

مراجع

- ۱- "طراحی سازه های فولادی"، دکتر مجتبی ازهری و دکتر سید رسول میرقادری، انتشارات ارکان دانش، شش جلد. جلد ششم مناسب برای درس سازه های فولادی ۲ است (به روش حدی)
- ۲- "طراحی سازه های فولادی به روش تنش مجاز و حدی"، شاپور طاحونی، ۲ جلد
- ۳- طراحی سازه های فولادی به روش ضریب بالا و ضریب مقاومت (LRFD) ، دکتر فریدون ایرانی، دانشگاه امام رضا (ع).
- ۴- طرح و محاسبه سازه های فولادی، ترجمه فریدون ایرانی، انتشارات فردوسی مشهد
- طراحی سازه های فولادی روشهای طراحی ASD و LRFD، حبیب الله اکبر، انتشارات سیمای دانش، ۱۳۹۲.
- ۶- طراحی ساختمان های فولادی، ناشر: انتشارات سروش دانش، نویسندگان: ابراهیم ثنایی و علیرضا رضائیان.
- ۷- "راهنمای جوش و اتصالات جوشی در ساختمان های فولادی"، شاپور طاحونی، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان.
- ۸- آئین نامه اتصالات در سازه های فولادی، نشریه شماره ۲۶۴، معاونت امور فنی، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، ۱۳۸۲.
- ۹- مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، "طرح و اجرای ساختمان های فولادی"، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، ۱۳۹۲.

طراحی سازه‌های فولادی

به روش حالات حدی و مقاومت مجاز

(LRFD-ASD)

جلد ششم - طراحی اتصالات جابجایی

LRFD-ASD



نویسندگان: دکتر مجتبی ازهری، دکتر سیدرسول میرقادر

طراحی سازه‌های فولادی

روش‌های طراحی LRFD و ASD

Design of Steel Structures

ASD and LRFD

دکتر حبیب‌الله اکبر



مبحث دهم

مقررات ملی ساختمان

طرح و اجرای ساختمانهای فولادی

۱۳۹۲

جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

آیین نامه اتصالات در سازه های فولادی

معاونت امور فنی
دکتر تقی شویب و معیارهای فنی
<http://www.mpc.gov.ir>

نشریه شماره ۲۶۴

طراحی سازه های فولادی

(بر اساس طراحی به روش تنش مجاز و روش حدی)
(مبحث دهم از مجموعه مقررات ملی ساختمان)
(جلد اول)



تألیف:

شاپور طاحونی

عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیر کبیر

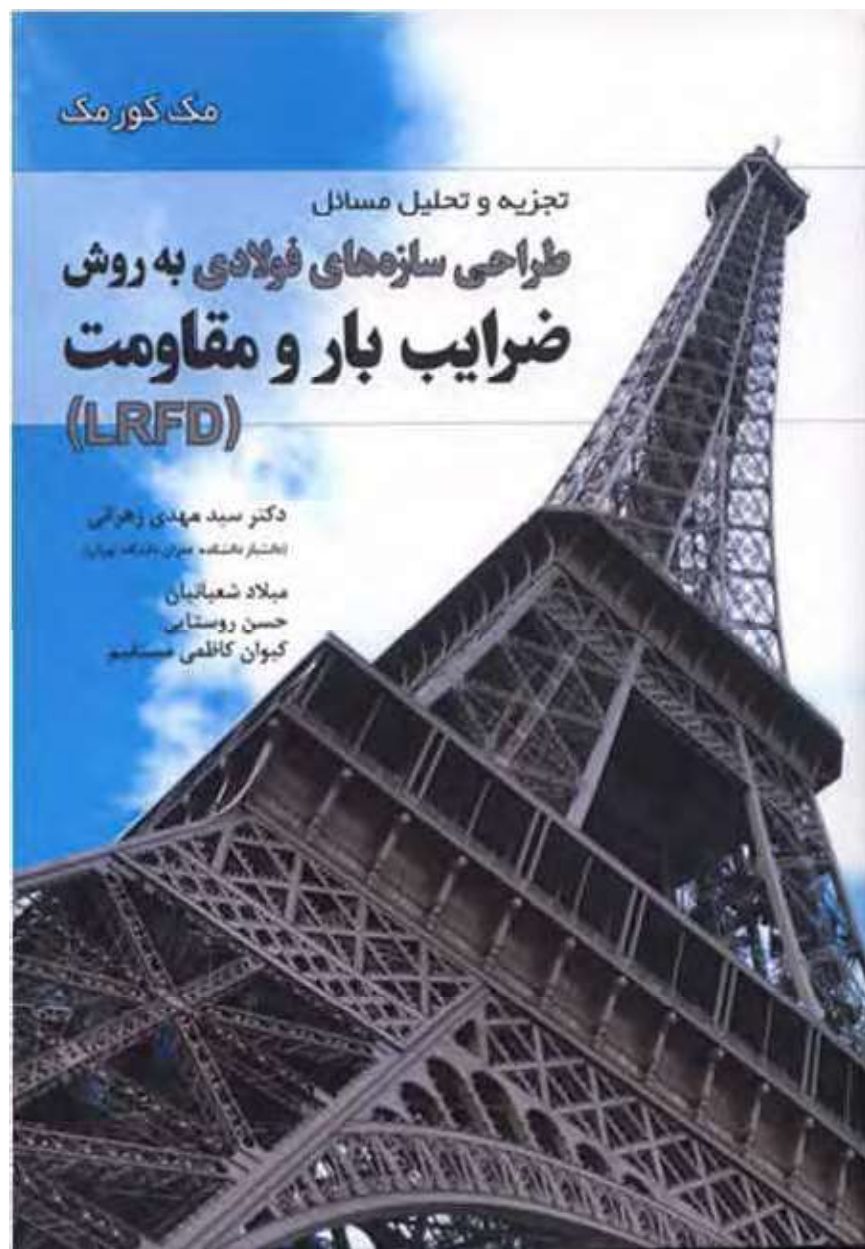
مک کور مک

تجزیه و تحلیل مسائل

طراحی سازه های فولادی به روش ضرایب بار و مقاومت (LRFD)

دکتر سید مهدی زهرانی
(استاد دانشکده عمران، دانشگاه تهران)

میلاد شعبانپایان
حسن روستایی
کیوان کاظمی مستقیم



مک گرومک



طراحی سازه های فولادی
به روش
ضریب بار و ضریب مقاومت
(LRFD)

چاپ دوم

ترجمه و اقتباس
دکتر فریدون ایروانی

طراحی سازه های فولادی

جلد سوم - اتصالات
جانب چهارم

با ویرایش و اصلاحات اساسی همراه با طراحی لرزه ای اتصالات
خمشی و وصله تیرها و ستون ها به انضمام مثال های جدید



نویسندگان: دکتر مجتبی ازهری، دکتر سیدرسول میرفادری

وزارت مسکن و شهرسازی
معاونت امور مسکن و ساختمان

راهنمای جوش و اتصالات جوشی

در ساختمانهای فولادی



۱۳۹۰

دفتر مقررات ملی ساختمان

وزارت مسکن و شهرسازی
معاونت امور مسکن و ساختمان

راهنمای اتصالات در ساختمانهای فولادی



فصل

جوش و اتصالات جوشی

مرجع: نشریه ۲۲۸- آئین نامه جوشکاری ایران

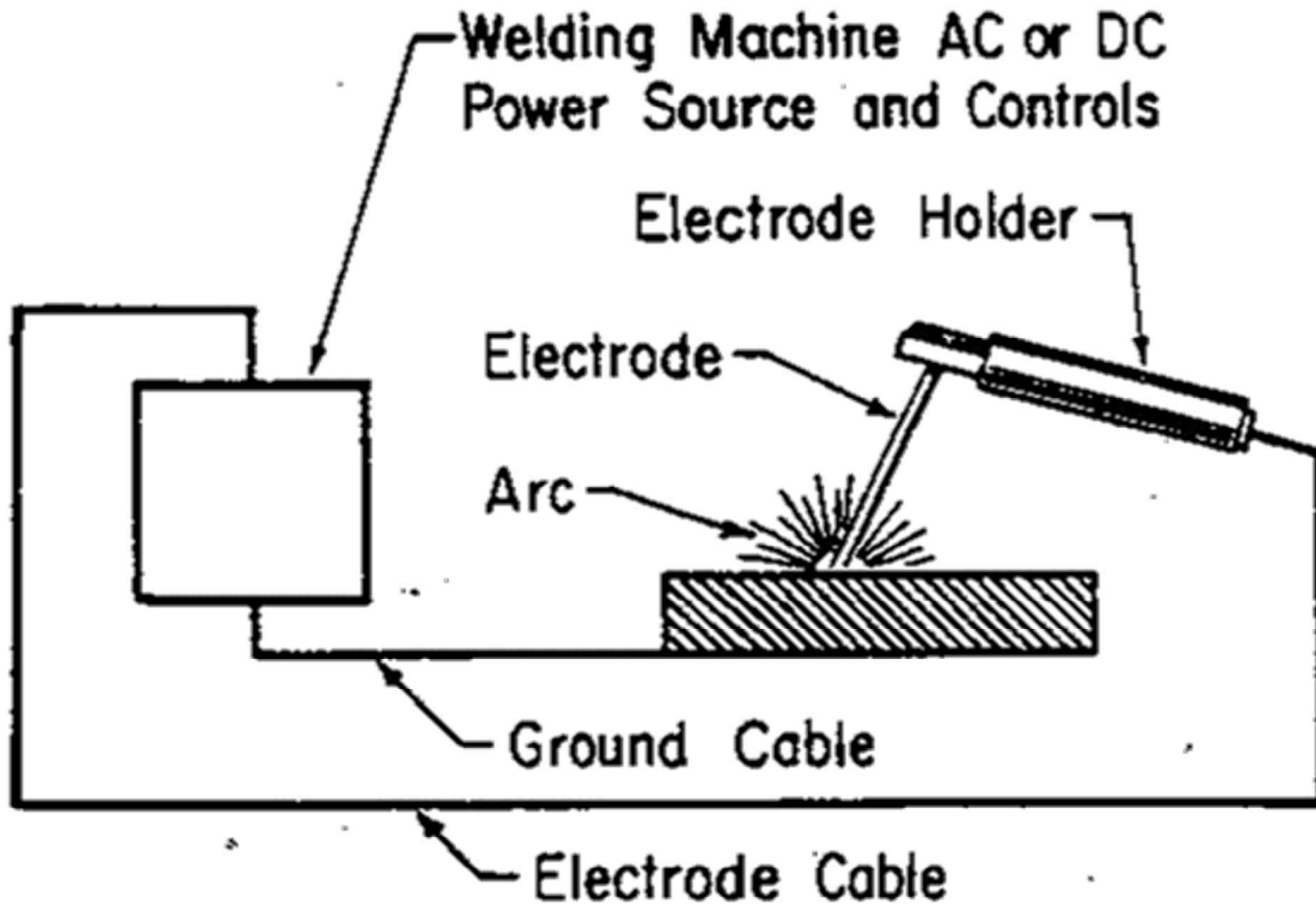
American Society of Mechanical Engineers (ASME) Codes
American Welding Society (AWS) Standards

تعریف:

جوشکاری عبارت است از امتزاج دوفلز به کمک
حرارت و فشار و یا ترکیبی از آن دو.

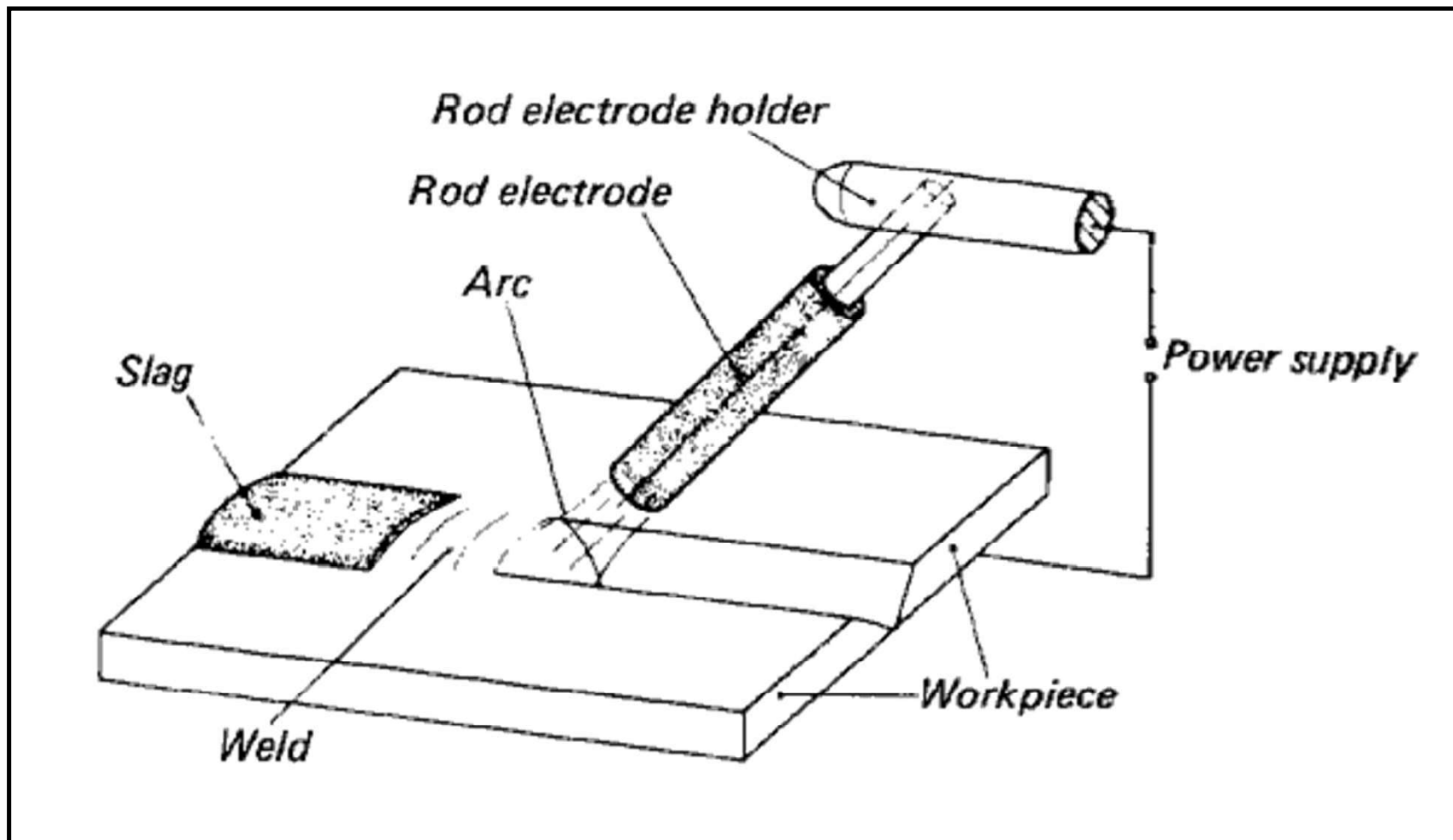
جوش قوس الکتریکی Elec.ArcWelding یکی از روشهای
جوشکاری است که حرارت بوسیله تخلیه الکتریکی بین نوک
الکتروود و دوفلز پایه تولید می شود.

مدار جوشکاری



روش ها یا فرآیندهای جوشکاری (PROCESS)

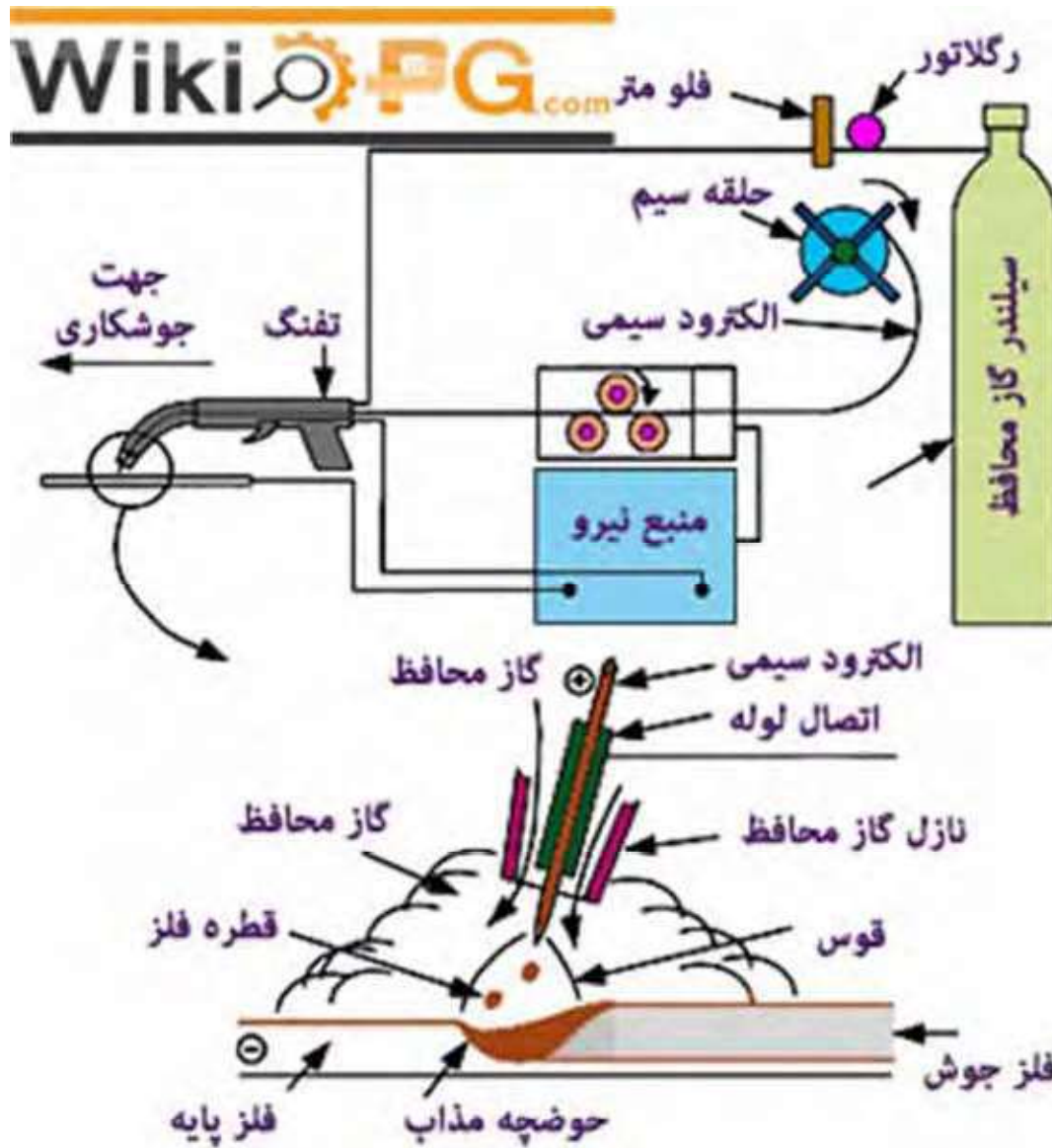
- ۱- جوش دستی با الکتروود روکشدار
 - ۲- جوش اتوماتیک با الکتروود مداوم و بدون روکش
- انواع روشهای جوش اتوماتیک به قرار زیر می باشد:
- I- جوش زیرپودری
 - II- جوش تحت حفاظ گاز
- الف: الکتروود فلزی CO₂ (MAG)
- ب: الکتروود تنگستن (آرگون) (MIG)
- III- جوش تحت حفاظ گاز با الکتروود توپودری
 - IV- جوش گاز الکتریکی
 - V- جوش سرباره الکتریکی



جوش دستی با الکترود روکش دار



جوش زیر پودری



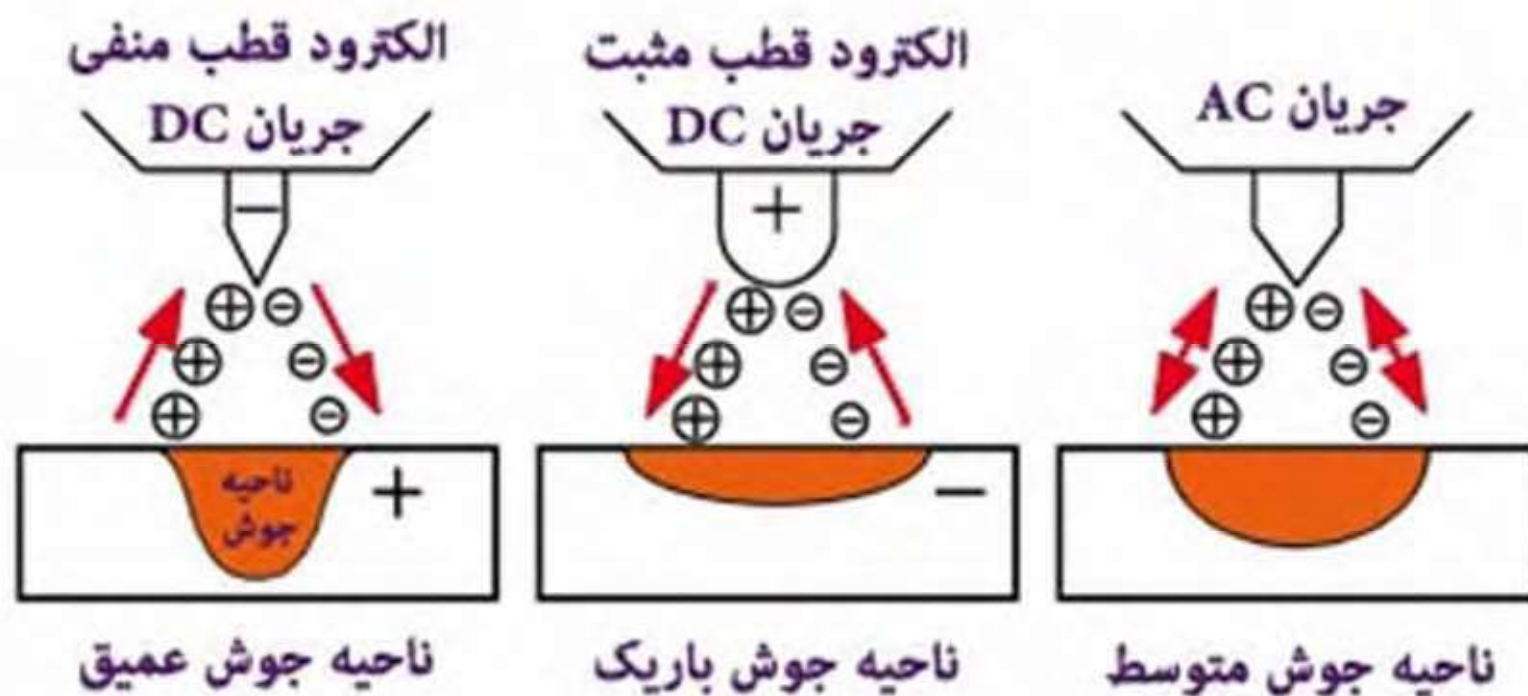
جوشکاری اتوماتیک تحت حفاظت گاز

انواع جریان در جوشکاری

- جریان متناوب A.C
- جریان یکسو D.C که در دو حالت زیر قابل انجام است:
- قطبیت مثبت : وقتی که الکتروود به قطب مثبت وصل می شود.
- قطبیت منفی : وقتی که الکتروود به قطب منفی وصل می شود.

