

فصل ۳

دانش فنی، اصول، قواعد، قوانین و مقررات

Word	Meaning
acceptable	قابل قبول
accessories	متعلقات
across	از این سو به آن سوی چیزی
adjustment	تنظیم
adopted	منطبق بر
alloy	آلیاژ
alternating current (AC)	جریان متناوب
ammeter	آمپر سنج
arc	قوس
assembly	مونتاژ
attach	وصل کردن
bolt	پیچ
brazing	لحیم کاری سخت
brittle	ترد
cable	کابل
cast iron	چدن
certified	دارای مدرک - تایید شده
circuit	مدار
circulation	گردش (هوا)
clamp	گیره - بست
classify	گروه بندی
coated	پوشش داده شده
code	آیین نامه - قانون
combine	ترکیب کردن
common	مشترک
compare	مقایسه
component	اجزاء

conductor	رسانای الکتریسیته
constant	ثابت
construction	ساخت و ساز
contactor	کلید خودکار
contamination	آلودگی
contract.	قرارداد
copper	مس
corrosion	خوردگی
cost	هزینه
crack	ترک
crane hook	قلاب جرثقیل
current	جریان
defect	نقص
deposit	رسوب کردن
designation	اسم
detect	شناسایی
developer	آشکار ساز
device	دستگاه
diagram	دیاگرام
direct current(DC)	جریان مستقیم
discontinuity	ناپیوستگی
document	نوشته رسمی
duty cycle	دوره کاری
elasticity	کشسانی
equipment	تجهیزات
essential	ضروری
establish	وضع و مقرر کردن - تدوین
fastener	بست
ferrous metal	فلز آهنی

filler metal	فلزپر کننده
flow	جاری شدن
Flux	روانساز
fume	دود
fusion	نفوذ- امتزاج
gap	فاصله کوچک
government	دولت
grain	دانه
hardness	سختی
holder	نگهدارنده
include	شامل شدن
input	ورودی
installation	نصب
insulate	عایق کردن
international	بین المللی
interrupt	قطع کردن
interval	وقفه، فاصله زمانی
irreparable	غیر قابل تعمیر
join	اتصال دادن
law	قانون
magnetic	مغناطیسی
maintenance	نگهداری و تغییر
manual	کتابچه راهنما
manufacturer	تولید کننده
national	ملی
nut	مهره
organization	سازمان
outer	قسمت بیرونی
output	خروجی

owner	مالک - صاحب
particle	ذره
penetrant	نافذ (مایع)
perform	اجرا
permanent	دائمی
porosity	حفره (تخلخل)
porous	متخلخل
position	موقعیت
power (source)	منبع نیروی برق
power plants	نیروگاه
pressure vessel	مخزن تحت فشار
procedure	رویه
process	فرایند
proper	مناسب
property	خاصیت، ویژگی
protection	حفظ و مراقبت
quality	کیفیت
reference	ملاک-مرجع
release	رها کردن
repair	تعمیر
replace	جایگزین کردن
require	نیاز داشتن
requirement	درخواست
resistance	مقاومت
rivet	پرچ
rod	میله
root opening	باز شدگی ریشه جوش
sample	نمونه
scratch	خش
screw	پیچ

separation	جدایش
sheet metal	ورق فلزی
shield	پوشش
slag	سرباره
society	انجمن
soldering	لحیم کاری
specification	مشخصات
specify	مشخص کردن
standard	معیار - ملاک
standardize	استانداردسازی - یکسان سازی
stick	چسبیدن
structure	سازه
systematically	بطور منظم - بر روال قائده
temperature	دما
tensile	کشش
thickness	ضخامت
tool steel	فولاد ابزار
tough	چقرمه، سفت
toughness	چقرمگی
troubleshooting	عیب یابی
ventilation	تهویه
visual	چشمی
warranty	ضمانت
wire	سیم
work piece	قطعه کار
zinc	روی

۱ محاسبه درصد دور ریز ورق

$$100 \times (\text{مساحت کل ورق} / \text{مساحت دور ریز}) = \text{درصد دور ریز ورق}$$

۲ محاسبه طول اولیه ورق در خم کاری با زاویه ۹۰ درجه

$$L = a + b - A \quad A = \frac{R}{2} + t$$

۳ محاسبه طول اولیه ورق در خم کاری با زاویه کمتر از ۹۰ درجه

۴ محاسبه حد مجاز در اتصالات پیچک

زاویه خم : θ
 شعاع خم : R
 ضخامت ورق : t

$$L = a + b + cd \quad cd = 0.175(R + \frac{t}{2})\theta \quad cd = K\theta$$

حد مجاز	شکل پیچک	نوع پیچک
$G = W + 3T$		پیچک ساده
$C = 2W + 4T$		پیچک کشویی
$k = W + 3T$		پیچک گوشه

