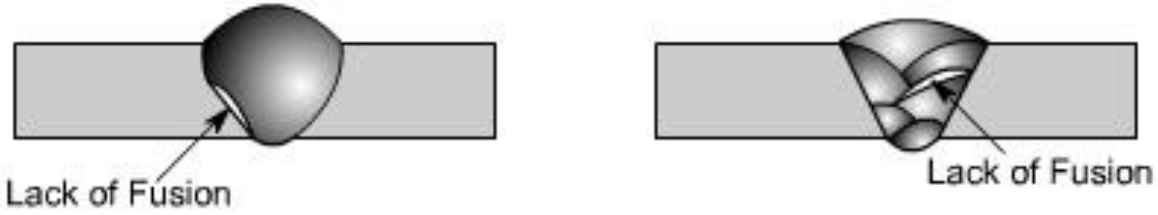
عیب‌های اصلی جوش

- ذوب ناقص (Lack of Fusion – LOF)
- نفوذ ناقص (Lack of Penetration – LOP)
- تخلخل (Porosity)
- بریدگی کناره جوش (Undercut)
- ناخالصی‌های حبس‌شده (Slag Inclusion)
- سر رفتن جوش روی فلز پایه، لوچه (Overlap)
- گرده اضافی در جوش (Excess Weld)
- لکه قوس (Arc Strike)
- انواع ترک‌ها (Cracks)
- عدم پرشدگی شیار (Under Fill)
- جرقه و پاشش (Scatter)

عیب‌های جوش

(۱) ذوب ناقص

ذوب ناقص عبارت است از عدم امتزاج کامل فلز پایه و فلز جوش مجاور آن و یا بین پاس‌های جوش.

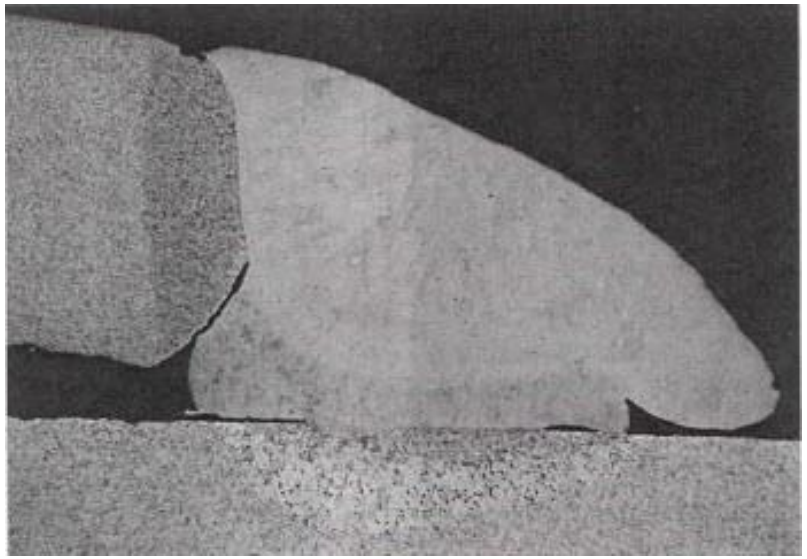


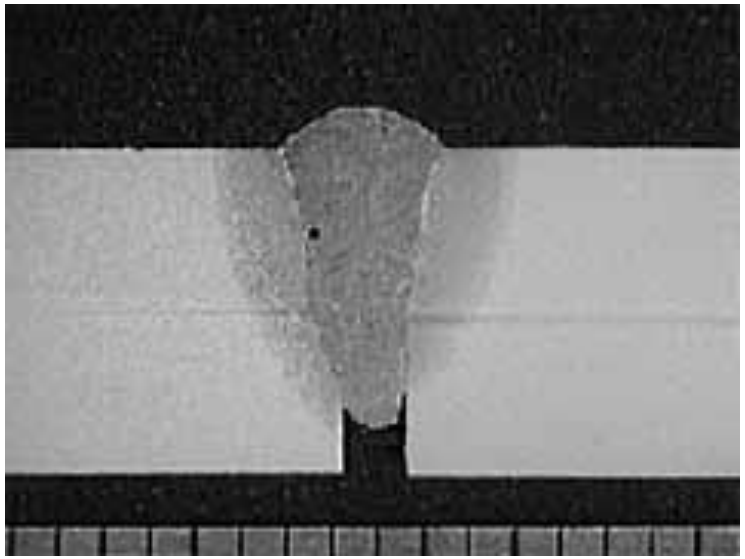
- کافی نبودن حرارت ورودی
- طرح اتصال نامناسب
- سطح آلوده ورق (پوسته ورق، روغن و ...)
- نوع یا اندازه نامناسب الکترود (استفاده از الکترود کوچک برای فولاد ضخیم)
- تنظیم نادرست جریان و سرعت جوشکاری در هر پاس

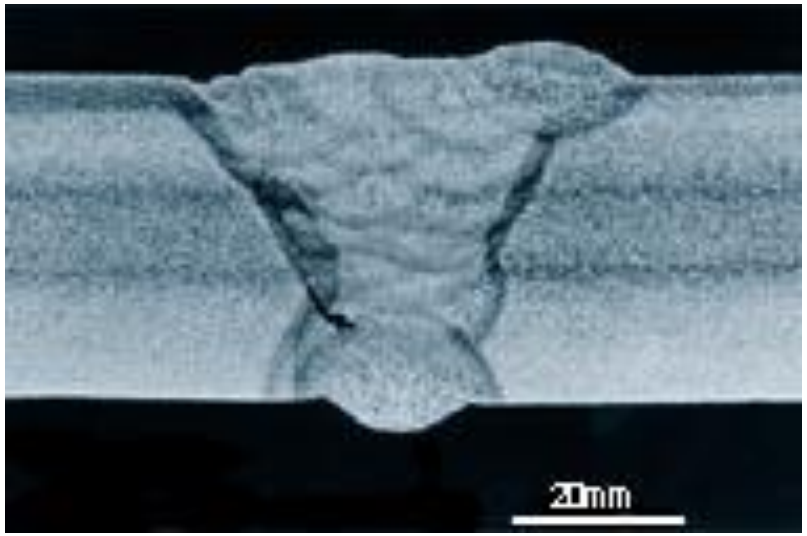
عیب‌های جوش

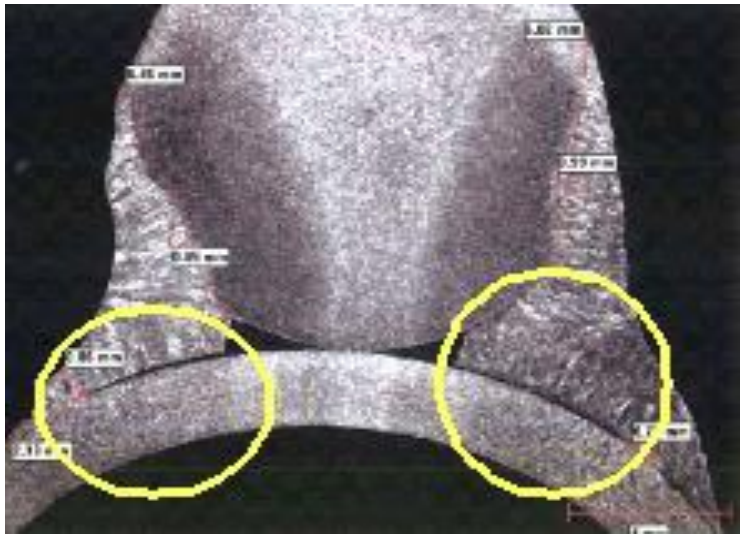
عیب‌های اصلی جوش

(۱) ذوب ناقص





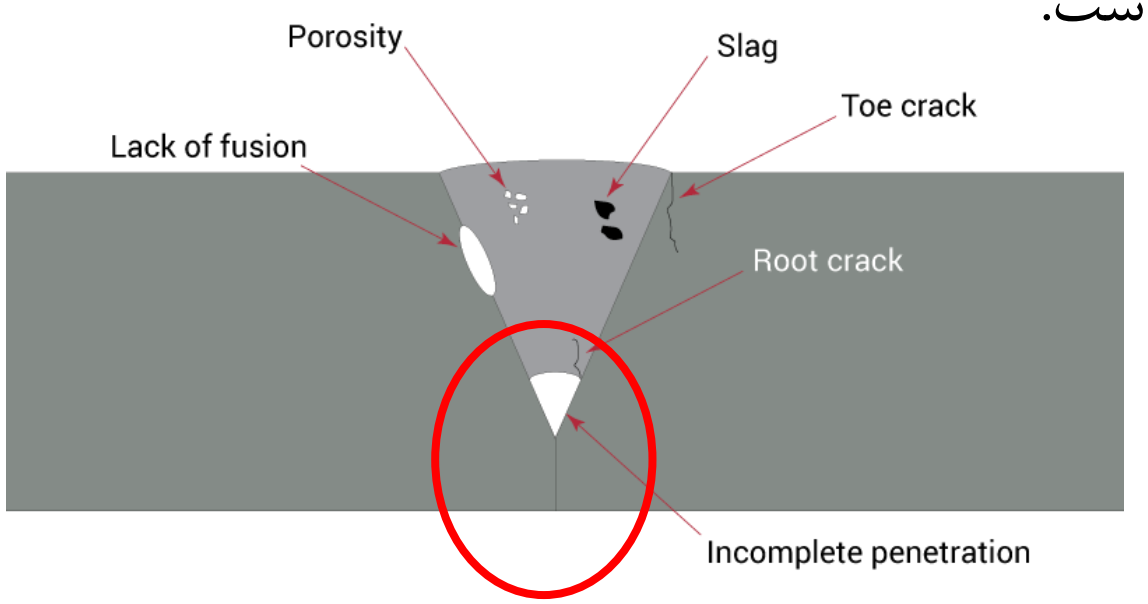




عیب‌های جوش

(۲) نفوذ ناقص

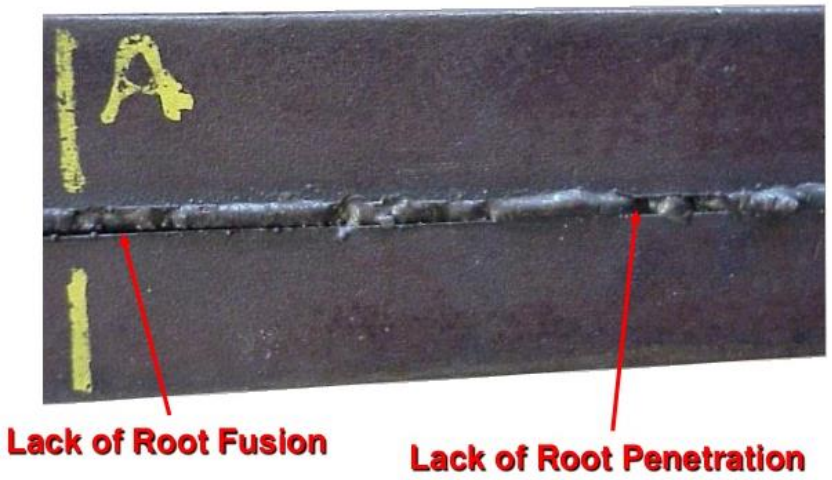
نفوذ ناقص یا کم یعنی اینکه فلز جوش تا عمق کمتری از آنچه در طراحی در نظر گرفته شده است در داخل درز یا شیار نفوذ می‌نماید.

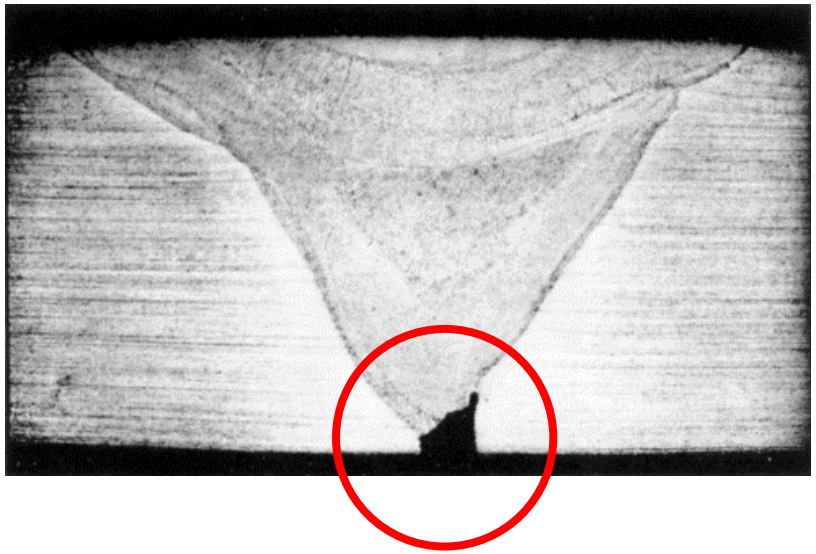


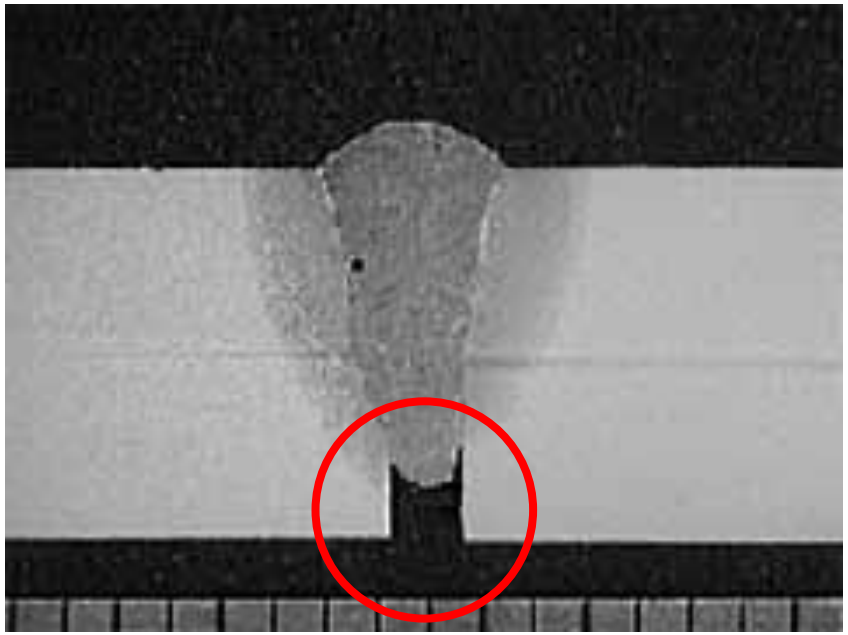
- ضخامت پیشانی ریشه بیش از نیاز دهانه ریشه است.
- دهانه ریشه خیلی کوچک باشد.
- زاویه پخی شیار V خیلی کوچک باشد.
- اندازه الکترود خیلی بزرگ باشد.
- سرعت حرکت الکترود خیلی زیاد باشد.
- شدت جریان جوشکاری خیلی پایین باشد.

