



طراحی سازه‌های فولادی ۲

مدرس: دکتر شهاب‌الدین حاتمی

اتصالات جوشی

جوشکاری و انواع آن

جوشکاری: اتصال اعضای سازه به کمک حرارت و ذوب شدن موضعی

انواع اجرا: دستی، نیمه اتوماتیک، اتوماتیک



www3.fronius.com

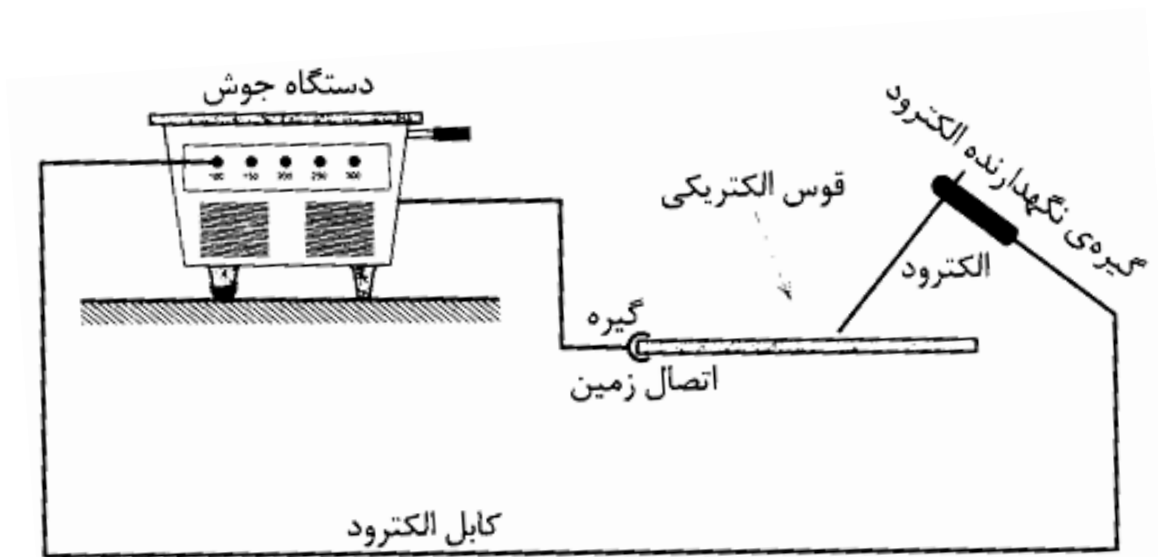


<http://tvagonm.com.ua>

جوشکاری قوس الکتریکی

قوس الکتریکی: تخلیه بار الکتریکی بین دو قطب اتصال در میان گاز یونیزه

حرارت قوس حدود ۵۵۰۰ و حرارت فولاد مجاور آن حدود ۲۰۰۰ درجه سانتیگراد



مدار جوش قوس الکتریکی

جوشکاری قوس الکتریکی

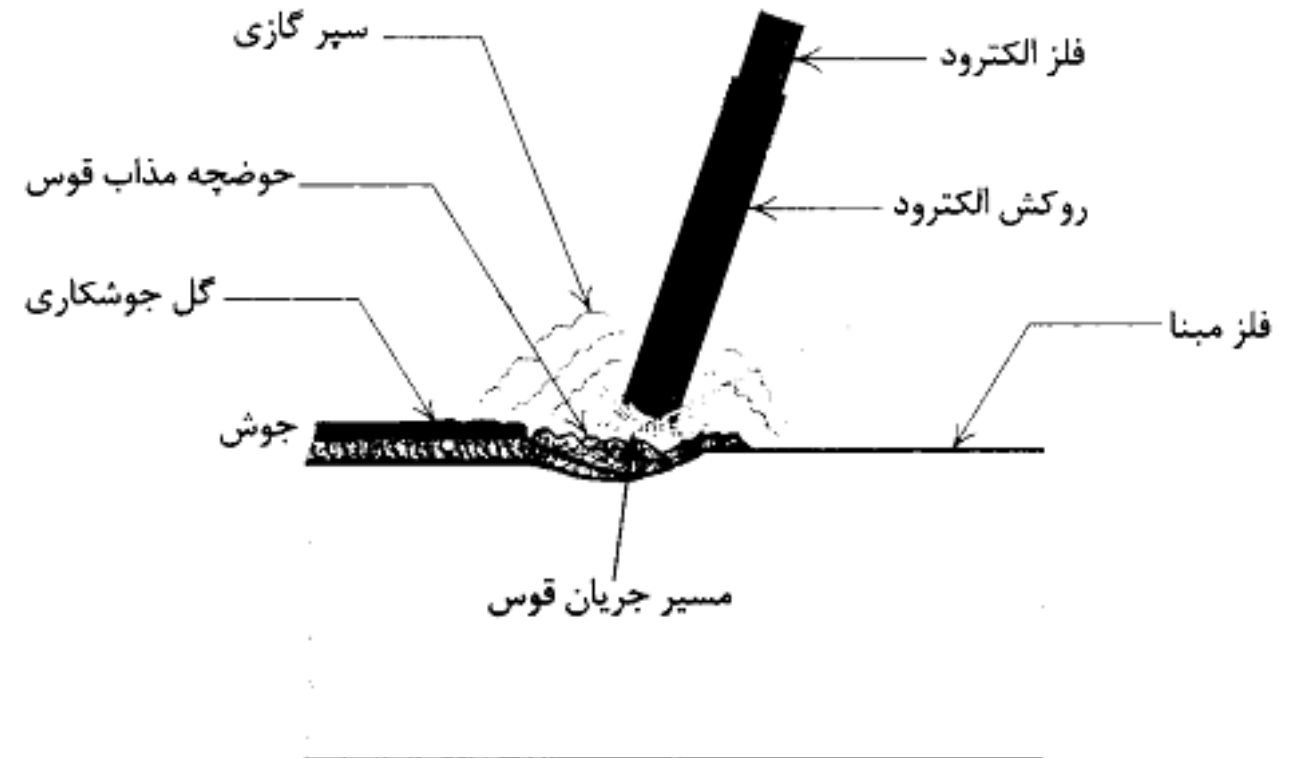
ولتاژ جوشکاری بین ۲۰ تا ۴۰ ولت و شدت جریان بین ۶۰ تا ۴۰۰ آمپر

شدت جریان (A)	ضخامت قطعه (mm)	قطر الکترود (mm)
۶۰-۱۰۰	۲-۴	۲/۵ - ۳/۲۵
۱۰۰-۱۵۰	۴-۶	۳/۲۵-۴
۱۵۰-۲۰۰	۶-۱۰	۴-۵
۲۰۰-۴۰۰	۱۰ <	۵-۸

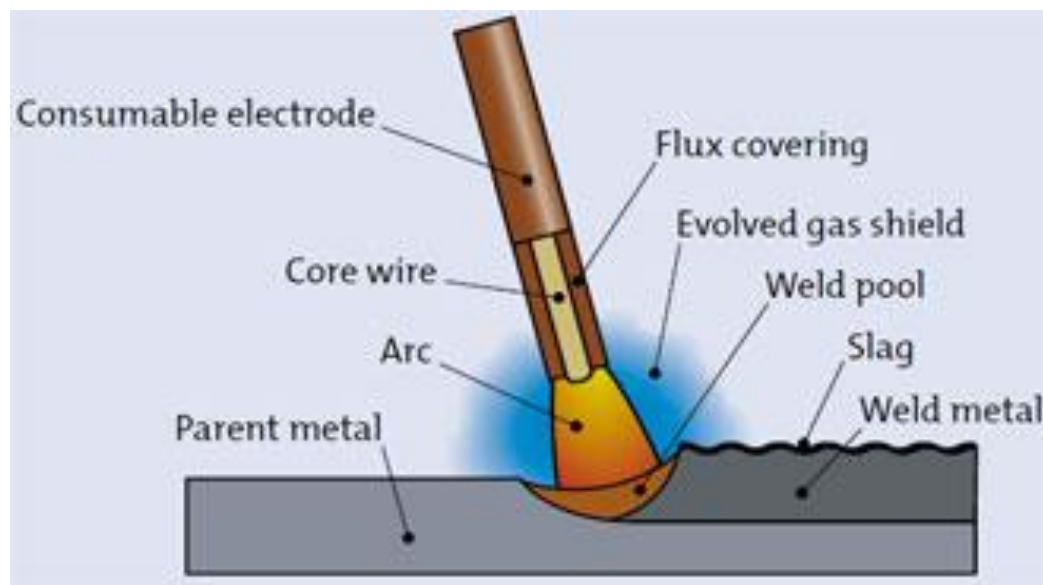
جوش قوس الکتریکی با الکتروود روکش دار



en.wikipedia.org



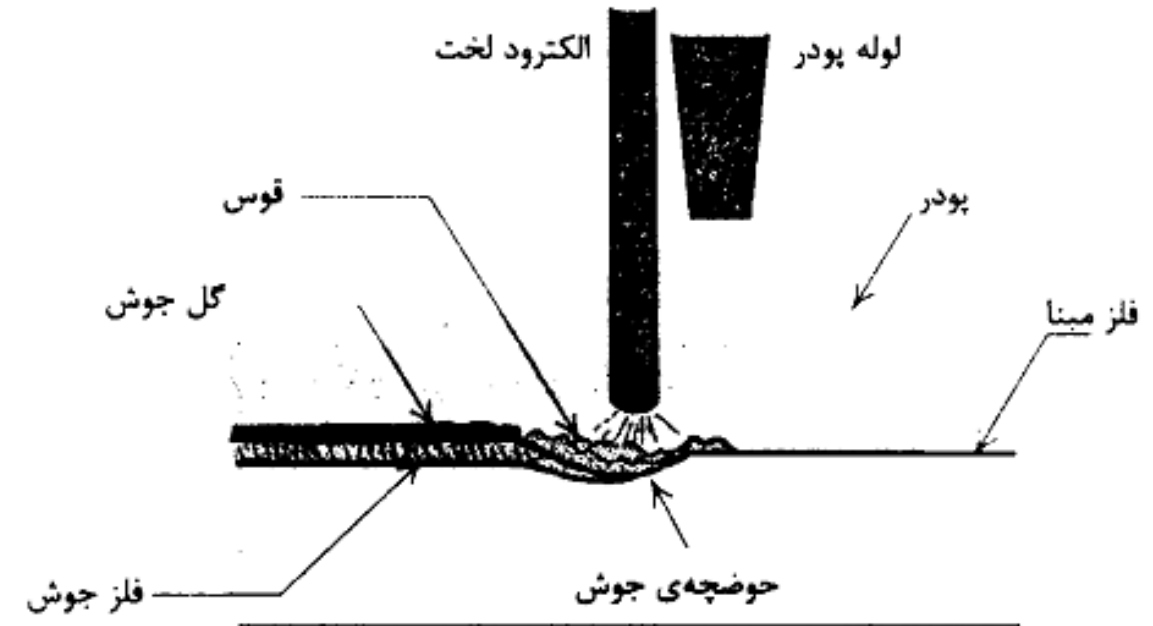
نقش پوشش الکترود در جوشکاری قوس الکتریکی