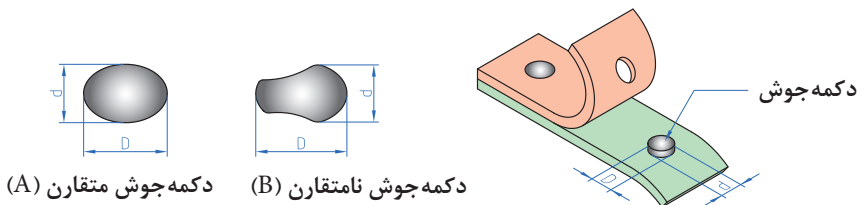
۱ رابطه تبدیل شماره الکتروود RWMA به قطر بر حسب میلی‌متر

$$\text{شماره الکتروود} \times 3/175 = \text{قطر الکتروود}$$

۲ رابطه تبدیل زمان به سیکل در نقطه جوش

$$\frac{\text{نوسان ۱}}{\text{زمان جوش کاری با توجه به ضخامت ورق}} = \frac{(1/50) \text{ ثانیه}}{x}$$

۳ رابطه محاسبه قطر متوسط دکمه جوش



$$\text{قطر متوسط دکمه جوش} = \frac{D + d}{2}$$

۴ رابطه محاسبه حداقل و حداکثر قطر قابل قبول دکمه جوش

$$\sqrt{\text{ضخامت ورق}} / 5 = \text{حداکثر قطر قابل قبول}$$

$$\sqrt{\text{ضخامت ورق}} \times 4 = \text{حداقل قطر قابل قبول}$$

$$\sqrt{\text{ضخامت ورق}} \times 5 = \text{قطر مطلوب}$$

۱- وزن مخصوص فلزات

$$W = \gamma \cdot V$$

W: وزن جسم

γ : وزن مخصوص

V: حجم

۲- ظرفیت کپسول استیلن

در کپسول ۴۰ لیتری ۴۱٪ آن را استن اشغال کرده است. هر لیتر استن در فشار ۱۵bar می تواند ۳۷۵ لیتر استیلن در خود حل کند.

حجم داخلی کپسول استیلن لیتر $V = ۴۰$

لیتر $۱۶/۴ = ۴۰ \times ۰/۴۱ =$ مقدار استن

به طور تقریب ۱۶ لیتر

لیتر $۱۶ \times ۳۷۵ = ۶۰۰۰$ Q ظرفیت کپسول استیلن

$$\frac{۶۰۰۰}{۱۰۰۰} = ۶ \text{ مترمکعب}$$

۳- ظرفیت کپسول اکسیژن

$$Q = P \times V$$

حجم \times فشار = ظرفیت

$$Q = ۱۵۰ \times ۴۰ = ۶۰۰۰ \text{ Lit}$$

۴- محاسبات گاز استیلن

حجم گاز حل شده در ۱ لیتر استن \times حجم استن کپسول = حجم کپسول

$$V = ۱۶ \times ۲۵ = ۴۰۰ \text{ لیتر}$$

$$V_{GA} = P \times V$$

حجم گاز حل شده در استن \times فشار مانومتر = حجم گاز استیلن

حجم گاز به لیتر $V = ۱۵ \times ۴۰۰ = ۶۰۰۰$ و $V = P \times V$

۸۵۴ لیتر استیلن در فشار اتمسفر برابر یک کیلوگرم وزن دارد.

$1/171 \text{ Kg/m}^3$ = وزن مخصوص گاز استیلن

$$6000 \div 854 = 7/025 \text{ Kg}$$

۶۰۰۰ لیتر استیلن چقدر وزن دارد؟

کاربرد فرمول‌ها

مثال: وزن یک کپسول استیلن قبل از کار ۷۰/۴ کیلوگرم و پس از کار ۶۷ کیلوگرم می‌باشد حجم گاز مصرفی را به دست آورید.

اختلاف وزن به کیلوگرم $70/4 - 67 = 3/4$

حجم گاز به لیتر $3/4 \times 854 = 2903/6$

۵- محاسبات گاز اکسیژن

$$V_{GQ} = V \times P$$

فشار مشخص شده توسط مانومتر \times گنجایش کپسول بر حسب لیتر = حجم گاز اکسیژن

یک کپسول ۴۰ لیتری اکسیژن با فشار ۱۵۰ اتمسفر پر شده محتوی

لیتر گاز $V_{GQ} = 40 \times 150 = 6000$ و $V_{GQ} = V \times P$

شماره‌های مختلف سر مشعل جوشکاری



۰/۵ - ۱	۴ - ۶	۱۴ - ۲۰
۱ - ۲	۶ - ۹	۲۰ - ۳۰
۲ - ۴	۹ - ۱۴	

۶- حجم گاز اکسیژن مصرفی

ضریب ثابت ۱۰۰ \times قدرت متوسط سر مشعل = حجم گاز اکسیژن مصرفی بر حسب لیتر در ساعت

$$Q = MB \times 100 \text{ L/h}$$

مثال: برای جوشکاری یک قطعه فولادی اگر از سر مشعل شماره ۴ تا ۶ استفاده شود حجم اکسیژن مصرفی را در یک ساعت حساب کنید.

$$MB = \frac{4+6}{2} = 5$$

$$Q = MB \times 100$$

$$Q = 5 \times 100 = 500 \text{ L/h}$$

$$t = \frac{V \times P}{MB \times 100}$$

در رابطه فوق t = زمان جوشکاری بر حسب ساعت

V = حجم کپسول بر حسب لیتر آب

P مصرفی = تفاضل فشار اولیه و ثانویه (فشار کار شده)

MB = قدرت متوسط سرمشعل

100 = ضریب ثابت می باشد.