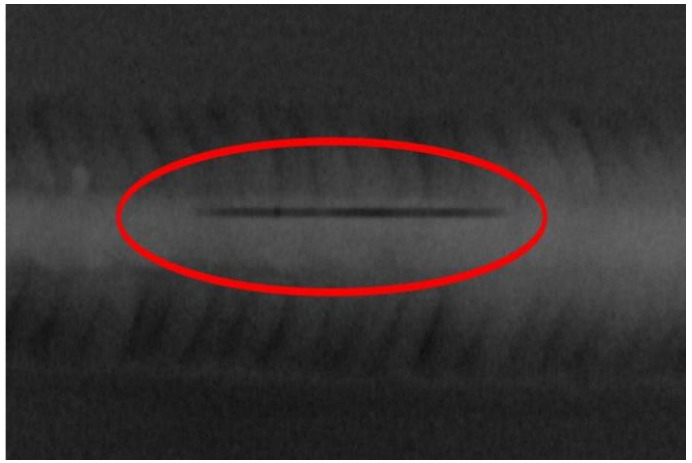
عیب‌های جوش

(۲) نفوذ ناقص



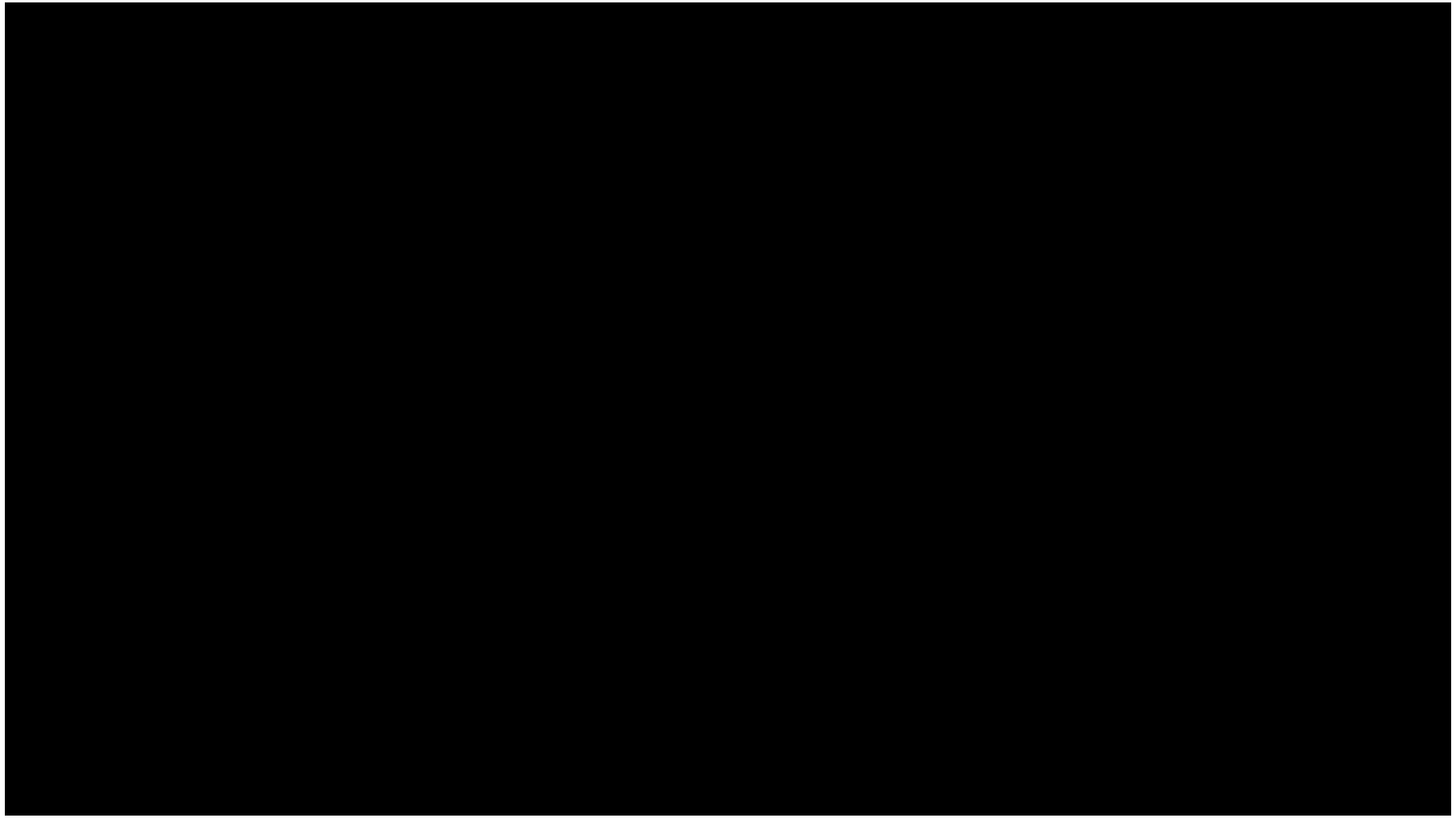






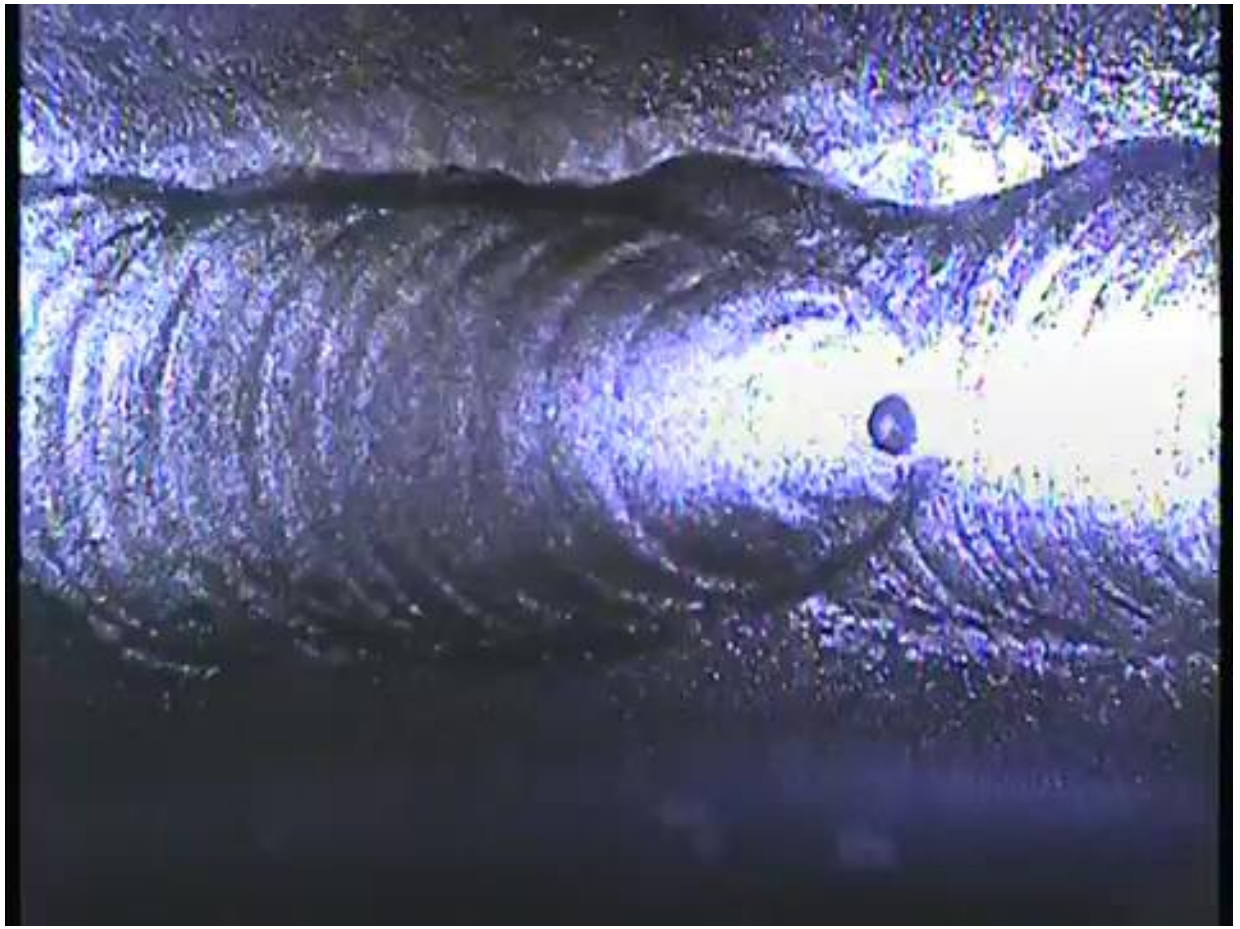
عیب‌های جوش

(۲) نفوذ ناقص



عیب‌های جوش

(۲) نفوذ ناقص



عیب‌های جوش

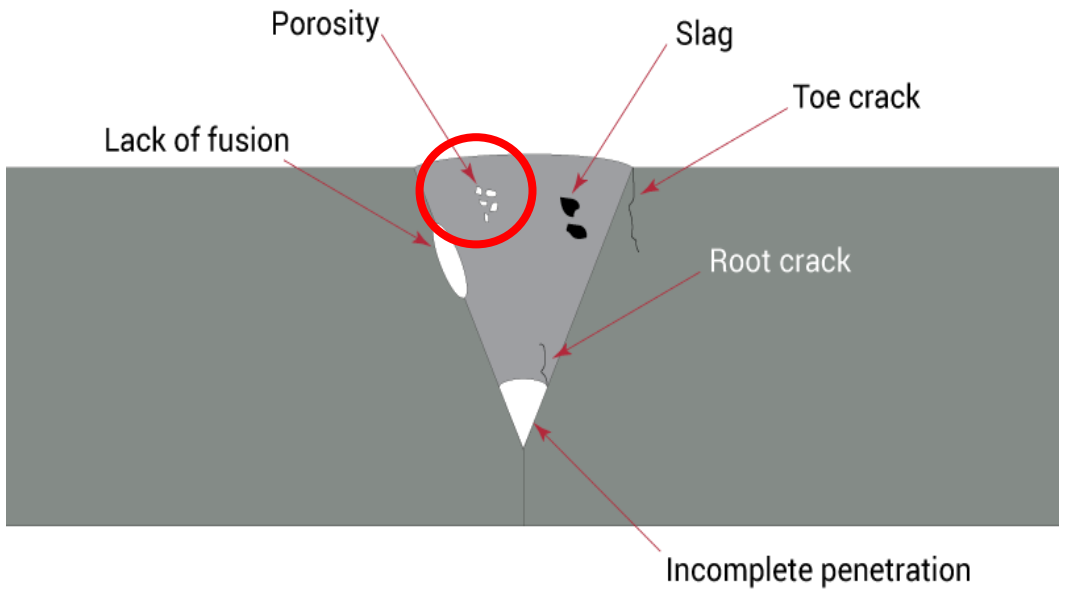
(۲) نفوذ ناقص

عیب‌های جوش

(۳) تخلخل (Porosity)