www.ase-castolin.com

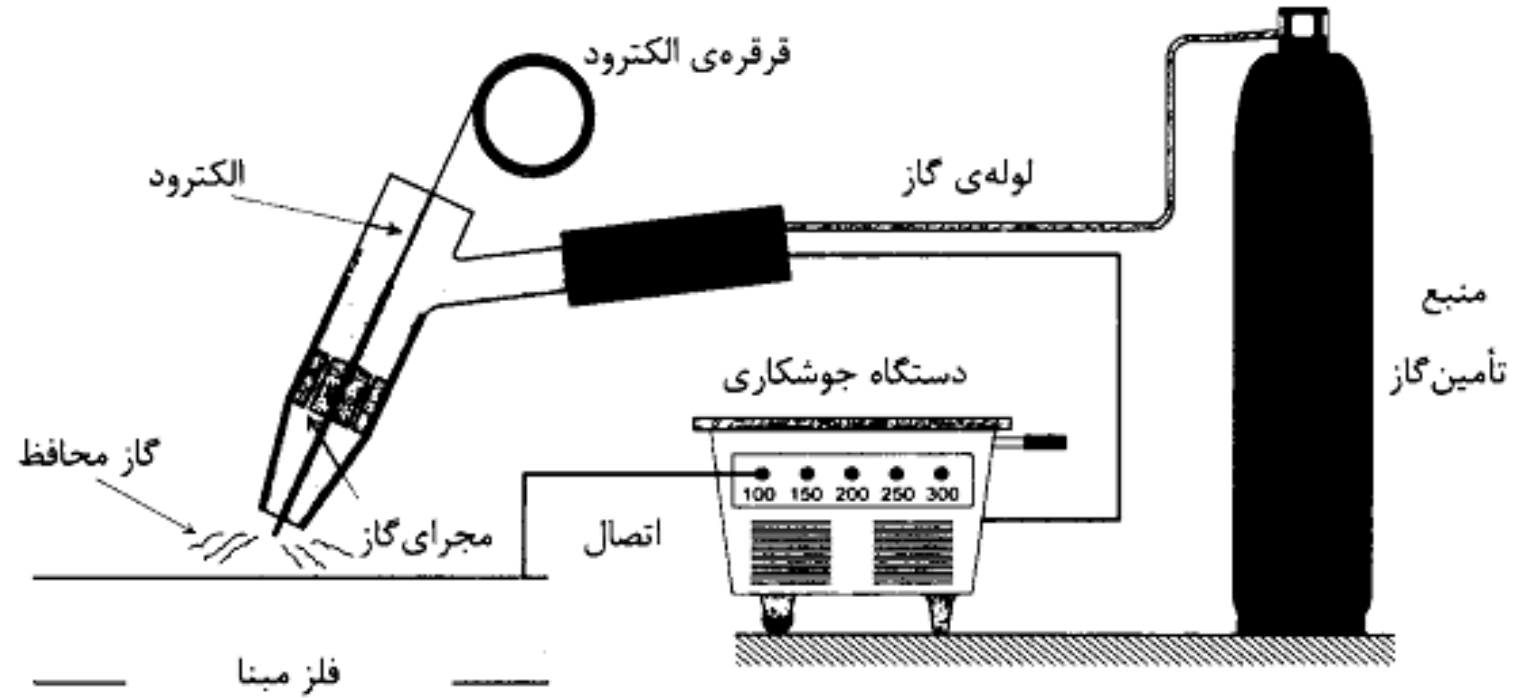
- ✓ پایدار کننده قوس الکتریکی (ایجاد سپر گازی و ممانعت از تداخل هوا)
- ✓ حفظ حوضچه مذاب جوش از ناخالصی‌ها و از هوا
- ✓ جلوگیری از سرد شدن سریع جوش و ترک خوردگی آن

جوش قوس الکتریکی زیرپودری

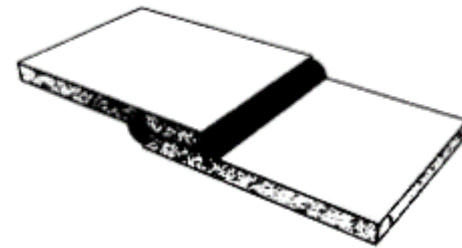


مراحل جوش قوس الکتریکی به کمک پودر

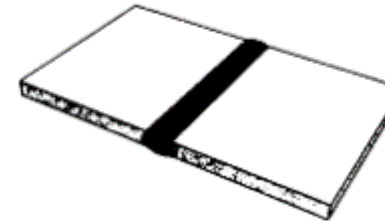
جوش قوس الکتریکی تحت حفاظ گاز



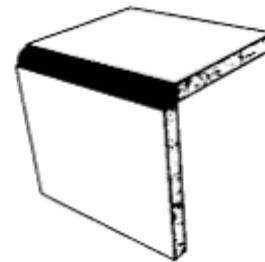
انواع اتصالات جوشی از نظر وضعیت قرارگیری اعضا



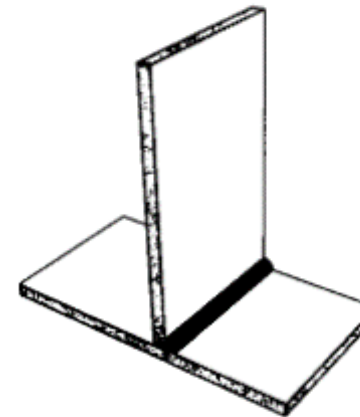
ب - اتصال روی هم



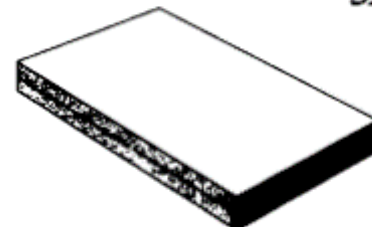
الف - اتصال لب به لب



ت - اتصال گونبای گوشه



پ - اتصال سپری

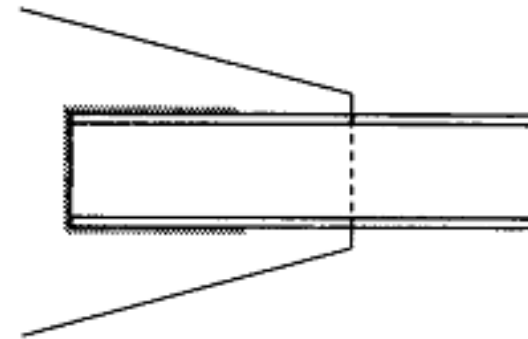


ث - اتصال پیشانی

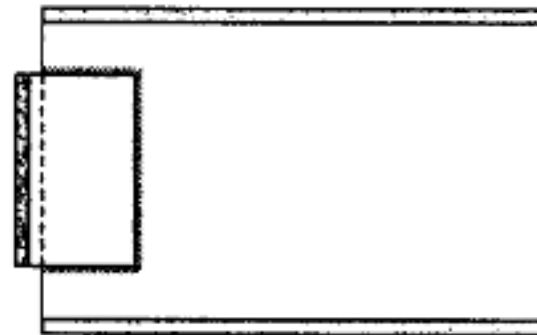
نمونه اتصالات روی هم



ب - اتصال با ورق‌های کمکی

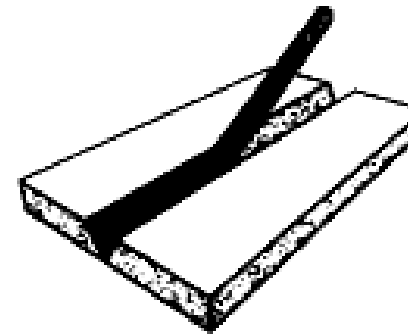
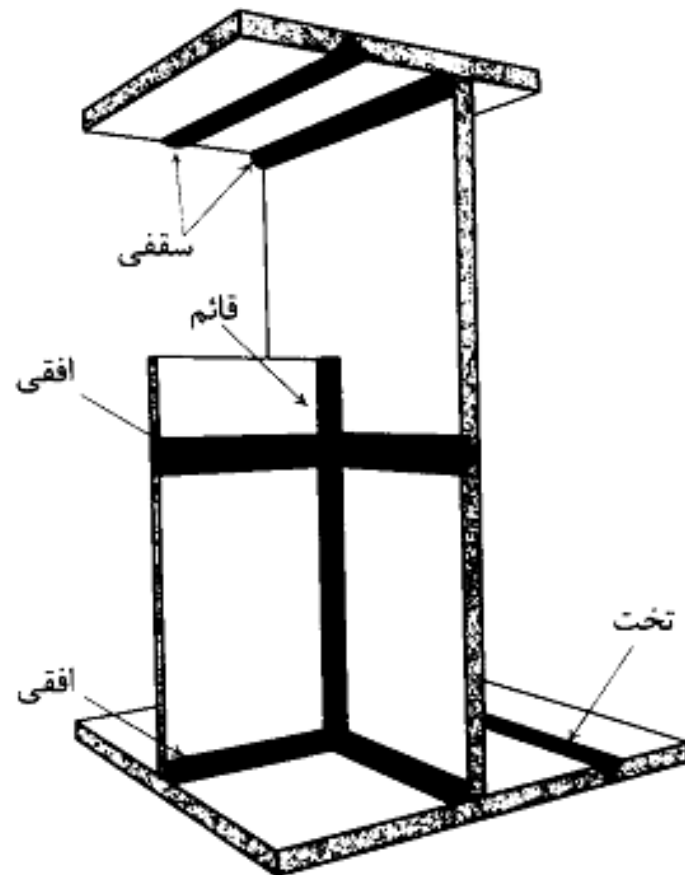


الف - اتصال ناودانی به ورق

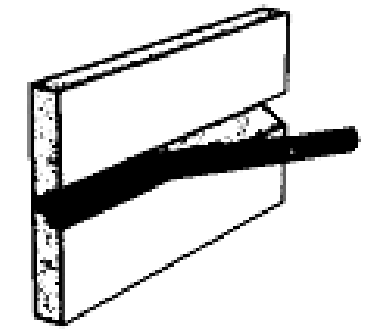


پ - اتصال نبشی به جان تیر

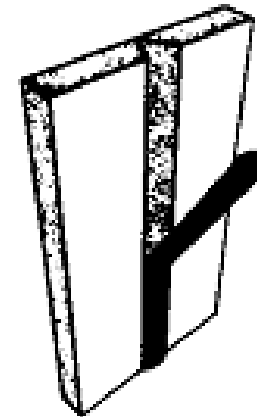
انواع وضعیت جوشکاری



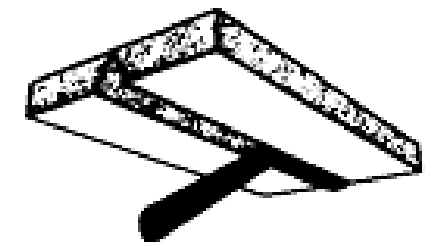
ف - تخت F



الف - افقی H

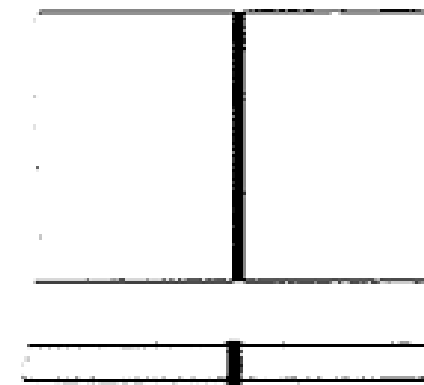
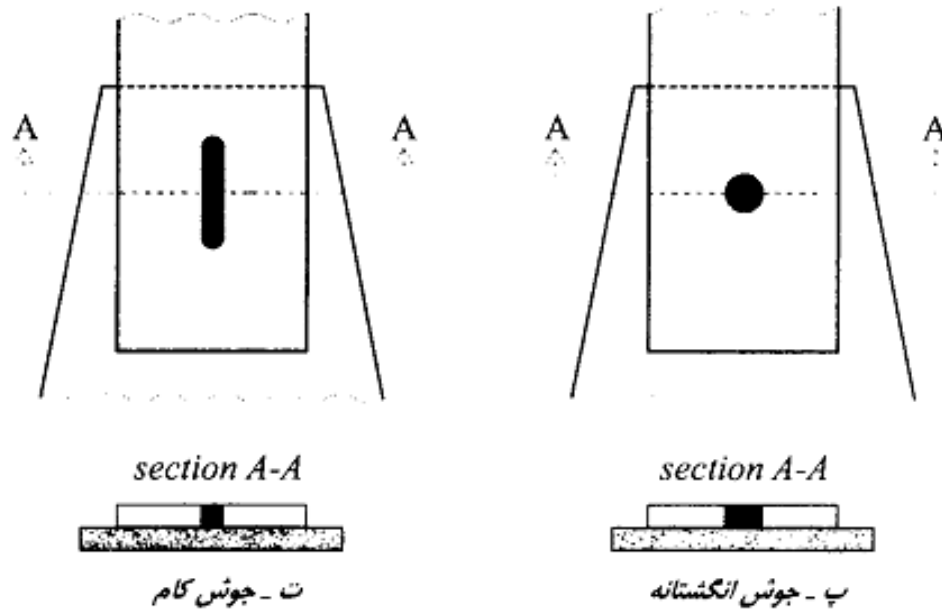