شدت جریان و اختلاف پتانسیل

بر خلاف مصارف عادی، جریان جوشکاری با شدت جریان زیاد (۵۰ تا ۵۰۰ آمپر) و ولتاژ پایین (کمتر از ۵۰ ولت) است. شدت جریان انرژی حرارتی ذوب را ایجاد می کند و ولتاژ قوس الکتریکی را تثبیت می نماید. آمپر زیاد باعث افزایش سرعت جوشکاری و پتانسیل زیاد باعث افزایش طول قوس می شود.



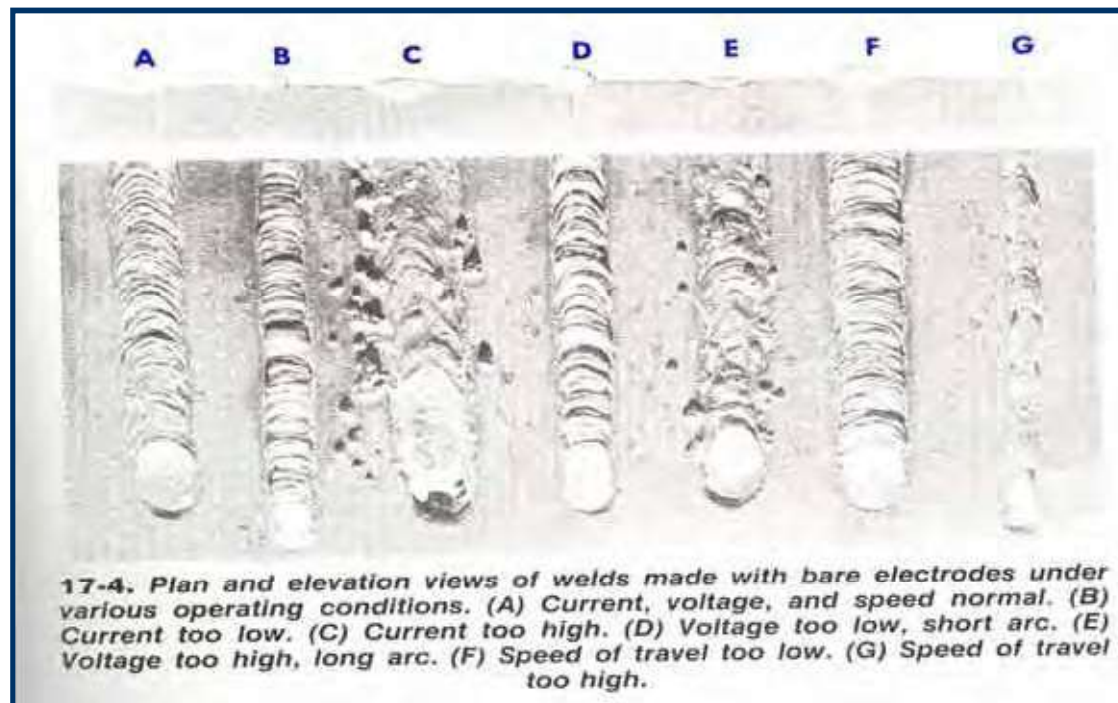
رابطه قطر الکترود و شدت جریان

مطابق جدول زیر، با افزایش قطر الکترود لازمست شدت جریان جوشکاری افزایش یابد.

قطر	E6013	E7018
۳	80-130	115-165
۴	105-180	150-220
۵	150-230	200-275

تأثیر شدت

سرعت جوشکاری بر کیفیت



A : شدت جریان، اختلاف پتانسیل و سرعت دست جوشکاری مناسب

B : شدت جریان خیلی کم است

C : شدت جریان خیلی زیاد است (پاشیدگی زیاد جوش مبین ماجراست)

D : طول قوس کم است

E : طول قوسی خیلی بلند است

F : سرعت حرکت خیلی کم است

G : سرعت دست جوشکاری زیاد است

نامگذاری الکتروود

الکتروود با حرف E و چهار حرف به فرم عمومی Exxxx نمایش داده می شود. تعریف هر کدام از حروف در جدول زیر به نمایش درآمده است.

E X X X X	XX مقاومت نهایی مصالح الکتروود	X وضعیت	X نوع پوشش
مثلاً E7018 یا E6013	$70\text{ksi}=4900\text{kg/cm}^2$ $60\text{ksi}=4200\text{kg/cm}^2$	همه = ۱ همه بجز سقفی = ۲ تخت و افقی = ۳ همه بجز سرازیری = ۴	۰ = فقط DCRP (قوس نفوذی) و روکش آلی ۱ = AC یا DCRP (قوس نفوذی) ۲ = AC یا DCRP (قوس متوسط) ۳ = AC یا DC قطب آزاد (قوس نرم) ۴ = AC یا DC پودر آهن (قوس نرم) ۵ = DCRP کم هیدروژن ۶ = AC و یا DCRP (قوس متوسط) ۷ = AC یا DC (پودر آهن دار) ۸ = AC یا DCRP (کم هیدروژن-پودر آهن)

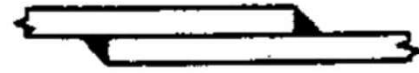


انواع جوش

۱- جوش گوشه Fillet

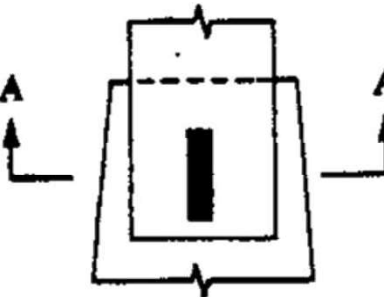


(الف) جوش شیاری

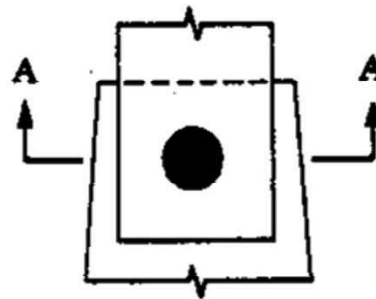


(ب) جوش گوشه

۲- جوش شیاری بانفوذ کامل (groove)



(پ) جوش گام

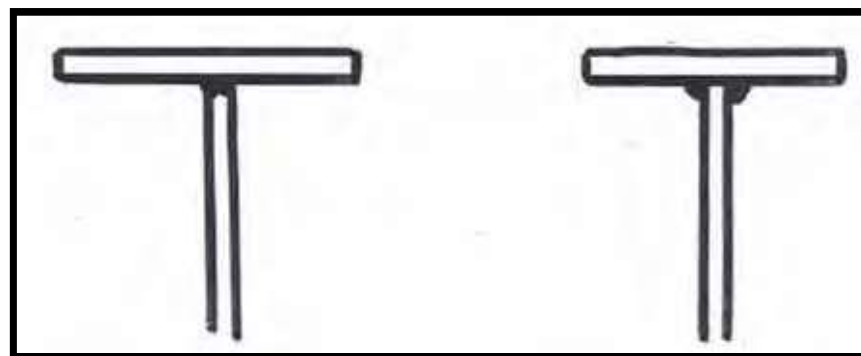
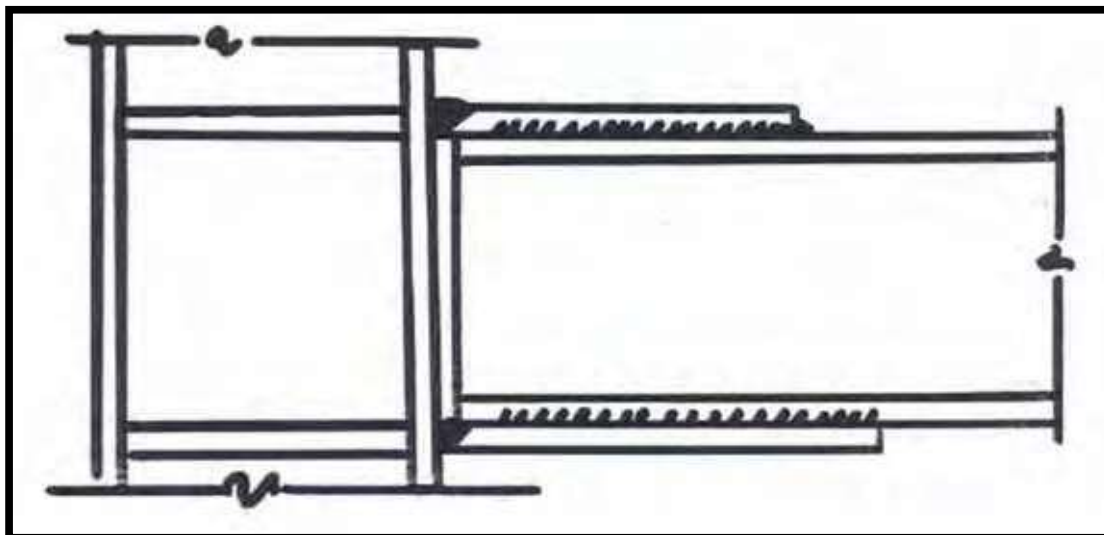
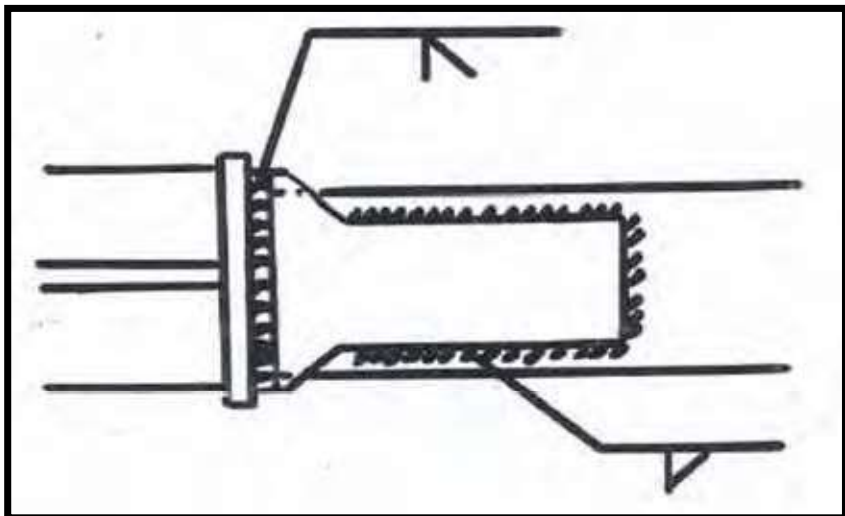


(ت) جوش انگشتانه

۳- جوش شیاری بانفوذ ناقص

۴- جوش انگشتانه و کام (Play & Slot)

(جوش درسوارخ و یا شیاری)



انواع اتصال قطعات

شرح تصویری نمادهای نوع اتصال

لب به لب B	
سپری T	
نبشی (گونیا) C	
رو به رو (پوششی)	
لب	

۱- اتصال لب به لب (But)

۲- اتصال کنج (angle)

۳- اتصال سپری (T)

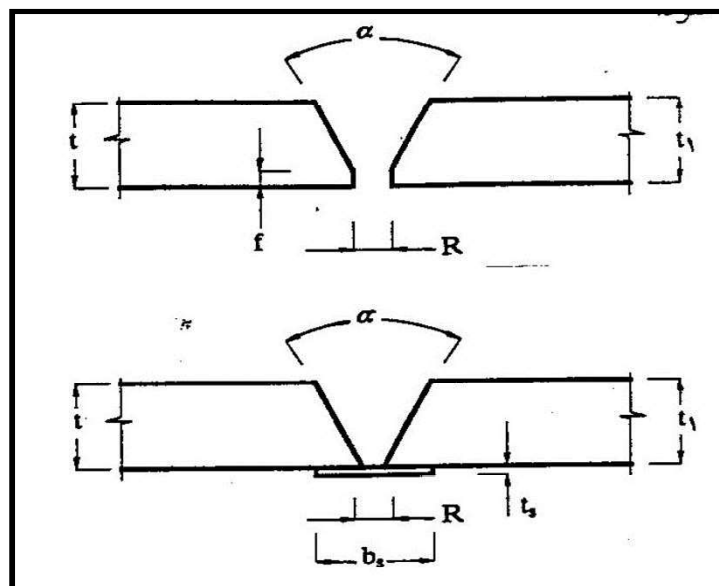
۴- اتصال پیشانی (edge)

۵- اتصال روی هم (Over lap)

سپری مایل	
پیشانی	

آماده سازی لبه (Edge Prepration)

تعریف: ایجاد شکل هندسی مشخص در لبه کار به منظور حصول شرایط مناسب را آماده سازی گویند.
در آماده سازی لبه عوامل زیر باید در نظر گرفته شود:



۱. زاویه پخی (α)

۲. فاصله ریشه

۳. ضخامت ریشه

۴. پشت بند

۱. زاویه پخی امکان دخول الکتروود را به داخل درز فراهم می کند.

۲. فاصله ریشه امکان نفوذ جوش را به ریشه فراهم می کند.

۳. ضخامت ریشه از سوختن ریشه جلوگیری می کند.

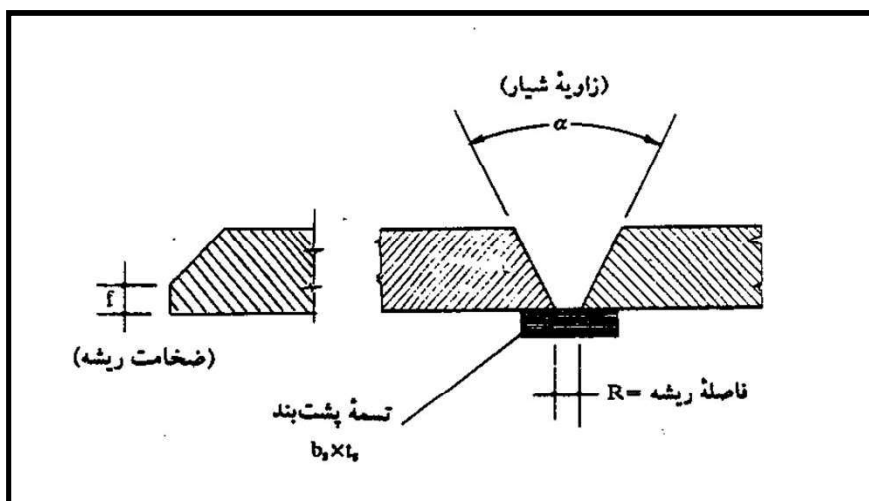
۴. از ریزش جوش جلوگیری می کند.

۵. در صورت استفاده از پشت بند ضخامت ریشه صفر است.

۶. در صورت عدم استفاده از پشت بند، جوش پشت (back weld) لازم است.

۷. در صورت استفاده از پشت بند، جوش پشت حذف

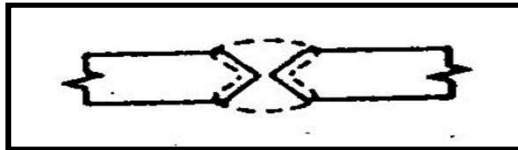
می شود، لیکن باید امتزاج کامل در ریشه به عمل آید



۳-۱۳-۳ - حداقل ضخامت تسمه پشت بند به منظور جلوگیری از سوختن آن در هنگام جوشکاری، مطابق جدول زیر پیشنهاد می گردد.

حداقل ضخامت (میلیمتر)	روش جوشکاری
۵	جوش دستی با الکتروود روکشدار
۶	جوش قوسی تحت حفاظ گاز با الکتروود فلزی
۶	جوش قوسی با الکتروود توپودری
۱۰	جوش قوسی با الکتروود توپودری
۱۰	جوش قوسی زیرپودری

درزهای جوش شیار

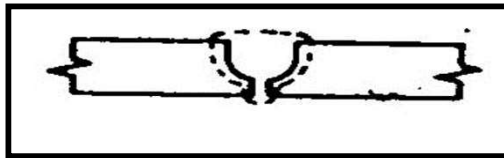


(۱) ساده

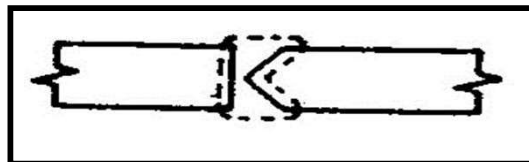


(۲) جناغي يکطرفه

(۳) جناغي دوطرفه

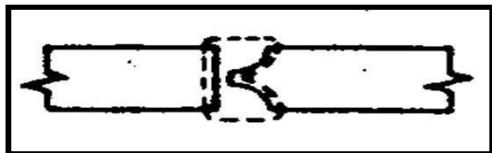


(۴) نیم جناغي

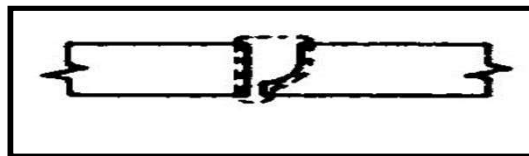


(۵) نیمه جناغي دوطرفه

(۶) لاله اي



(۷) لاله اي دوطرفه

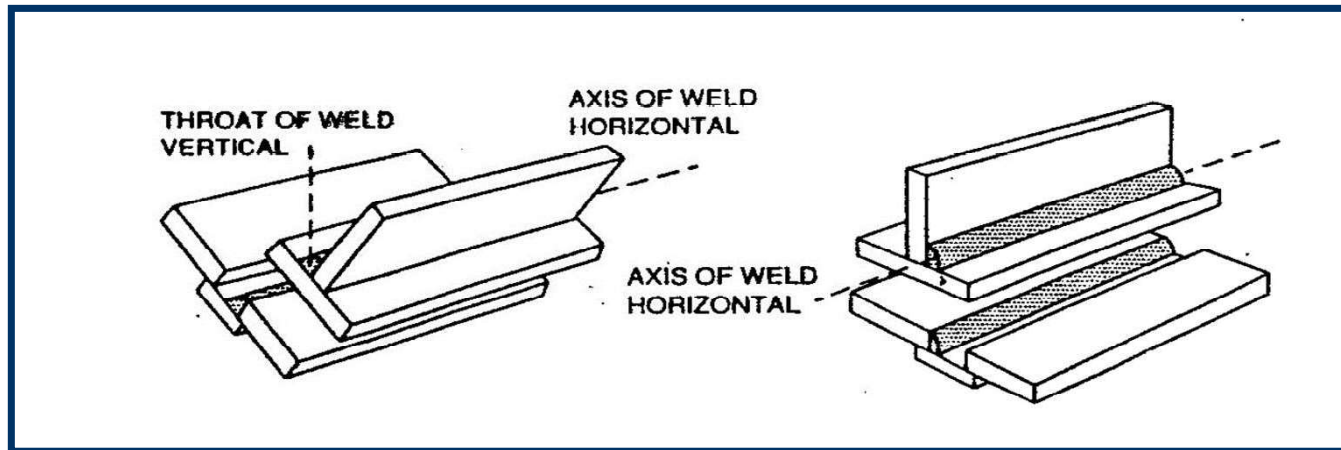


(۸) نیم لاله اي

(۹) نیمه لاله اي دوطرفه

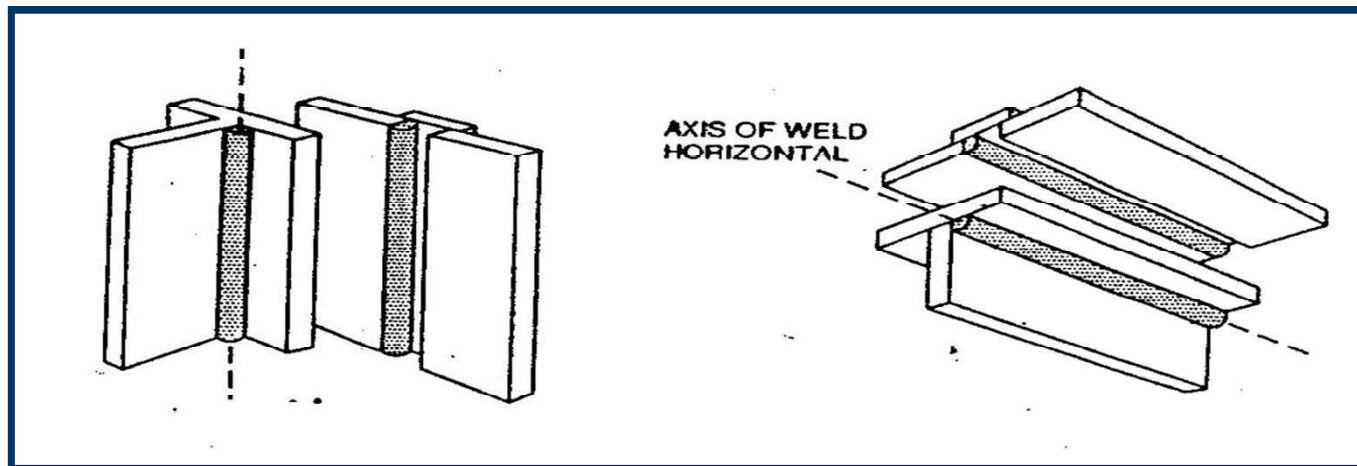
مشابه جدول صفحه بعد ، هندسه مناسب شیار از طرف ^لین نامه هاي جوشکاري جهت استفاده مهندسین ، تحت عنوان درزهاي پيش پذيرفته ارائه مي گردد.