P مصرفی $= P_2 - P_1$ (فشار ثانویه - فشار اولیه)

مثال: مانومتر ثابت اکسیژنی فشار 100 اتمسفر را نشان می دهد. با گاز محتوی کپسول به وسیلهٔ یک شماره ۴-۶ چند ساعت می توان جوشکاری نمود (حجم کپسول 40 لیتر می باشد).

$t = ?$

$V = 40$ لیتر

$P = 100$ اتمسفر

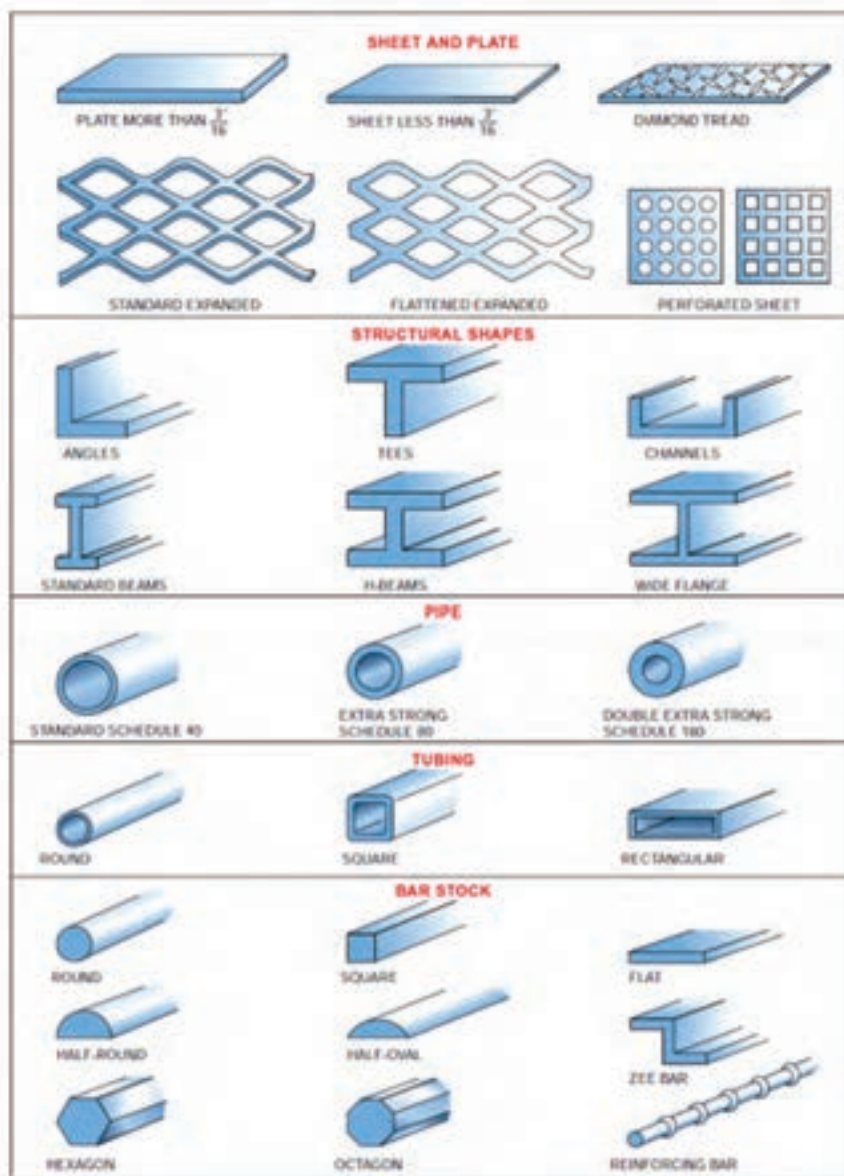
$$t = \frac{V \times P}{MB \times 100}$$

$$MB = \frac{4 + 6}{2} = 5$$

$$t = \frac{40 \times 100}{5 \times 100} = 8 \text{ ساعت}$$

اشکال و مقاطع استاندارد مربوط به فلزات

فلزات در شکل‌ها و مقاطع متفاوتی تولید و روانه بازار می‌شوند. شکل زیر انواع اشکال و مقاطع مربوط به فلزات را نشان می‌دهد.


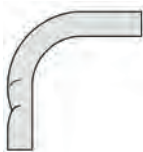


ردیف	نام عیب	تصویر	دلایل عیب	برطرف کردن عیب
۱	گیر کردن تیغه‌ها		کم بودن لقی بین تیغه‌ها	تنظیم لقی بین تیغه‌ها
۲	پلیسه کردن لبه ورق		زیاد بودن لقی بین تیغه‌ها	تنظیم لقی بین تیغه‌ها
۳	خم شدن لبه ورق			
۴	گیر کردن ورق بین تیغه‌ها			
۵	مستهلك شدن سطح شابلن پشتی دستگاه		تماس ورق با سطح شابلن پشتی در حین برش کاری	فعال نمودن کلید برگشت به عقب شابلن در حین برش کاری

قدرت برش قیچی

ردیف	نوع فلز ۱	مقاومت فلز بر حسب N/m^2	حداکثر ضخامت برش به میلی‌متر
۱	فولاد ساختمانی	۴۰۰	۲/۷
۲	فولاد آلیاژی	۶۰۰	۲/۲
۳	فولاد ضد زنگ	۸۰۰	۱/۶
۴	فلزات غیر آهنی (آلومینیم و غیره)	۲۵۰	۳/۵