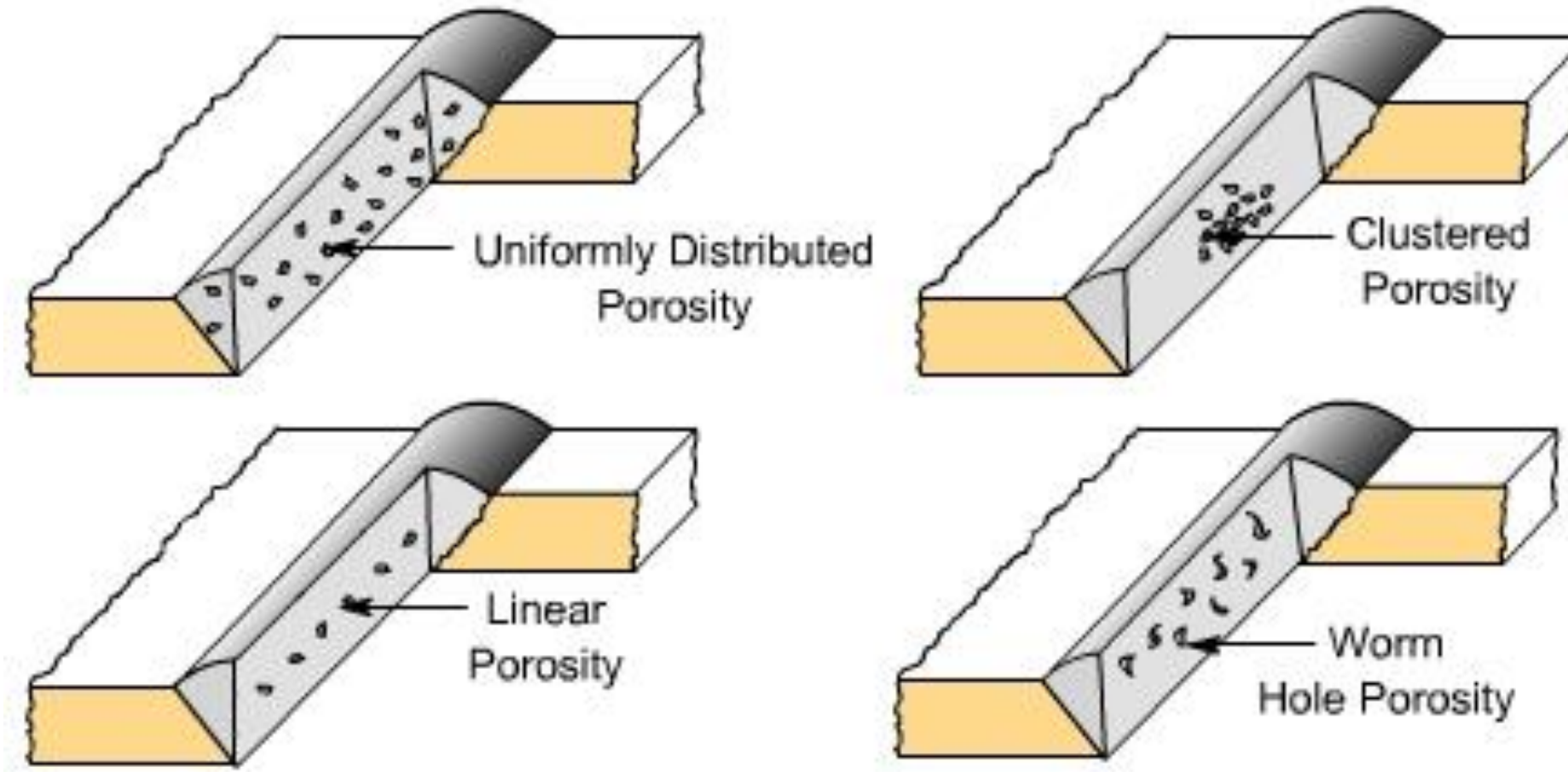
به تشکیل حفره‌های خالی و محبوس شدن گازها در فلز مذاب به هنگام سرد شدن و انجماد سریع تخلخل گفته می‌شود. تخلخل معمولا به صورت سطحی است، اما در عمق جوش نیز بوجود می‌آید.

- سطح فلز پایه و پشت‌بند آلوده باشد. مثل روغن، غبار، لکه یا زنگ
- الکترود نامرغوب (مثل الکترود شکسته یا مرطوب)
- رطوبت بیش از حد در هنگام آماده سازی.
- عدم محافظت مناسب گاز و اختلاط آن با جوش.
- ریزش قطرات فلز و سرباره در ناحیه مذاب
- طول قوس خیلی زیاد.



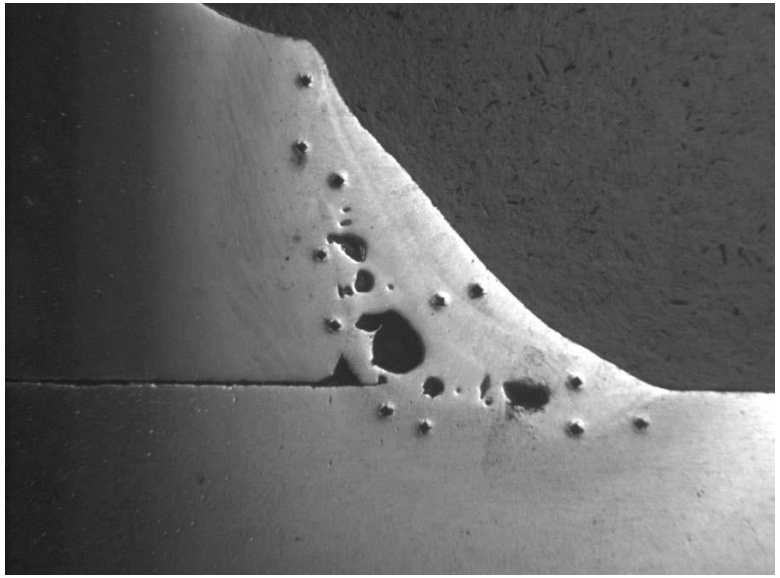
عیب‌های جوش

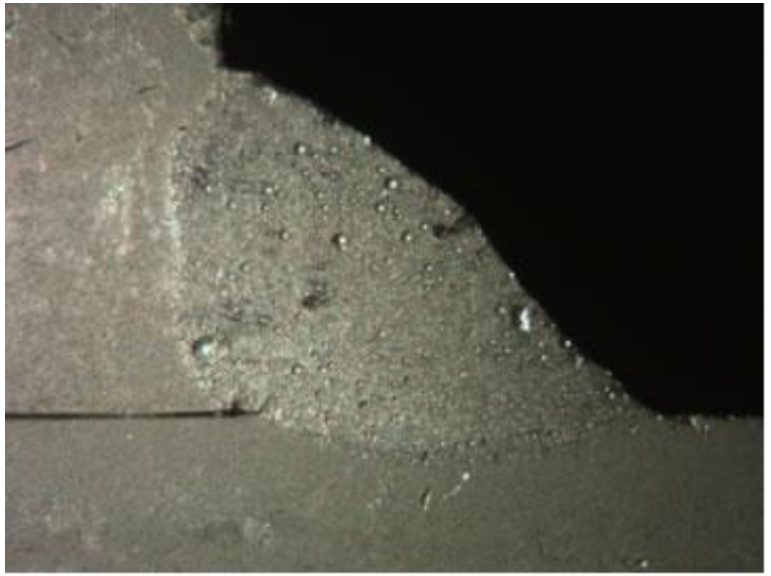
(۳) تخلخل (Porosity)

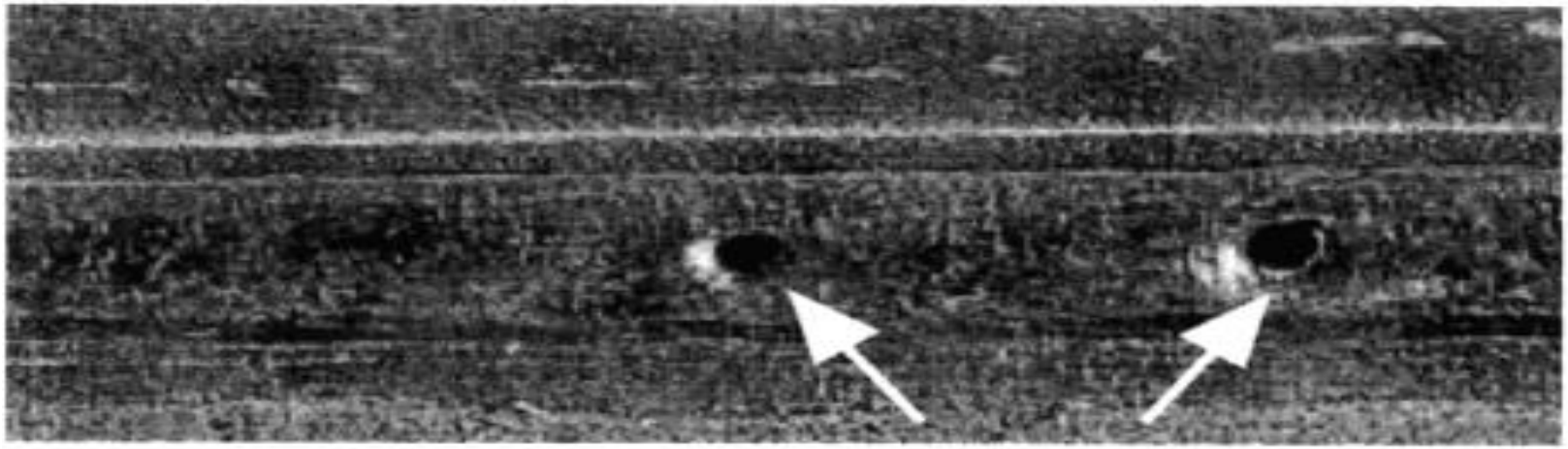


عیب‌های جوش

(۳) تخلخل (Porosity)



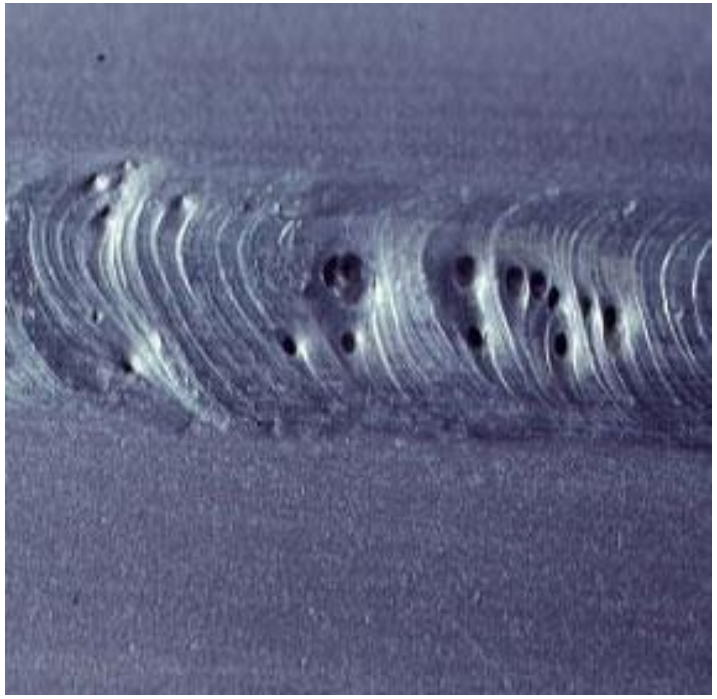


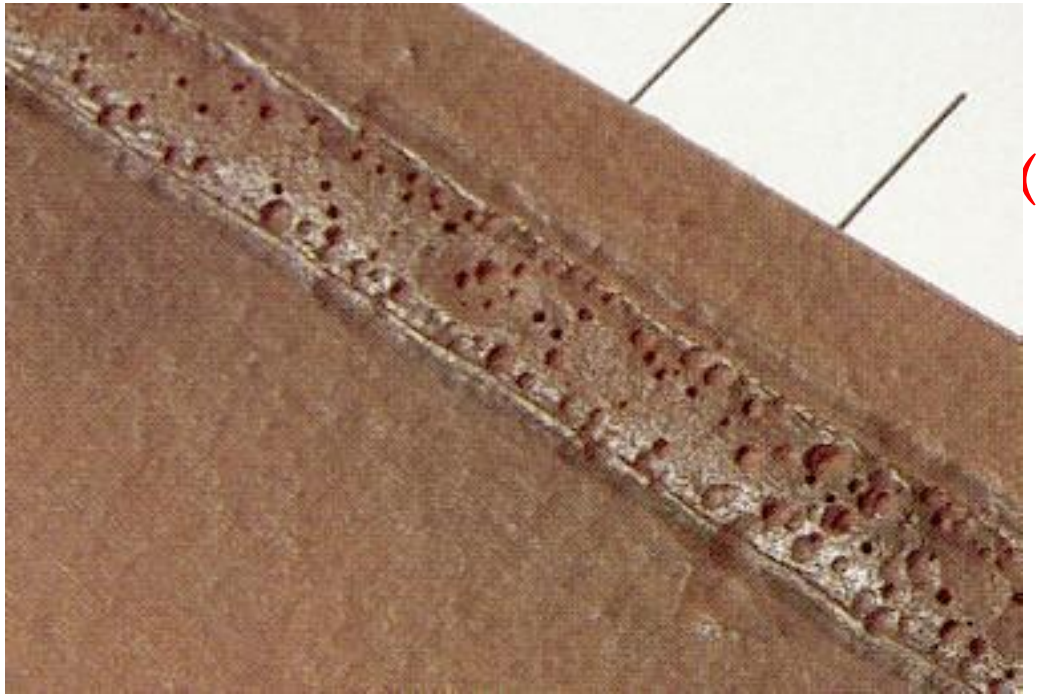


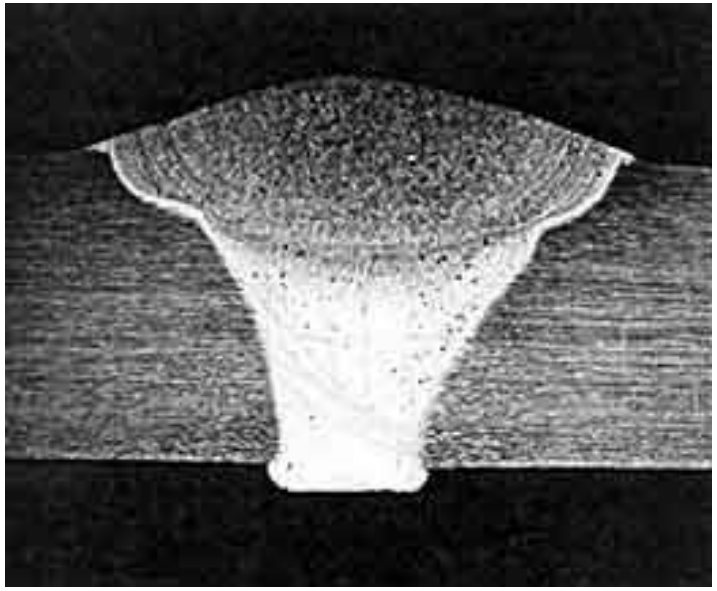
Porosity (pits) appeared in the surface of a weld bead

عیب‌های جوش

(۳) تخلخل (Porosity)