وضعیت جوشکاری Position



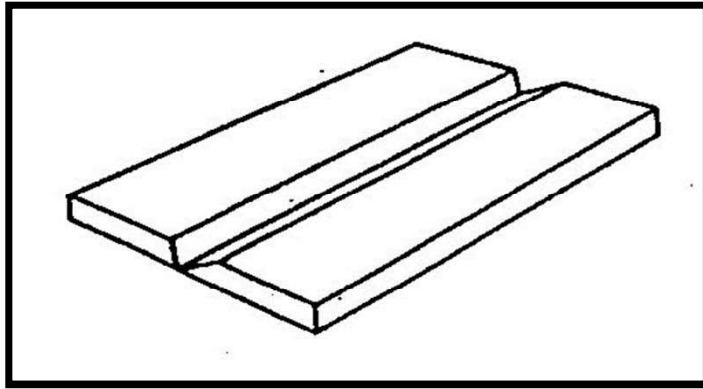
تخت یا کفی (1F)

افقی (2F)

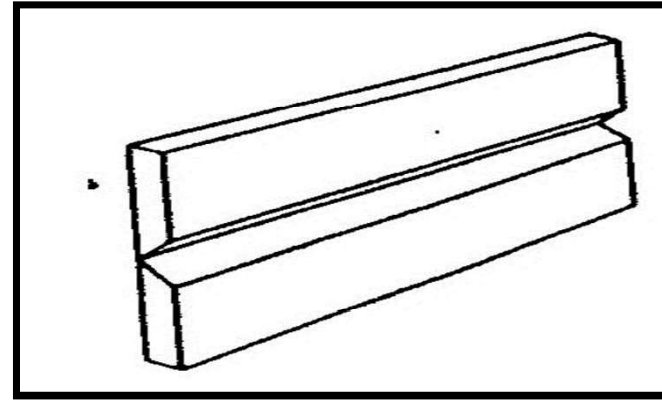


سربالا (3F)

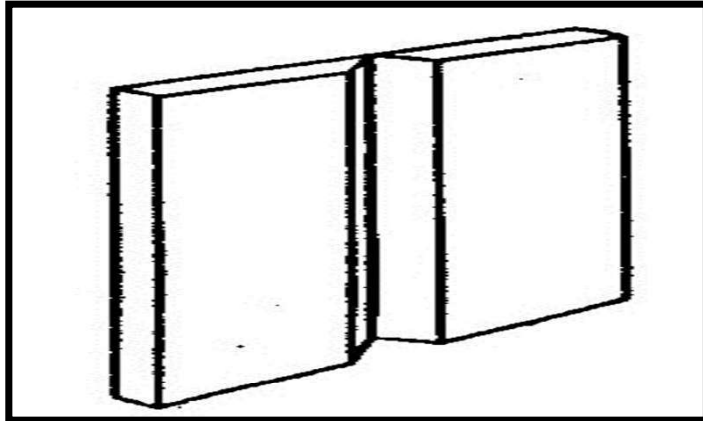
سقفی (4F)



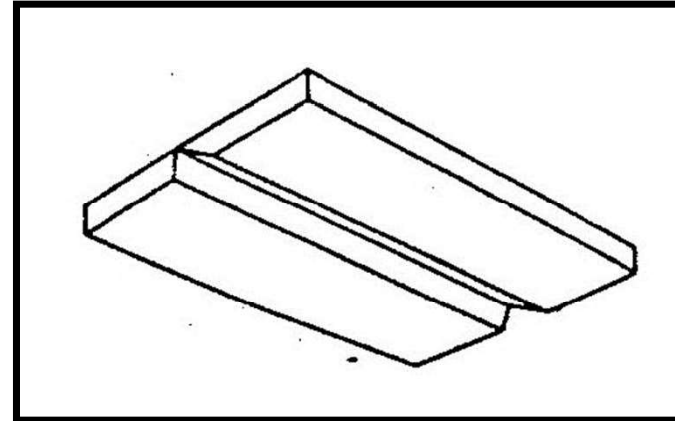
تخت کفی (1G)



افقی (2G)



سربالا (3G)



سقفی (4G)

علائم جوش

در نقشه ها برای نشان دادن هندسه و نوع جوش از پیکان جوش استفاده میشود. شمای کلی پیکان جوش مطابق شکل زیر می باشد.

علائم جوش									
جوش پشت پشت بند	گوشه	کام یا انگشتانه	شیاری						
			ساده	جناخی	نیم جناخی	لاله ای	نیم لاله ای	جناخی لب گرد	نیم جناخی گرد
جوش یکسره که طول آن مشخص نشده									
جوش در موقع نصب			محدب	وضعیت سطح جوش					
				سنگ زده شود					
جوش دورادور			مستوی	مقعر					

(سمت پشت)

$a \triangle l-p$

دم (فرآیند جوشکاری و توضیحات اضافی)

(سمت پیکان)

$a \triangle l-p$

نوع جوش و سطح تمام شده آن

جوش در موقع نصب

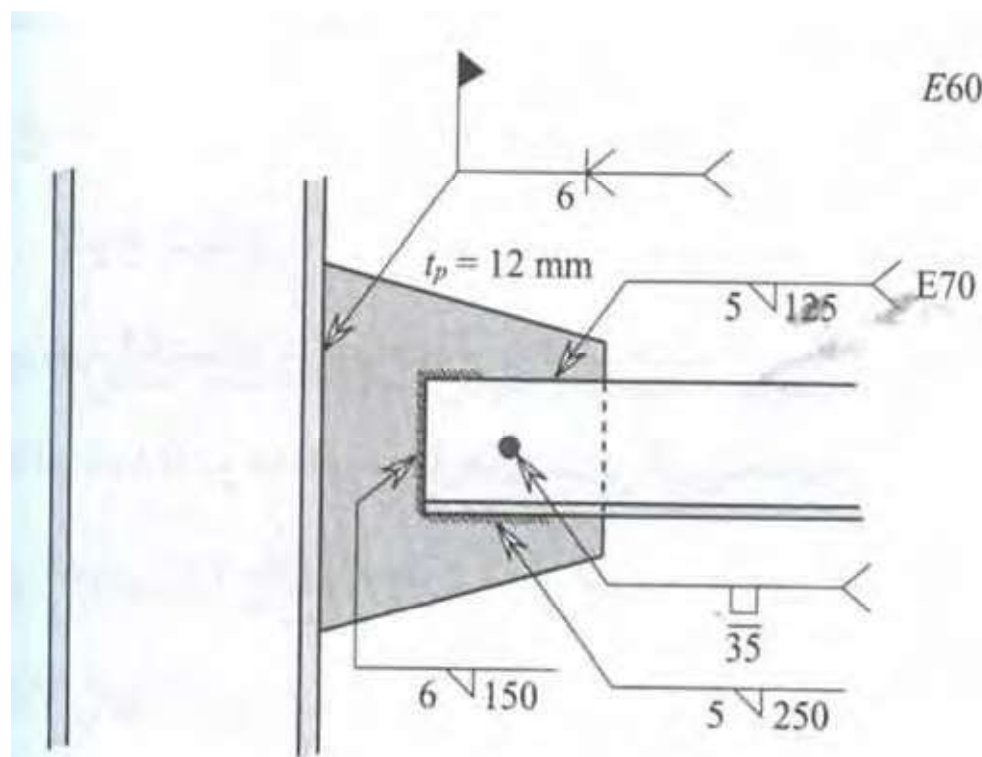
محل درز جوش

جوش شده دورتادور

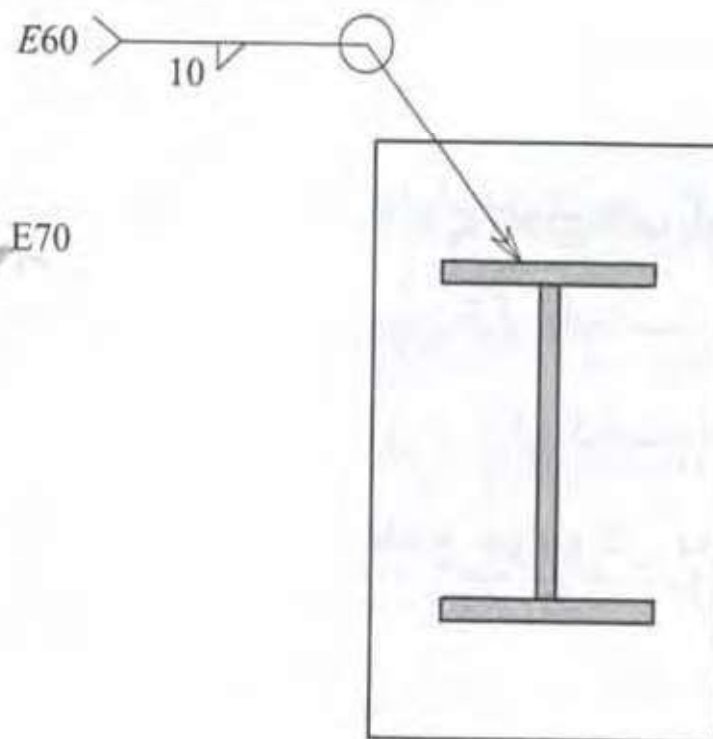
a = اندازه ساق یا بعد گلوی جوش

l = طول نوار جوش

p = فاصله مرکز به مرکز نوارهای جوش منقطع



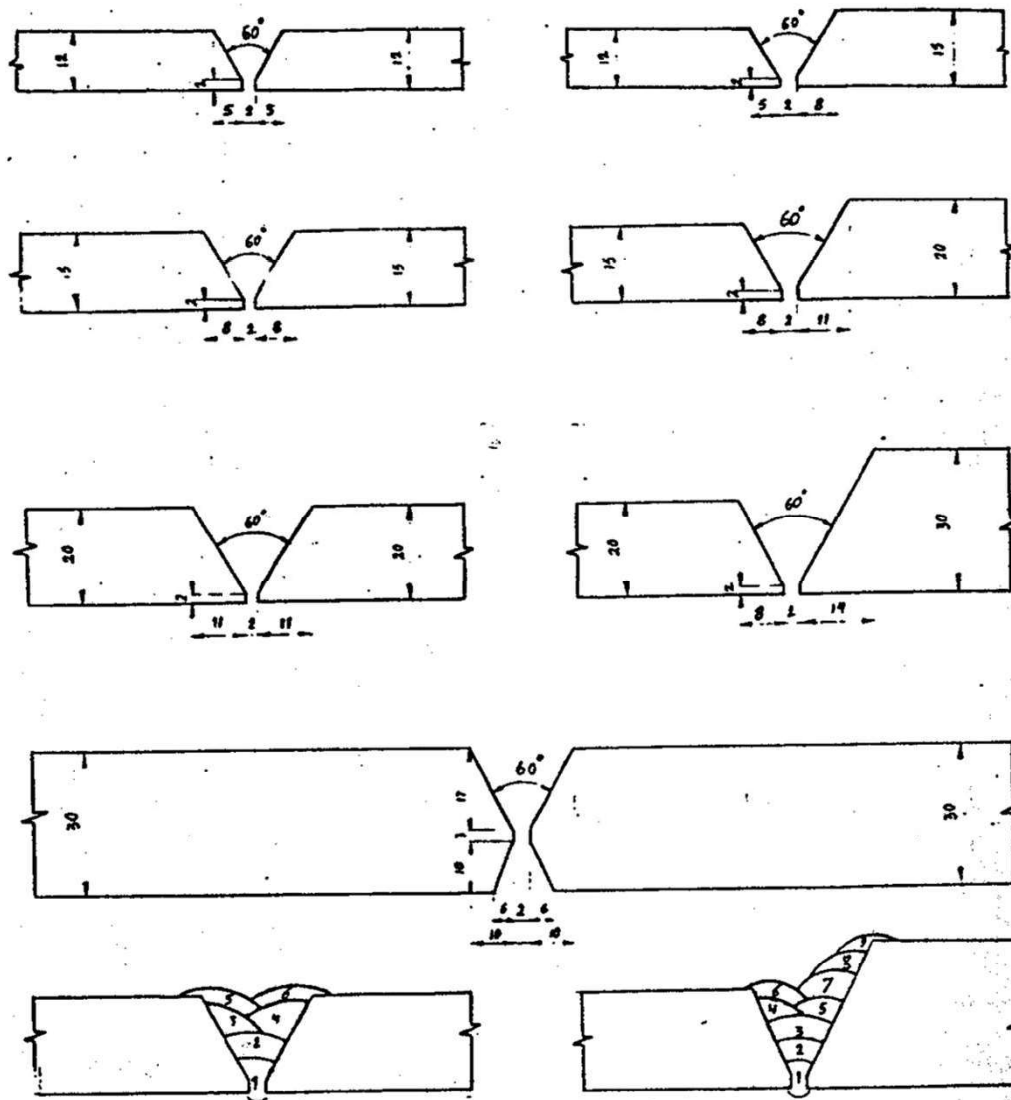
ب - اتصال نبشی به ستون



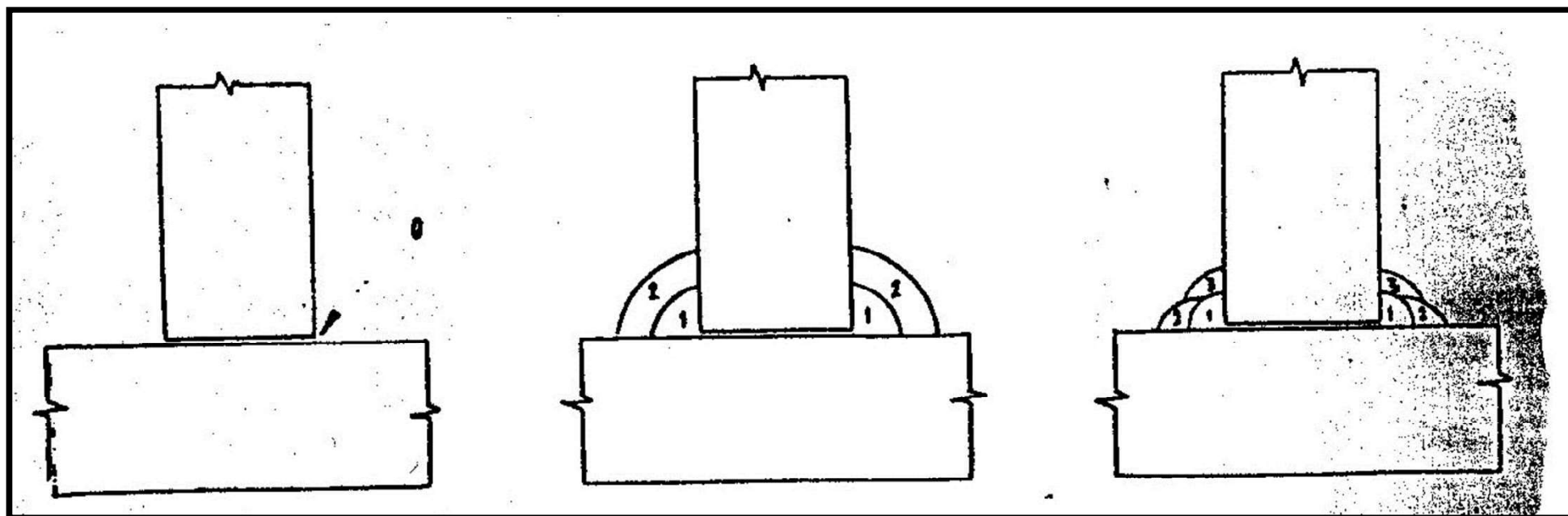
الف - اتصال تیر به ورق انتهایی

پاسها و توالی جوشکاری

جوشهای لب به لب نفوذی



شکل ۲۶- شمای جوشهای لب به لب



شمای جوشکاری جوش گوشه

پیش گرمایش Pre heat

عبارت است از گرم کردن قطعات مورد جوش قبل از ایجاد قوس

محدوده پیش گرمایش: دایره ای به شعاع ۷۵ میلیمتر و به مرکز نوک الکترود

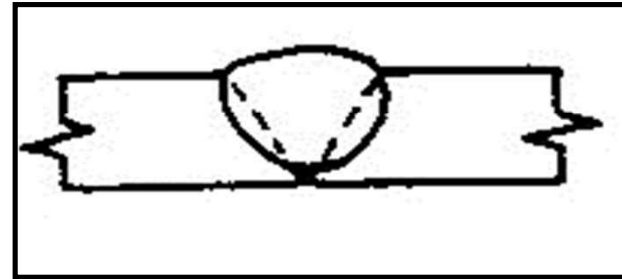
نتایج: جلوگیری از وقوع ترک در جوش

دمای پیش گرمایش

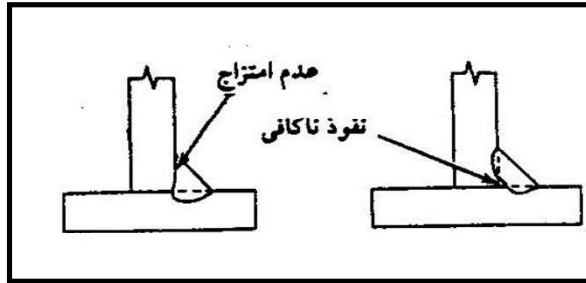
جدول ۱۰-۲-۹-۵ حداقل دمای پیش گرمایش

ضخامت (mm)	دمای پیش گرمایش در فرآیند غیر کم هیدروژن (درجه سلسیوس)	دمای پیش گرمایش در فرآیند کم هیدروژن (درجه سلسیوس)
$t \leq 20$	۲۰	۱۰
$20 < t \leq 40$	۶۵	۲۰
$40 < t \leq 65$	۱۱۰	۶۵
$t > 65$	۱۵۰	۱۱۰

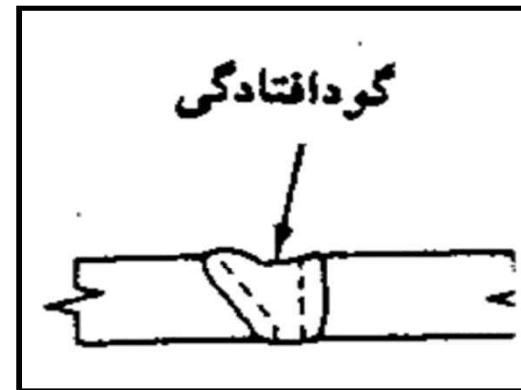
* این دما در حد لمس کردن ورق قابل حس است و در سایر موارد باید از روش های دماسنجی سطحی (مثلاً گچ های حساس به دما) استفاده شود.