عیوب رایج در خم کاری لوله

شکل عیب	نام عیب	دلیل به وجود آمدن	روش برطرف کردن
	چروکیدگی جدار داخلی	شعاع نامناسب	افزایش شعاع
	Wrinkled bend	کم بودن ضخامت لوله	افزایش ضخامت لوله
	پهن شدن خم	سایز لوله برای دستگاه زیاد است	استفاده از سایز مناسب قالب‌های دستگاه
	Flattened bend	لوله در طول خم دچار لهیدگی شده فشار زیاد قالب در طول عملیات خم کاری	افزایش ضخامت لوله استفاده از خم کن دارای غلتک به جای قالب
	پیچیدن خم	سایز لوله برای دستگاه زیاد است	استفاده از سایز مناسب قالب‌های دستگاه
	Kinked bend	بخش عمودی لوله به شکل صحیح در قالب قرار نگرفته	قرار دادن مناسب لوله در دستگاه
	جا انداختن روی لوله	قالب مورد استفاده برای لوله بزرگ است	استفاده از قالب یا غلتک مناسب با سایز لوله
		قالب یا غلتک دستگاه فرسوده یا خراب است	تعمیر یا تعویض قالب یا غلتک
	Scored tubing	جسم خارجی یا کشیفی روی قالب یا غلتک وجود دارد	تمیز کردن قالب یا غلتک
		غلتک یخ زده است	تعمیر یا تعویض غلتک
	تغییر شکل بیش از اندازه لوله	تنظیمات نامناسب دستگاه	هم ترازای مناسب قالب با سایر بخش‌های دستگاه خم
	Excessive tubing deformation	فشار بیش از حد در نگهداشتن لوله (معمولاً در لوله‌های نازک)	کاهش فشار نگهدارنده یا گیره

تأثیر عناصر مختلف روی خواص فولادها

عناصر	افزایش می دهد	کاهش می دهد
کربن	استحکام، سختی، قابلیت سخت کاری	نقطه ذوب، چقرمگی، قابلیت جوشکاری
	الاستیسیته، استحکام، قابلیت آبکاری عمقی، سختی در حالت گرم، مقاومت در مقابل خوردگی، جدا شدن گرافیت در چدن خاکستری	قابلیت جوشکاری
	سیلان، شکنندگی در حالت سرد، استحکام در حالت گرم	انبساط، استحکام در مقابل ضربه
	شکنندگی براده، غلظت در حالت مذاب، شکنندگی در حالت گداخته بودن	استحکام در مقابل ضربه
منگنز	قابلیت آبکاری عمقی، استحکام، استحکام در مقابل ضربه، استحکام در مقابل ساییدگی	قابلیت براده برداری، جدا شدن گرافیت در چدن خاکستری
	چقرمگی، استحکام، مقاومت در مقابل خوردگی، مقاومت الکتریکی، دوام در حرارت های بالا، قابلیت آبکاری عمقی	انبساط حرارتی
	سختی، استحکام، استحکام در حالت گرم، درجه حرارت آبکاری، دوام برندگی، استحکام در مقابل ساییدگی، مقاومت در مقابل خوردگی	انبساط (به مقدار کم)
	دوام، سختی، چقرمگی، استحکام در حالت گرم	حساسیت در مقابل حرارت های بالا
	سختی، استحکام در حالت گرم، دوام	انبساط، قابلیت کوره کاری
	سختی، دوام برندگی، استحکام در حالت گرم	چقرمگی، حساسیت در مقابل حرارت های بالا
	سختی، استحکام، مقاومت در مقابل خوردگی، درجه حرارت آبکاری، استحکام در حالت گرم، دوام در حرارت های بالا، دوام برندگی	انبساط (به مقدار کم)
نیکل		
کرم		
وانادیم		
مولیبدن		
کبالت		
ولفرام (تنگستن)		