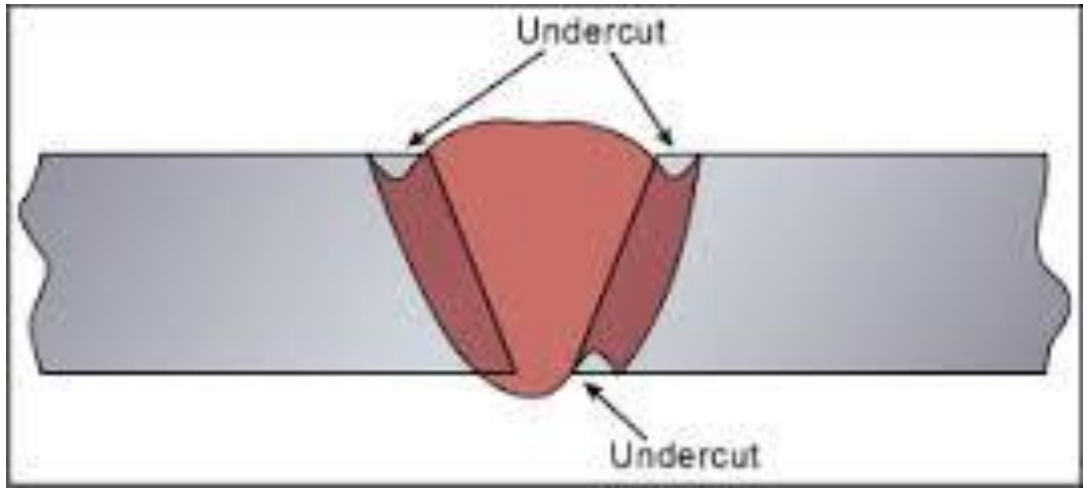


عیب‌های جوش

(۴) بریدگی کناره جوش (Undercut)

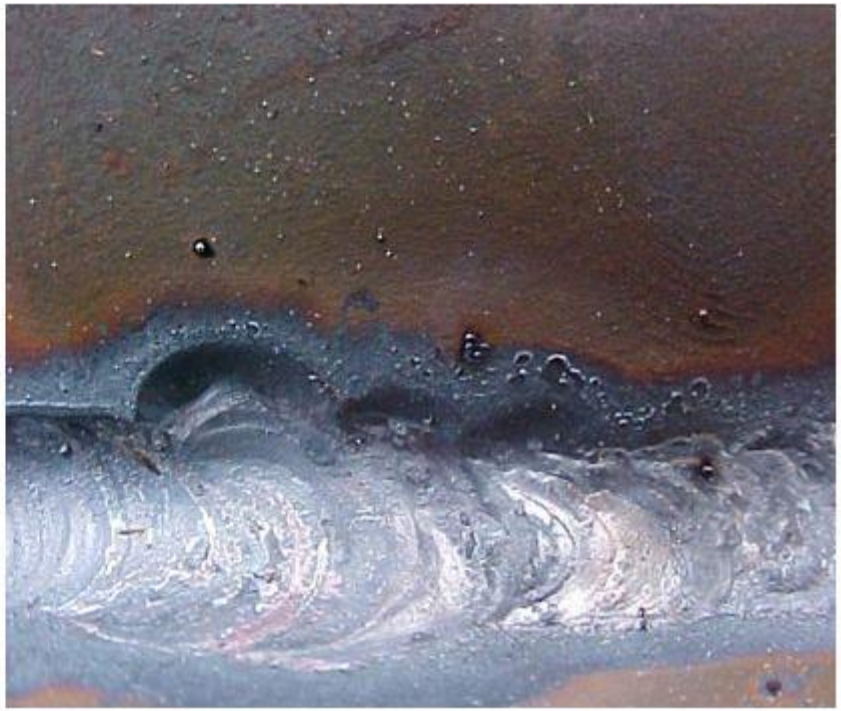
سوختگی کناره جوش و یا به عبارت دیگر وجود زبانه یا شکاف در اطراف منطقه جوش که به صورت منقطع یـا پیوسته با عمق کم یا زیاد در سرتاسر مسیر جوش است را سوختگی یا بریدگی کناره جوش می‌نامند.

- استفاده از آمپر بالا (شدت جریان بیش از اندازه)
- بالا بودن طول قوس
- استفاده از الکترودهای قطور (نامناسب)
- حرکت موجی زیاد دستِ جوشکار
- متمایل بودن بیش از حد زاویه الکترود به سطح ورق



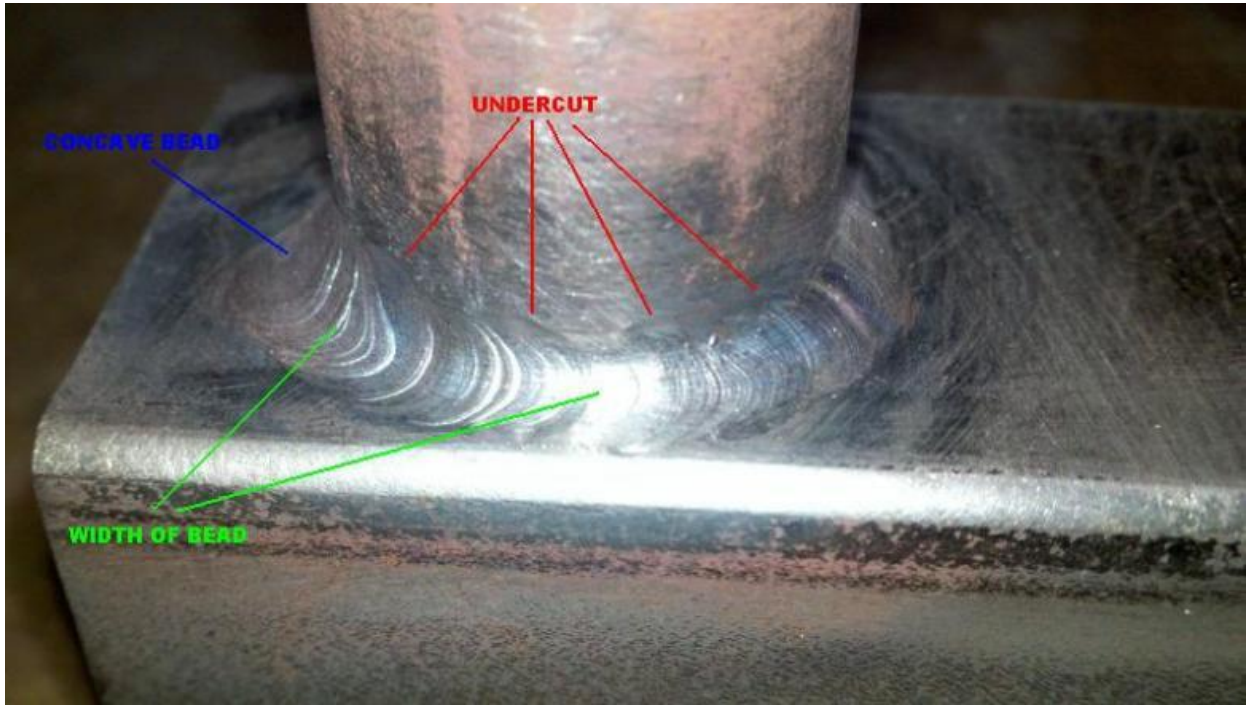
عیب‌های جوش

(۴) بریدگی کناره جوش (Undercut)



عیب‌های جوش

(۴) بریدگی کناره جوش (Undercut)



عیب‌های جوش

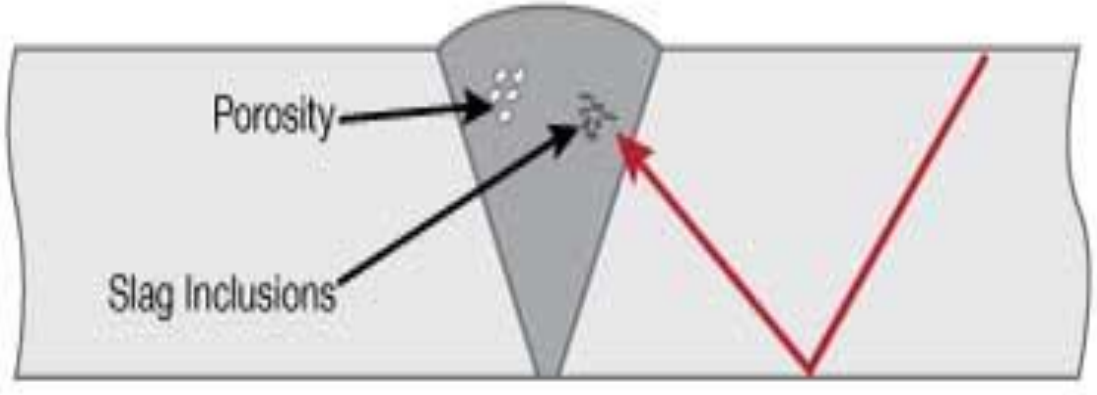
(۴) بریدگی کناره جوش (Undercut)

تاثیر سرعت حرکت جوشکار

عیب‌های جوش

(۵) ناخالصی‌های حبس شده (حبس سرباره – Slag Inclusion)

هر نوع ذرات غیرفلزی که در یک اتصال جوش بوجود بیآید را اصطلاحاً آخال می‌گویند. وجود چنین ذراتی در جوش به «حبس سرباره» معروف است، ولی دلیل آن صرفا سرباره نبوده و ممکن است ناشی از واکنش شیمیایی گاز و فلز باشد.



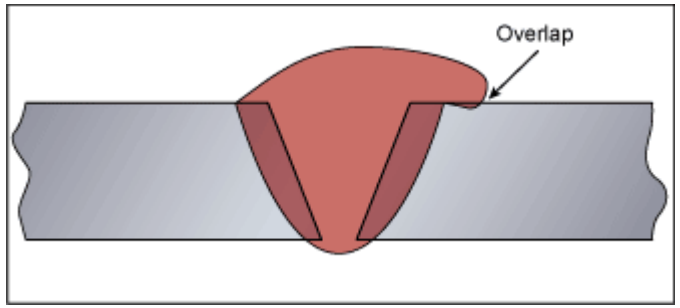
- پاک نشدن مناسب سرباره یا گل جوش پاس‌های قبل
- عدم استفاده از آمپرهای مناسب
- آماده‌سازی نامناسب قطعه برای جوشکاری
- ریخته شدن پوسته شکسته شده‌ی الکترود به داخل ذوب
- ورود هوا در اثر سهل انگاری جوشکار در حرکات نامناسب الکترود

عیب‌های جوش

(۶) سر رفتن جوش روی فلز پایه، لوچه (Overlap)

لوچه یا سر رفتن مذاب عبارت است از جاری شدن فلز جوش روی فلز پایه بدون ذوب نمودن کامل آن که در اثر بکار گیری تکنیک نامناسب جوشکاری ایجاد می‌شود.

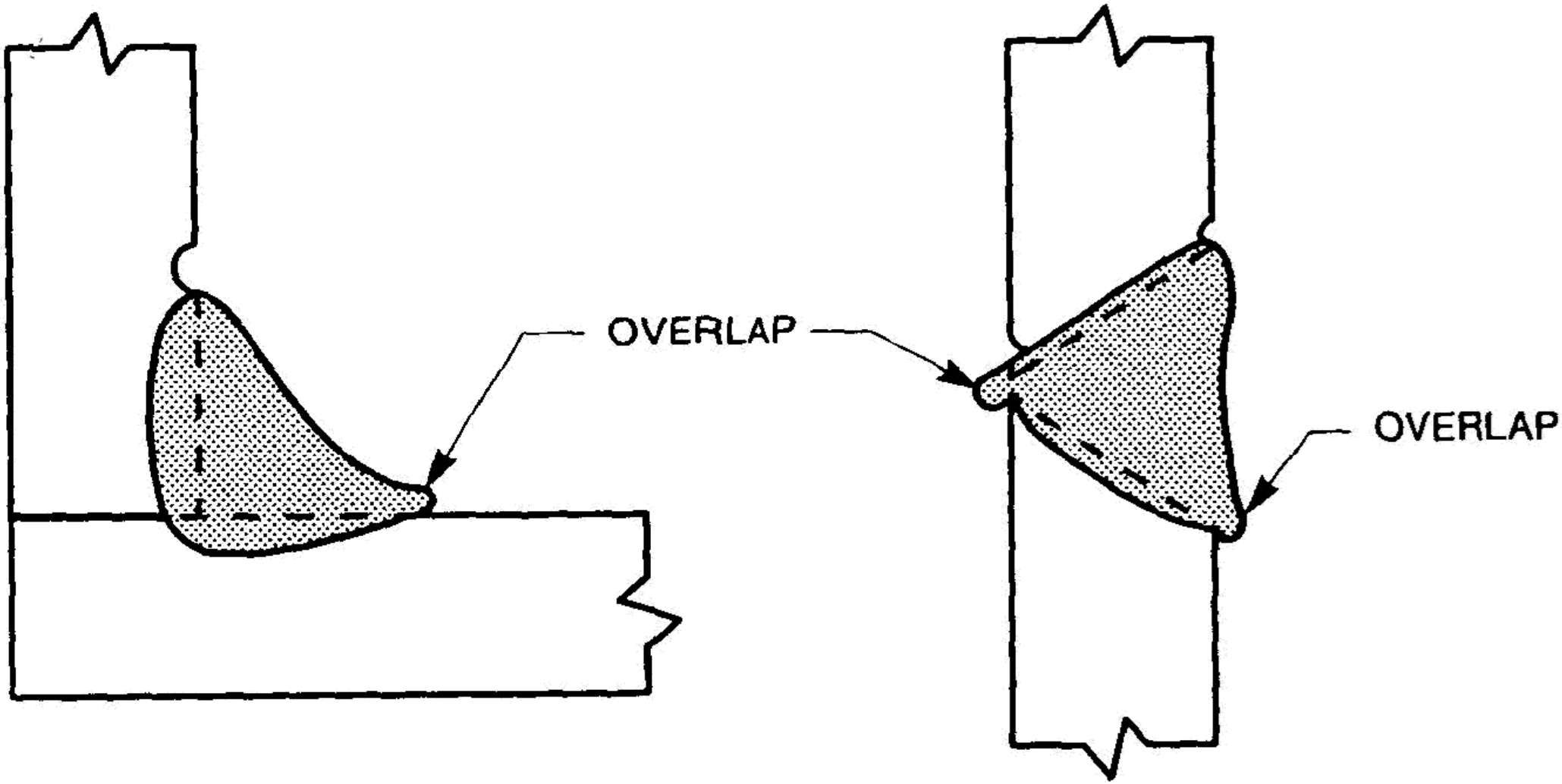
در اثر ذوب سریع فلز الکترود و مقدار زیادِ آن، ماده مذاب بر روی فلز پایه که هنوز به اندازه کافی گرم نشده می‌ریزد.