ت - قائم V

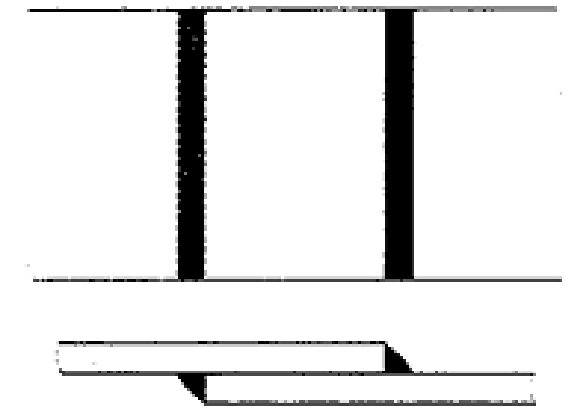


پ - سقفی (بالای سر) OH

انواع جوش

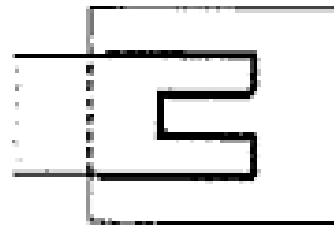


ب - جوش تپیاری

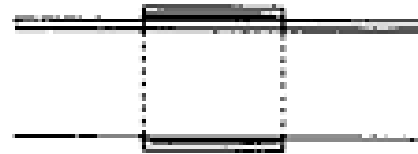


الف - جوش گوشه

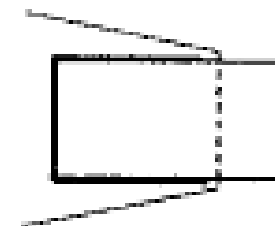
نمونه های جوش گوشه



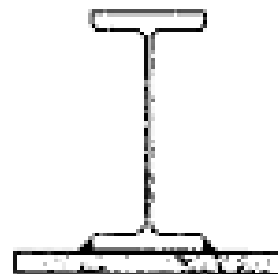
پ - اتصال گام



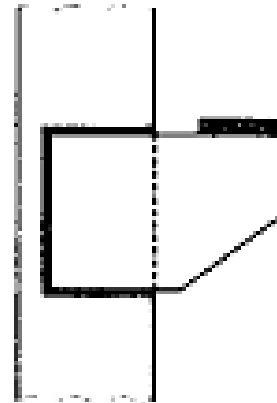
ب - ورق‌های وصله



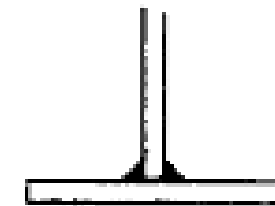
الف - اتصال روی هم



ج - ورق زیر سری

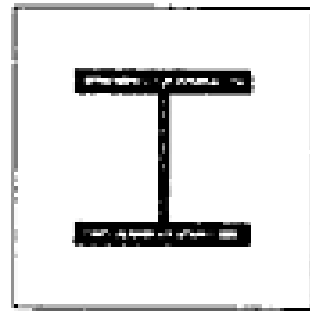


ث - اتصال نشیمن

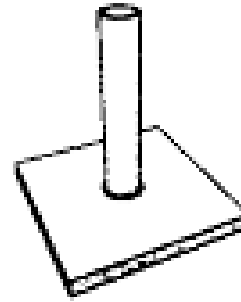


ت - اتصال سپری

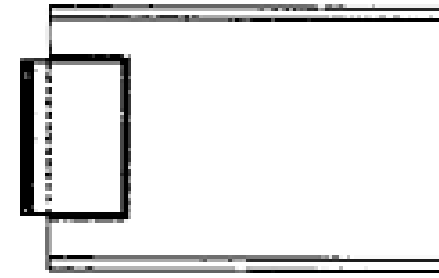
نمونه های جوش گوشه



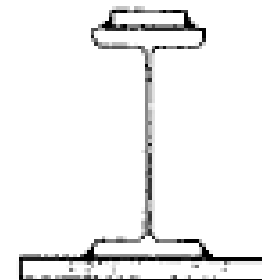
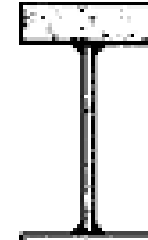
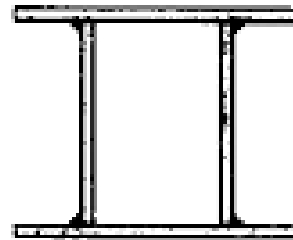
خ - صفحات زیر ستون