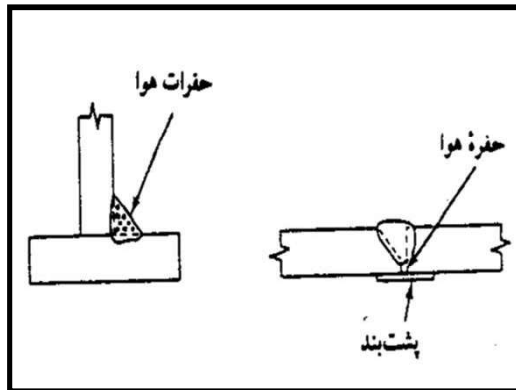
(۱) امتزاج ناقص



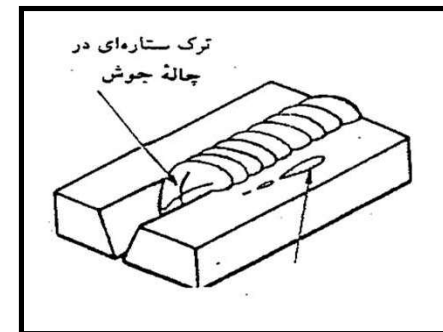
(۲) عدم نفوذ



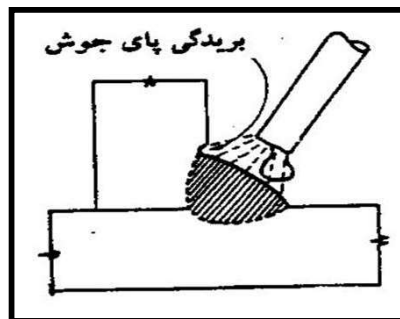
(۳) گودافتادگی



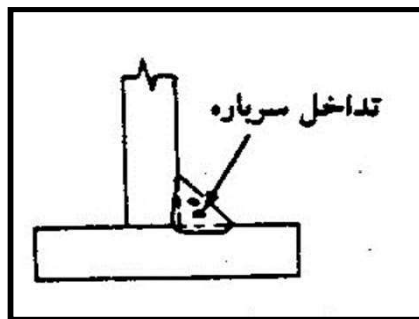
(۴) تخلخل



(۵) ای

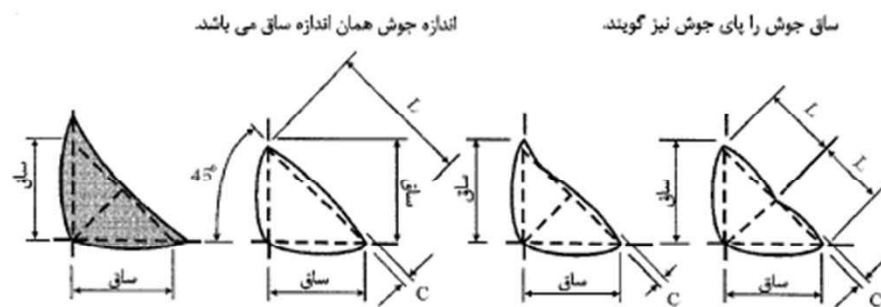


(۶) جوش

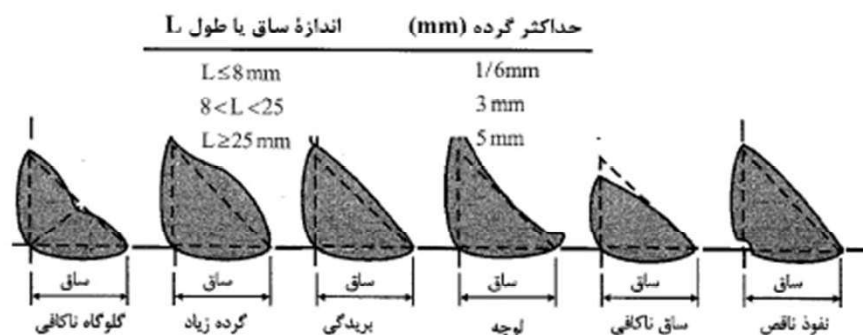


(۷)

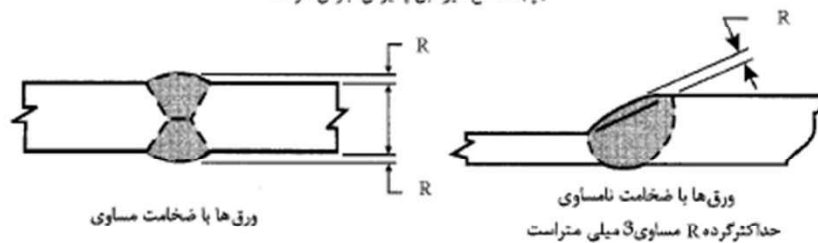
۸- عیب هندسی



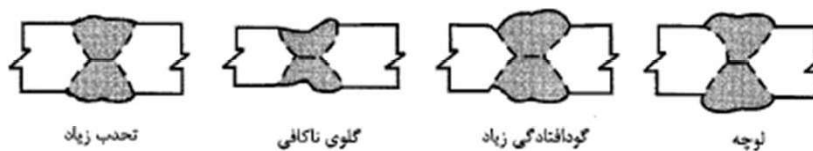
توجه: گرده جوش نباید از مقدار زیر تجاوز نماید



(ب) مقاطع غیر قابل پذیرش جوش گوشه



(ت) مقاطع قابل پذیرش جوش های شیار



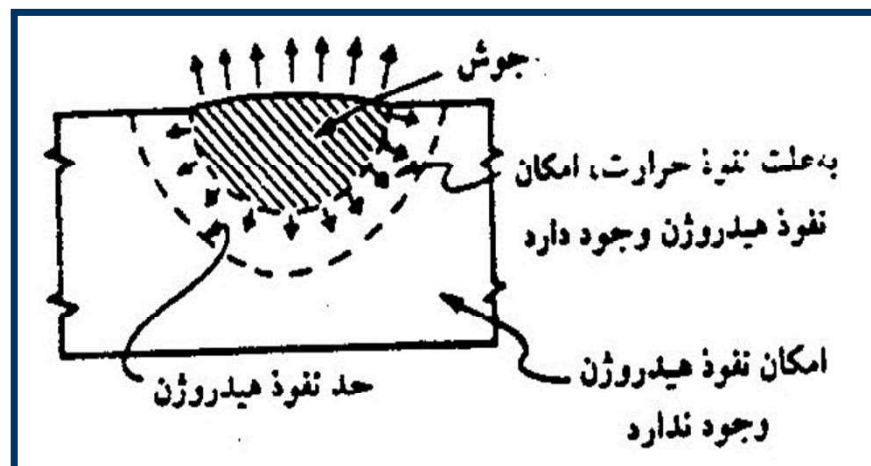
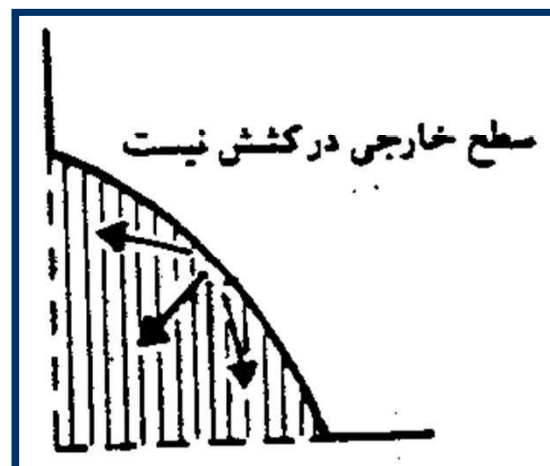
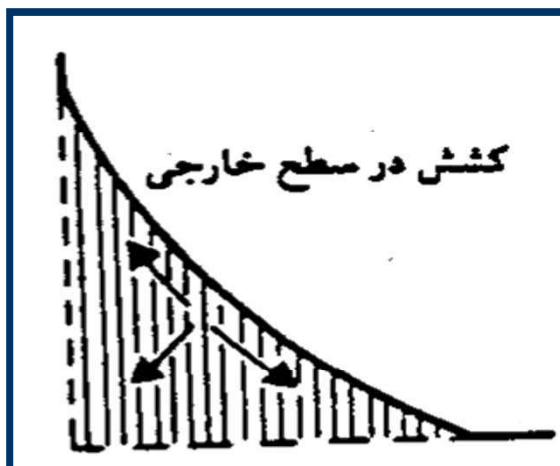
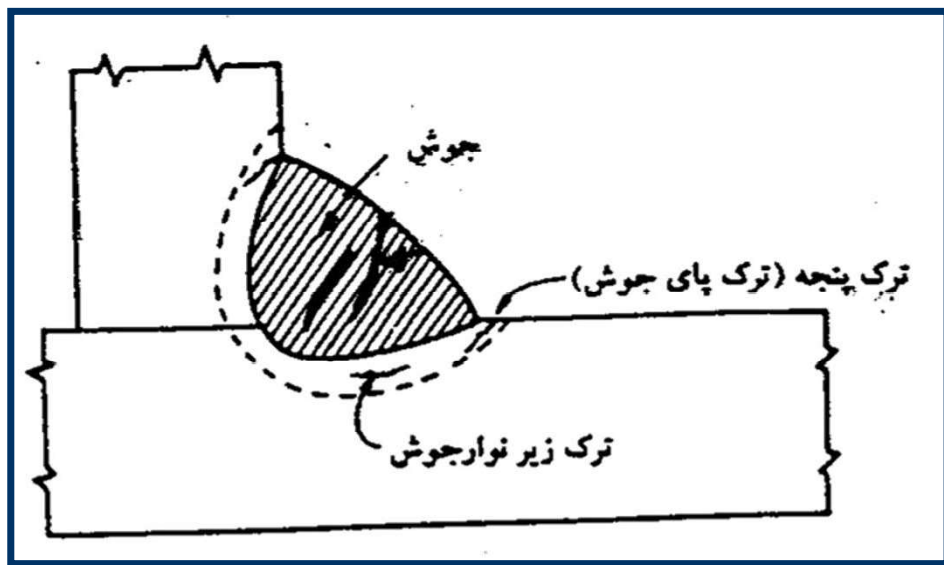
(ث) مقاطع غیر قابل پذیرش جوش گوشه

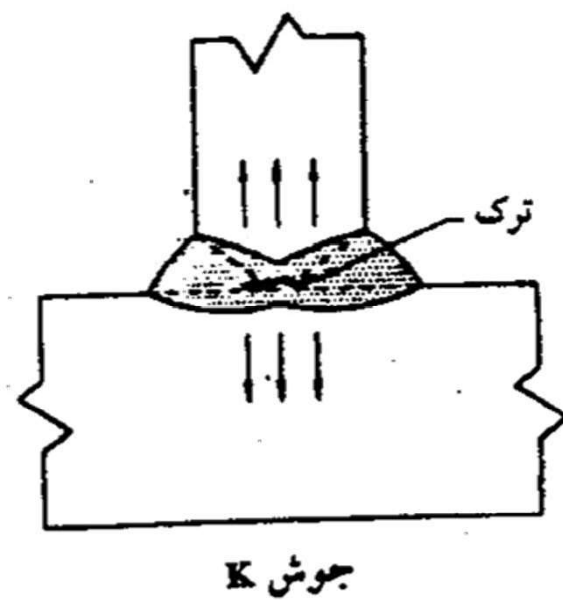
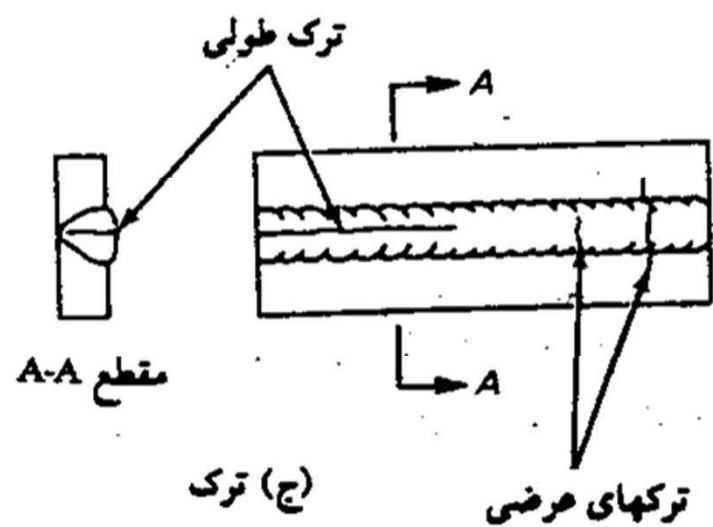
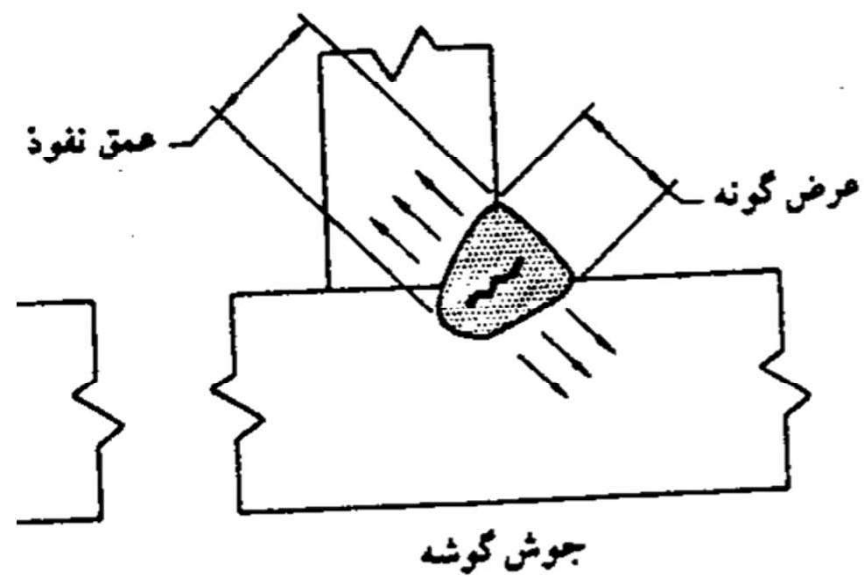
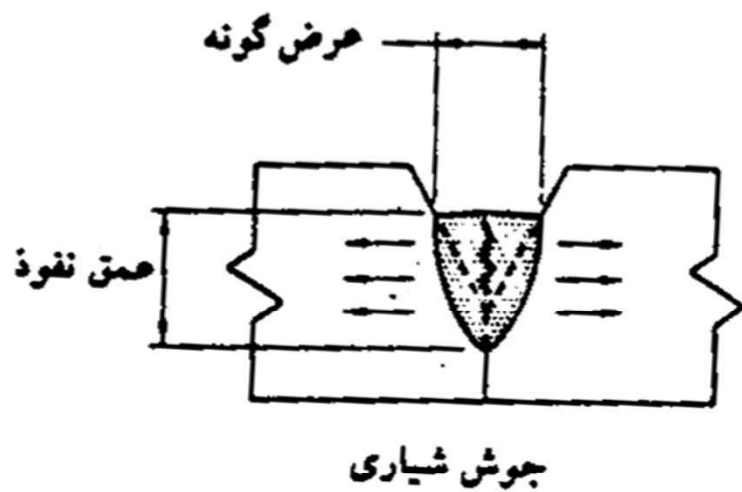
شکل ۸-۴-۱۰ مقاطع قابل پذیرش و غیر قابل پذیرش جوش

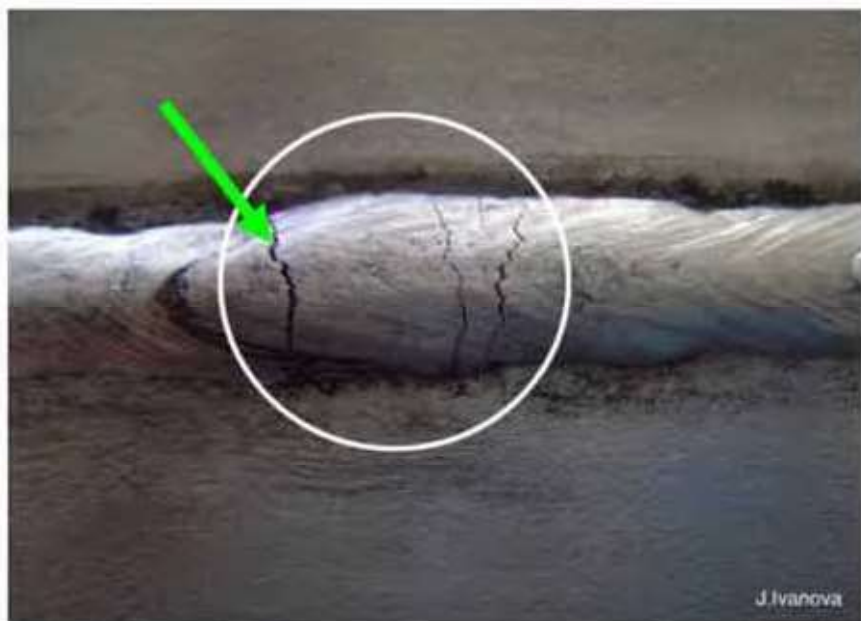
ترک خوردگی

عوامل

۱. نفوذ هیدروژن
۲. عدم پیش گرمایش و سرد شدن سریع
۳. کثیف بودن درز
۴. اضافه تنش
۵. قيودات در مقابل تغییر شکل حرارتی
۶. نسبت عمق به عرض زیاد







شرح تصویری عیوب جوش



حفرات سطحی (Surface pore)

عوامل ایجاد :

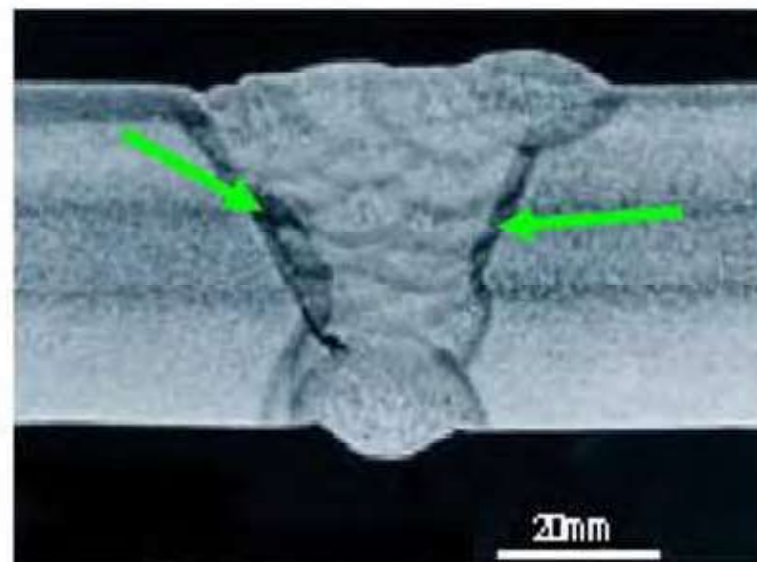
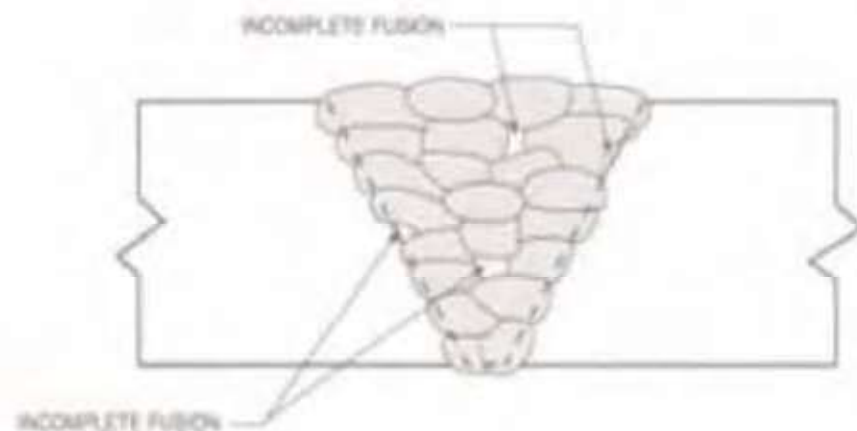
- ۱- ناخالصی و کثیفی در منطقه مورد جوشکاری و الکترود ۲- زاویه نامناسب دست نسبت به سطح قطعه کار ۳- عدم حفاظت گازی در فرآیندهای تحت پوشش گاز



ذوب ناقص (Lack of fusion or incomplete fusion)

عوامل ایجاد:

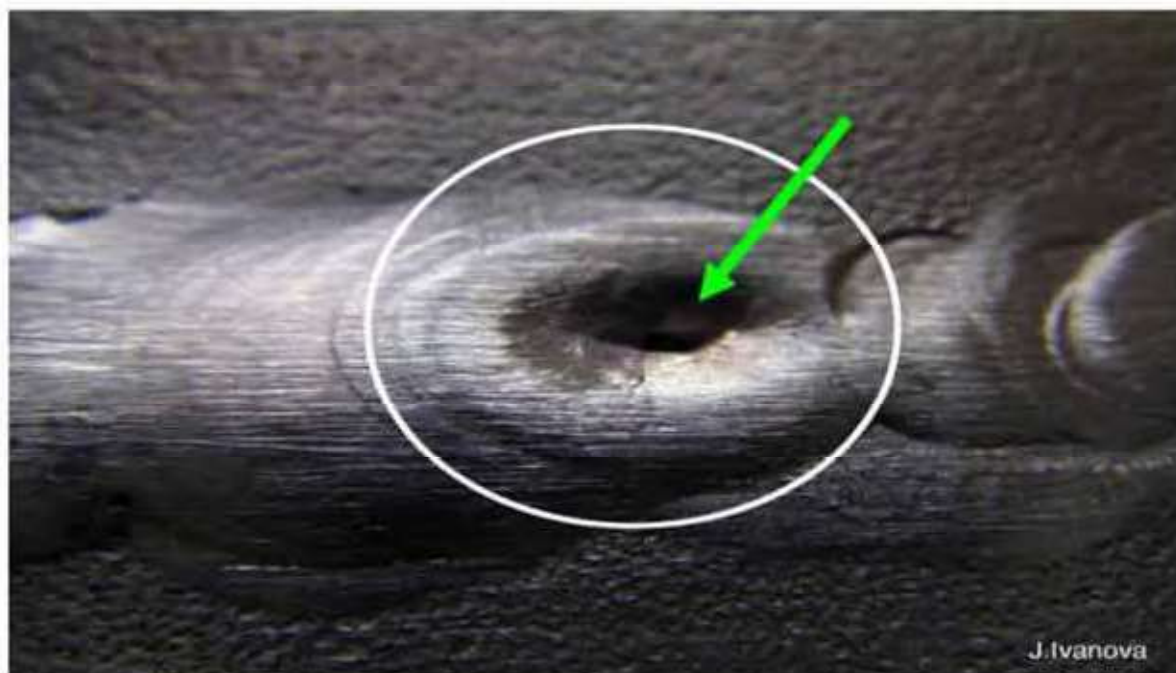
- ۱- کافی نبودن انرژی ورودی ۲- عدم انتخاب صحیح اندازه و نوع الکتروود ۳- مناسب نبودن طرح اتصال ۴- کافی نبودن گاز محافظ در فرآیند ها با پوشش گاز ۵- عدم تمیز کاری در بین پاسها



چاله انتهایی جوش (End crater pore)

عوامل ایجاد :

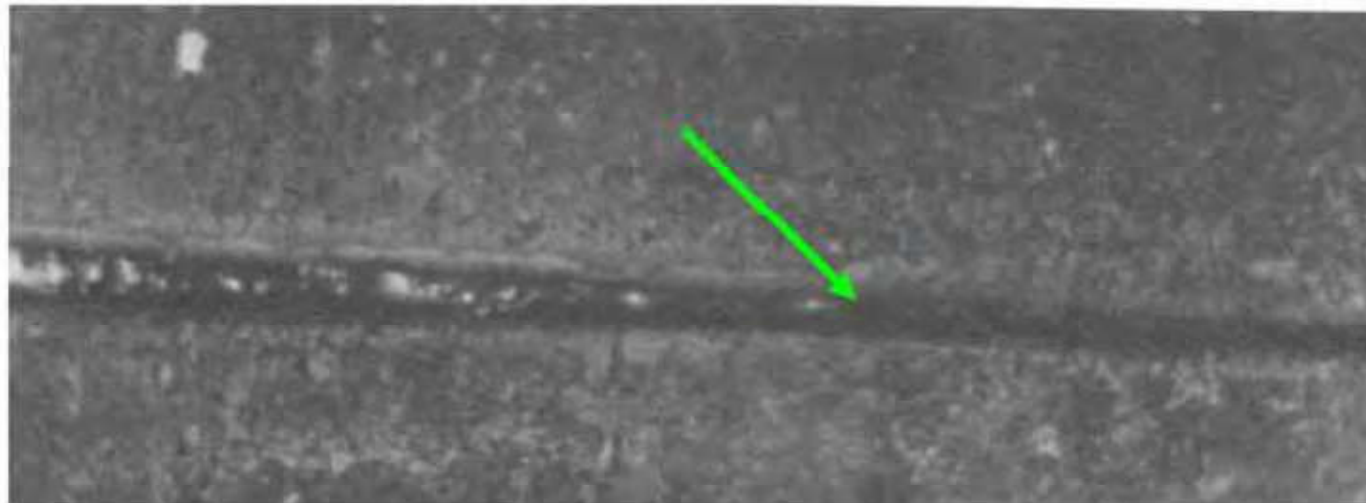
۱ - عدم مهارت جوشکار ۲ - پر نشدن حوضچه مذاب از فلز پرکننده ۳ - کشیفی سطح کار