- سرعت حرکت نادرست جوشکار (سرعت کم)
- جوشکاری با زاویه نامناسب الکترود نسبت به قطعه کار
- استفاده از الکترود با قطر بالا
- آلوده و کثیف بودن سطوح قطعات به طوریکه مانع از ذوب فلز در زیر آلودگی شوند.

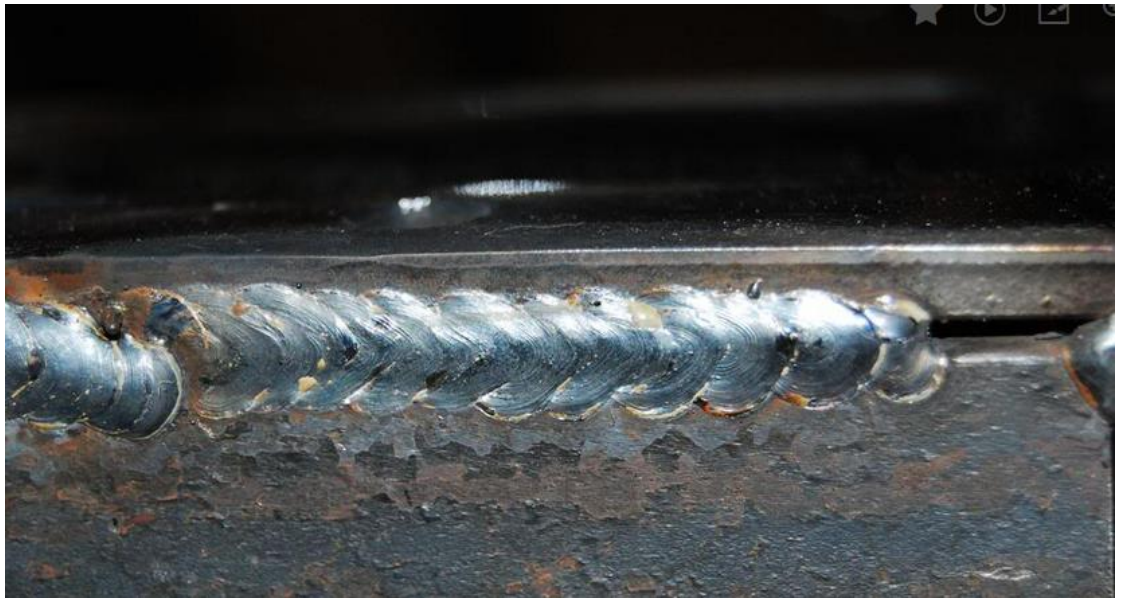
عیب‌های جوش

(۶) سر رفتن جوش روی فلز پایه، لوچه (Overlap)



عیب‌های جوش

(۶) سر رفتن جوش روی فلز پایه، لوچه (Overlap)

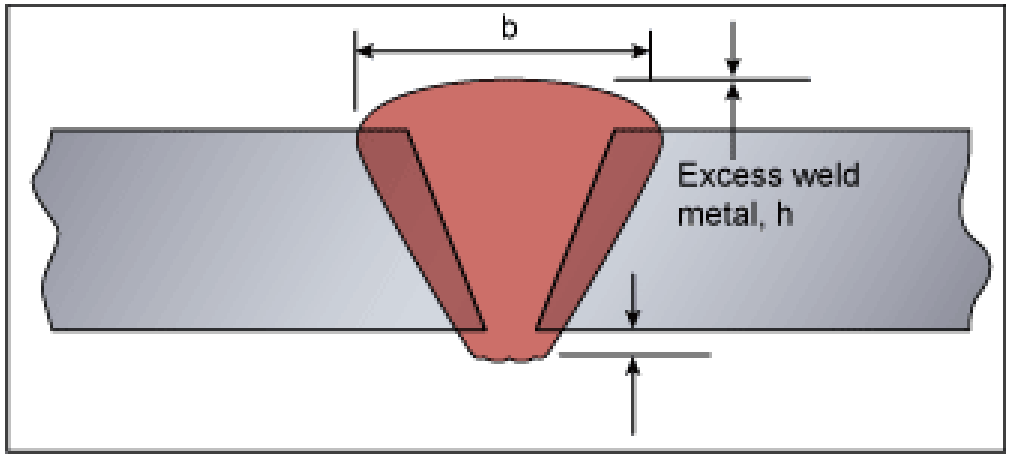


عیب‌های جوش

(۷) گرده اضافی در جوش (Excess Weld)

فلز جوش اضافه بر مقدار مورد نیاز برای پر کردن درز اتصال را گـرده اضـافی جـوش می‌نامنـد. مشـکل اصلی گرده جوش، امکان ایجاد گوشه‌های تیز در نواحی پنجه جوش است که با افـزایش ارتفـاع گـرده، حساسیت بیشتری در این ناحیه ایجاد می‌شود.

گردهٔ اضافی می‌تواند در پاس ریشه و یا پاس نهایی اتفاق بیافتد.



- به‌کار نبردن دقت لازم
- استفاده از الکترود با قطر نامناسب (قطر بزرگتر از مورد نیاز)
- مسلط نبودن جوشکار به حرکت دست

عیب‌های جوش

(۷) گرده اضافی در جوش (Excess Weld)

عیب‌های جوش

(۸) لکه جوش (Arc Strike) – فلاش سرگردان (Stray Flash)

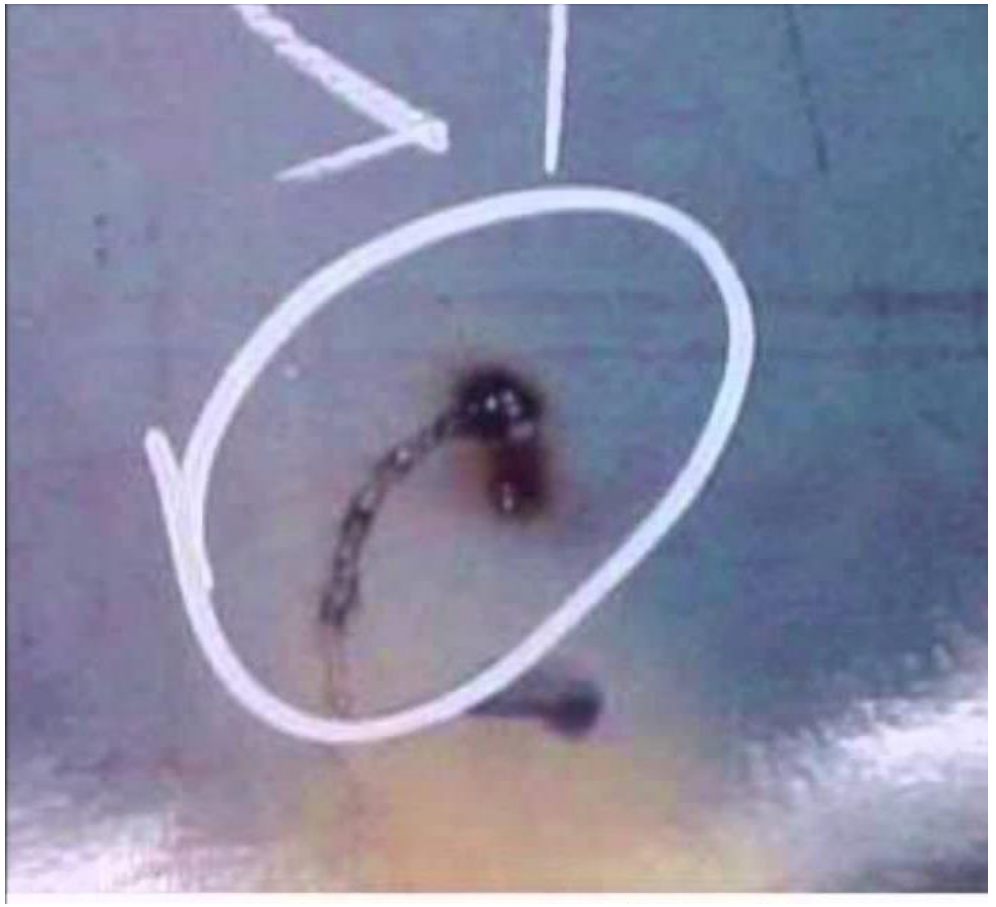
لکه جوش در اثر روشن کردن قوس روی سطح فلز پایه، خارج از درز اتصال به‌وجود می‌آید که در اثر آن، مناطق کوچکی روی سطح فلز پایه به طور سطحی ذوب شده و سریعاً سرد می‌گردد.

لکه قوس قابل پذیرش نیست و وجود آن باعث ترک در فلز پایه می‌گردد.

- الکترود به طور ناخواسته با فلز پایه برخورد نماید.
- نگهدارنده الکترود که از عایق خوبی برخوردار نیست، قطعه کار را لمس کند.
- برای روشن کردن قوس از نقطه‌ای خارج از درز اتصال استفاده شود.

عیب‌های جوش

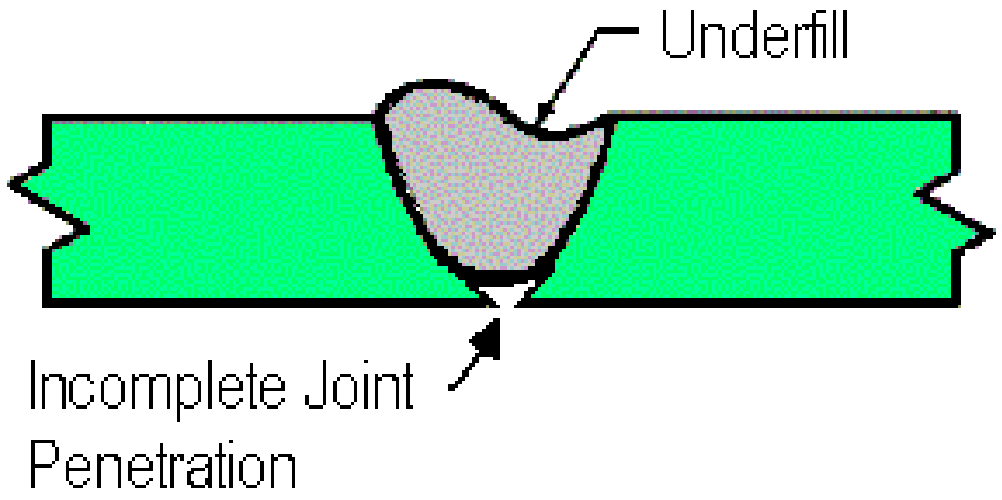
(۸) لکه جوش (Arc Strike) – فلاش سرگردان (Stray Flash)



عیب‌های جوش

(۹) عدم پرشدگی شیار (Under Fill or Incompletely Filled Groove)

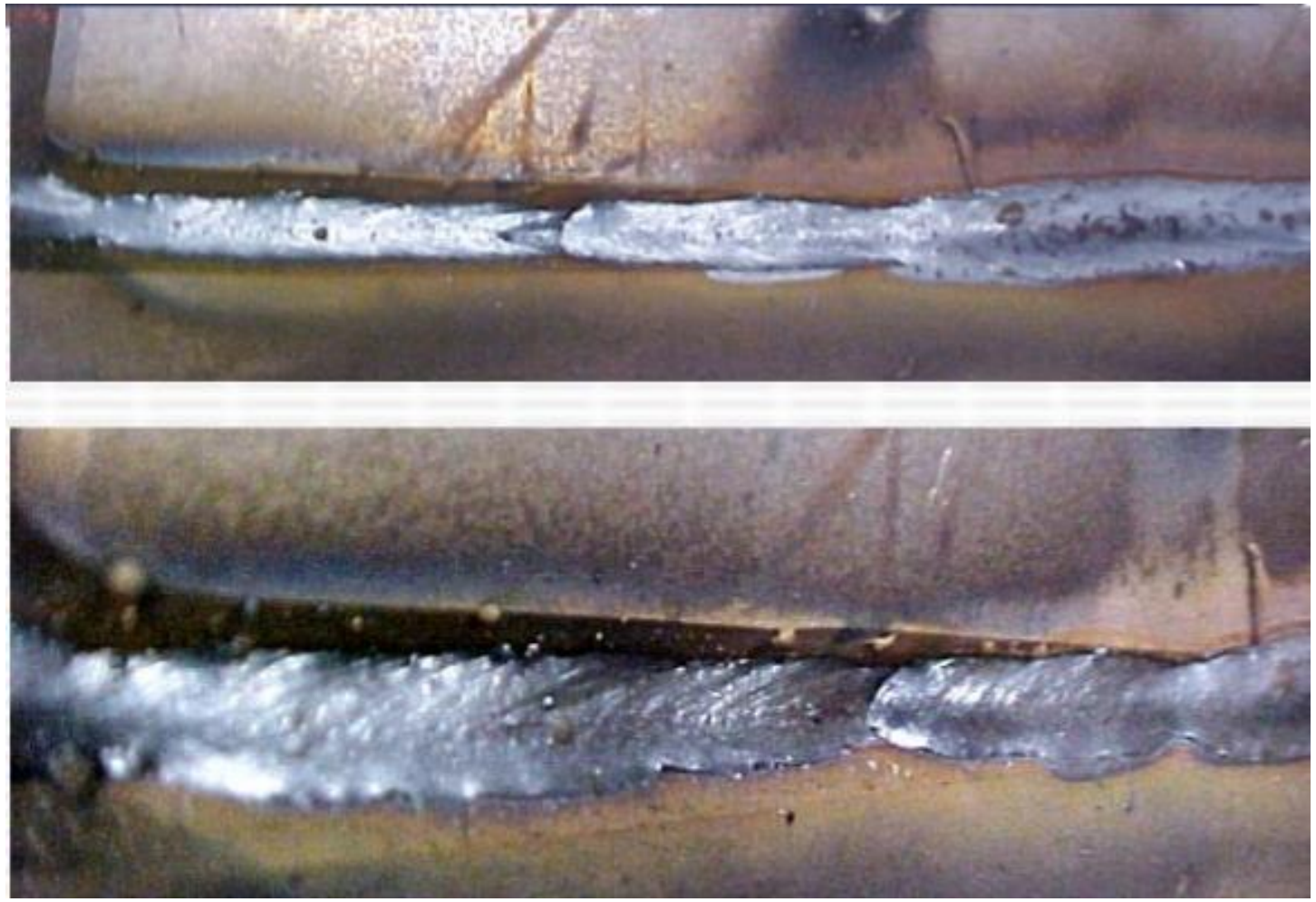
این عیب سطحی در اثر کمبود رسوب فلز جوش در مقطع جوش شیاری رخ می‌دهد، به عبارتی عدم پر شدگی شیار، زمانی ایجاد می‌شود که فلز پرکننده رسوب داده شده جهت پر کردن شیار، کافی نباشد.