جدول رنگ و فرم جرقه‌ها در سنگ‌زدن قطعات فولادی

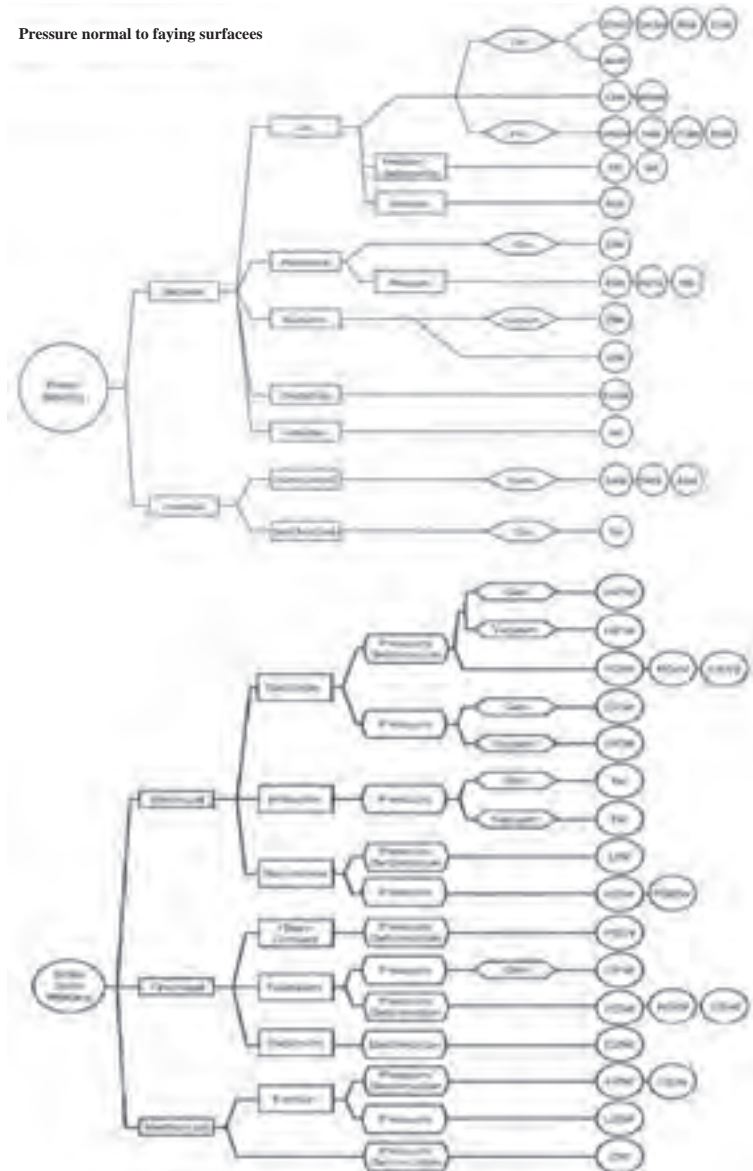
شکل جرقه	انواع فولاد
	فولاد قابل سخت‌کاری سطحی؛ CK15 شعاع‌های مستقیم با دسته‌های جرقه کربن - تأثیر کربن
	فولاد قابل بهسازی؛ CK45 دسته جرقه‌های خاری شکل کربن - تأثیر کربن
	فولاد ابزار؛ CK100 دسته جرقه‌های منشعب‌شده زیاد کربن - تأثیر کربن
	فولاد ابزار آلیاژی جرقه‌های متراکم کربن - تأثیر کربن و سیلیسیم
	فولاد فتر اشعه نازک به شکل سر نیزه - تأثیر کربن و مولیبدن
	فولاد ابزار آلیاژی اشعه نازک با انتهای اسپری شکل - تأثیر تنگستن
	فولاد ابزار گرم‌کار با دسته جرقه‌های کم کربن در انتها - تأثیر تنگستن و سیلیسیم
	فولاد ابزار سردکار دسته گندم کوتاه، در حالت سخت‌شده - با دسته جرقه‌های کربن زیاد - تأثیر تنگستن و کربن
	فولاد تندبر اشعه‌های کربن منقطع با جرقه‌های کروی شکل - کم کربن - تأثیر وانادیم و کرم

فرایندهای جوشکاری

فرایندهای جوشکاری بر اساس نوع اتصال، منبع انرژی، منبع حرارتی، بار مکانیکی و نوع حفاظت در نمودار درختی زیر دسته‌بندی شده‌اند. از این اطلاعات می‌توان برای انتخاب فرایند صحیح برای جوشکاری مواد فلزی استفاده کرد.

Welding Category	Energy Source	Thermal Source	Mechanical Loading	Shielding	Process
------------------	---------------	----------------	--------------------	-----------	---------

Pressure normal to faying surface



مشخصات جوشکاری با فرایند SMAW, GMAW, FCAW

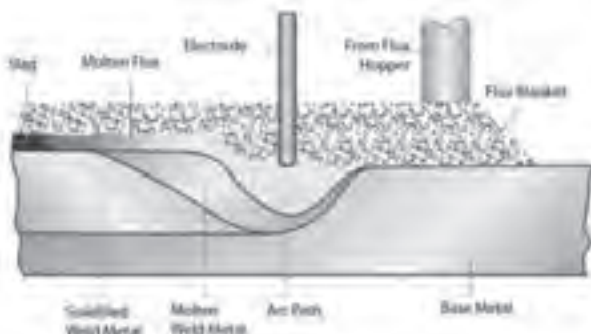
جدول زیر نواحی مختلف جوش و مشخصه‌های اتصال فرایند SMAW, GMAW, FCAW را نشان می‌دهد.

فرایند SMAW
فرایند GMAW
فرایند FCAW

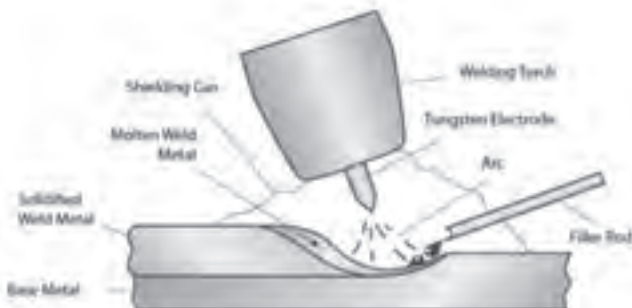
مشخصات جوشکاری با فرایند PAW, GTAW, SAW

جدول زیر نواحی مختلف جوش و مشخصه‌های اتصال فرایند PAW, GTAW, SAW را نشان می‌دهد.