ح - اتصال لوله‌ای



چ - اتصال نبشی به جان تیر



د - مقاطع ساخته شده از ورق

انواع درزهای جوش شیاری



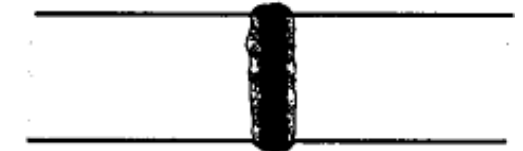
ج - لاله‌ای



ث - نیم جناغی دو طرفه



ب - جناغی یک طرفه



الف - ساده



ح - لاله‌ای دو طرفه



چ - نیم لاله‌ای دو طرفه



ت - جناغی دو طرفه

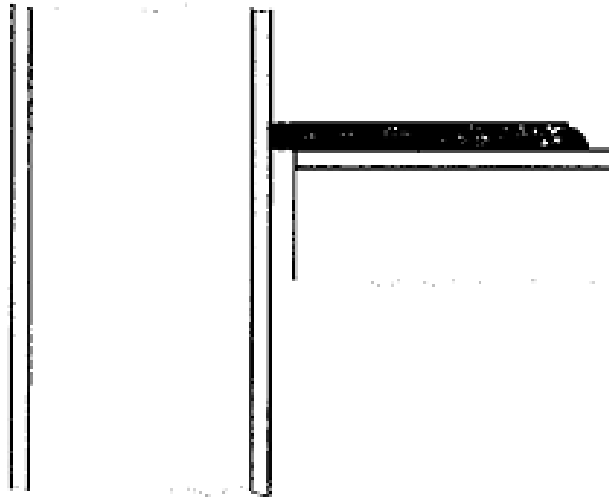


پ - نیم جناغی

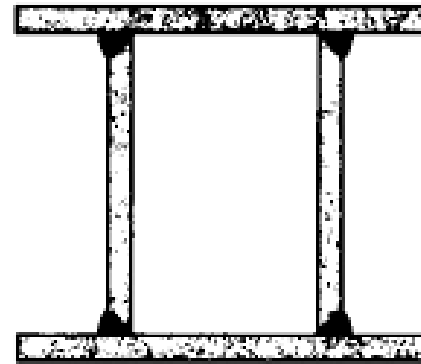


خ - نیم لاله‌ای

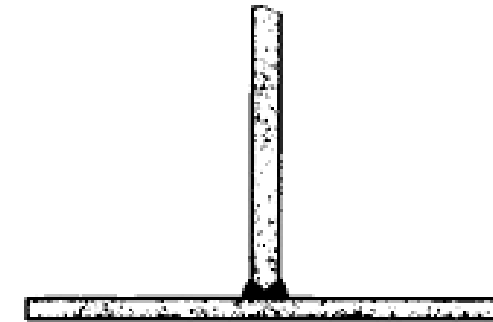
نمونه های جوش شیاری در اتصالات



ب - اتصال بال تیر به ستون



ب - اتصال جان‌ها به بال‌ها



الف - اتصال ساق به بال سپری

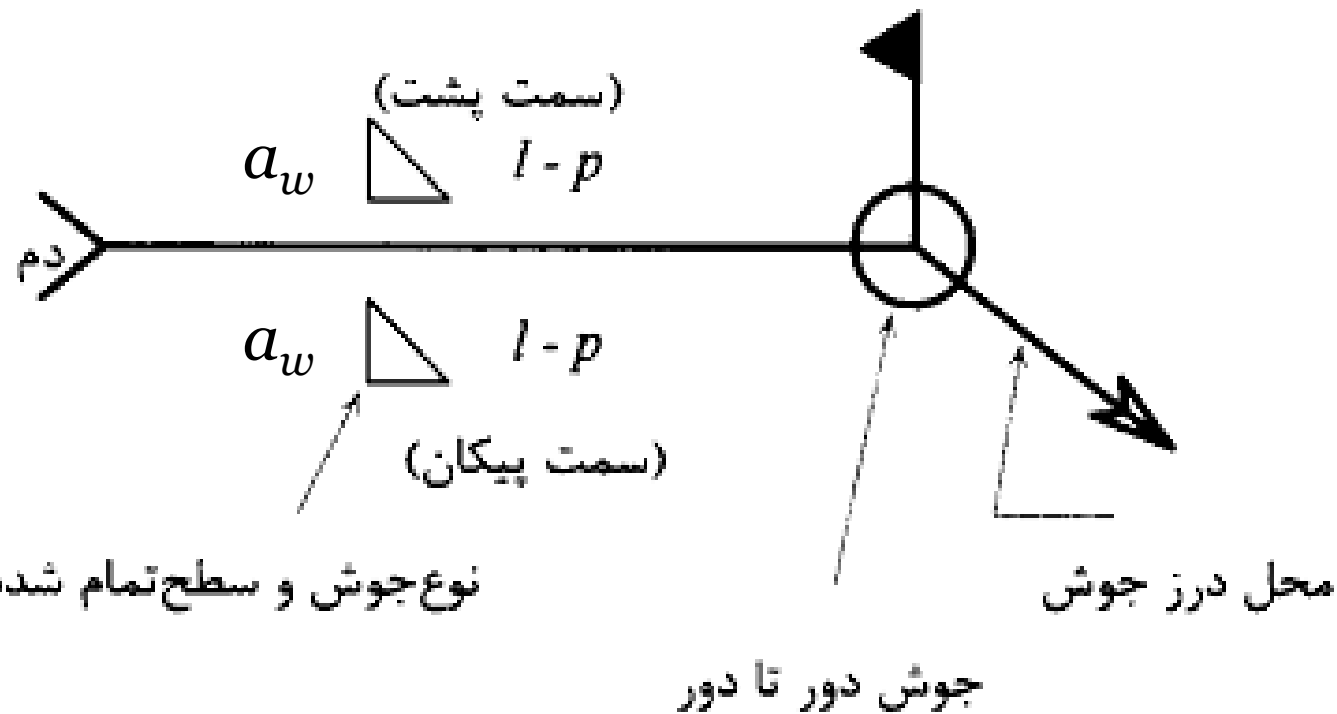
علائم جوش

a = اندازه‌ی ساق یا بعد گروی جوش

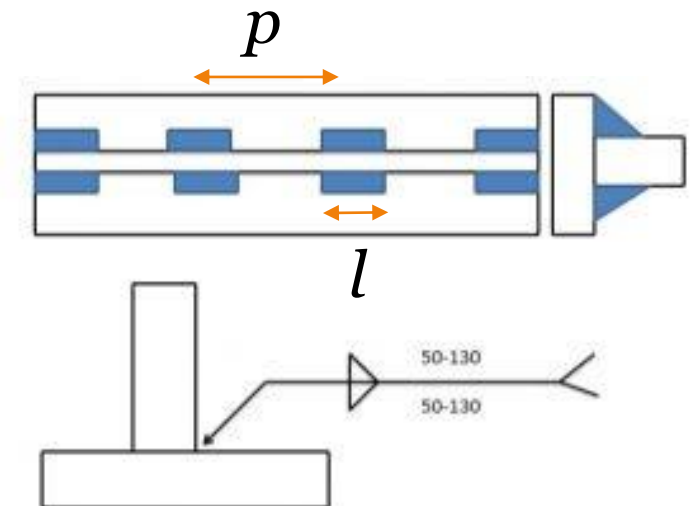
l = طول نوار جوش

P = فاصله‌ی مرکز به مرکز نوارهای

جوش منقطع



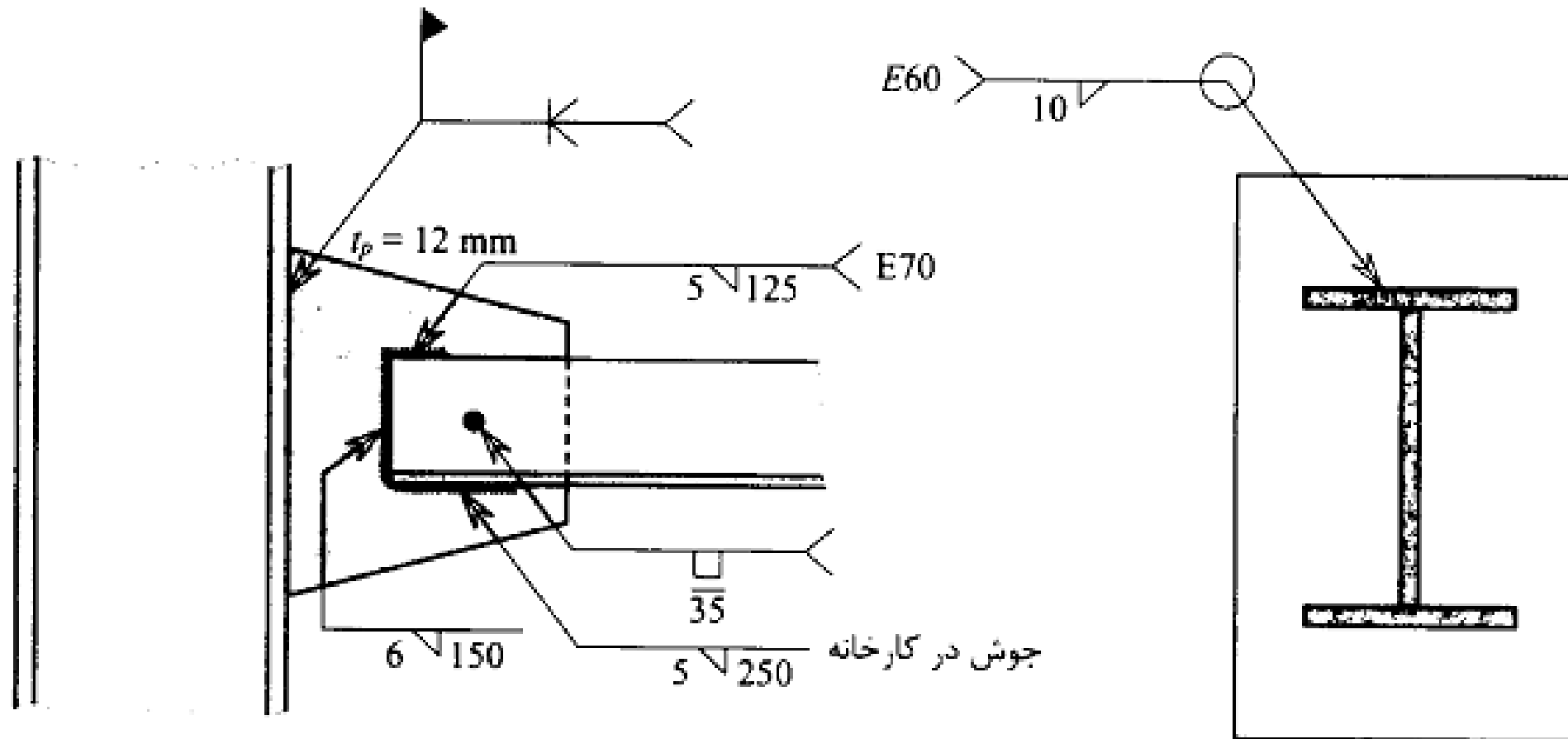
نوع جوش و سطح تمام شده‌ی آن



علائم جوش

جوش پشت پشت‌بند	گوشه	کام یا انگشتانه	شیاری						
			ساده	جناغی	نیم جناغی	لاله‌ای	نیم لاله‌ای	جناغی لب گرد	نیم‌جناغی گرد
جوش یکسره که طول آن مشخص نشده									
جوش در موقع نصب			محدب		وضعیت سطح جوش سنگ زده شود				
جوش دور تا دور			مستوی		مقعر				

نمونه علائم جوش



معایب جوش: تخلخل

علت وقوع:

فقدان اکسیژن زدایی در ابتدای عملیات جوشکاری

جلوگیری یا رفع:

شروع قوس بر روی قطعه های قراضه

شروع جوشکاری از کمی عقب تر از محل اصلی

عدم استفاده از بخش های بدون پوشش الکتروود



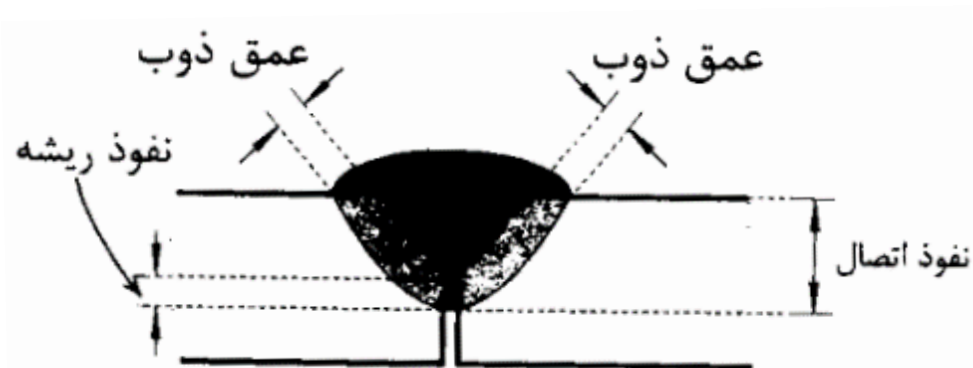
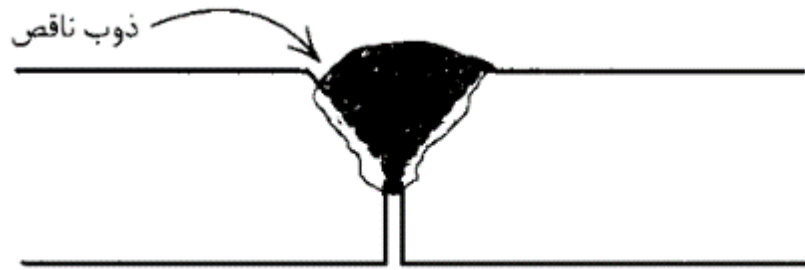
معایب جوش: ذوب و نفوذ ناقص

علل وقوع:

کمبود حرارت موضع جوش
سرعت بالای پیشرفت جوشکاری

جلوگیری یا رفع:

استفاده از دستگاه جوش و الکتروود مناسب
مهارت در جوشکاری



معایب جوش: بریدگی کناره جوش

علت وقوع:

شدت جریان بالا (آمپر بالا)

الکتروود باریک

زاویه یا حرکت نامناسب الکتروود



معایب جوش: ترک در جوش

علت وقوع:

ترکیب شیمیایی مواد مصرفی از جمله الکتروود
پارامترهای جوشکاری مانند ولتاژ و آمپر

جلوگیری یا رفع:

مصرف الکتروودهای قلیایی

پیش گرم کردن الکتروود



سایر معایب جوش

جذب ناخالصی‌ها

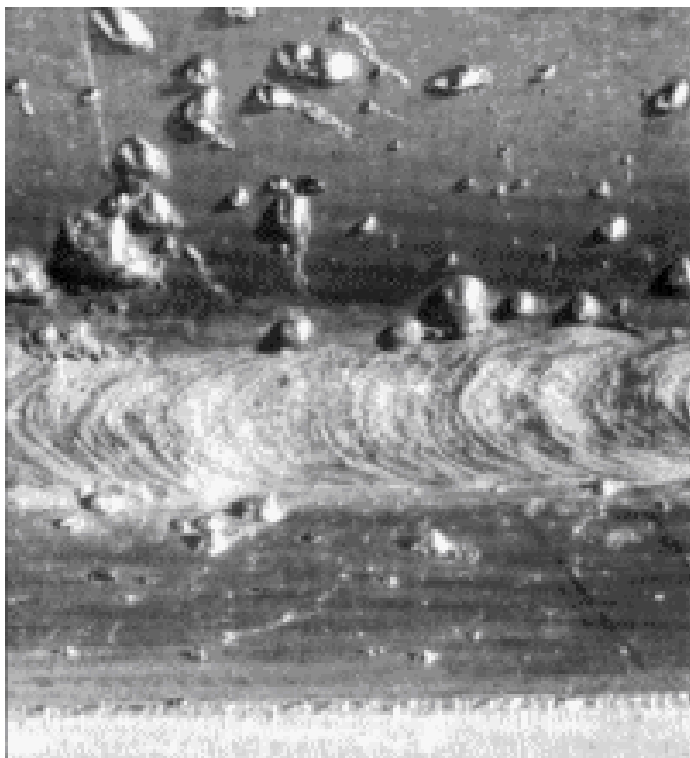
ذرات سرباره محبوس

سوختن جوش

پاشش

سر رفتن جوش

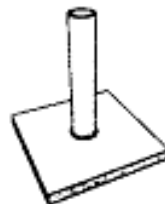
خوردگی در جوش



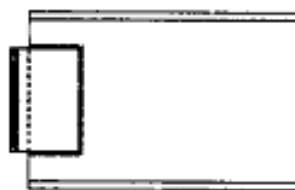
طراحی اتصالات جوشی



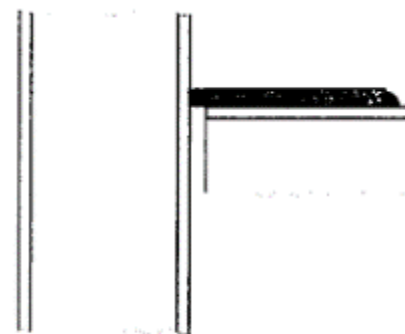
خ - صفحات زیر ستون



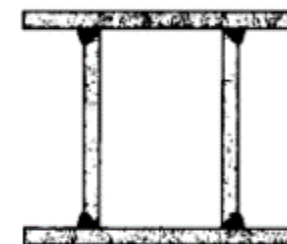
ج - اتصال لوله‌ای



چ - اتصال نبشی به جان تیر



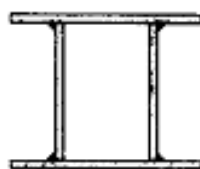
پ - اتصال بال تیر به ستون



ب - اتصال جان‌ها به بال‌ها



الف - اتصال ساق به بال سپری



د - مقاطع ساخته شده از ورق

الکتروود

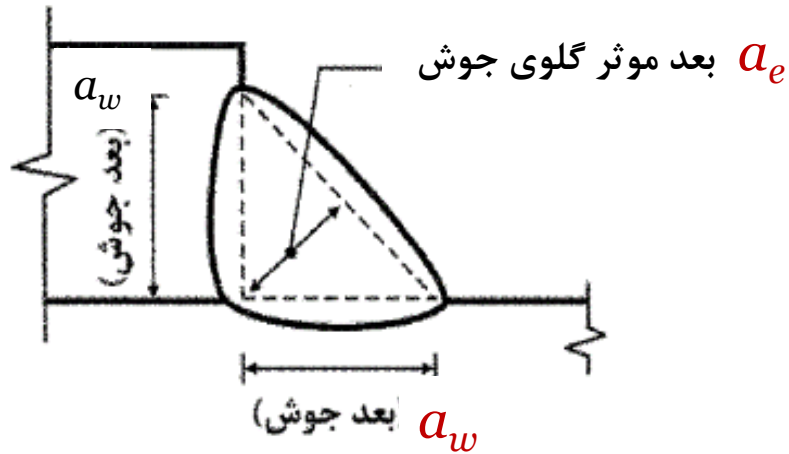
جدول ۲- ۱۲. الکتروودهای سازگار با فلز پایه مطابق مبحث دهم از مقررات ملی ساختمان ایران

نوع الکتروود سازگار	مقاومت نهایی کششی فلز الکتروود (F_{ue})	تنش تسلیم فلز پایه (F_y)
E۶۰ یا معادل آن	$F_{ue} = ۴۲۰۰ \text{ kg/cm}^۲$	$t \leq ۱۵ \text{ mm}, F_y \leq ۳۰۰۰ \text{ kg/cm}^۲$
E۷۰ یا معادل آن	$F_{ue} = ۴۹۰۰ \text{ kg/cm}^۲$	
E۷۰ یا معادل آن	$F_{ue} = ۴۹۰۰ \text{ kg/cm}^۲$	$t > ۱۵ \text{ mm}, F_y \leq ۳۰۰۰ \text{ kg/cm}^۲$
E۷۰ یا معادل آن	$F_{ue} = ۴۹۰۰ \text{ kg/cm}^۲$	$۳۰۰۰ \text{ kg/cm}^۲ < F_y \leq ۳۸۰۰ \text{ kg/cm}^۲$
E۸۰ یا معادل آن	$F_{ue} = ۵۶۰۰ \text{ kg/cm}^۲$	$۳۸۰۰ \text{ kg/cm}^۲ < F_y \leq ۴۶۰۰ \text{ kg/cm}^۲$

t = ضخامت فلز پایه

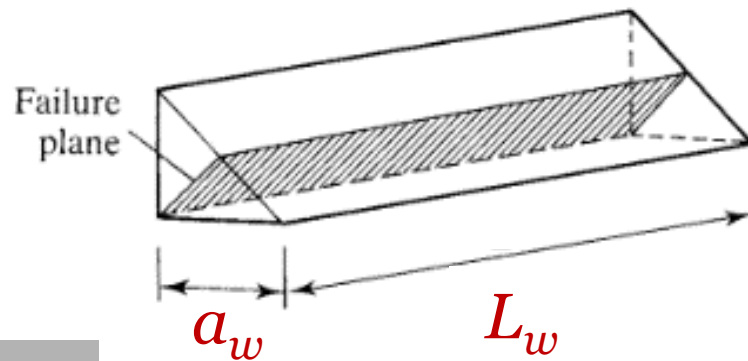


سطح مؤثر جوش



سطح مؤثر جوش، سطحی است که وقوع شکست در آن سطح محتمل است.