نفوذ ناقص در پاس ریشه (Incomplete root penetration)

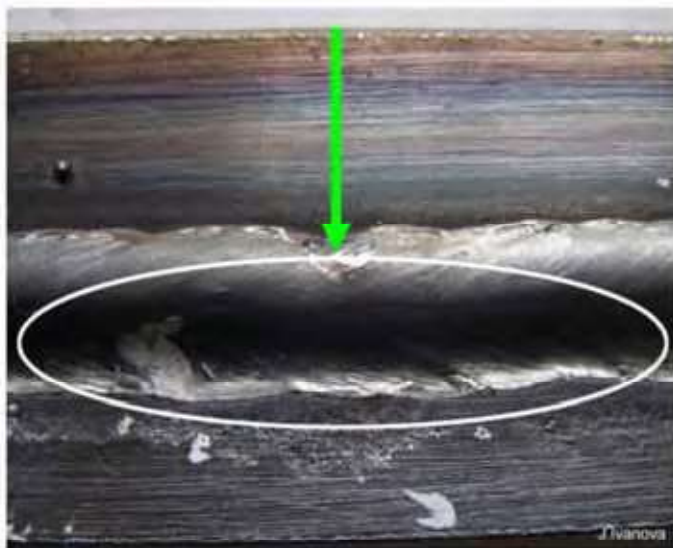
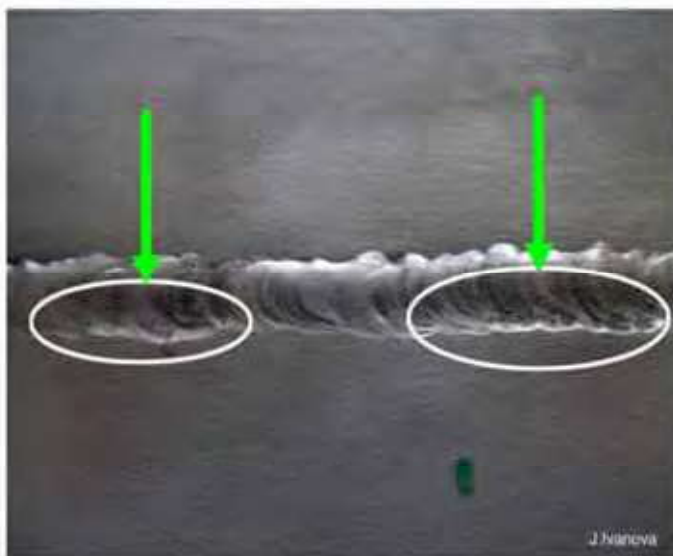
عوامل ایجاد:

۱- پایین بودن شدت جریان ۲- زاویه نامناسب دست ۳- کشیفی درز ۴- کم بودن زاویه پخ



بریدگی لبه جوش (Undercut)

عوامل ایجاد: ۱- بالا بودن شدت جریان ۲- زاویه نامناسب و سرعت زیاد ۳- کالیبره نبودن



انقباض ریشه جوش (Shrinkage groove)

عوامل ایجاد:



J. Ivanova

Surface Holes



Poor Fusion



Shallow Penetration



۲۳- آزمایش های جوش

I- مخرب

II- غیرمخرب

۲۳-۱- آزمایشهای ارزیابی (مخرب)

هدف: ارزیابی جوشکار، الکتروود، و دستورالعمل این آزمایش های در برنامه Q.A. قراردارند (W.P.S)

۱- جوش شیاری

۱-۱- خمش هدایت شده (رویه، ریشه - جانبی)

۱-۲- کشش مقطع کاهش یافته

۱-۳- کشش تمام مصالح

۱-۴- آزمایش ضربه

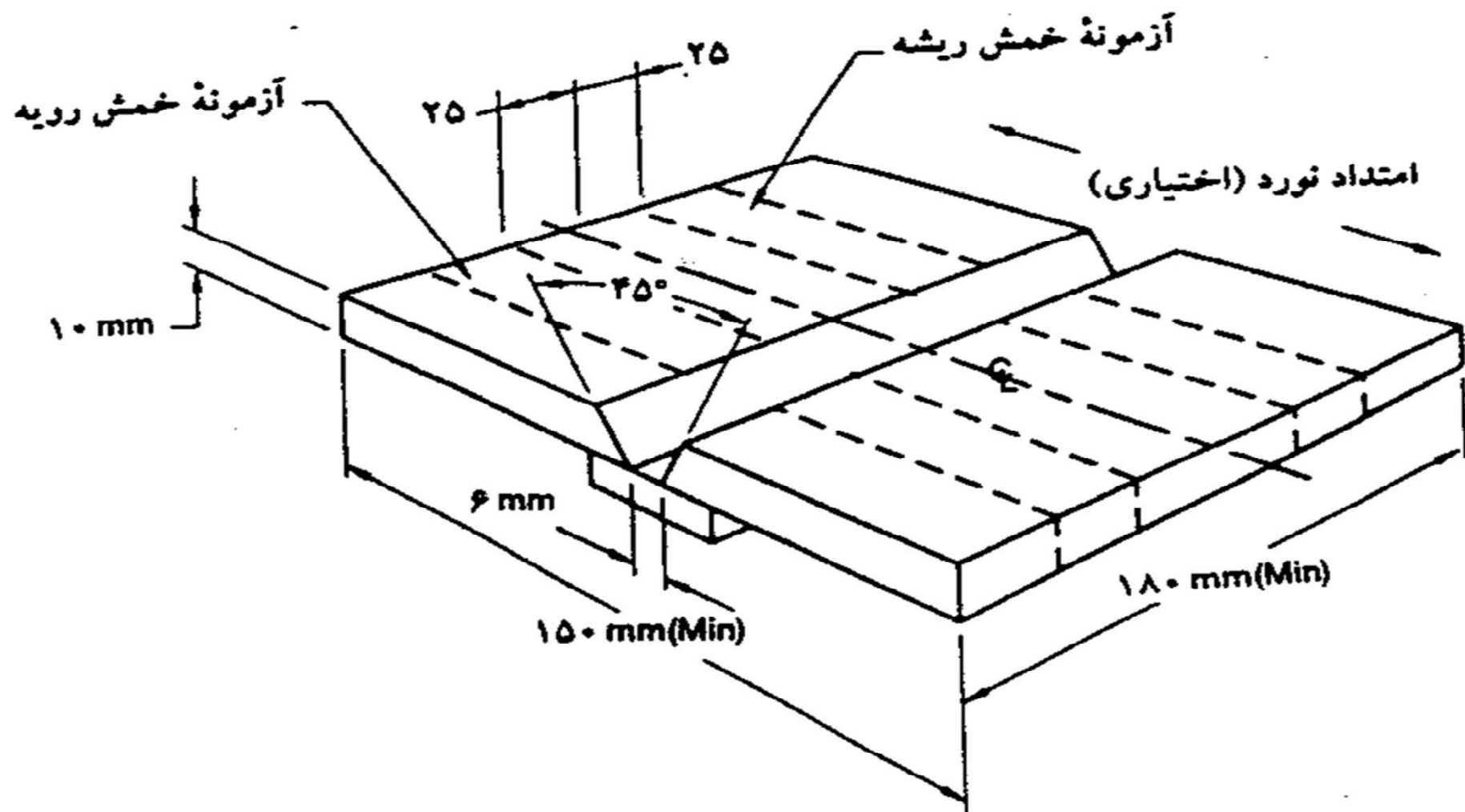
۲- جوش گوشه

۲-۱- شکست اتصال کنج

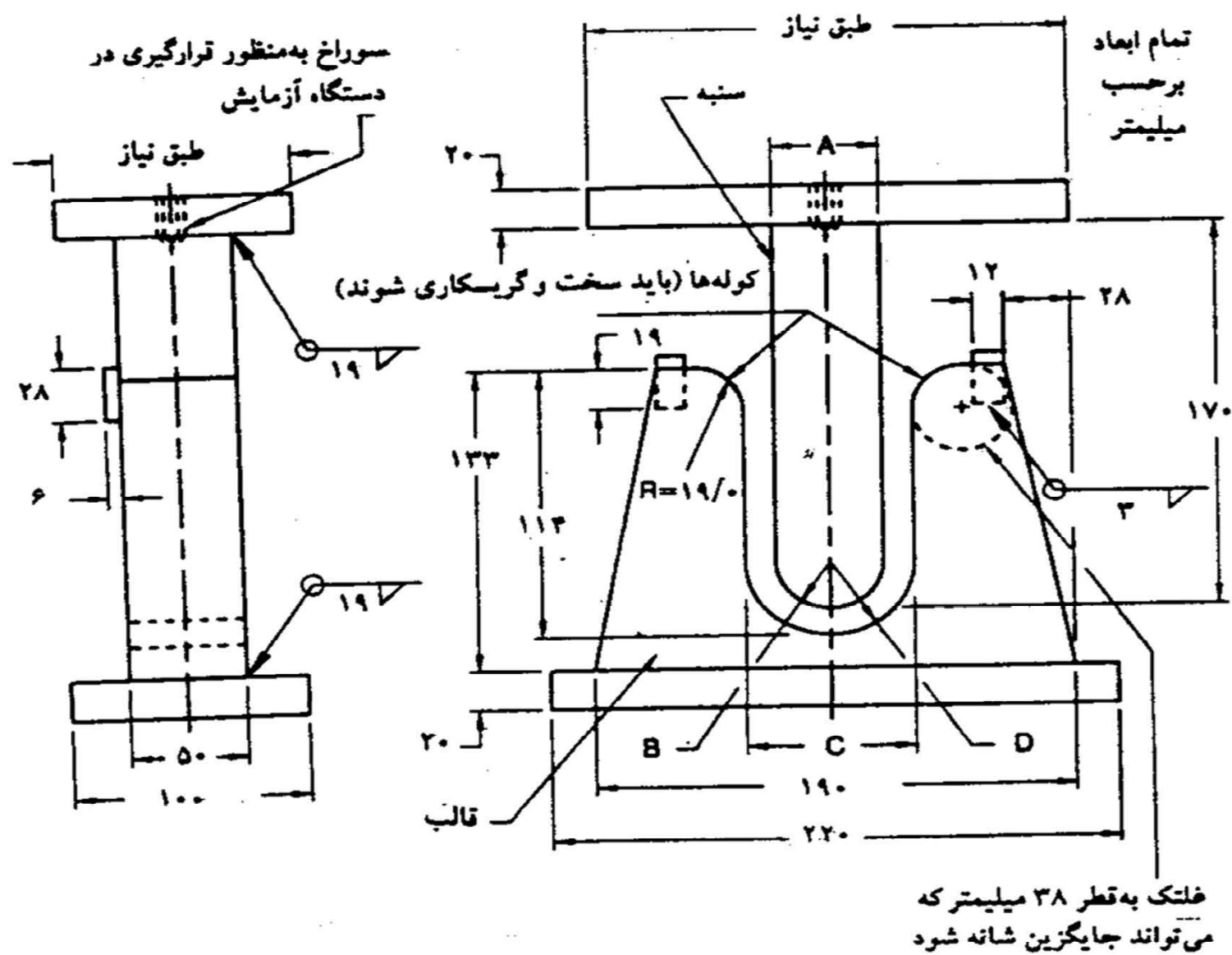
۲-۲- کشش مستقیم

۲-۳- حک اسید مقطع جوش

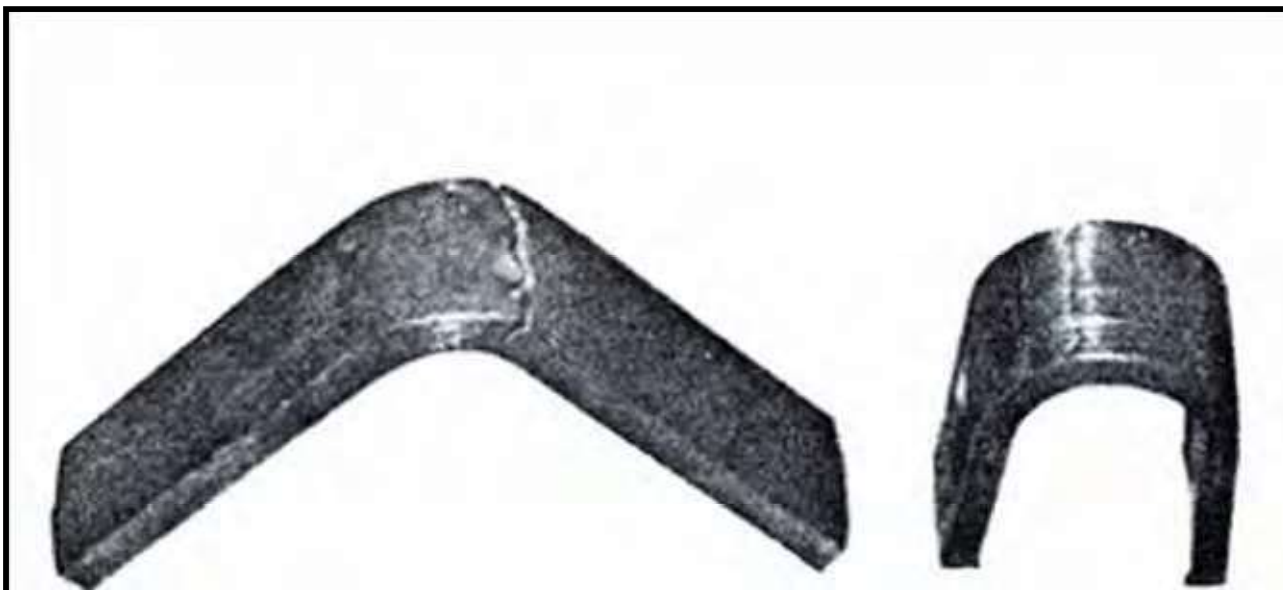
۲-۴- خمش جوش گوشه

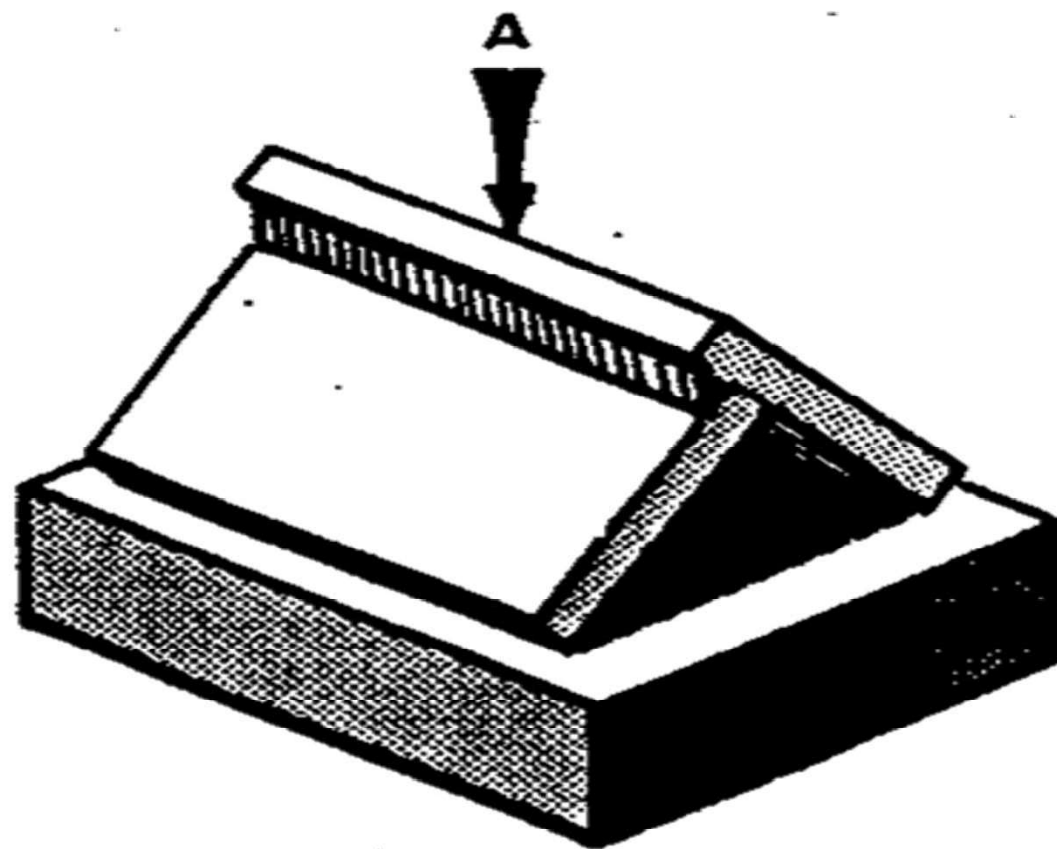


نمونه ها و آزمونه ها



آزمایش خم ۱۸۰ درجه





۱۴- شکست اتصال کنج

۲۳-۲-آزمایش های غیرمخرب (non destructive)

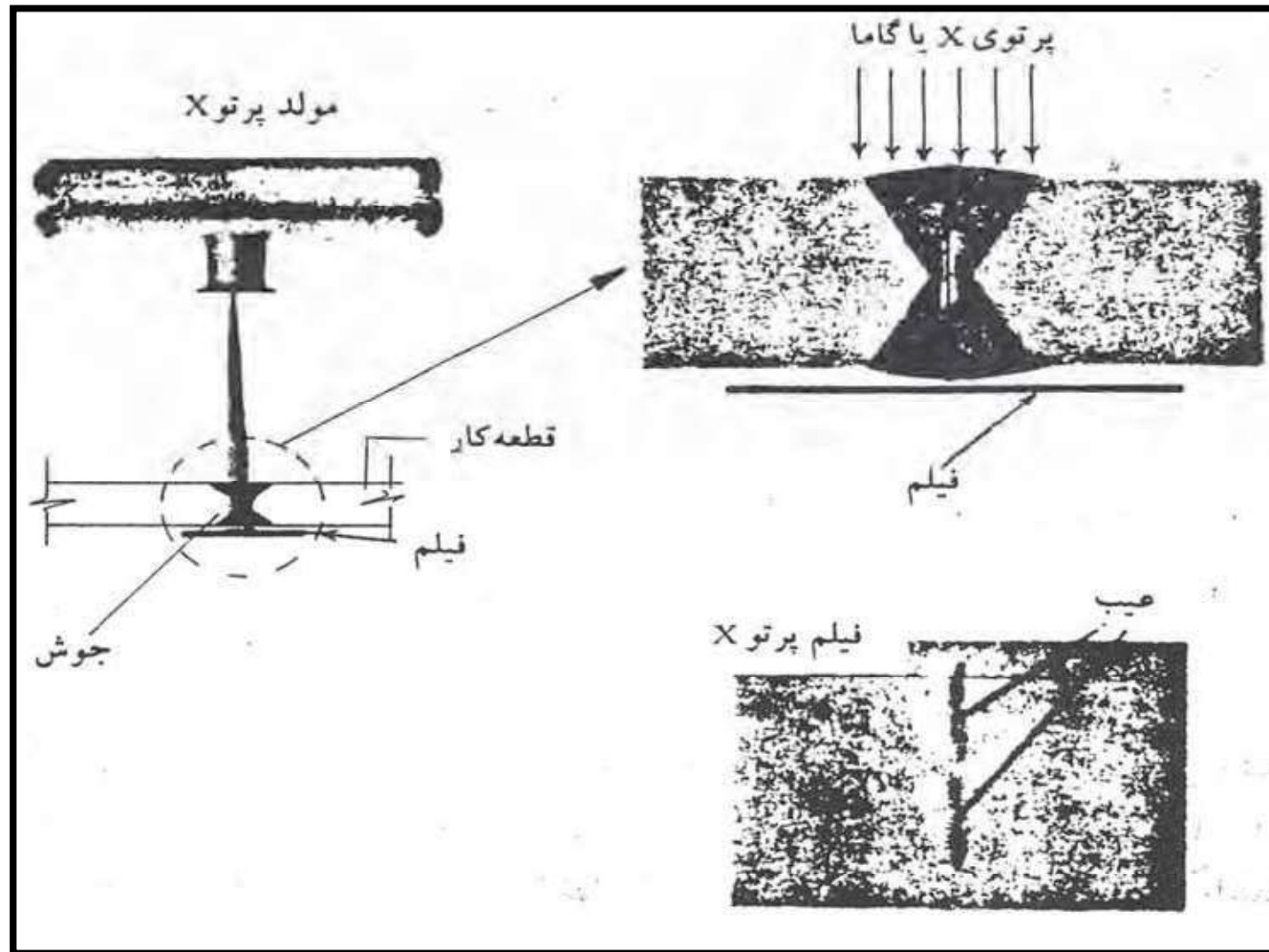
هدف: تایید کیفیت جوش واقعی

انواع آزمایش های غیرمخرب (برنامه Q.C.)