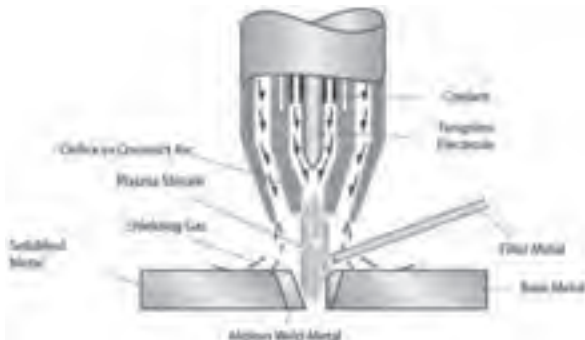
فرایند SAW



فرایند GTAW



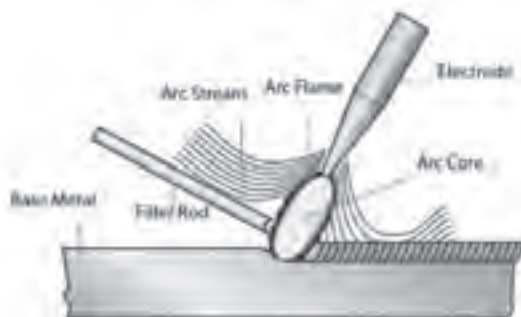
فرایند PAW



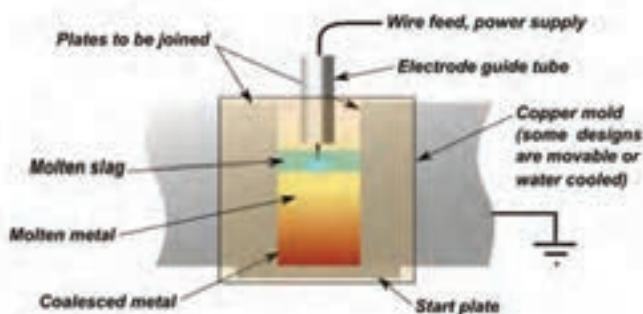
مشخصات جوشکاری با فرایند EGW, ESW, CAW

جدول زیر نواحی مختلف جوش و مشخصه‌های اتصال فرایند EGW, ESW, CAW را نشان می‌دهد.

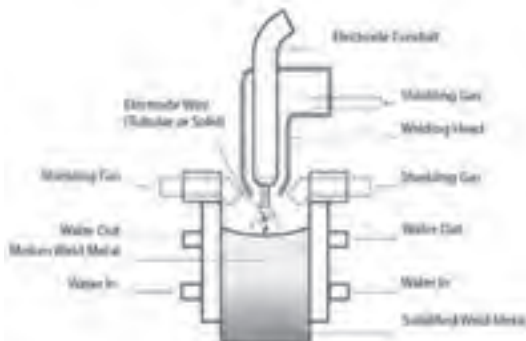
فرایند CAW



فرایند ESW



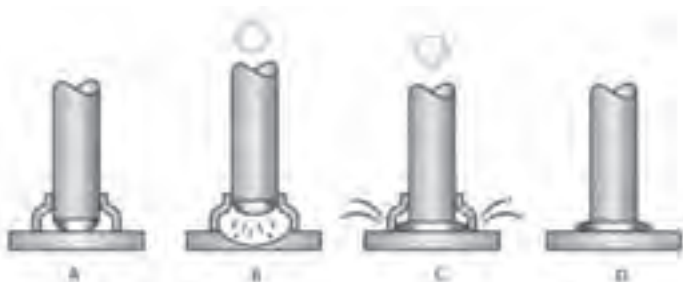
فرایند EGW



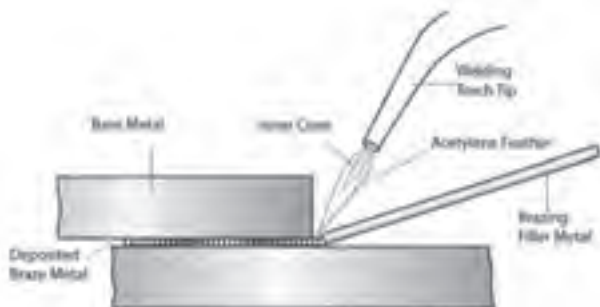
مشخصات جوشکاری با فرایند TB, OFW, SAW

جدول زیر نواحی مختلف جوش و مشخصه‌های اتصال فرایند TB, OAW, SAW را نشان می‌دهد.

فرایند SW



فرایند (TB) Torch Brozing



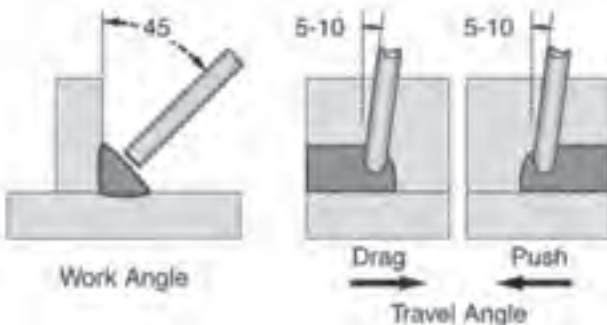
فرایند OAW/OFW



الزامات جوشکاری قابل قبول

در جدول زیر الزامات ضروری برای ایجاد یک جوش قابل قبول بیان شده است.