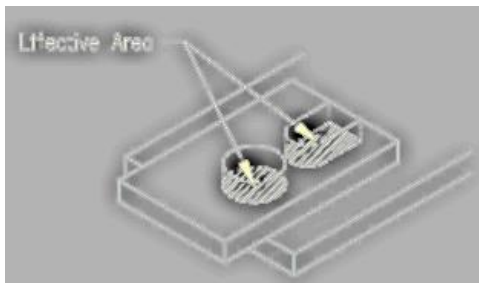
در **جوش گوشه**، سطح مؤثر جوش برابر حاصلضرب بعد مؤثر گلوی جوش (ضخامت گلوگاه مؤثر، t_e یا a_e) در طول مؤثر جوش L_w است.



$$A_{we} = L_w a_e \quad \text{(بند ۱۰-۲-۹-۲-۲ مبحث دهم)}$$

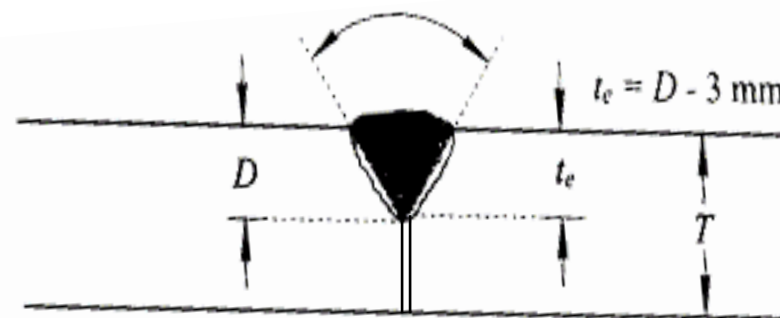
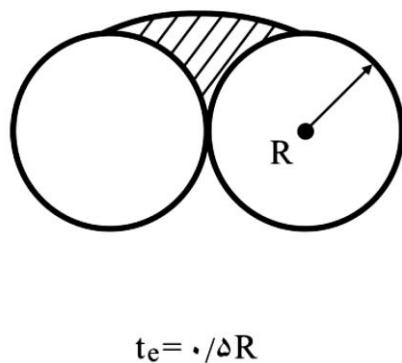
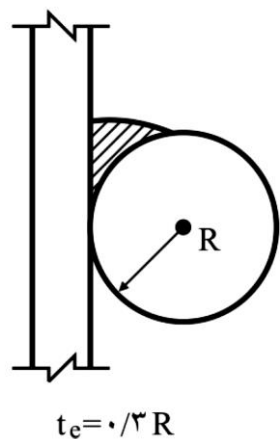
$$a_e = \frac{\sqrt{2}}{2} a_w = 0.707 a_w$$

در **جوش کام و انگشتانه**، سطح مؤثر جوش برابر مساحت اسمی شکاف در فصل مشترک دو ورق در حال تماس است.
(بند ۱۰-۲-۹-۳ مبحث دهم)



ضخامت مؤثر گروی جوش شیاری

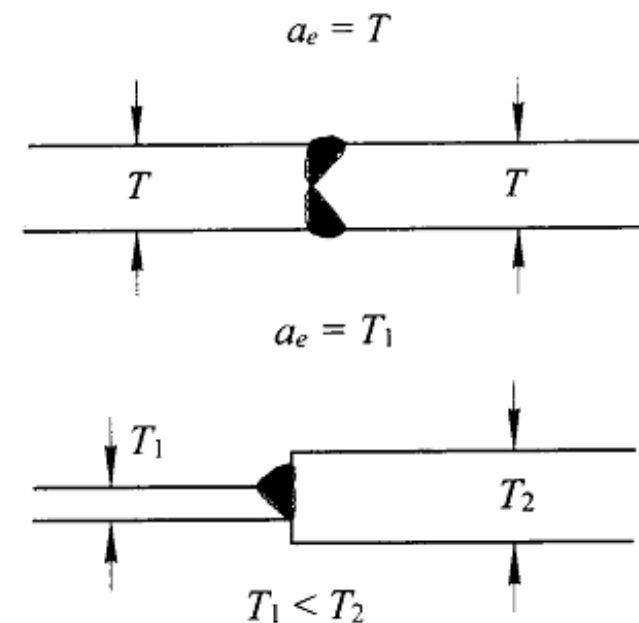
در **جوش شیاری**، سطح مؤثر جوش برابر حاصلضرب ضخامت مؤثر جوش (a_e یا t_e) در طول مؤثر جوش L_w است.

$$A_{we} = L_w a_e$$


جوش شیاری با نفوذ نسبی

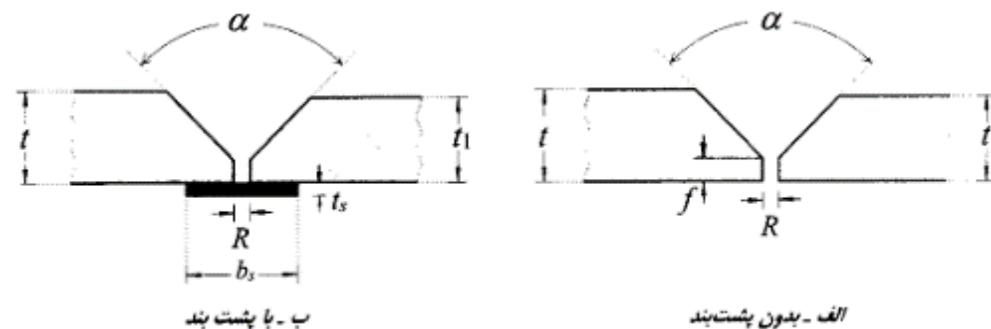
جوش شیاری بین لبه های گرد

(بند ۱۰-۲-۹-۲-۱ مبحث دهم)



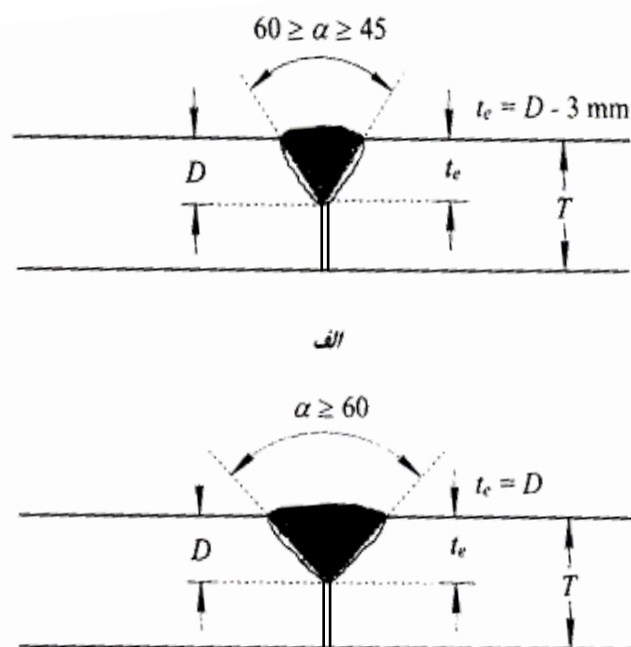
جوش شیاری با نفوذ کامل

حداقل ضخامت مؤثر جوش شیاری با نفوذ نسبی

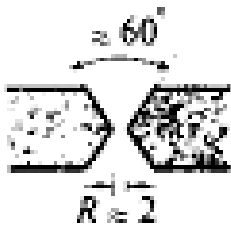
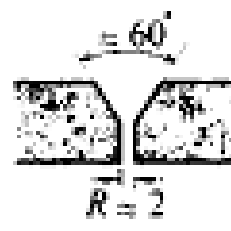
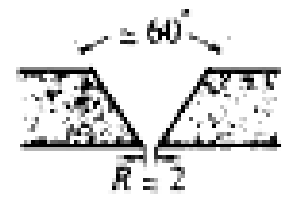
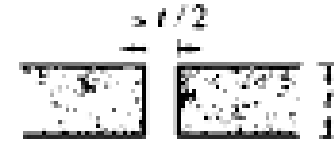


جدول ۱۰-۲-۹-۱ مبحث دهم

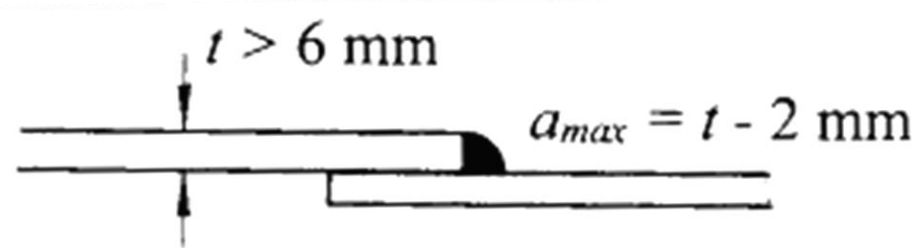
ضخامت قطعه نازکتر	حداقل ضخامت مؤثر
تا ۶ میلی‌متر	۳ میلی‌متر
بیش از ۶ تا ۱۲ میلی‌متر	۵ میلی‌متر
بیش از ۱۲ تا ۲۰ میلی‌متر	۶ میلی‌متر
بیش از ۲۰ تا ۴۰ میلی‌متر	۸ میلی‌متر
بیش از ۴۰ تا ۶۰ میلی‌متر	۱۰ میلی‌متر
بیش از ۶۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر	۱۳ میلی‌متر
بیش از ۱۵۰ میلی‌متر	۱۶ میلی‌متر



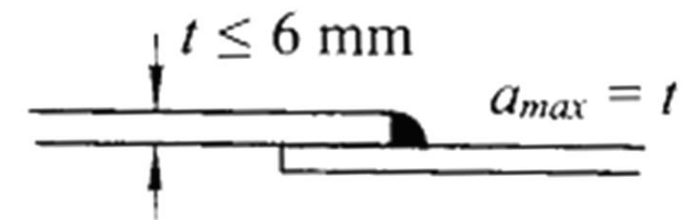
انواع جوش شیاری بر حسب ضخامت ورق

شکل درز جوش					
جوش X	جوش لگنی	جوش Y	جوش V	جوش	علامت رسم
$t \leq 60$	$t \leq 26$	$t \leq 26$	$t \leq 26$	$t \leq 8$	ضخامت قطعه

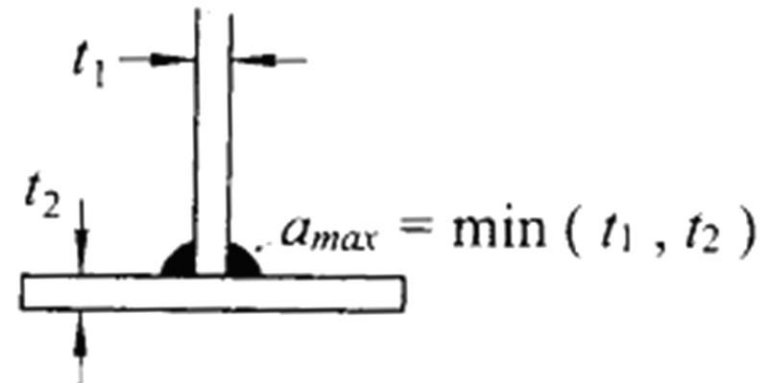
حداکثر بعد جوش گوشه



ب



الف



ج

حداقل بعد جوش گوشه

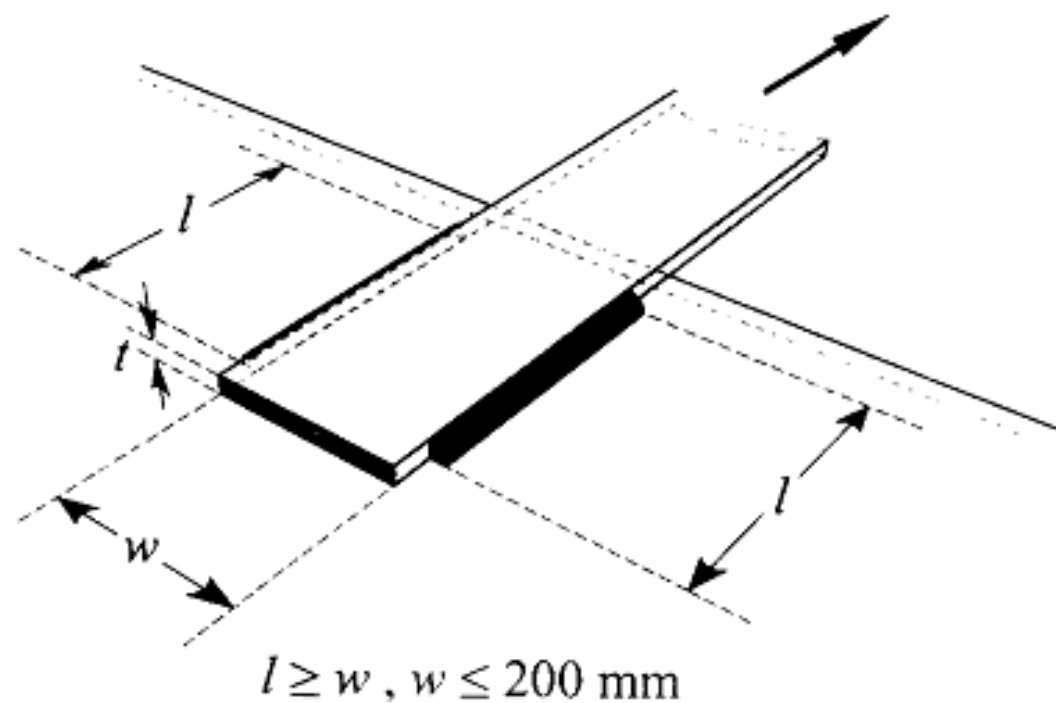


ضخامت قطعه نازکتر	حداقل بُعد جوش گوشه (با یک بار عبور)
تا ۶ میلی‌متر	۳ میلی‌متر
بیش از ۶ تا ۱۲ میلی‌متر	۵ میلی‌متر
بیش از ۱۲ تا ۲۰ میلی‌متر	۶ میلی‌متر
بیش از ۲۰	۸ میلی‌متر