۱. بازرسی عینی (VI)
۲. آزمایش پرتونگاری (RT)
۳. آزمایش فراصوت (UT)
۴. آزمایش رنگ نافذ (PT)
۵. آزمایش ذرات مغناطیسی (MT)



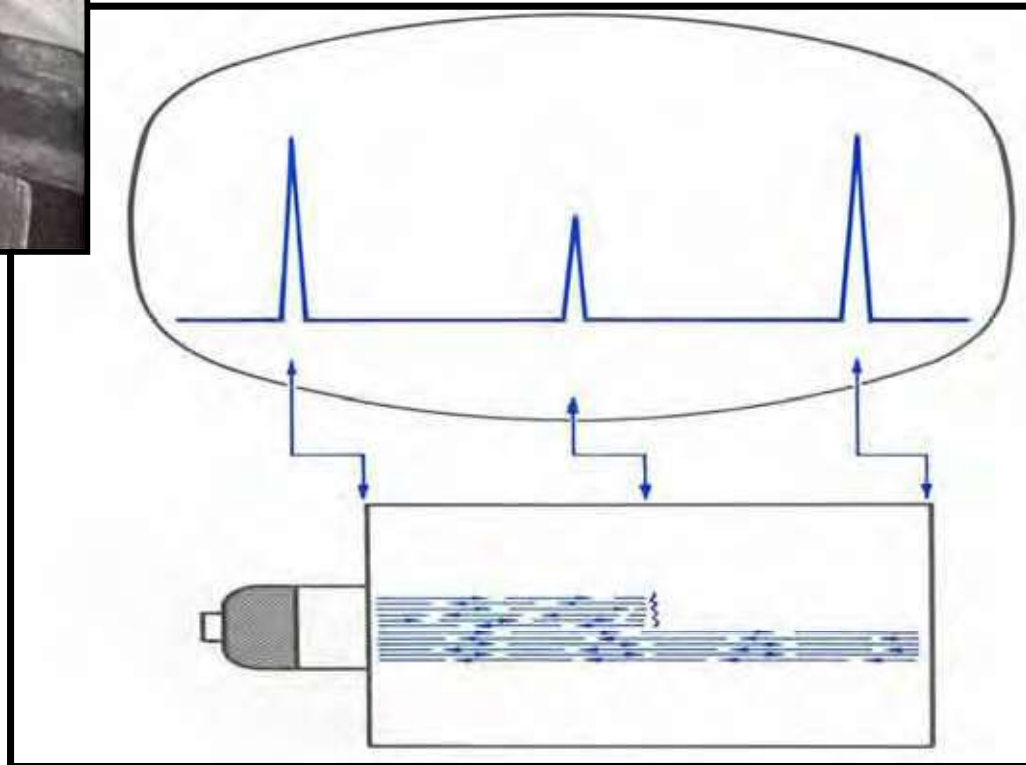
بازرس جوش در حال اندازه گیری ابعاد جوش



پرتونگاری جوش

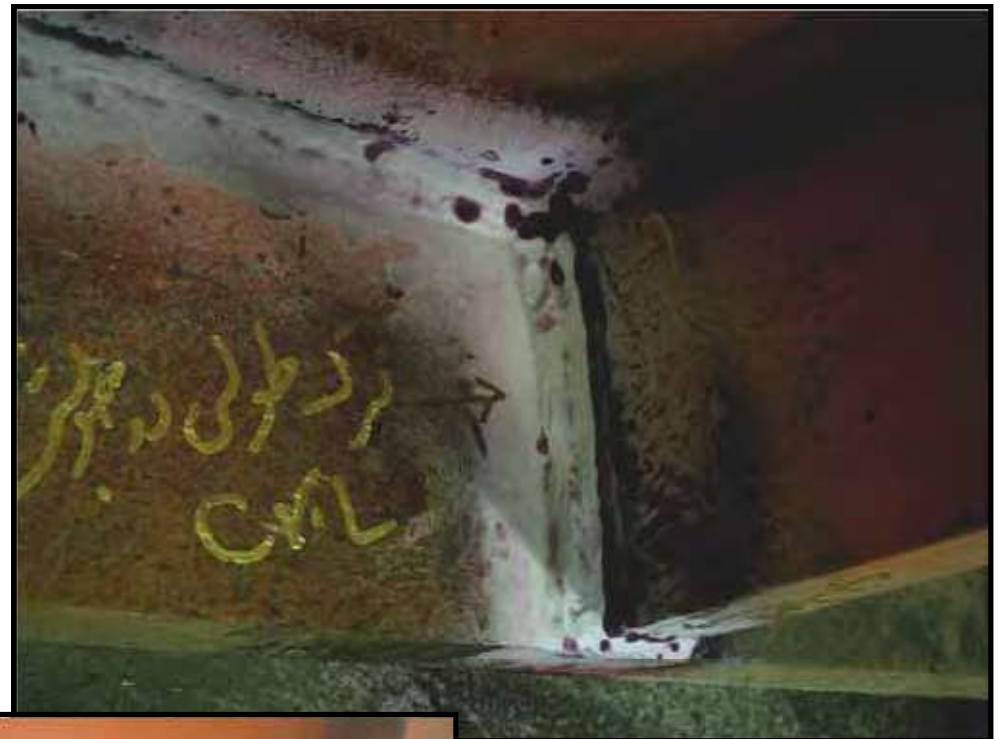


فراصوت (UT)



رنگ نافذ





میدان مغناطیسی



۲۵- برنامه ریزی آزمایش ها

ردیف	نوع جوش	نوع بازرسی
۱	۱۰۰٪ تمام جوش ها	عینی
۲	۱۰۰٪ جوشهای لب به لب عرضی بال کششی، اعضای کششی خریا، ۷/۱ عمق جان درمجاورت بال کششی(در صورتیکه جوشکار در چندروز متوالی نتایج بدون نشان دهد قابل کاهش به ۵۰ و سپس ۳۰ درصد است)	RT یا UT
۳	ده درصد لب به لب طولی	RT یا UT
۴	ده درصد لب به لب عرضی بال یا اعضای فشاری خریا	RT یا UT
۵	ده درصد جوش گوش بال به جان	MT یا PT

جوشکاری در موارد زیر مجاز نیست:

۱. دمای هوا کمتر از ۱۵- درجه سانتیگراد
۲. سطوح مرطوب و در معرض باران
۳. وزش باد شدید
۴. وقتی که جوشکار در شرایط نامتعادل قرار دارد
۵. وقتی که دمای فلز پایه کمتر از مقادیر مجاز درپیش گرمایش باشد

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

نوع الکتروود سازگار	مقاومت نهایی کششی فلز الکتروود (F_{ue})	تنش تسلیم مصالح فلز پایه (F_y)
E۶۰ یا معادل آن	۴۲۰ MPa	تا ۳۰۰ MPa , $t \leq ۱۵mm$ St-37
E۷۰ یا معادل آن	۴۹۰ MPa	
E۷۰ یا معادل آن	۴۹۰ MPa	تا ۳۰۰ MPa , $t > ۱۵mm$
E۷۰ یا معادل آن	۴۹۰ MPa	از ۳۰۰ MPa تا ۳۸۰ MPa
E۸۰ یا معادل آن	۵۶۰ MPa	از ۳۸۰ MPa تا ۴۶۰ MPa

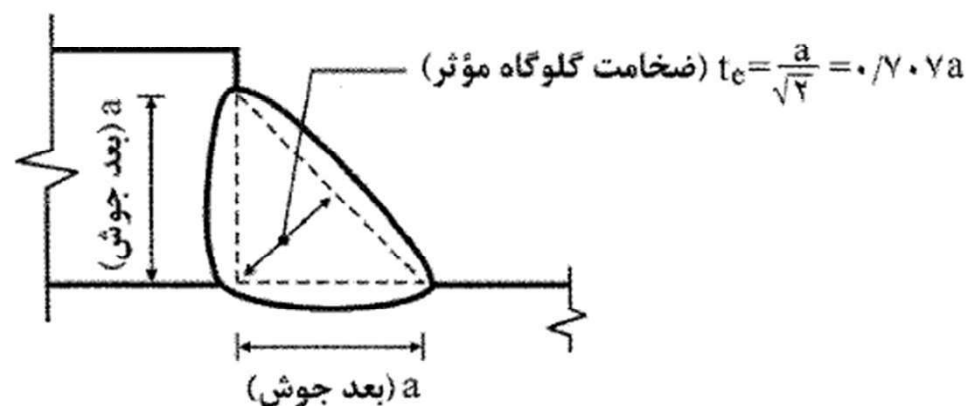
t = ضخامت فلز پایه

محاسبات اتصالات جوشی

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

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

- در صورتی که 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 میلی متر، پیش‌گرمایش و دستورالعمل جوشکاری باید با مطالعه خاص مورد بررسی قرار گیرد.



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

جدول ۱۰-۲-۹-۲ حداقل بُعد جوش گوشه

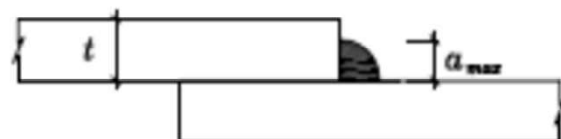
ضخامت قطعه نازکتر	حداقل بُعد جوش گوشه (با یک بار عبور)
تا ۶ میلی‌متر	۳ میلی‌متر
بیش از ۶ تا ۱۲ میلی‌متر	۵ میلی‌متر
بیش از ۱۲ تا ۲۰ میلی‌متر	۶ میلی‌متر
بیش از ۲۰	۸ میلی‌متر

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

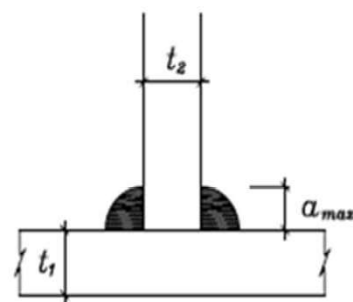
ضوابط حداکثر اندازه جوش گوشه: (بند ۱۰-۲-۹-۲-۲ قسمت ب-۲-مبحث دهم)



$$t < 6\text{mm} \rightarrow a_{max} = t$$



$$t \geq 6\text{mm} \rightarrow a_{max} = \text{Max}(t - 2\text{mm})$$



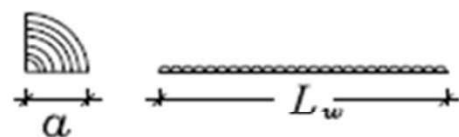
وقتی جوش از بعدی غیر از ضخامت ورق باشد داریم:

$$a_{max} = \text{Min} \begin{cases} 0.75 \cdot t_2 \\ 1.5 \cdot t_1 \end{cases}$$

اگر ورق از یک طرف جوش شود از ضریب ۱.۵ و اگر از دو طرف جوش شود از ضریب ۰.۷۵ استفاده می شود.

۱-۶) حداقل طول مؤثر جوش گوشه: (بند ۱۰-۱-۱۰-۲-قسمت ب-۲-مبحث دهم)

حداقل طول جوش گوشه:



$$L_w = \max \begin{cases} 4a \\ 4cm \end{cases}$$

a : بعد جوش

L_w : طول جوش

نکته ۱: اگر ضابطه فوق رعایت نشد، باید بعد جوش را $\frac{1}{4}$ طول مؤثر در نظر گرفت.

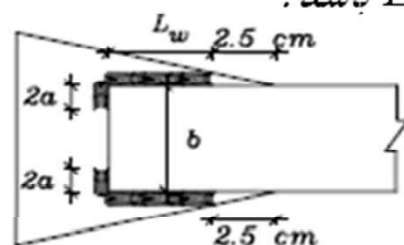
نکته ۲: در فاصله 2.5 cm از لبه ورق، جوشکاری باید متوقف شود.

نکته ۳: طول جوش حداقل به اندازه عرض صفحه باشد.

نکته ۴: طول برگشت جوش $2a$ باشد و اگر بیشتر بوده در محاسبات وارد می شود.

نکته ۵: فاصله عمودی بین خطوط جوش در اتصالات انتهایی به 20 cm محدود می شود.

نکته ۶: از جوش گوشه منقطع در صورتی می توان استفاده کرد $L_w \geq 4cm, L_w \geq 4a$ باشد.

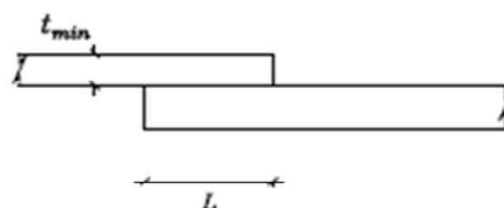


$$L_w \geq b$$

$$b \leq 20cm$$

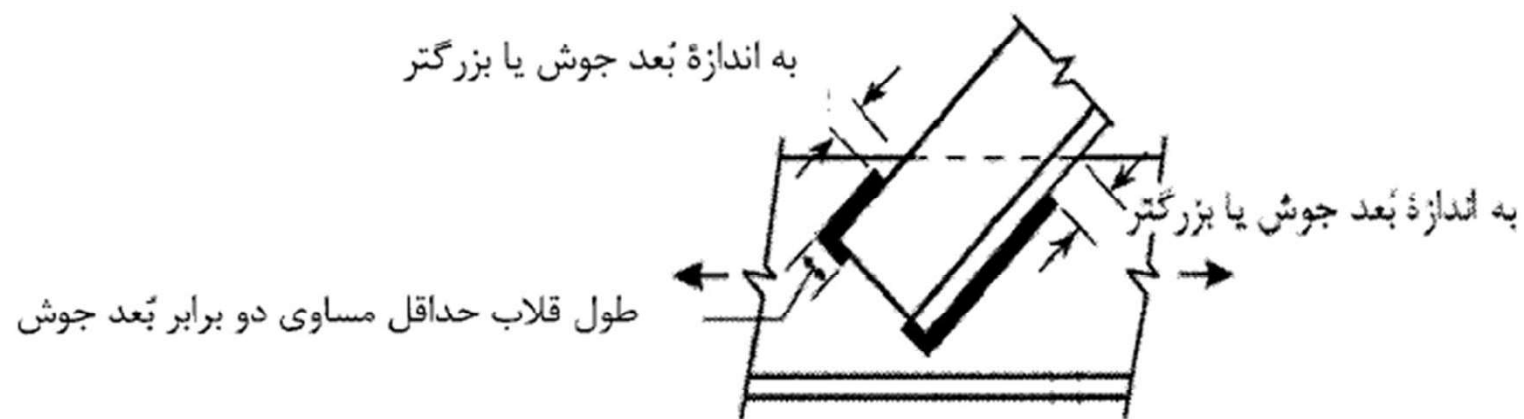
- حداقل روی هم آمدگی قطعات در روی هم را به 5 برابر ضخامت ورق نازکتر و همچنین 2.5 cm محدود می شود.

$$L > \max \begin{cases} 2.5cm \\ 5.t_{min} \end{cases}$$

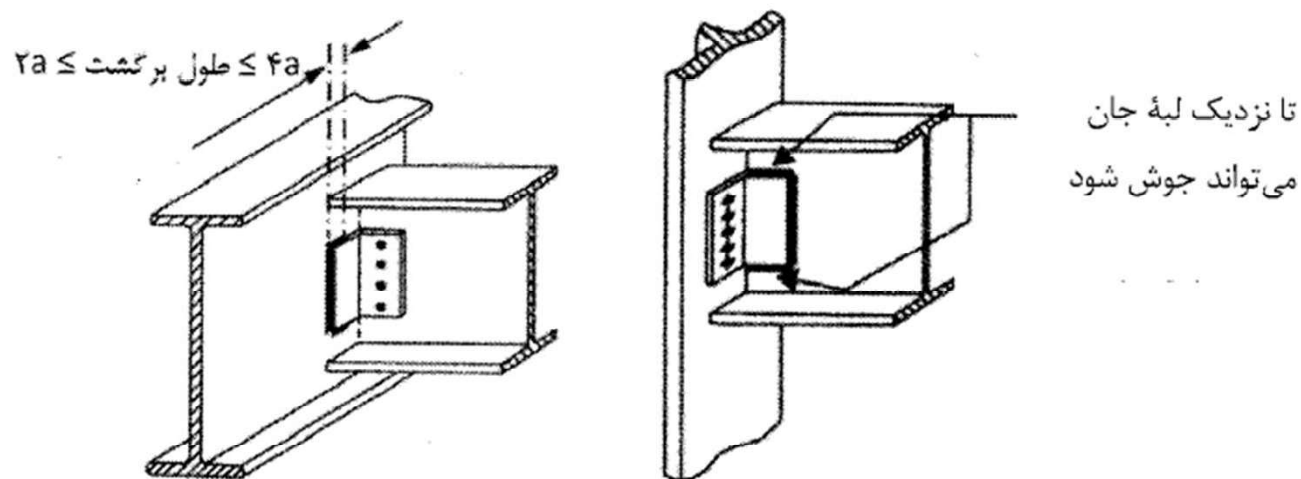


t_{min} ← ضخامت ورق نازکتر

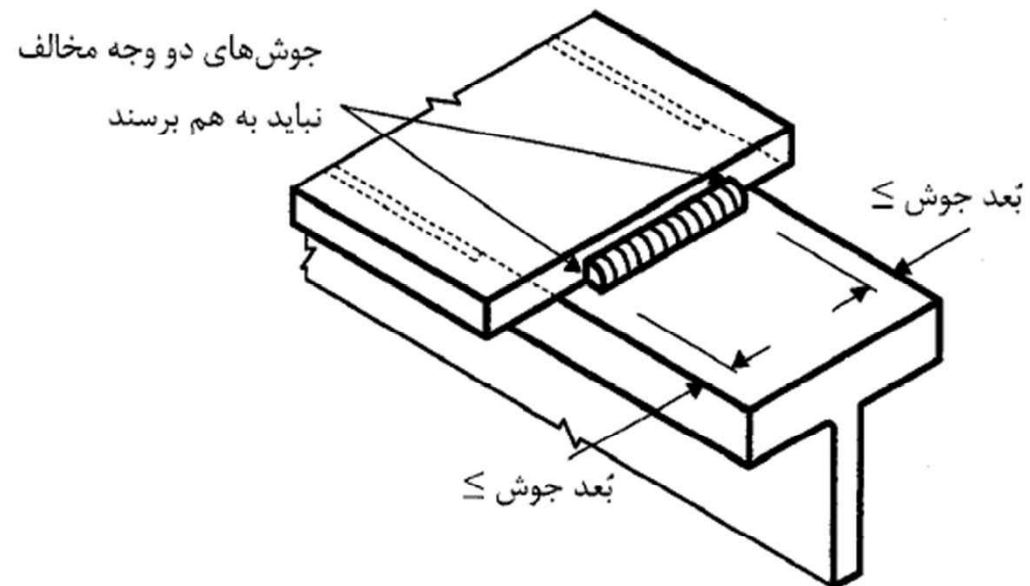
L ← حداقل طول روی هم آمدگی



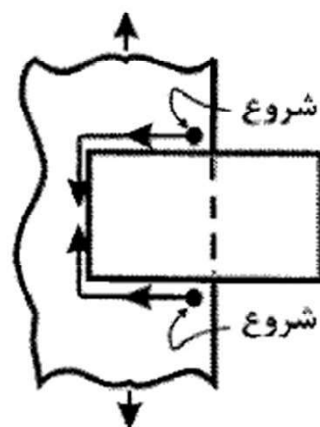
شکل ۱۰-۲-۹-۶ جوش گوشه در انتهای اعضای محوری



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



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



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

سطح مؤثر جوش : (بند ۱۰-۲-۹-۲-۲ قسمت الف -مبحث دهم)

سطح مؤثر جوش ها از حاصلضرب ضخامت مؤثر جوش (t_e) در طول جوش به دست می آید :

$$A_w = L_w \cdot t_e$$

ضخامت مؤثر جوش لب : (بند ۱۰-۲-۹-۲-۱ قسمت الف -مبحث دهم)



الف) جوش لب با نفوذ کامل :

$$t_e = t_{min}$$

اندازه مؤثر (ضخامت مؤثر) جوش لب با نفوذ کامل برابر با ضخامت ورق نازک است .

ب) جوش لب با نفوذ غیر کامل : (بند ۱۰-۲-۹-۲-۱ قسمت ب -مبحث دهم)

- جوش با نفوذ غیر کامل جناغی :



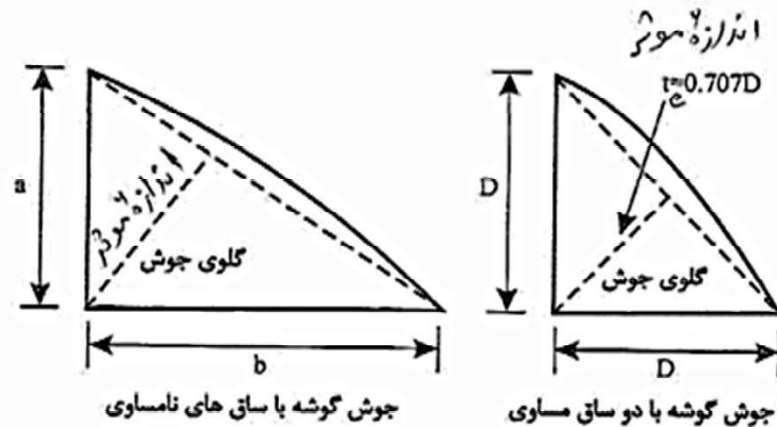
$$if \begin{cases} \alpha \geq 60^\circ \rightarrow t_e = D \\ 45^\circ < \alpha < 60^\circ \rightarrow t_e = D - 3mm \end{cases}$$

ضخامت مؤثر جوش لب با نفوذ نسبی به جدول صفحه ۱۴۶ مبحث دهم و شکل های بالا محدود می شود.

ضخامت موثر جوش گوشه:

کمترین فاصله بین ریشه جوش و سطح خارجی جوش است .

$$\text{if} \begin{cases} a = b \rightarrow t_e = \frac{a}{\sqrt{2}} = 0.707a \\ a \neq b \rightarrow t_e = \frac{a \cdot b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \end{cases}$$



۱۰-۲-۹-۲ مقاومت جوش

مقاومت طراحی جوش‌ها مساوی ϕR_n می‌باشد که در آن، ϕ ضریب کاهش مقاومت طبق جدول ۱۰-۲-۹-۳ و R_n مقاومت اسمی جوش می‌باشد که باید به شرح زیر برابر کوچکترین مقدار محاسبه شده بر اساس حالت‌های حدی گسیختگی کششی و گسیختگی برشی برای مصالح فلز پایه و حالت حدی گسیختگی برای فلز جوش در نظر گرفته شود.