الزام	توضیحات
قطر الکتروود	برای انتخاب قطر الکتروود نوع اتصال، وضعیت جوشکاری، آماده‌سازی اتصال، توانایی الکتروود در حمل جریان الکتریکی، راندمان اتلاف نرخ رسوب و توانایی در حفظ خواص پایه
جریان	اگر جریان جوشکاری بیش از حد زیاد یا کم باشد، باعث ایجاد عیب در جوش خواهد شد. اگر جریان خیلی زیاد باشد، الکتروود سریع‌تر ذوب می‌شود در نتیجه حوضچه جوش بزرگ و نامنظم می‌شود. اما اگر جریان خیلی کم باشد، گرمای کافی برای ذوب کردن فلز پایه تأمین نخواهد شد، در نتیجه حوضچه جوش کوچک و باریکی تشکیل می‌شود.
طول قوس	اگر طول قوس یا ولتاژ زیاد باشد، گرمای زیاد باعث ذوب شدن الکتروود به صورت گلوله‌ای شده که در اثر آن پاشش زیاد می‌شود، گرده جوش نامنظم با ذوب ناقص بین فلز پایه و فلز رسوب شونده ایجاد می‌شود. اما اگر طول قوس و ولتاژ خیلی کم باشند، حرارت کافی برای ذوب به وجود نمی‌آید، و فلز پایه را به خوبی ذوب نمی‌کند، و اغلب به قطعه کار می‌چسبد. در نهایت یک گرده جوش غیریکنواخت و باریک ایجاد می‌کند.
سرعت پیشروی	هنگامی که سرعت پیشروی بسیار زیاد باشد، حوضچه جوش به مدت طولانی پایدار نمی‌ماند، در نتیجه ناخالصی و گازها در حوضچه باقی می‌مانند. گرده جوش باریک تشکیل می‌شود. اما وقتی سرعت پیشروی خیلی کم باشد، گرده جوش پهن و برجسته و در نتیجه گرما زیاد ایجاد می‌شود.
زاویه الکتروود	زاویه الکتروود به‌طور ویژه در جوش‌های گوشه و شیار از اهمیت بالایی برخوردار است. زاویه صحیح الکتروود در شکل زیر آمده است:



وضعیت‌های جوشکاری

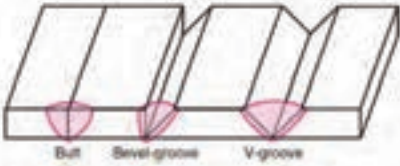
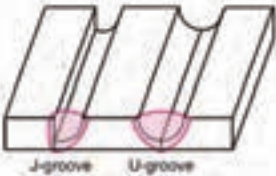

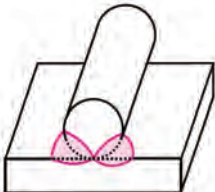
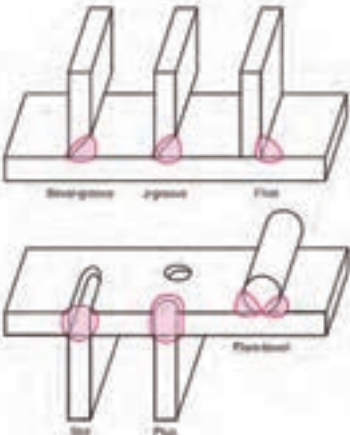
در جدول زیر وضعیت‌های جوشکاری بر اساس استاندارد AWS، ISO و AMSE ذکر شده است.

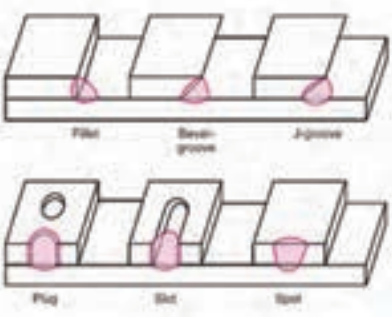





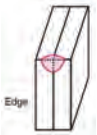

AWS according to ASME section IX EN according to ISO 6947, NEN-EN 387				Welding positions according to EN 26947	

انواع اتصالات جوش

جدول زیر انواع اتصالات جوش را همراه با وضعیت جوشکاری نشان می‌دهد.