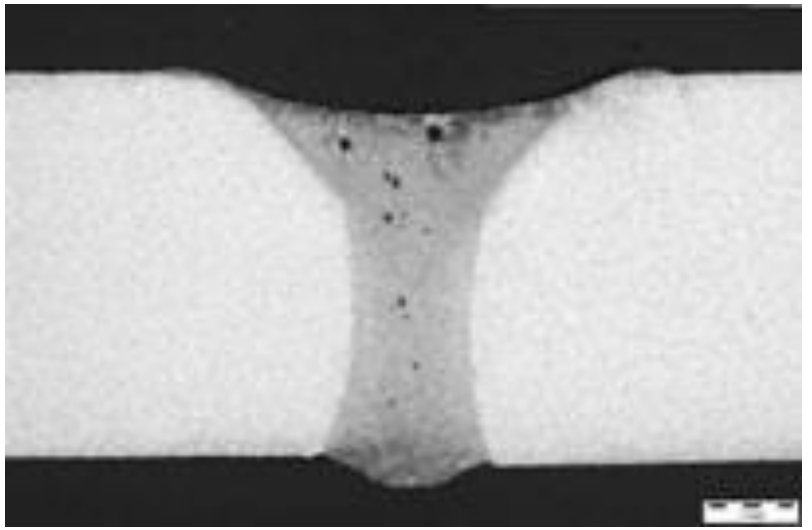


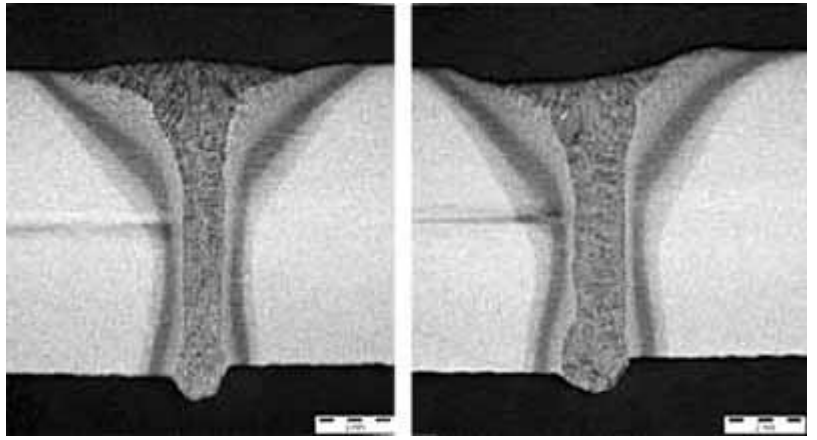
- ناکافی بودن فلز جوش وارد شده به حوضچه مذاب
- استفاده از الکترود کوچکتر و سرعت زیاد جوشکار
- مناسب نبودن تکنیک جوشکاری

عیب‌های جوش

(۹) عدم پرشدگی شیار (Under Fill or Incompletely Filled Groove)

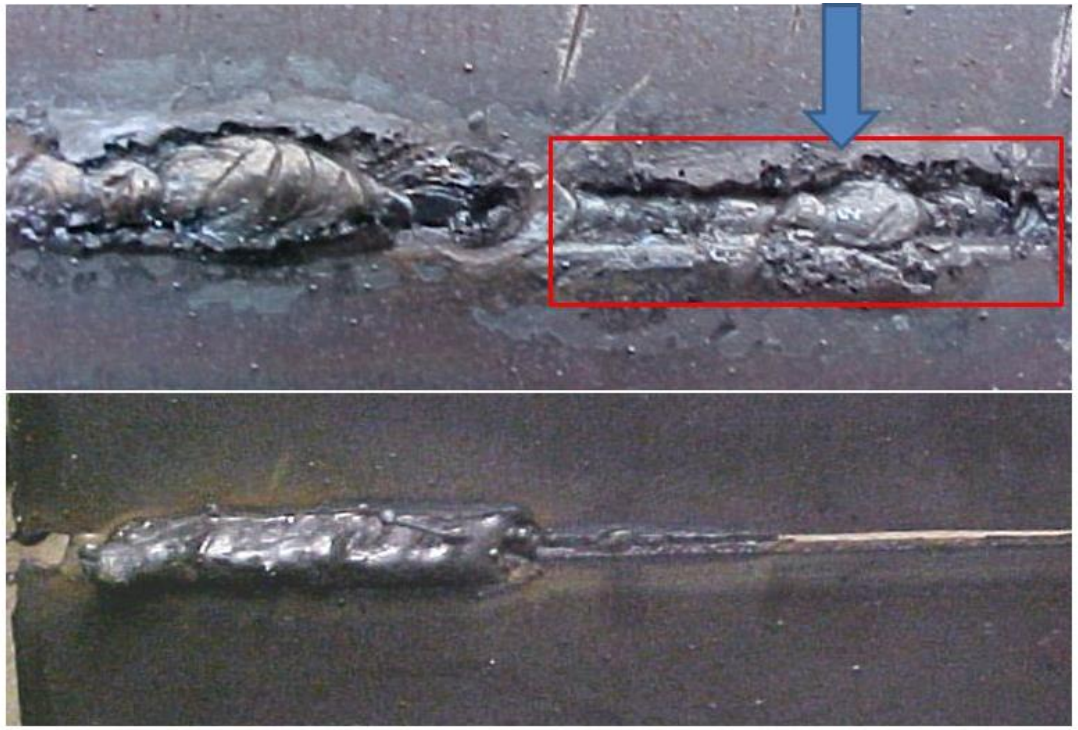


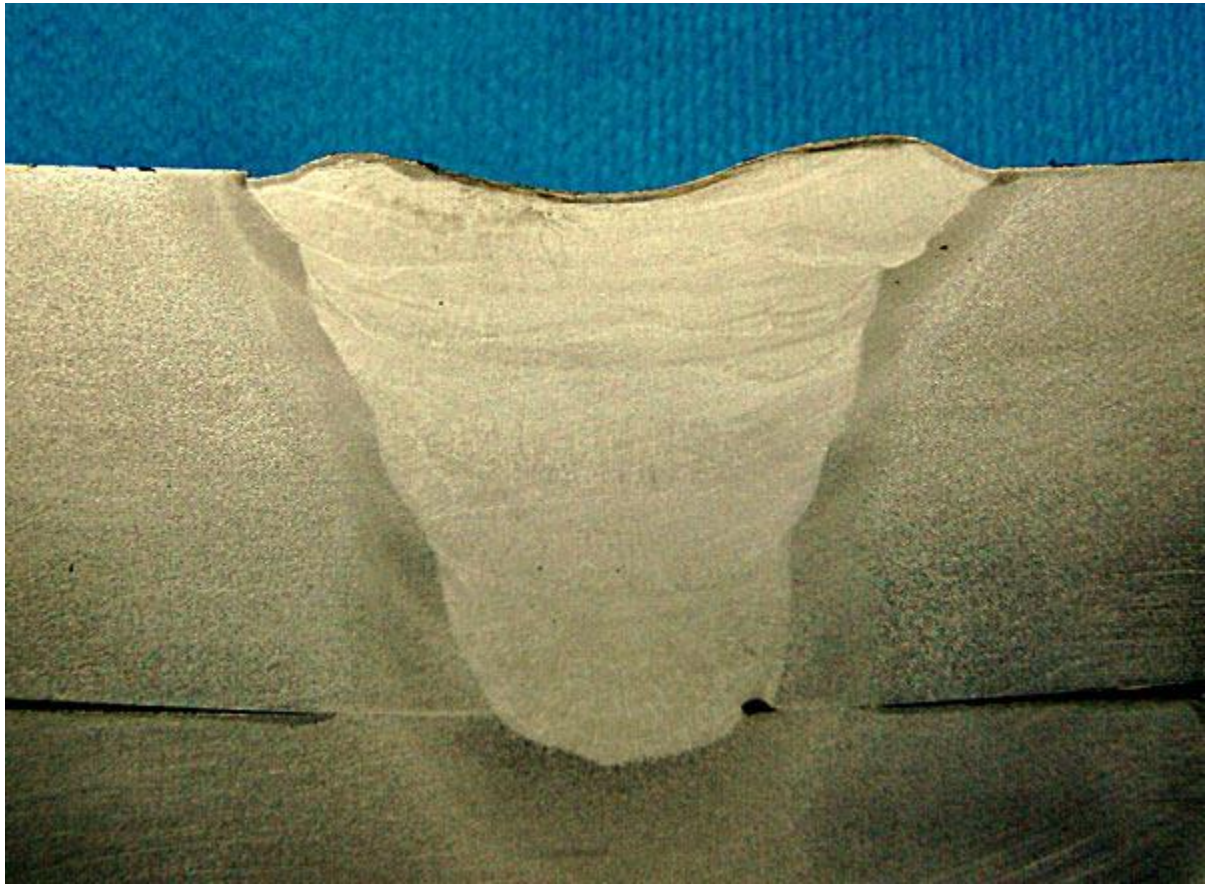




عیب‌های جوش

(۹) عدم پرشدگی شیار





عیب‌های جوش

(۱۰) جرقه و پاشش (Spatter)

جرقه و پاشش عبارت است از ذرات فلزی که در حین جوشکاری ذوبی به اطراف پرتاب شده و به عنوان بخشی از فلز جوش محسوب نمی‌شوند..

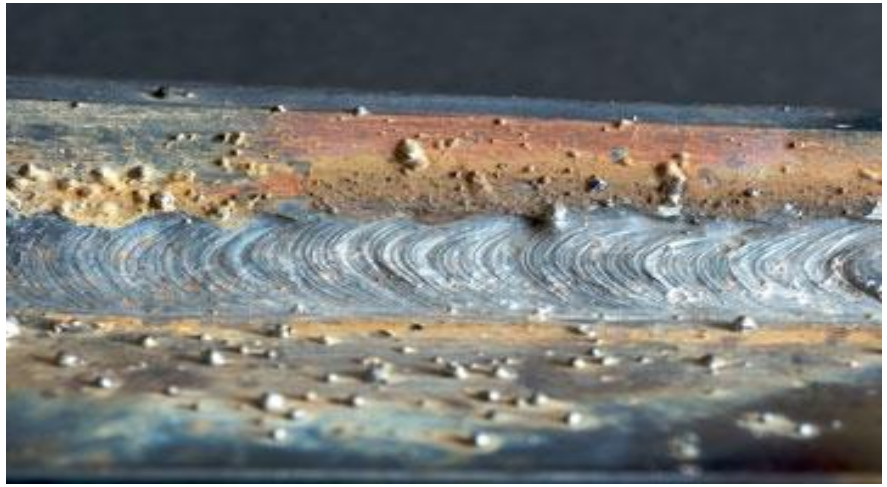
- انرژی بیش از حد قوس
- طول بیش از حد قوس
- استفاده از الکترود مرطوب
- وزش قوس (تغییر مسیر قوس در اثر بوجود آمدن میدان الکترومغناطیسی در اطراف قوس)

عیب‌های جوش

(۱۰) جرقه و پاشش (Spatter)

عیب‌های جوش

(۱۰) جرقه و پاشش



عیب‌های جوش

(۱۱) ترک در جوش (Cracks)

- **ترک خوردگی گرم:** در درجه حرارت زیاد و در خلال سرد شدن ناگهانی جوش پس از آنکه فلز جوش رسوب و شروع به انجماد نماید، اتفاق می‌افتد. اکثر ترک‌های جوشکاری ترک‌خوردگی گرم هستند.
- **ترک‌خوردگی سرد:** به ترک‌هایی اطلاق می‌شود که در دمای معمولی اتاق یا درجه حرارتی نزدیک به آن اتفاق می‌افتند. این ترک‌ها ممکن است ساعت‌ها و یا روزها بعد از سرد شدن جوش حادث شوند. وقوع ترک‌خوردگی سرد در فولاد در مقایسه با سایر فلزات، بیشتر است.
- **ترک‌های مویی:** از نوع ترک‌های سرد و گم هستند. این ترک‌ها به قدری ریز هستند که با چشم غیرمسلح قابل دیدن نیستند و برای اینکه قابل رویت باشند حداقل به ۱۰ مرتبه بزرگ‌نمایی نیاز دارند، این ترک‌ها معمولا عمر مفید سازه‌های معمولی (تحت بارهای ایستا) را کاهش نمی‌دهند.

عیب‌های جوش

(۱۱) ترک در جوش (Cracks)

- **لکه قوس:** لکه‌هایی که از برخورد عامدانه یا تصادفی الکترود با سطح کار به‌وجود می‌آید، حالتی آبله‌گونه روی سطح کار ایجاد می‌کند که ممکن است ترک‌های ریزی در اطراف آن ایجاد شود.
- **ترک طولی بریدگی:** اگر جوشکاری از لبه‌ی ورق شروع شده و روند آن به سمت داخل ورق باشد، یک ترک در طول لبه جوش در قسمت پنجه اتفاق خواهد افتاد. ترک‌ها ممکن است در نتیجه پدیده بریدگی جوش نیز اتفاق بیافتد.