الف) بر اساس مصالح فلز پایه

$$R_n = F_{nBM} A_{BM} \quad (۱۰-۲-۹-۲)$$

ب) بر اساس مصالح فلز جوش

$$R_n = \beta F_{nw} A_{we} \quad (۱۰-۲-۹-۳)$$

که در آن:

$$F_{nBm} = \text{تنش اسمی فلز پایه}$$

$$F_{nw} = \text{تنش اسمی فلز جوش}$$

$$A_{BM} = \text{سطح مقطع فلز پایه}$$

$$A_{we} = \text{سطح مقطع مؤثر جوش}$$

$$\beta = \text{ضریب بازرسی جوش به شرح زیر:}$$

۱. در صورت انجام آزمایش‌های غیرمخرب نظیر رادیوگرافی و التراسونیک (فراصوتی): $\beta=1$

۲. در صورت انجام جوش در کارخانه (یا شرایط مشابه) و بازرسی چشمی جوش توسط بازرس

ذیصلاح جوش: $\beta=0.75$

۳. در صورت انجام جوش در محل و بازرسی چشمی جوش توسط بازرس ذیصلاح جوش: $\beta=0.75$

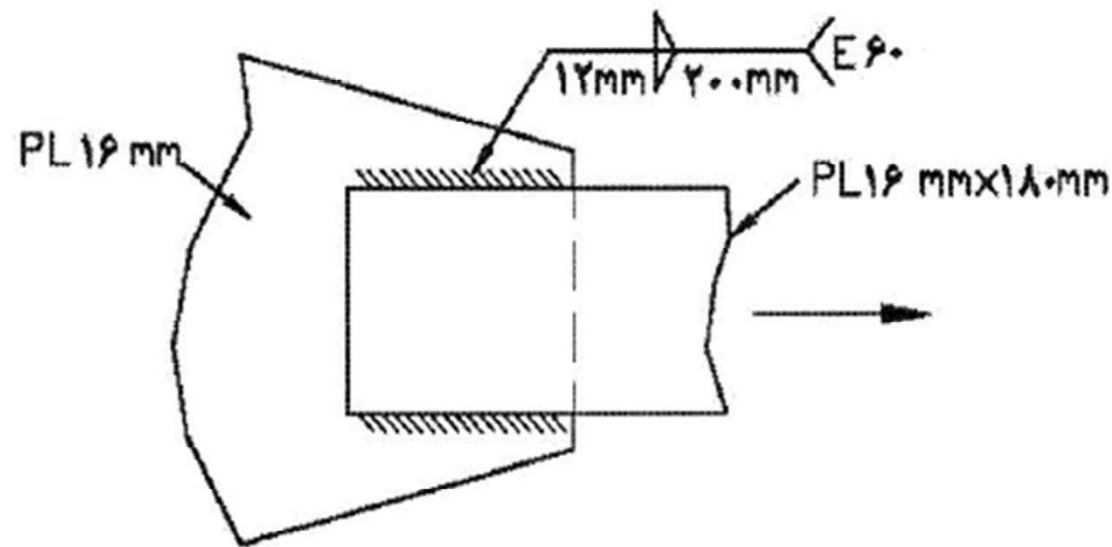
نوع جوش	نوع بار و جهت آن نسبت به محور جوش	نوع فلز حاکم بر تعیین مقاومت جوش	ضریب کاهش مقاومت (ϕ)	تنش اسمی (F_{nBm} یا F_{nw})
جوش شیاری با نفوذ کامل و لبه آماده شده	کششی عمود بر مقطع مؤثر	فلز پایه	مطابق فصل ۳-۲-۱۰	مطابق فصل ۳-۲-۱۰
	فشاری عمود بر مقطع مؤثر، کششی و یا فشاری موازی با محور جوش	فلز پایه	مطابق فصل ۳-۲-۱۰ یا ۴-۲-۱۰	مطابق فصل ۳-۲-۱۰ یا ۴-۲-۱۰
	برشی، در مقطع مؤثر	فلز پایه	مطابق فصل ۶-۲-۱۰	مطابق فصل ۶-۲-۱۰
جوش شیاری با نفوذ نسبی	فشاری، در امتداد عمود بر مقطع مؤثر فشاری، موازی با محور جوش کششی، موازی با محور جوش	فلز پایه	مطابق فصل ۳-۲-۱۰ یا ۴-۲-۱۰	مطابق فصل ۳-۲-۱۰ یا ۴-۲-۱۰
	کششی در امتداد عمود بر مقطع مؤثر	بر اساس فلز پایه	۰/۷۵	$F_{nBM}=F_u$
		بر اساس فلز جوش (الکتروود مصرفی)	۰/۸	$F_{nw}=۰/۶F_u$
	برشی، در مقطع مؤثر	بر اساس فلز پایه بر اساس فلز جوش (الکتروود مصرفی)	مطابق فصل (۶-۲-۱۰) ۰/۷۵	$F_{nw}=۰/۶F_u$

نوع جوش	نوع بار و جهت آن نسبت به محور جوش	نوع فلز حاکم بر تعیین مقاومت جوش	ضریب کاهش مقاومت (ϕ)	تنش اسمی (F_{nBm} یا F_{nw})
جوش گوشه	برشی، در مقطع مؤثر	بر اساس فلز پایه	۰/۷۵	مطابق فصل ۱۰-۲-۶
		بر اساس فلز جوش (الکتروود مصرفی)		$F_{nw} = 0.6 F_{ue}$
	کششی یا فشاری، موازی با محور جوش	فلز پایه	مطابق فصل ۱۰-۲-۳ یا ۱۰-۲-۴	مطابق فصل ۱۰-۲-۳ یا ۱۰-۲-۴
جوش انگستانه و کام	برشی، موازی سطح برش شونده (روی مقطع مؤثر)	بر اساس فلز پایه	۰/۷۵	مطابق فصل ۱۰-۲-۶
		بر اساس فلز جوش (الکتروود مصرفی)		$F_{nw} = 0.6 F_{ue}$

F_{ue} = تنش نهایی فلز جوش (الکتروود مصرفی)

F_y = تنش تسلیم فلز پایه

مثال ۱- ظرفیت باربری اتصال نشان داده شده را با روش LRFD بدست آورید.
فولاد: St-37 و ضریب بازرسی جوش = ۱



مقاومت کششی ورق اصلی به دست می‌آید.
تسلیم کششی،

$$P_n = F_y A_g$$

$$P_n = (2/4)(28/8) = 69/1 t$$

$$\phi_t P_n = (0/9)(69/1) = \underline{62/2 t}$$

گیختگی کششی،

$$P_n = F_u A_e$$

$$A_e = A_g = 28/8 cm^2$$

$$P_n = (3/7)(28/8) = 106/6 t$$

$$\phi_t P_n = (0/75)(106/6) = 80/0 t$$

تسلیم کششی کنترل کننده است.

شایان ذکر است که معمولاً در طراحی اتصال نیازی به بررسی مقاومت عضو اصلی اتصال نمی‌باشد زیرا که عضو اصلی برای بارهای وارده طراحی شده است.

همان‌گونه که قبلاً نیز توضیح داده شد، اتصال باید به گونه‌ای طراحی شود که اتصال دهنده و اجزای اتصال تعیین کننده نباشند و عضو اصلی کنترل کننده طرح شود. در این مثال، ضخامت ورق اتصال برابر با ضخامت ورق اصلی و عرض آن مقداری بیشتر انتخاب شده است تا کنترل کننده نباشد.
مقاومت جوش بررسی می‌شود.

$$R_n = F_w A_w$$

$$F_w = 0/6 F_{EXX}$$

$$F_w = 0.6(4200) = 2520 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_w = l_w t_e$$

ضخامت موثر گلولی جوش به دست می آید.

$$t_e = 0.707(12) = 8.484 \text{ mm}$$

$$A_w = (40)(8.484) = 339 \text{ cm}^2$$

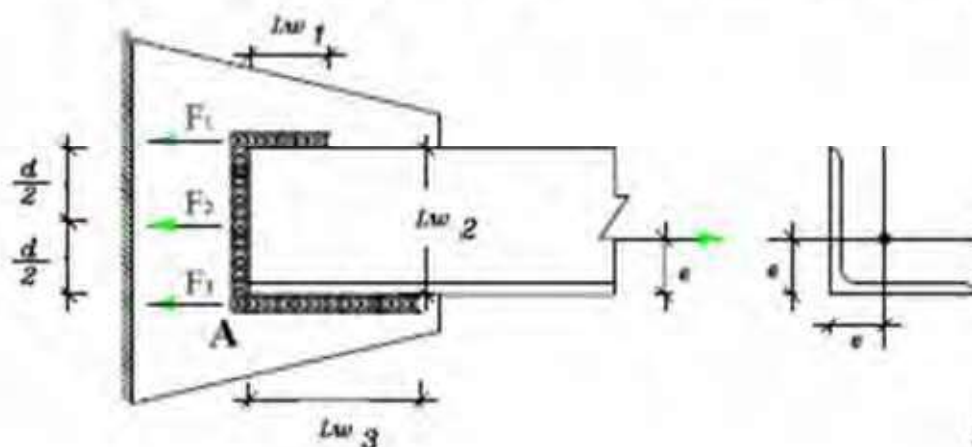
$$R_n = (2/52)(339) = 129 \text{ t}$$

$$\phi R_n = (0.75)(129) = 96.75 \text{ t}$$

بنابراین ورق اصلی کنترل کننده است.

۱-۱۴ طراحی اتصال متعادل :

طرح اتصال نامتقارن برای این است که خروج از مرکزیت در جوش از بین برود و تنش ها یکنواخت گردد.



۱-۱۵ مراحل گام به گام طراحی اتصال متعادل :

(۱) با توجه به نوع الکتروود R_w تعیین شود.

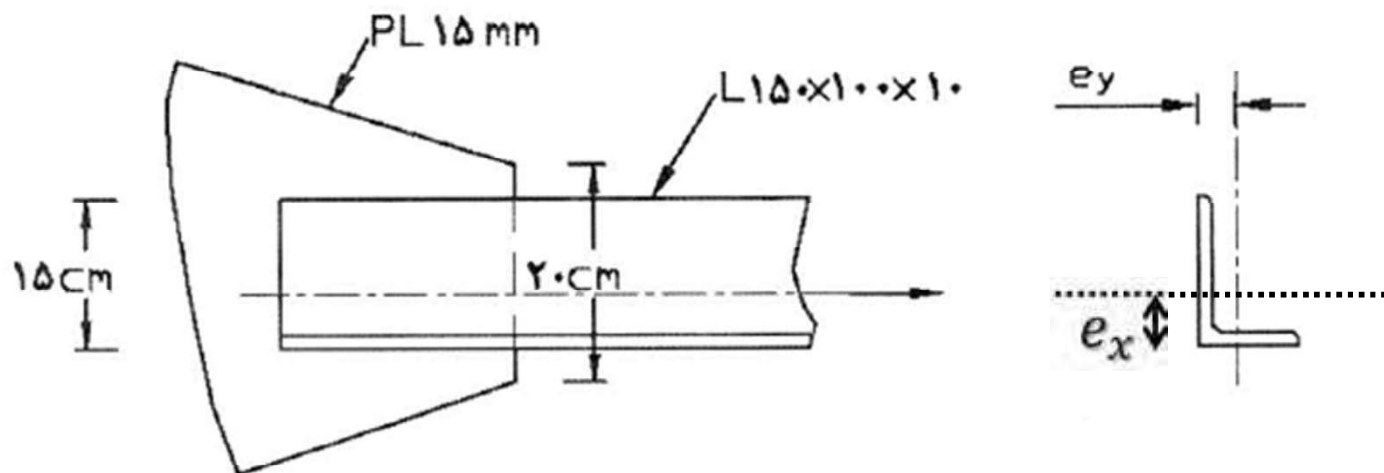
$$F_2 = R_w \cdot L_{w2} \quad (2)$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow F_1 = \frac{P \cdot e}{d} - \frac{F_2}{2} \quad (3)$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_3 = P \times \left(1 - \frac{e}{d}\right) - \frac{F_2}{2} \quad (4)$$

$$L_{w3} = \frac{F_3}{R_w}, L_{w1} = \frac{F_1}{R_w} \quad (5)$$

مثال ۲- اتصال نبشی به ورق نشان داده شده در شکل را با استفاده از روش LRFD طراحی نمایید. بار مرده ۱۰ تن و بار زنده ۲۵ تن می باشد. فولاد از نوع St-37 و الکترود E60 و ضریب بازرسی جوش برابر با ۱ می باشد.



مشخصات نبشی از جدول اشتال:

$$A_g = 24.2 \text{ cm}^2, \quad e_y = 2.34 \text{ cm}, \quad e_x = 4.81 \text{ cm}$$

ورق اتصال کنترل کننده طرح نمی باشد. در این مثال ظرفیت نبشی بررسی می شود:

تسلیم کششی،

$$P_n = F_y A_g$$

$$P_n = (2/4)(24/2) = 58/1 t$$

$$\phi_t P_n = (0/9)(58/1) = \underline{52/3 t}$$

گسیختگی کششی،

$$P_n = F_u A_e$$

با فرض طول اتصال برابر با 20 cm ،

$$U = 1 - \frac{2/34}{20} = 0/883$$

$$A_e = (24/2)(0/883) = 21/4\text{ cm}^2$$

$$P_n = (3/7)(21/4) = 79/21$$

$$\phi_t P_n = (0.75)(79/21) = 59/42$$

تسلیم کششی کنترل کننده است. معمولاً در اتصالات جوشی تسلیم کششی کنترل کننده است.

$$P_u = 1/2(10) + 1/6(25) = 52.1$$

$$52.1 < 59/42$$

بنابراین همان گونه که انتظار می رفت عضو اصلی جوابگو است.

برای انتخاب یک اندازه مناسب جوش، لازم است ابتدا حداقل و حداکثر اندازه مجاز جوش تعیین گردد. حداقل اندازه جوش از جدول (۴-۶) برابر با 5 mm است. حداکثر اندازه جوش به دست می آید.

$$W_{\max} = 10 - 2 = 8 \text{ mm}$$

جوش 8 mm به دلیل سهولت اجرا انتخاب می شود.

ضخامت موثر گلوی جوش به دست می آید.

$$t_e = 0.707(\lambda) = 5/656 \text{ mm}$$

$$A_w = 0.5656 l_w$$

$$F_w = 0.6(4200) = 2520 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_n = (2/52)(0.5656 l_w) = 1/425 l_w$$

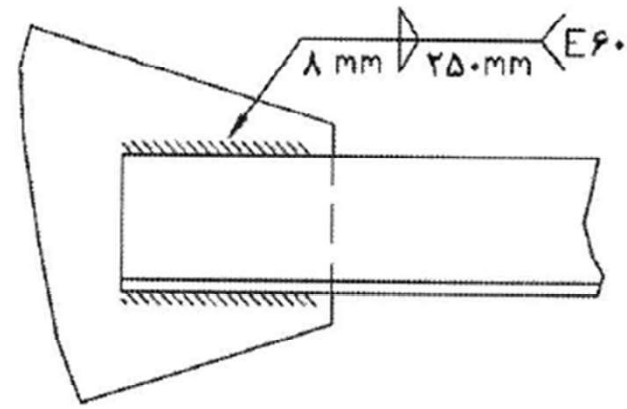
$$\phi R_n = (0.75)(1/425 l_w) = 1/569 l_w$$

طول مورد نیاز جوش با مساوی قرار دادن مقاومت‌های لازم و موجود نتیجه می‌شود.

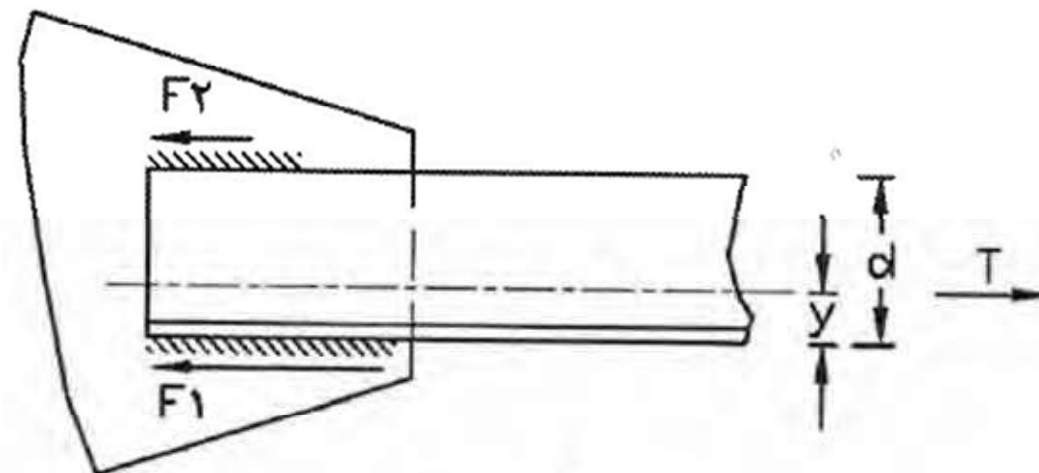
$$R_u \leq \phi R_n$$

$$52 = 1/569 l_w \quad l_w = 48/6 \text{ cm}$$

همان‌گونه که توضیح داده شد، در مورد اتصال نبشی‌ها و در مواردی که تحت اثر بارهای خستگی قرار ندارند، رعایت خروج از مرکزیت الزامی نمی‌باشد. اتصال طراحی شده بدون رعایت خروج از مرکزیت در شکل نشان داده شده است.



در صورت رعایت خروج از مرکزیت نبشی،



$$y = e_x$$

با برقراری تعادل لنگر در محل نیروی F_1 ، نیروی F_r به دست می‌آید.

$$F_r = \frac{y}{d} T$$

نیروی F_1 نیز از تعادل نیروها نتیجه می‌شود.

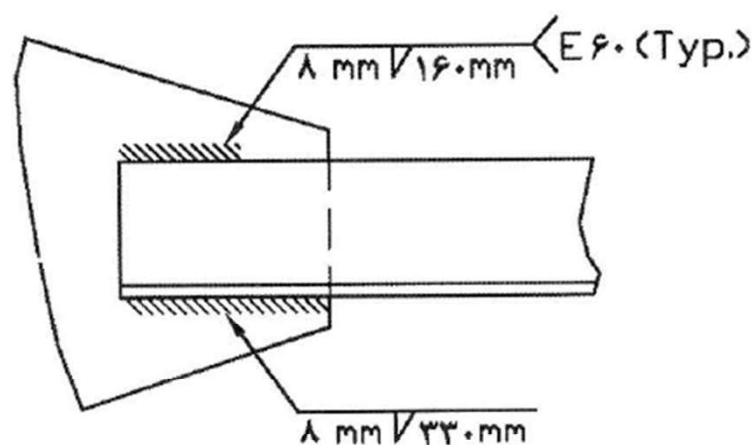
$$F_1 = T - F_r$$

در مورد طول جوش‌ها نیز لازم است نسبت‌های فوق رعایت شود.
برای مثال بالا نتیجه می‌شود.

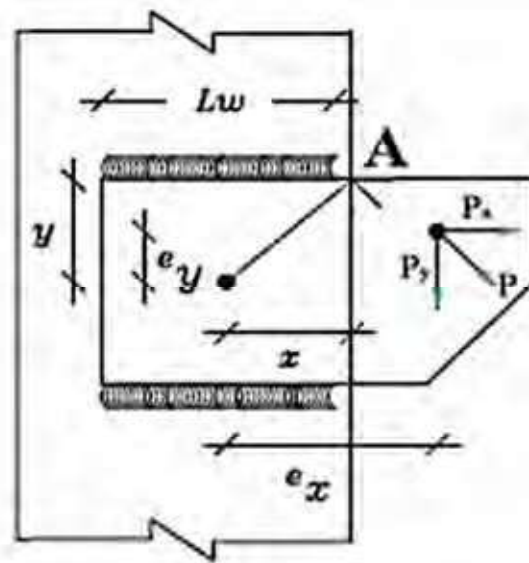
$$l_{w2} = \frac{4/81}{15} (48/6) = 15/6 \text{ cm}$$

$$l_{w1} = 48/6 - 15/6 = 33 \text{ cm}$$

اتصال طراحی شده با رعایت خروج از مرکزیت در شکل نشان داده شده است.



۱-۱۶) برش با خروج از مرکزیت : (برش و پیچش)



تنش ها یکنواخت است $\rightarrow \begin{cases} f'_x = \frac{P_x}{A_w} \\ f'_y = \frac{P_y}{A_w} \end{cases}$ برش مستقیم

$$T = P_x \cdot e_y + P_y \cdot e_x$$

X, y : فاصله تار خشی تا محل تنش حداکثر

برش حاصل از پیچش $\begin{cases} f''_x = \frac{T \cdot y}{I_p} \dots \dots \dots I_p = I_x + I_y \\ f''_y = \frac{T \cdot x}{I_p} \end{cases}$

$$f_r = \sqrt{f_x'^2 + f_x''^2} = \sqrt{(f'_x + f''_x)^2 + (f'_y + f''_y)^2} \leq F_v$$

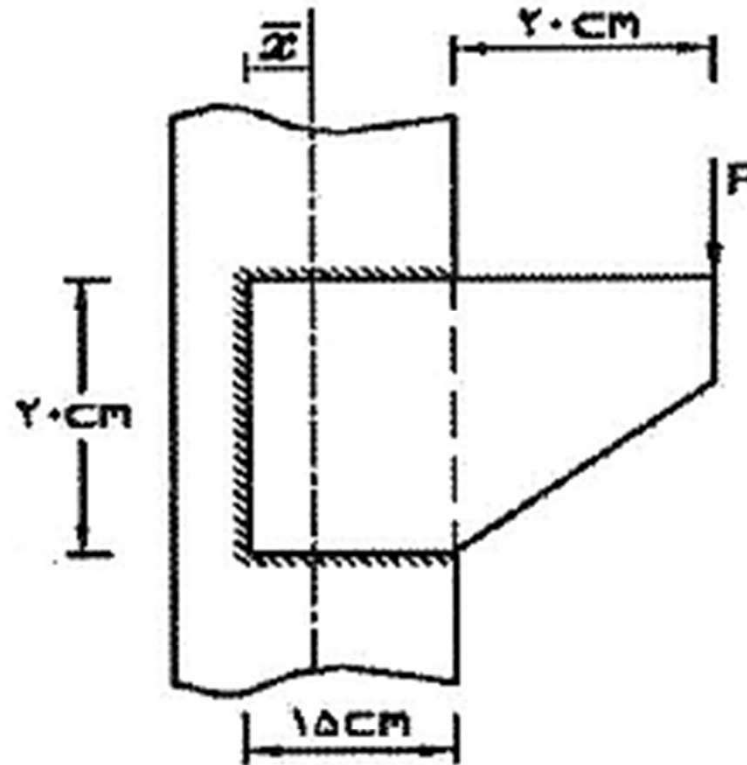
نقطه ای بحرانی است که تنش های ناشی از پیچش بیشتر باشند و تنش های برشی حاصل از پیچش با برش مستقیم هم جهت باشند. (در این شکل نقطه A بحرانی است)

محاسبه لنگر لختی قطبی و اساس مقطع
برای انواع جوش ها
صفحه ۳۶۱ کتاب دکتر حبیب الله اکبر

فرض: $t_e = 1$

شکل مقطع b = (عرض) d = (ارتفاع)	اساس مقطع $\frac{I_x}{y}$	لنگر لختی قطبی I_p حول مرکز ثقل (ارتفاع)
1.	$S = \frac{d^2}{6}$	$I_p = \frac{d^3}{12}$
2.	$S = \frac{d^2}{3}$	$I_p = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
3.	$S = bd$	$I_p = \frac{b(3d^2 + b^2)}{6}$
4.	$\bar{y} = \frac{d^2}{2(b+d)}$ $\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$ $S = \frac{4bd + d^2}{6}$	$I_p = \frac{(b+d)^4 - 6b^2d^2}{12(b+d)}$
5.	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$ $S = bd + \frac{d^2}{6}$	$I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$
6.	$\bar{y} = \frac{d^2}{b+2d}$ $S = \frac{2bd + d^2}{3}$	$I_p = \frac{b^3 + 6b^2d + 8d^3}{12} - \frac{d^4}{2d+b}$
7.	$S = bd + \frac{d^2}{3}$	$I_p = \frac{(b+d)^2}{6}$
8.	$\bar{y} = \frac{d^2}{b+2d}$ $S = \frac{2bd + d^2}{3}$	$I_p = \frac{b^3 + 8d^3}{12} - \frac{d^4}{b+2d}$
9.	$S = bd + \frac{d^2}{3}$	$I_p = \frac{b^3 + 3b^2 + d^3}{6}$
10.	$S = \pi r^2$	$I_p = 2\pi r^3$

مثال ۳- اندازه بعد جوش گوشه نشان داده شده در شکل را با استفاده از روش LRFD بدست آورید. بار مرده ۳ تن و بار زنده ۵ تن می باشند. فرض کنید که ورق اتصال کنترل کننده نمی باشد. فولاد از نوع St-37 و الکتروود E60 و ضریب بازرسی جوش برابر با ۱ می باشد.