محدودیت های طول مؤثر جوش گوشه

الف- $L_w \geq 4 a_w$

ج- برای تسمه های کششی، زمانی که جوش فقط در امتداد نیروست:



ب- برای اتصال انتهایی اعضای تحت نیروی محوری:

for $l \leq 100 a_w$: $L_w = l$

for $l \geq 100 a_w$: $L_w = \beta_1 l$

$$\beta_1 = 1.2 - 0.002 l/a_w \leq 1.0$$

a_w : بعد جوش گوشه

مقاومت جوش

$$R_u \leq \varphi R_n$$

$$R_n = F_{nBM} A_{BM} \quad \text{براساس فلز پایه:}$$

$$R_n = \beta F_{nw} A_{we} \quad \text{براساس فلز جوش:}$$

F_{nBM} = تنش اسمی فلز پایه

F_{nw} = تنش اسمی فلز جوش

A_{BM} = سطح مقطع فلز پایه

A_{we} = سطح مقطع مؤثر جوش

β = ضریب بازرسی جوش

مقاومت جوش

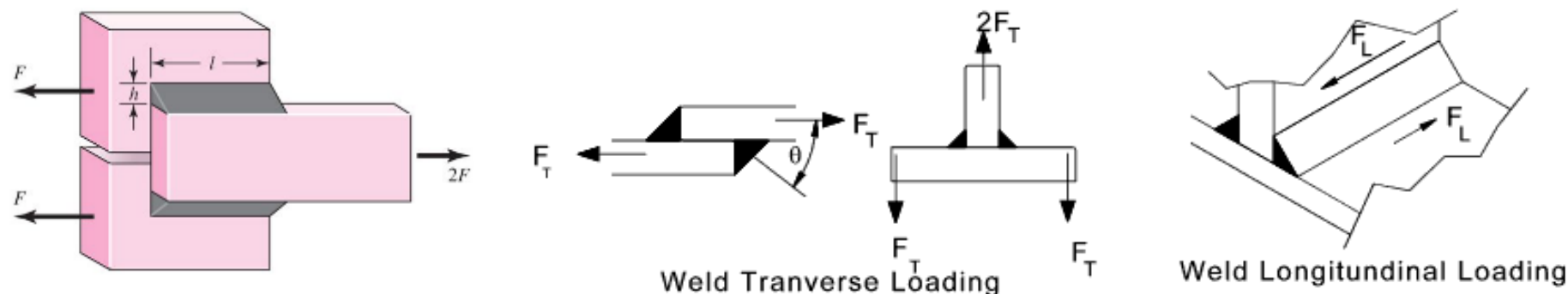
$$R_n = \beta F_{nw} A_{we}$$

براساس فلز جوش:

β = ضریب بازرسی جوش به شرح زیر:

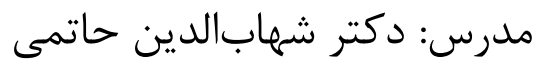
۱. در صورت انجام آزمایش‌های غیرمخرب نظیر رادیوگرافی و التراسونیک (فراصوتی): $\beta=1$
۲. در صورت انجام جوش در کارخانه (یا شرایط مشابه) و بازرسی چشمی جوش توسط بازرس ذیصلاح جوش: $\beta=0.85$
۳. در صورت انجام جوش در محل و بازرسی چشمی جوش توسط بازرس ذیصلاح جوش: $\beta=0.75$

مقاومت جوش گوشه



بار برشی در مقطع
مؤثر

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	براساس فلز پایه	$\phi = 0.75$	براساس ضوابط طراحی اعضای تحت برش
		براساس فلز جوش (الکتروود مصرفی)		$F_{nw} = 0.6 F_{ue}$



ارزش جوش گوشه

ارزش جوش: مقدار نیروی طراحی که طول واحد جوش می تواند تحمل کند. $R_{1w} = \varphi R_n / L_w$ ←

$$R_u \leq \varphi R_n \rightarrow R_u \leq R_{1w} L_w$$

$$R_n = \beta F_{nw} A_{we} = \beta (0.6 F_{uw}) (0.707 a_w L_w)$$

a_w : بعد ساق جوش

➡ $R_{1w} = \varphi R_n / L_w = \varphi \beta \times 0.6 F_{uw} (0.707 a_w)$ ارزش جوش:

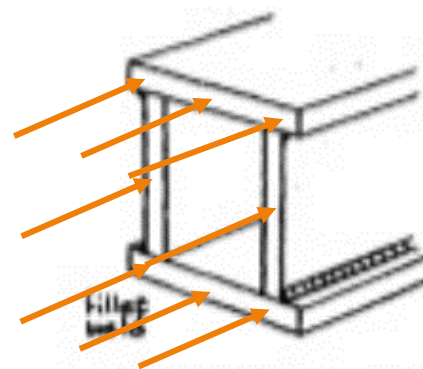
با فرض جوشکاری با الکتروود E60 ($F_{uw} = 4200 \text{ kg/cm}^2$) و بازرسی چشمی ($\beta = 0.75$):

$$R_{1w} = 0.75 \times 0.75 \times (0.6 \times 4200) (0.707 a_w) \rightarrow R_{1w} \cong 1000 a_w$$

kg/cm cm

ارزش جوش E60 با بازرسی چشمی:

مقاومت جوش گوشه

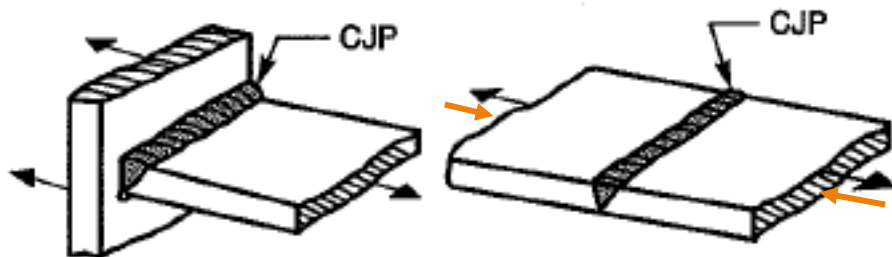


بار کششی یا فشاری موازی محور جوش

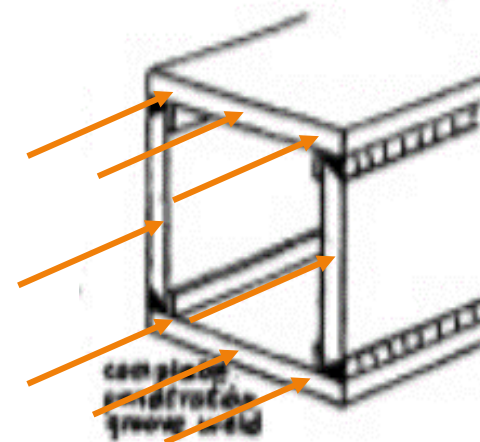
نوع جوش	نوع بار و جهت آن نسبت به محور جوش	نوع فلز حاکم بر تعیین مقاومت جوش	ضریب کاهش مقاومت (ϕ)	تنش اسمی (F_{nBm} یا F_{nw})
جوش گوشه	کششی یا فشاری موازی با محور جوش	فلز پایه	براساس ضوابط طراحی اعضای کششی یا فشاری	براساس ضوابط طراحی اعضای کششی یا فشاری

زمانی که اجزاء مقاطع مرکب مانند بال و جان I شکل تحت خمش با جوش گوشه متصل شوند، لازم نیست که فلز جوش برای بار فشاری یا کششی موازی با محور جوش در اجزای متصل شده ی مقطع طراحی شود.

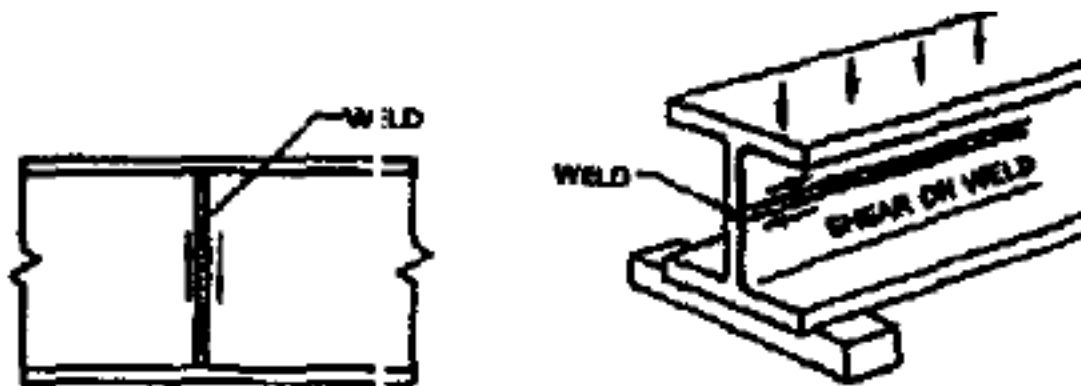
مقاومت جوش شیاری با نفوذ کامل



بار کششی یا فشاری عمود بر مقطع
موثر



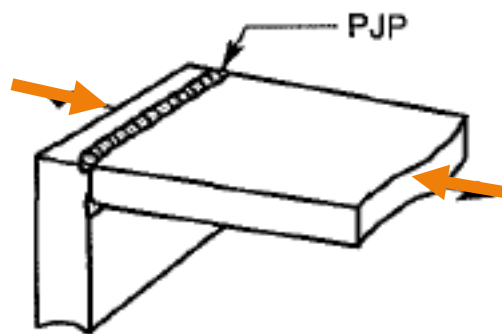
بار کششی یا فشاری موازی محور
جوش



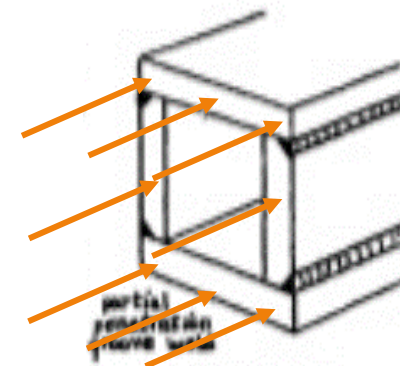
بار برشی در مقطع
موثر

براساس ضوابط طراحی فلز
پایه

مقاومت جوش شیاری با نفوذ نسبی



بار فشاری عمود بر مقطع موثر

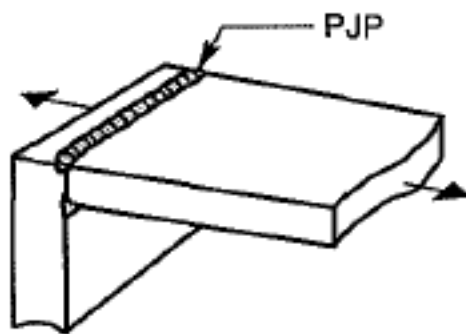
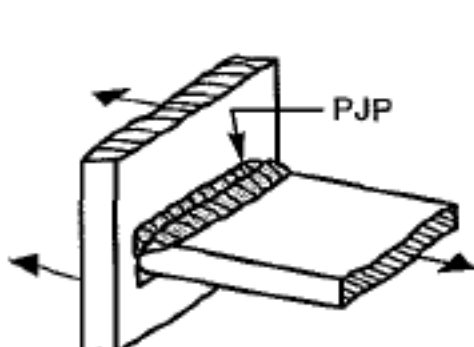


بار کششی یا فشاری موازی محور
جوش

براساس ضوابط طراحی فلز
پایه

زمانی که اجزاء مقاطع مرکب مانند بال و جان I شکل تحت خمش با جوش شیاری با نفوذ نسبی متصل شوند، لازم نیست که فلز جوش برای بار فشاری یا کششی موازی با محور جوش در اجزای متصل شده ی مقطع طراحی شود.