عیب‌های جوش

(۱۱) ترک در جوش (Cracks)

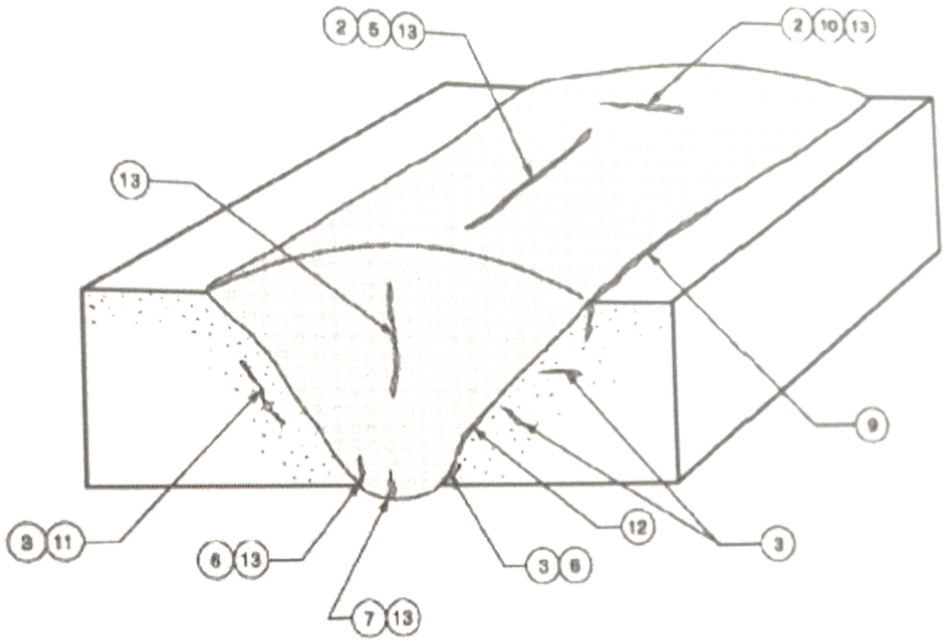
- **<u>علل اصلی ایجاد ترک در جوش:</u>**

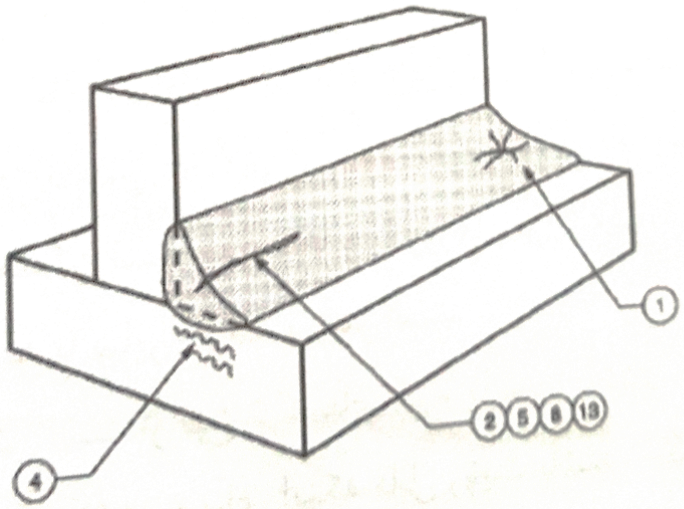
- نفوذ هیدروژن
- نسبت عمق به عرض زیاد
- تعقر سطح جوش
- عدم پیش‌گرمایش مناسب درز جوش
- وجود چاله انتهای جوش پر نشده
- وجود رطوبت در الکترود
- طرح نامناسب درز جوش

عیب‌های جوش

(۱۱) ترک در جوش (Cracks)

۱ ـ ترک چالهٔ جوشی
۲ ـ ترک سطحی
۳ ـ ترک در ناحیهٔ تفتیده
۴ ـ پارگی لایه‌ای
۵ ـ ترک طولی
۶ ـ ترک در پاس ریشه
۷ ـ ترک در سطح پاس ریشه
۸ ـ ترک گلویی جوش
۹ ـ ترک پنجه
۱۰ ـ ترک عرضی
۱۱ ـ ترک زیر سطح جوش
۱۲ ـ ترک فصل مشترک جوش
۱۳ ـ ترک فلز جوش





عیب‌های جوش

(۱۱) ترک در جوش (Cracks)

انواع ترک‌های محتمل در جوش بر اساس محل وقوع ترک و دلیل آن عبارتند از:

۱. وقوع ترک در نوار (زنجیره) جوش (به‌صورت ظاهری یا داخلی[۸])؛

۲. ترک در ناحیه‌ای از فلز پایه که تحت تأثیر دمای جوش، تغییر حالت متالورژیک می‌دهد. به‌این ناحیه، ناحیهٔ تفتیده می‌گویند (ترک در زیر نوارجوش[۹])؛

۳. ترک در جوش در هنگام بهره‌برداری (ترک مقاومتی).

عیب‌های جوش

(۱۱) ترک در جوش (Cracks)

عواملی که باعث وقوع ترک در نوار جوش می‌شوند (به‌صورت ظاهری یا داخلی)

۱ ــ گیرداری درز که باعث به‌وجود آمدن تنش‌های انقباضی زیاد در جوش می‌شود.

۲ ــ هندسه مقطع نوار (زنجیرهٔ) جوش[۱] با سرد شدن، جوش تمایل به‌انقباض پیدا می‌کند. جوش با سطح محدب در گلوی خود مصالح کافی برای مقابله با کشش‌های دومحوری را دارد. لیکن در نوارجوش با سطح مقعر، تنش‌های کششی عرضی قابل‌توجهی به‌وجود می‌آید که می‌تواند یک ترک طولی در زنجیرهٔ جوش به‌وجود آورد.

در یک جوش با نفوذ زیاد که عمق آن بیش از عرضش باشد، در صورت گیرداری درز، وقوع ترک‌های داخلی محتمل می‌باشد.

عیب‌های جوش

(۱۱) ترک در جوش (Cracks)

۳ ــ میزان کربن و آلیاژها در فلز پایه. هرچه میزان کربن و آلیاژ در فلز پایه زیاد باشد، کاهش در شکل‌پذیری فلزجوش افزایش یافته و احتمال وقوع ترک بیشتر می‌شود.

۴ ــ دخول حفرات هیدروژن از روکش الکترود در نوار جوش، باعث به‌وجود آمدن رطوبت در سطح فلز پایه شده و در نتیجه آلودگی این سطح می‌شود.

۵ ــ سرد شدن سریع جوش که آثار ۳ و ۴ را افزایش می‌دهد.

عیب‌های جوش

(۱۱) ترک در جوش (Cracks)

عواملی که باعث وقوع ترک در حوزهٔ تأثیر حرارت (ناحیهٔ تفتیده) در فلز پایه می‌شوند (ترک در زیر نوارجوش)

۱ ــ میزان کربن یا آلیاژ زیاد که باعث افزایش قابلیت سخت‌شدگی و کاهش شکل‌پذیری حوزهٔ تأثیر حرارت می‌شوند. (در فولادی که قابلیت سخت‌شدگی ندارد، امکان وقوع ترک زیر نوارجوش وجود ندارد).

۲ ــ تردی هیدروژنی[۱۱] ناحیهٔ ذوب‌شده به‌علت دخول هیدروژن از فلزجوش.

۳ ــ سرعت سرد شدن که بر هریک از دو عامل ۱ و ۲ مؤثر است.

عیب‌های جوش

(۱۱) ترک در جوش (Cracks)

عواملی که باعث وقوع ترک در جوش در هنگام بهره‌برداری می‌شوند (ترک مقاومتی)

تحت شرایط بهره‌برداری، جوش ترک[۱۲] نمی‌خورد، لیکن در صورتی که به‌خوبی طرح نشده باشد، وقوع ترک مقاومتی در آن امکانپذیر است. وقوع دو نوع خرابی در جوش در هنگام بهره‌برداری محتمل است و باید توسط طراح مدنظر قرار گیرد:

۱ ــ تردی ناشی از زخم[۱۳] که باعث شکست[۱۴] جوش یا فلز پایه در حوزهٔ تأثیر حرارتی، تحت بارهای ضربه‌ای بزرگ در درجه حرارت پایین می‌گردد.

۲ ــ ترک خستگی به‌علت اثر زخم ناشی از هندسهٔ نامناسب درز. این نوع شکست تحت بارهای متناوب با تکرار و دامنهٔ بزرگ به‌وجود می‌آید.

عیب‌های جوش

(۱۱) ترک در جوش (Cracks)

عواملی که باید کنترل گردند

۱. ***شکل نوار (زنجیره)*** : سطح نوار جوش باید قدری محدب بوده و دارای نسبت عرض به‌عمق مناسب باشد. این مسئله باید در جوش‌های یک پاسه و جوش ریشه در جوش‌های چندپاسه مورد توجه قرار گیرد.

۲. ***گیرداری درز*** : در هنگام طراحی و اجرا باید گیرداری درز را به‌حداقل رساند.

۳. ***میزان کربن و آلیاژها*** : در هنگام انتخاب نوع فولاد باید دقت گردد که موازنه‌ای بین هزینهٔ فولاد و هزینهٔ جوش برقرار گردد. انتخاب فولادهای پرمقاومت هرچند که باعث کاهش هزینهٔ فولاد می‌گردد،

عیب‌های جوش

(۱۱) ترک در جوش (Cracks)

لیکن به‌علت وجود میزان کربن زیاد و یا آلیاژها، و به‌خصوص عناصری مثل سولفور یا فسفر، که تأثیر منفی بر کیفیت جوش دارند، افزایش قابل توجهی در هزینهٔ جوشکاری وجود خواهد داشت. این دو هزینه باید قابل موازنه باشند.

۴. ***دخول هیدروژن*** : برای جلوگیری از دخول حباب‌های هیدروژن، از مصالح جوش کم‌هیدروژن استفاده گردد.

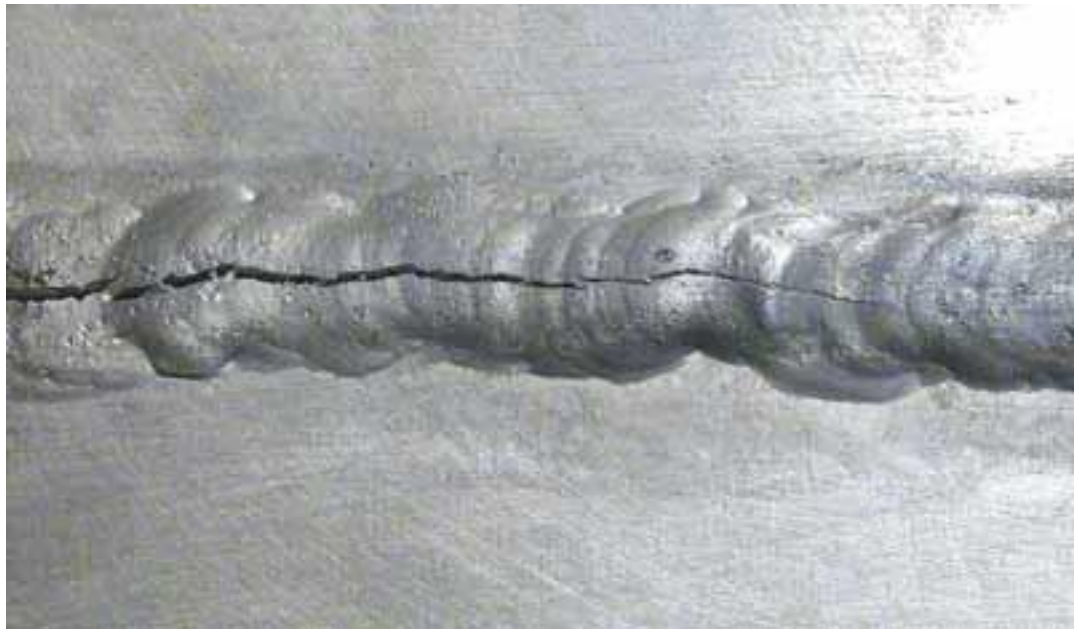
عیب‌های جوش

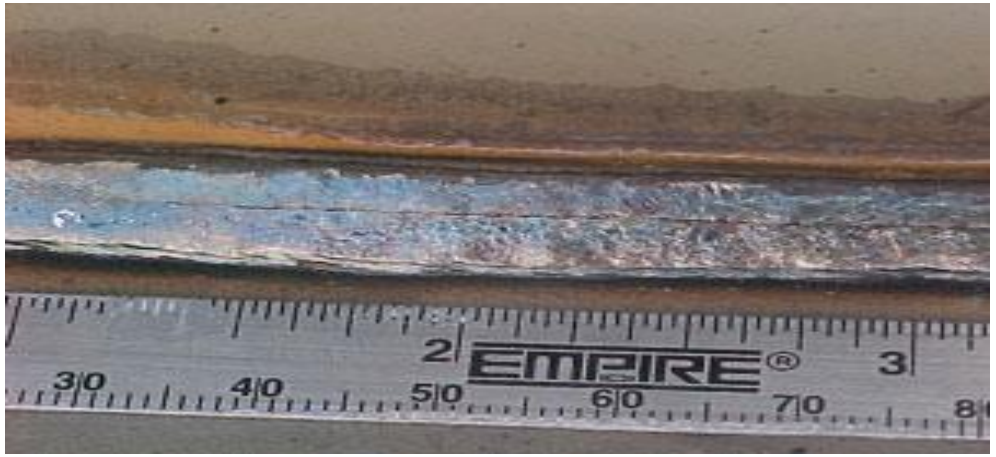
(۱۱) ترک در جوش (Cracks)

۵. ***حرارت ورودی*** : باید کل حرارت ورودی کنترل گردد. این حرارت شامل پیش‌گرمایش، حرارت القایی به‌واسطهٔ جوشکاری، گرمایش در حد فاصل پاس‌های مختلف، و پس‌گرمایش به‌منظور جلوگیری از سرد شدن سریع می‌باشد. حرارت القایی کمتر، باعث کاهش تنش‌های انقباضی، و کاهش سرعت سرد شدن که از تردی زیاد حوزهٔ تأثیر حرارت[۱۵] می‌کاهد، می‌گردد. این دو عامل از عوامل مهم بروز ترک در جوش می‌باشند.