مقادیر $\bar{x}$ و I_p با استفاده از روابط جدول به دست می‌آیند.

$$\bar{x} = \frac{(15)^2}{2(15) + 20} = 4/5 \text{ cm}$$

$$I_p = \frac{8(15)^2 + 6(15)(20)^2 + (20)^2}{12} - \frac{(15)^4}{2(15) + 20} = 4904/2 t_e$$

سطح موثر جوش بر اساس عمق موثر گلولی جوش تعیین می‌گردد.

$$A_w = [2(15) + 20] t_e = 50 t_e$$

روش ضرایب بار و مقاومت:

$$P_u = 1/2(3) + 1/6(5) = 11/6 t$$

$$T_u = (11/6)(0/305) = 3/54 t.m$$

$$f'_y = \frac{11/6}{50 t_e} = \frac{0/232}{t_e}$$

$$f''_x = \frac{(3/54)(100)(10)}{490.4/2 t_e} = \frac{0/722}{t_e}$$

$$f''_y = \frac{(3/54)(100)(10/5)}{490.4/2 t_e} = \frac{0/758}{t_e}$$

$$f_x = \frac{0/722}{t_e}$$

$$f_y = \frac{0/232}{t_e} + \frac{0/758}{t_e} = \frac{0/99}{t_e}$$

$$f_u = \sqrt{\left(\frac{0/722}{t_e}\right)^2 + \left(\frac{0/99}{t_e}\right)^2} = \frac{1/225}{t_e}$$

$$f_u \leq \phi F_w$$

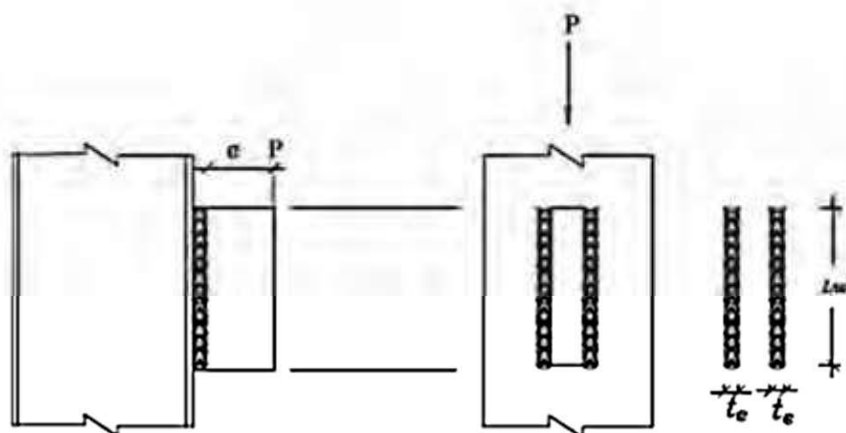
$$\frac{1/225}{t_e} \leq (0/75)(0/6)(4/2) \quad t_e \geq 0/65 \text{ cm}$$

اندازه جوش به دست می آید.

$$w \geq \frac{0/65}{0/707} = 0/92 \text{ cm}$$

جوش 10 mm جوابگو است.

۱۷-۱) جوش تحت اثر برش و لنگر خمشی :



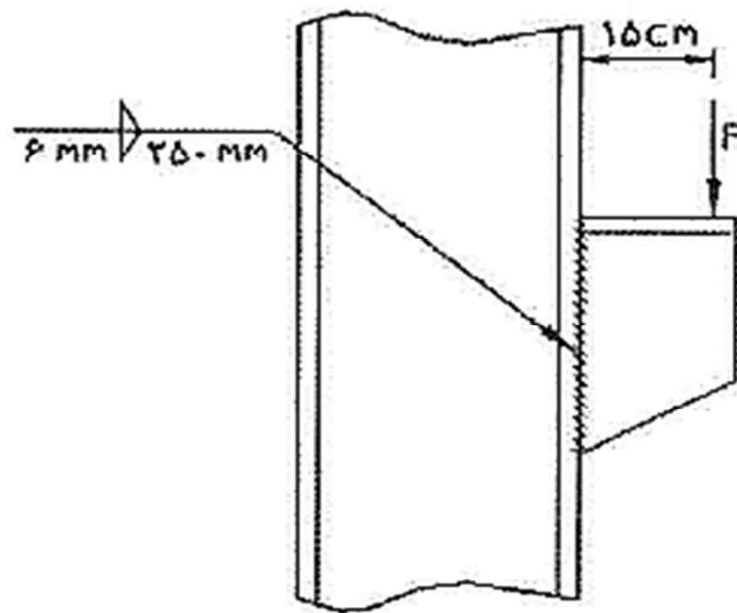
جوش گوشه وقتی تحت لنگر خمشی قرار می گیرد ، در واقع در جوش برش ایجاد می شود .

$$f'_y = \frac{P}{A} = \frac{P}{2 \cdot t_e \cdot L_w} \Rightarrow$$

$$f_r = \sqrt{f_y'^2 + f_x'^2} \leq F_v$$

$$f'_x = \frac{M}{S} = \frac{P \cdot e}{2 \times \frac{t_e \cdot L_w^2}{6}} \Rightarrow$$

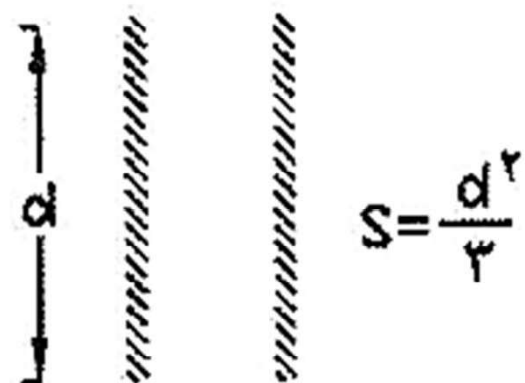
مثال ۴- حداکثر نیروی p اتصال نشان داده شده در شکل را با استفاده از روش LRFD بدست آورید. بار وارده شامل: ۴۰٪ مرده و ۶۰٪ زنده می باشد. ورق اتصال کنترل کننده نمی باشد. فولاد از نوع St-37 و الکتروود E70 و ضریب بازرسی جوش برابر با ۱ می باشد.



$$t_e = 0.7 \times 0.7 (0.6) = 0.3242 \text{ cm}$$

$$A_w = 2(25)(0.3242) = 21.21 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{(25)^2}{2} (0.3242) = 11.4 \text{ cm}^2$$



روش ضرایب بار و مقاومت:

$$P_u = 1/2(0.4P) + 1/6(0.6P) = 1/44P$$

$$M_u = (1/44P)(15) = 21/6P$$

$$f_y' = \frac{1/44P}{21/21} = 0.068P$$

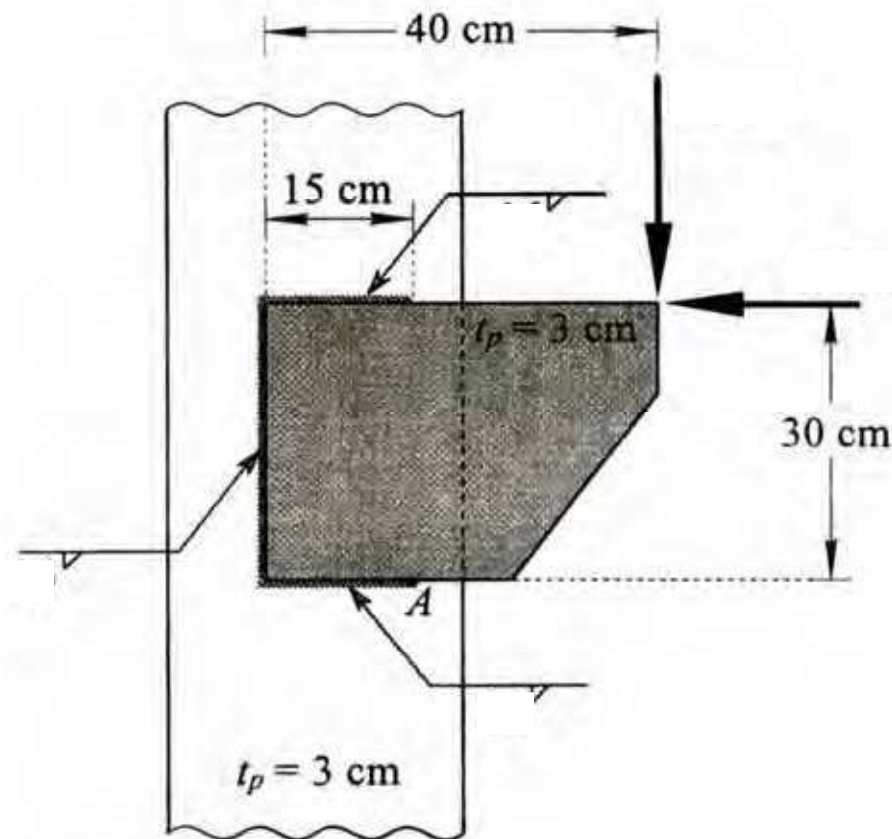
$$f_x'' = \frac{21/6P}{11.4} = 0.244P$$

$$f_u = \sqrt{(0.244P)^2 + (0.068P)^2} = 0.253P$$

$$f_u \leq \phi F_w$$

$$0.253P \leq (0.75)(0.6)(4/9) \quad P \leq 1.71$$

تمرین ۱: بعد جوش گوشه در اتصال براکتی شکل زیر که تحت تاثیر نیروهای افقی و قائم به ترتیب ۱۷ و ۲۲ تن قرار دارد را به روش LRFD طراحی کنید. (الکتروود مصرفی E70 و ضریب بازرسی جوش برابر با ۱)



معرفی اتصالات

انواع اتصالات تیر به ستون



۱- اتصالات مفصلی

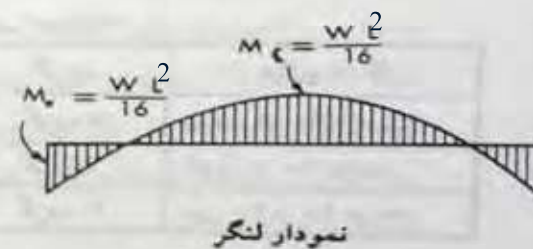
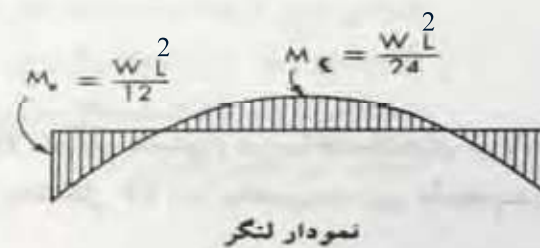
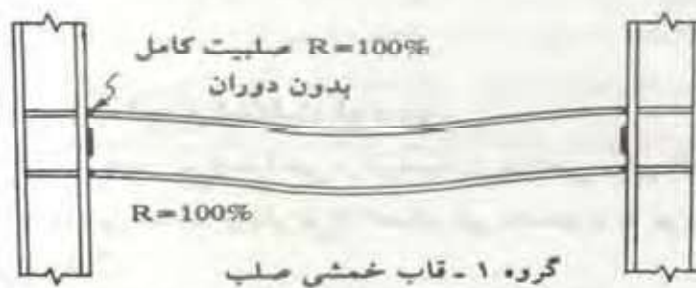
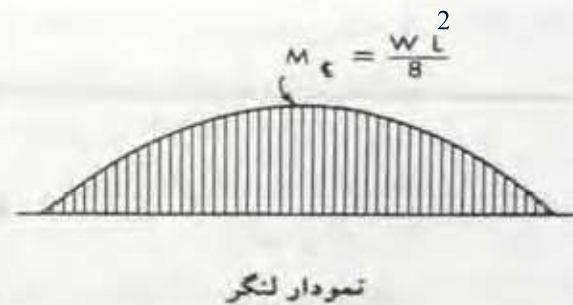
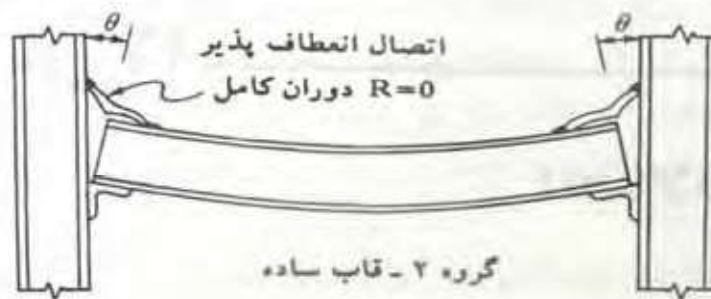


۲- اتصالات خمشی:

۱- اتصالات کاملاً گیردار

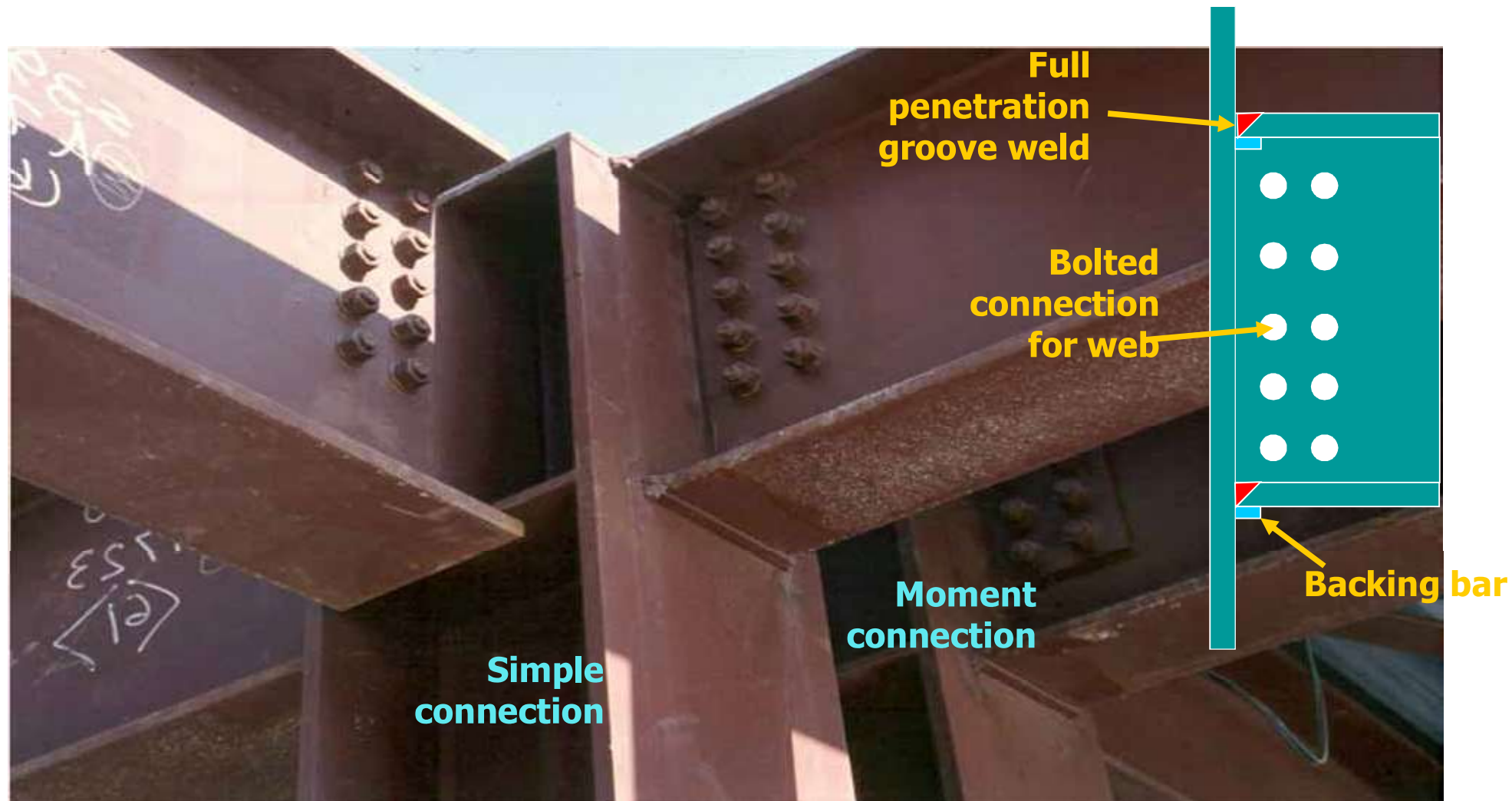
۲- اتصالات نیمه گیردار

مقایسه دیاگرام لنگر خمشی

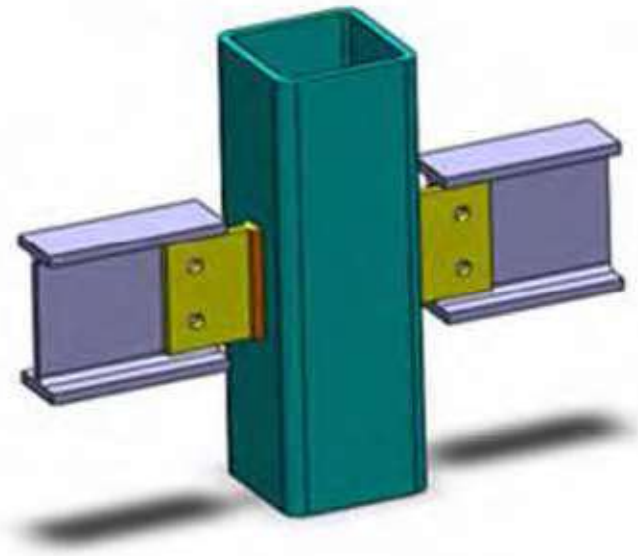
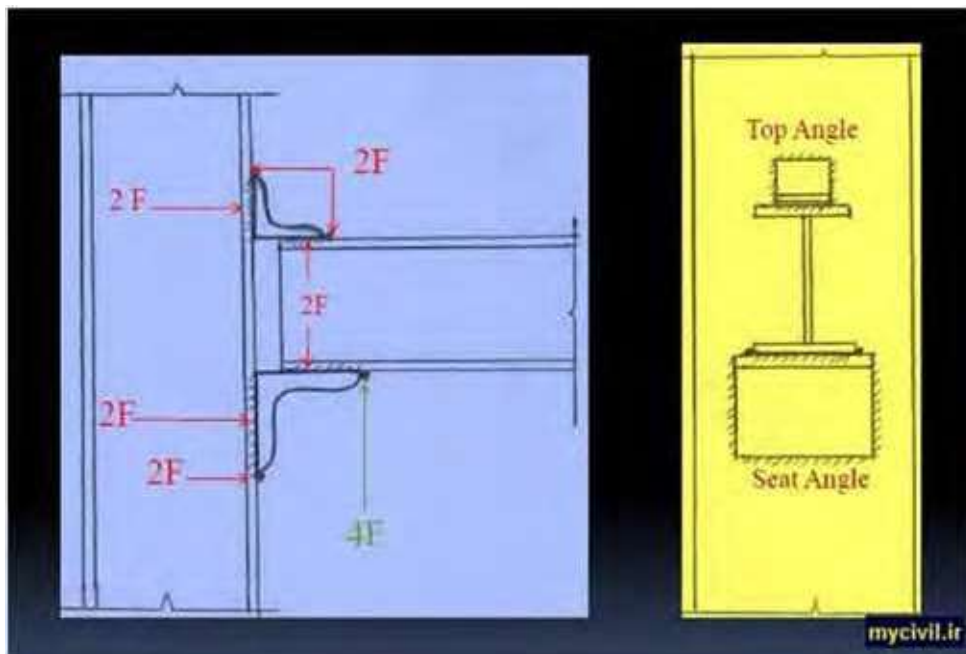


$w L$

مدلی از اتصالات گیردار و مفصلی



مدل اتصالات مفصلی



مدل اتصالات مفصلي