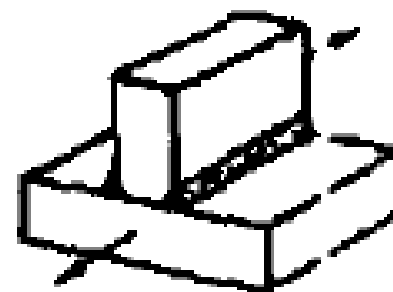
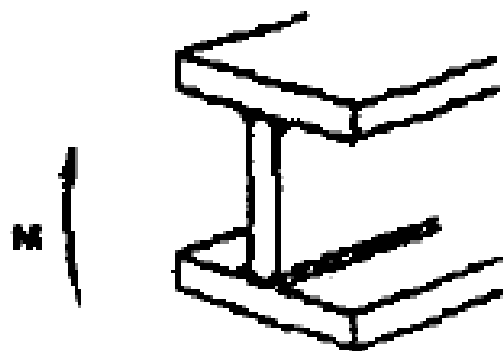
مقاومت جوش شیاری با نفوذ نسبی



بار کششی عمود بر مقطع مو

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})
کششی در امتداد عمود برمقطع مؤثر	براساس فلز پایه	$\phi = 0.75$	$F_{nBM} = F_u$
	براساس فلز جوش (الکتروود مصرفی)	$\phi = 0.9$	$F_{nBM} = F_y$
		$\phi = 0.8$	$F_{nw} = 0.6 F_{ue}$

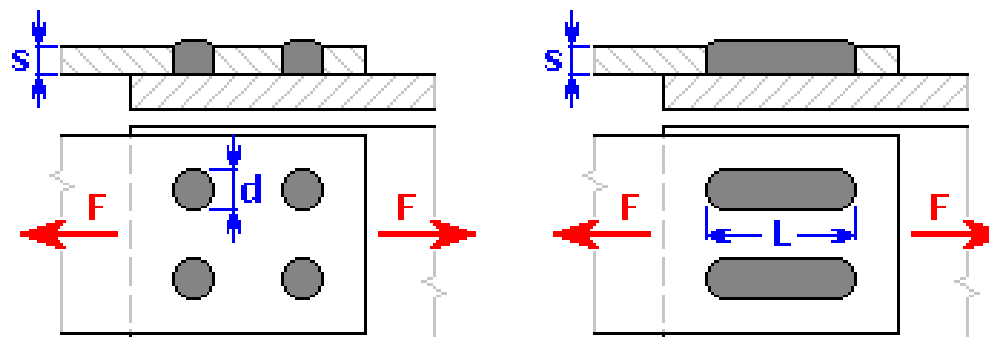
مقاومت جوش شیاری با نفوذ نسبی



بار برشی در مقطع
موثر

تنش اسمی (F_{nBm} یا F_{nw})	ضریب کاهش مقاومت (ϕ)	نوع فلز حاکم بر تعیین مقاومت جوش	نوع بار و جهت آن نسبت به محور جوش
براساس ضوابط طراحی اعضای تحت برش	براساس ضوابط طراحی اعضای تحت برش	براساس فلز پایه	برشی، در مقطع موثر
$F_{nw} = 0.6 F_{ue}$	$\phi = 0.75$	براساس فلز جوش (الکتروود مصرفی)	

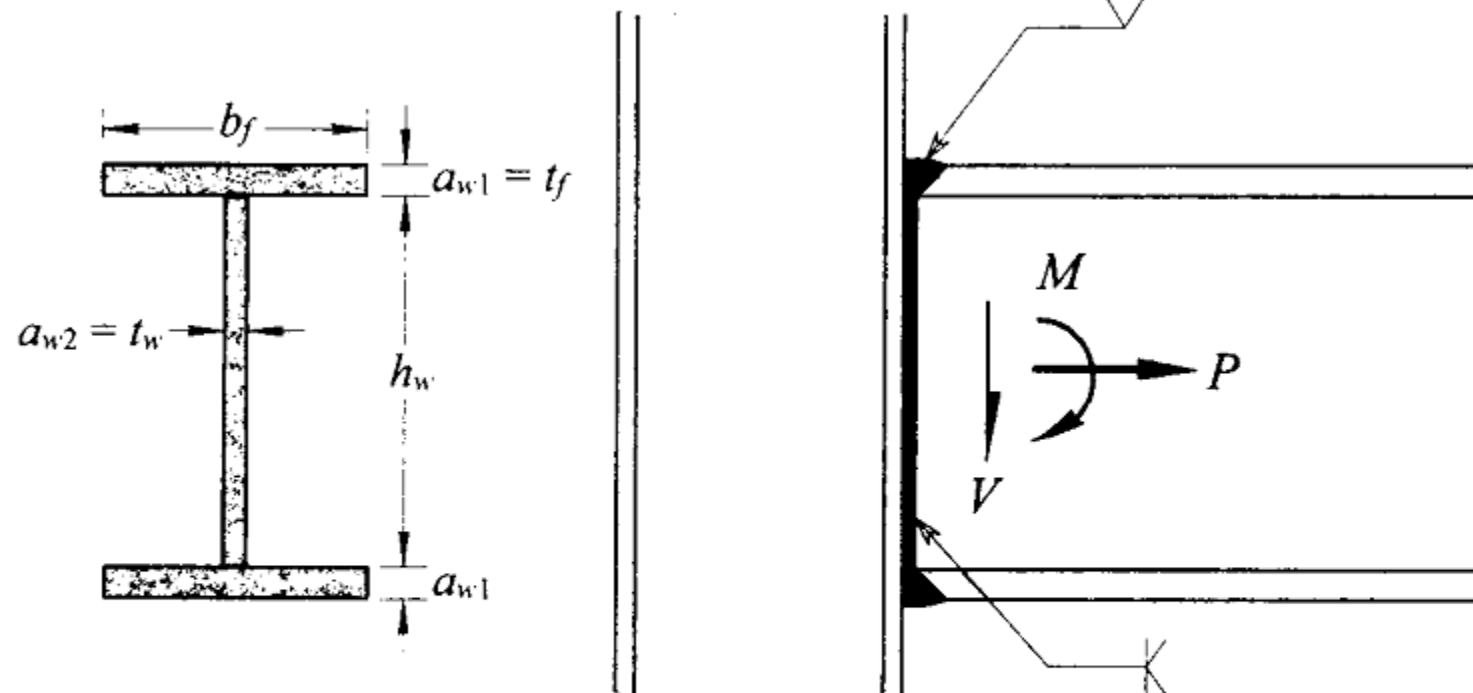
مقاومت جوش انگشتانه و کام



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 انگشتانه و کام	برشی، موازی سطح برش شونده (روی مقطع مؤثر)	براساس فلز پایه براساس فلز جوش (الکتروود مصرفی)	$\phi = 0.75$	براساس ضوابط طراحی اعضای تحت برش
				$F_{nw} = 0.6 F_{ue}$

 $F_y =$ تنش تسلیم فلز پایه $F_{ue} =$ تنش نهایی فلز جوش (الکتروود مصرفی)

محاسبه تنش در جوش



ب - مقطع جوش شیاری

الف - اتصال تیر به ستون

اتصال تیر به ستون توسط جوش شیاری



فرضیات محاسبه تنش در جوش

- ۱- جوش‌ها در ناحیه‌ی الاستیک هستند.
- ۲- صفحات متصل شونده توسط جوش دارای تغییر شکل‌های صلب هستند.
- ۳- تنش‌های حاصل از نیروی محوری (کششی یا فشاری) و نیروی برشی در تمام طول جوش ثابت در نظر گرفته می‌شود.
- ۴- تنش‌های حاصل از لنگر خمشی و یا لنگر پیچشی نسبت به محل تار خنثی به صورت خطی تغییر می‌کند.
- ۵- ترکیب تنش‌های قائم و برشی در یک نقطه از جوش به صورت جمع برداری محاسبه می‌شود.

مقاومت جوش براساس تنش

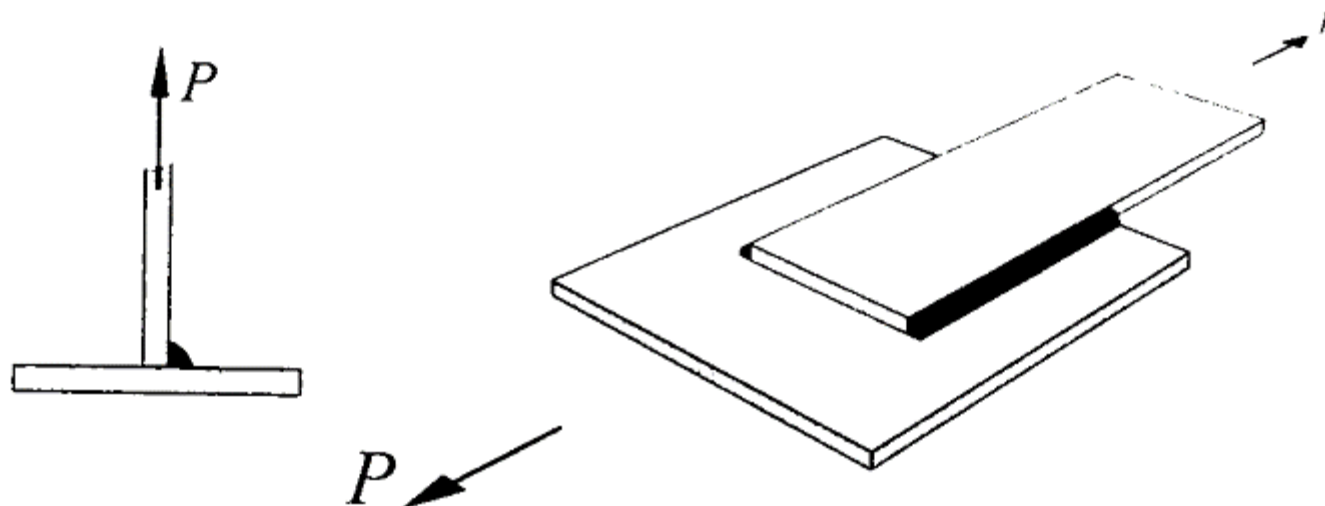
$$R_u \leq \varphi R_n$$

$$f_w \leq \varphi \beta F_{nw} \quad \xrightarrow{f_w = f_{1w}/a_e} \quad \begin{aligned} f_{1w} &\leq \varphi \beta F_{nw} a_e \equiv R_{1w} \\ a_e &\geq f_{1w} / \varphi \beta F_{nw} \end{aligned}$$

تنش طراحی جوش $\varphi \beta F_{nw}$ تنش در سطح مقطع موثر جوش ناشی از بارهای ضریب دار f_w تنش در سطح مقطع موثر جوش ناشی از بارهای ضریب دار با فرض این که بعد موثر جوش، f_{1w} واحد باشد R_{1w}