عیب‌های جوش

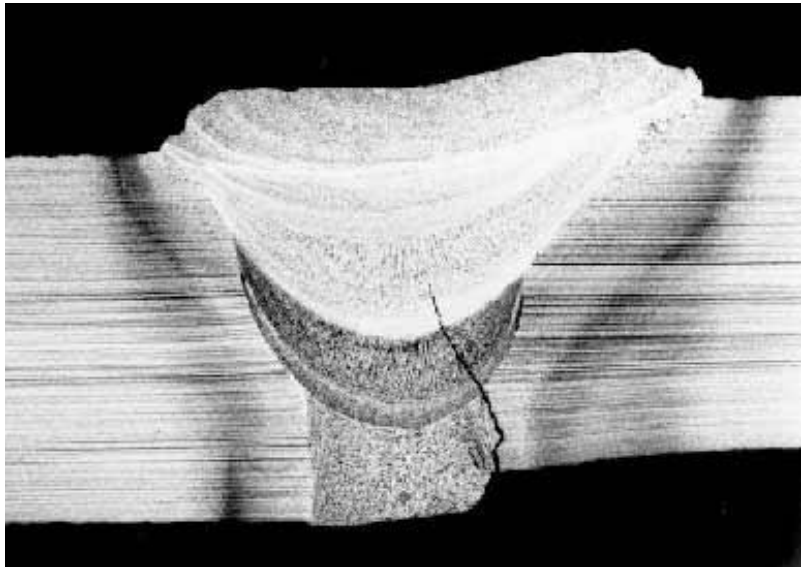
(۱۱) ترک در جوش (Cracks)

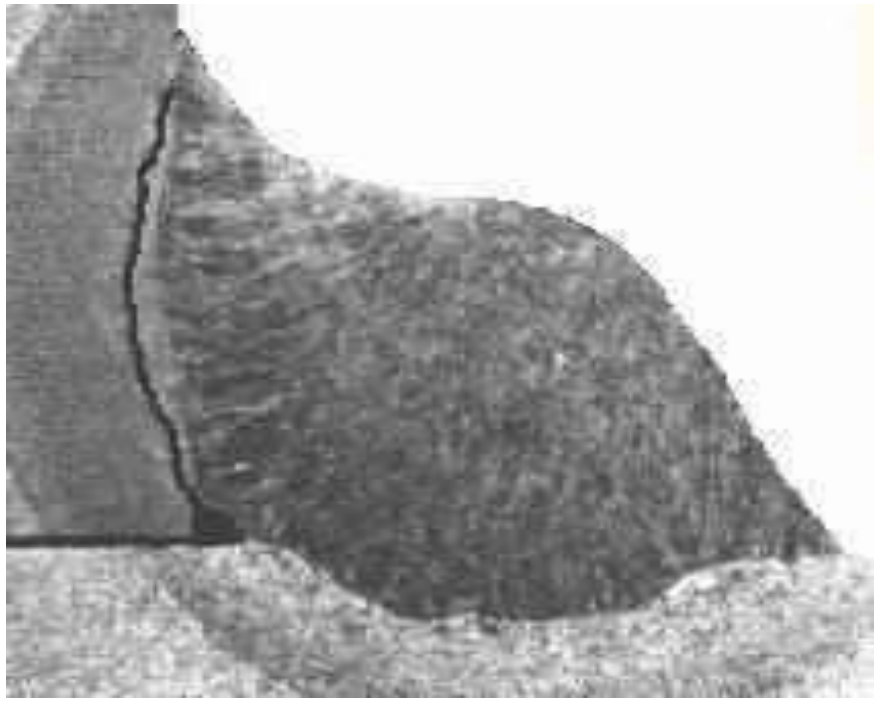


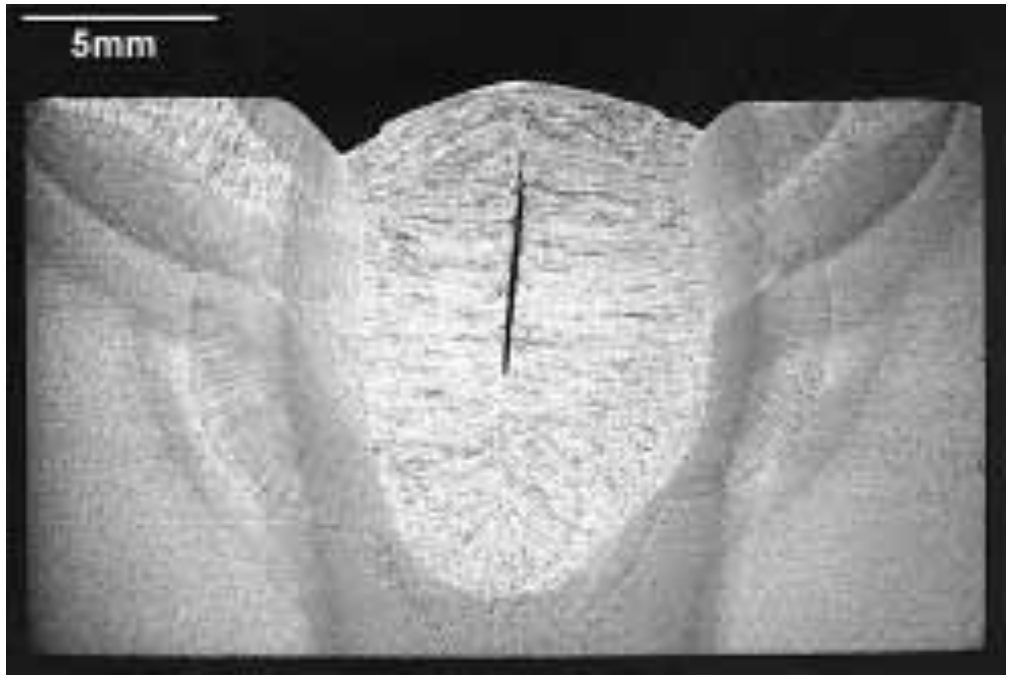


عیب‌های جوش

(۱۱) ترک در جوش (Cracks)

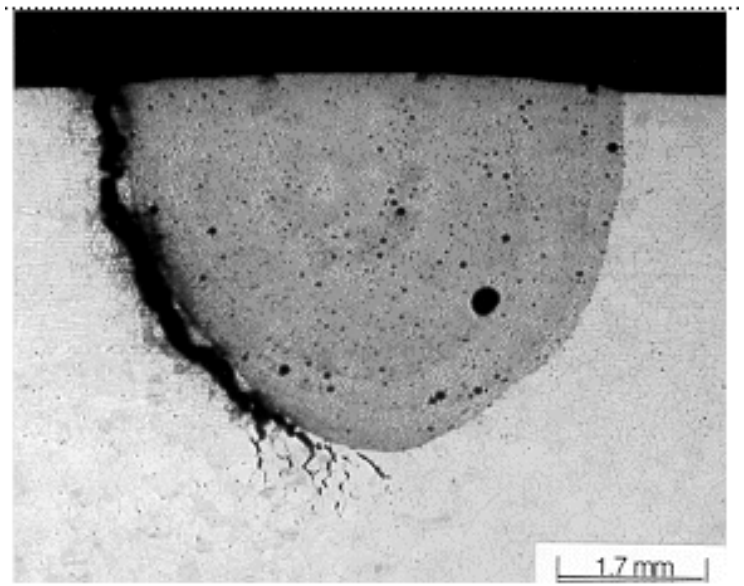


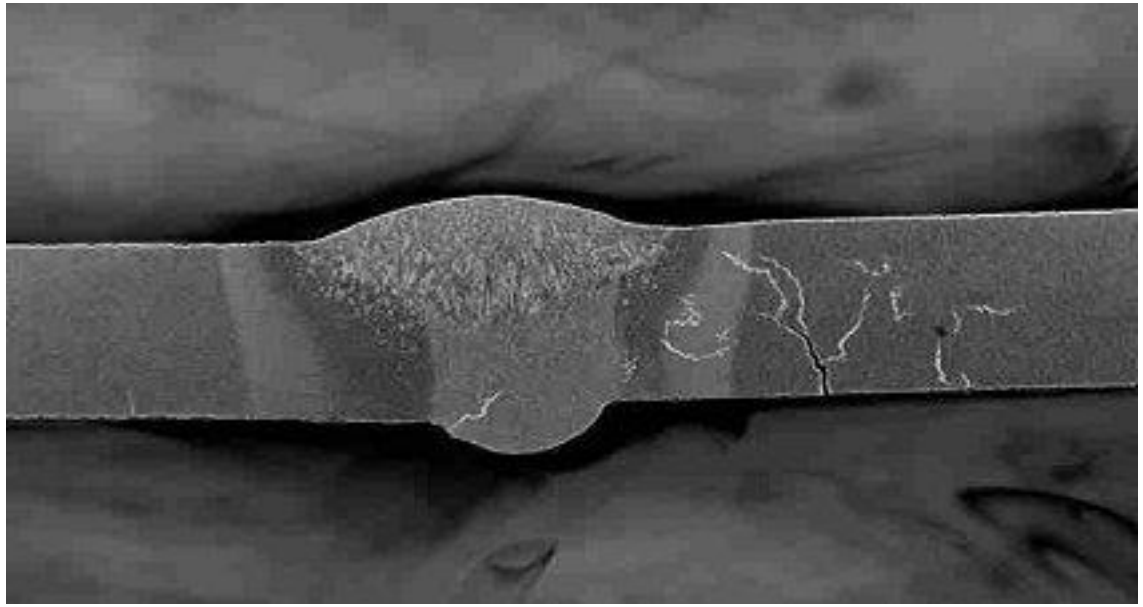




عیب‌های جوش

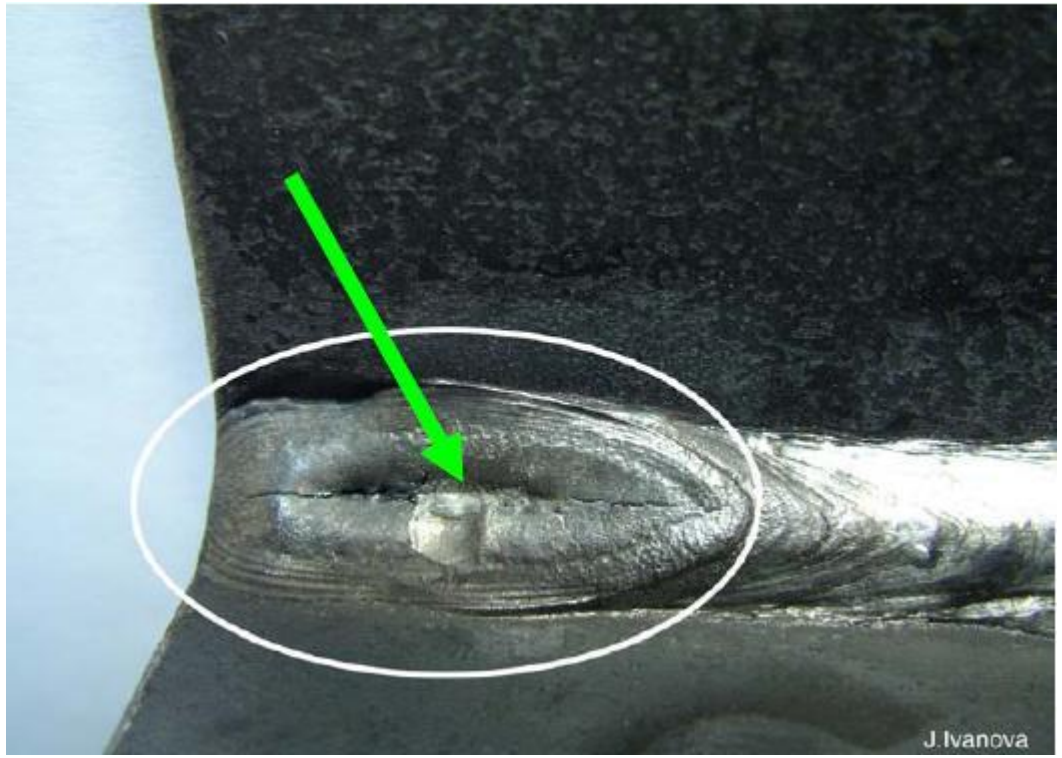
(۱۱) ترک در جوش (Cracks)

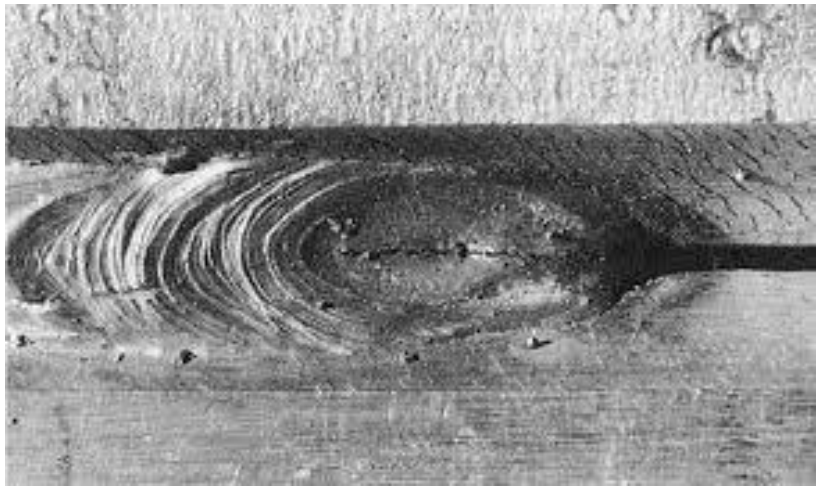




عیب‌های جوش

(۱۱) ترک در جوش (Cracks)





عیب‌های جوش

(۱۱) ترک در جوش (Cracks)

عیب‌های جوش

(۱۱) ترک در جوش (Cracks)