ارزش جوش

محاسبه تنش در جوش



الف - جوش تحت برش طولی

ب - جوش تحت برش عرضی

جوش گوشه با فرض
تنش برشی یکنواخت

تنش در سطح مقطع موثر جوش ناشی از بارهای ضریب
دار

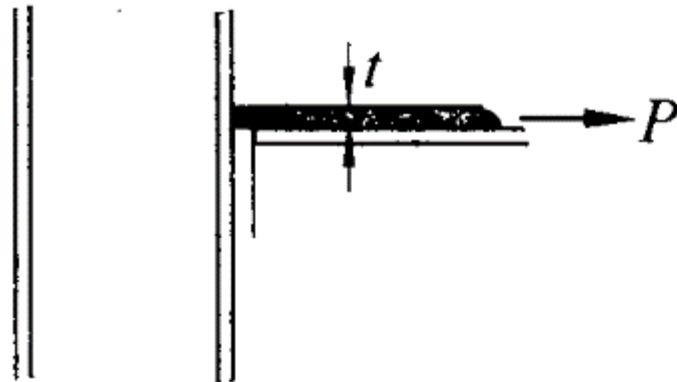
$$f_w = \frac{R_u}{A_w}$$

سطح مقطع موثر جوش

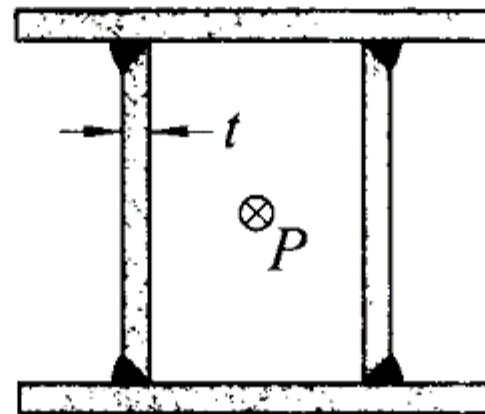
 f_w
 A_w
 R_u

بار ضریب

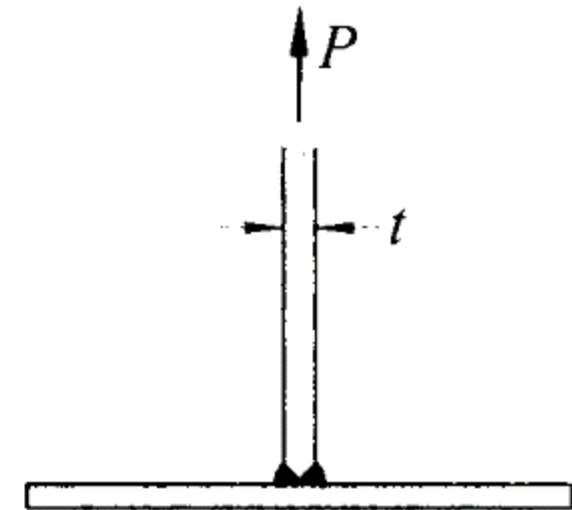
محاسبه تنش در جوش



پ - جوش تحت تنش کششی



ب - جوش تحت تنش برشی



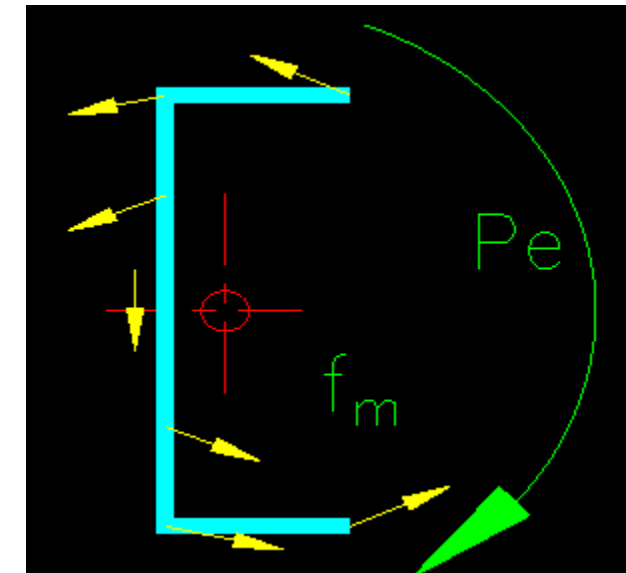
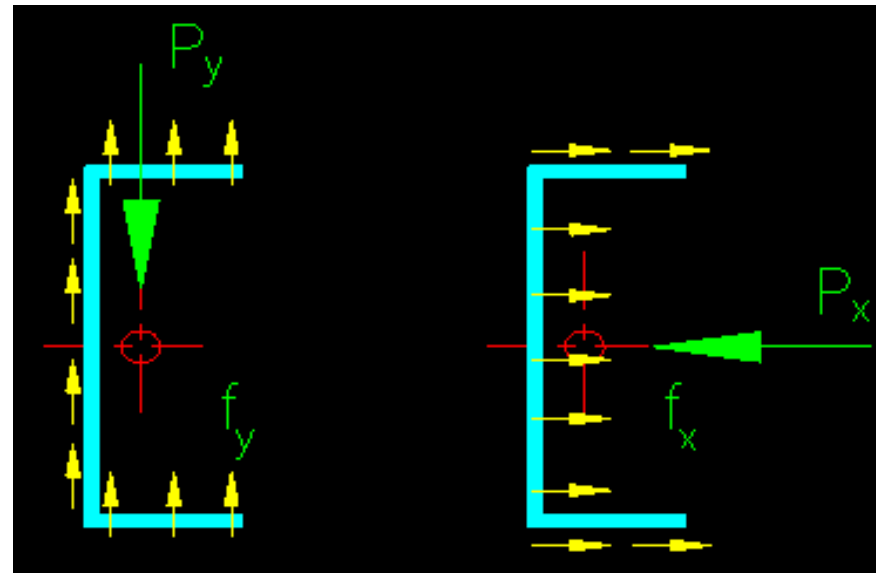
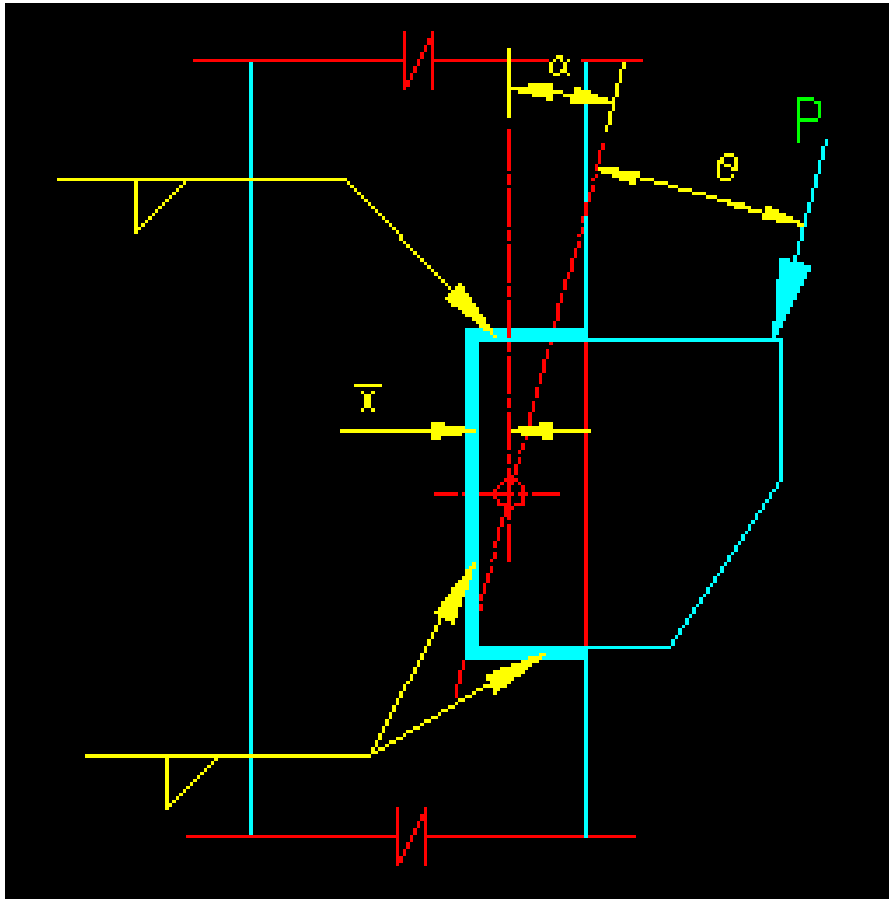
الف - جوش تحت تنش کششی

جوش شیاری با فرض **تنش برشی یکنواخت**

تنش در جوش گوشه تحت نیرو با خروج از مرکزیت داخل صفحه اتصال

$$T = Pe = Pe_x + Pe_y$$

$$J = I_x + I_y$$



$$f_y = \frac{P_y}{A_w}$$

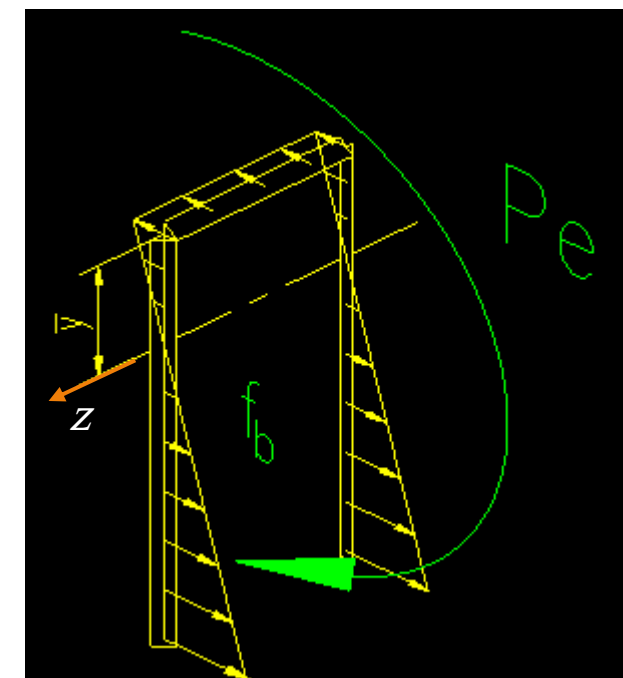
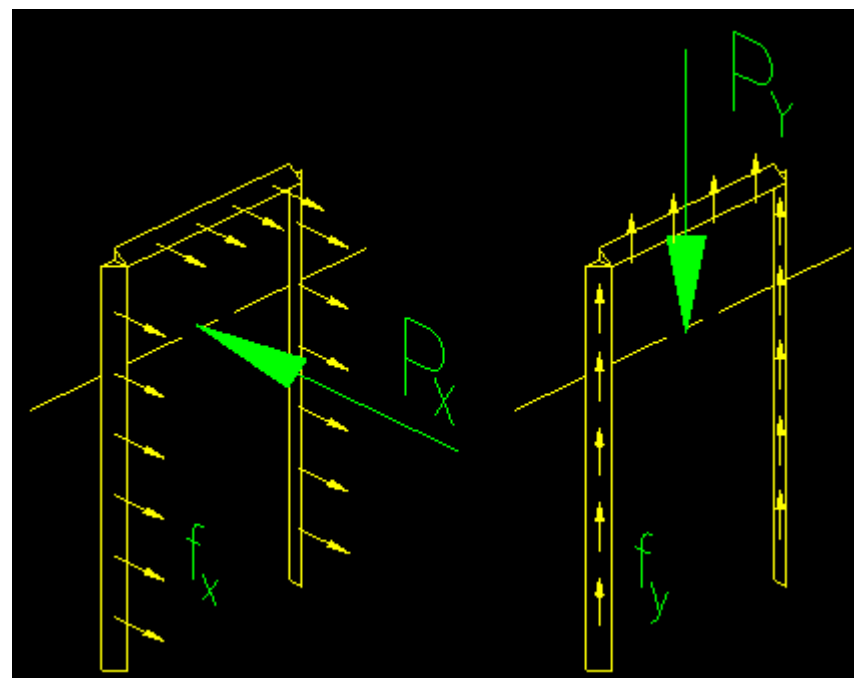
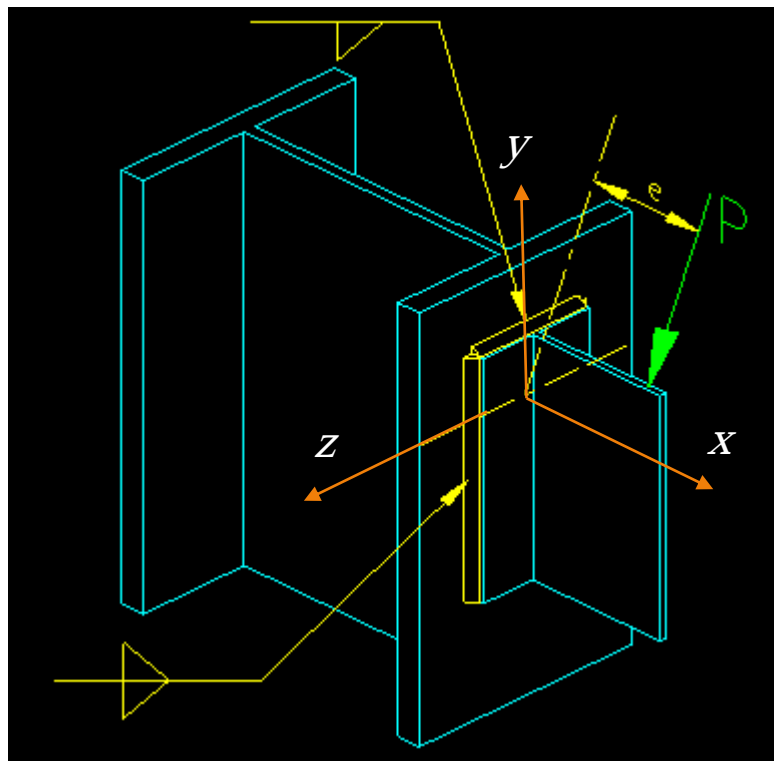
$$f_x = \frac{P_x}{A_w}$$

$$f_{mx} = \frac{T_y}{J} \quad f_{my} = \frac{T_x}{J}$$

$$f_r = \sqrt{(f_x \mp f_{mx})^2 + (f_y \mp f_{my})^2}$$

تنش در جوش گوشه تحت نیرو با خروج از مرکزیت خارج از صفحه اتصال

A Beginner's Guide to the Steel Construction Manual



$$f_r = \sqrt{(f_x \mp f_b)^2 + f_y^2}$$

$$f_x = \frac{P_x}{A_w}$$

$$f_y = \frac{P_y}{A_w}$$

$$f_b = \frac{M_z y}{I_z}$$