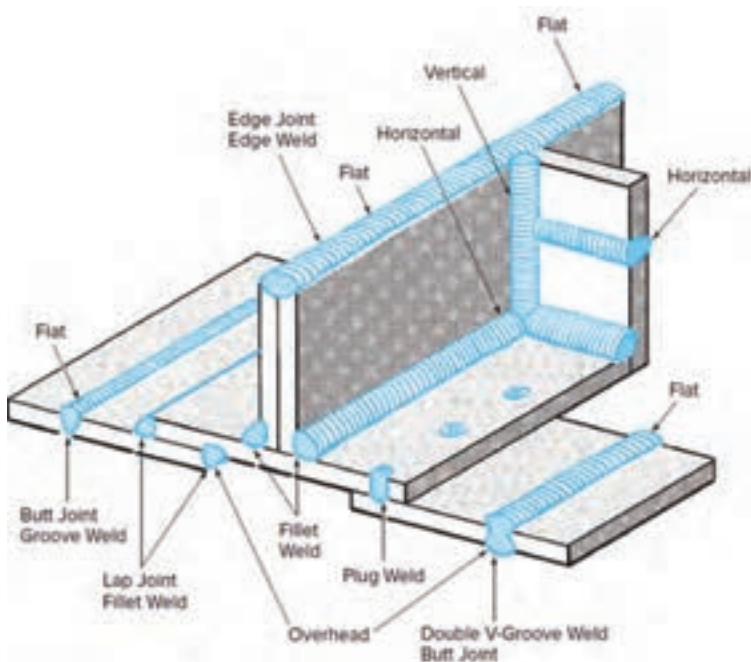
Position of Welding	Bead Welds	Groove Welds		Fillet Welds	
	Flat Plate	Butt Joint	Corner Joint	Tea Joint	Lap Joint
A Flat					
B Horizontal					
C Vertical					
D Overhead					

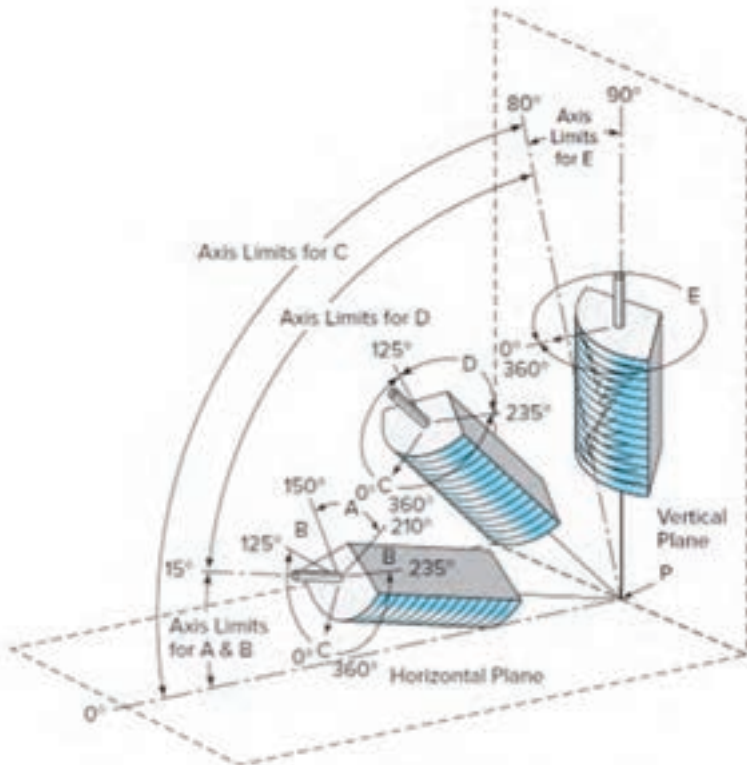
شکل اتصال	نوع جوش	نوع اتصال
 <p>Butt Bevel-groove V-groove</p>	Square _ groove butt weld	اتصال لب به لب (Butt joint)
	Bevel _ groove butt weld	
	V _ groove butt weld	
 <p>J-groove U-groove</p>	J _ groove butt weld	
	U _ groove butt weld	
 <p>Flare-V</p>	Flare _ V _ groove butt weld	
 <p>Flare-bevel</p>	Flare _ bevel _ groove butt weld	
 <p>Bevel-groove J-groove Fillet</p> <p>Slot Plug Flare-bevel</p>	Fillet weld	اتصال سه پری (T _ joint)
	Plug weld	
	Slot weld	
	Bevel _ groove weld	
	J _ groove weld	
	Flare _ bevel _ groove weld	
	Melt _ through weld	

	Fillet weld	اتصال لب روی هم (Lap joint)
	Plug weld	
	Slot weld	
	Spot weld	
	Bevel _ groove weld	
	J _ groove weld	
	Flare _ bevel _ groove weld	
	Fillet weld	زاویه خارجی (Corner joint)
	Square _ groove weld or butt weld	
	V _ groove weld	
	J _ groove weld	
	Flare _ V _ groove weld	
	Edge weld	
	Corner _ flange weld	

وضعیت‌های جوشکاری و اتصالات مختلف

در شکل زیر علائم اختصاری جوشکاری بر اساس استاندارد AWS نشان داده شده است.

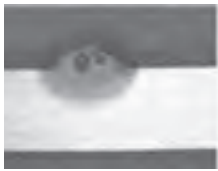













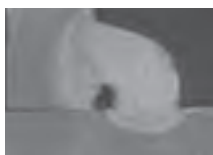


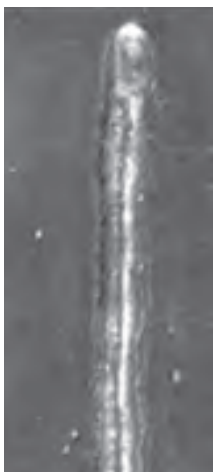




Tabulations of Positions of Fillet Welds

Position	Diagram Reference	Inclination of Axis	Rotation of Face
Flat	A	0–15°	150–210°
Horizontal	B	0–15°	125–150°
			210–235°
Overhead	C	0–80°	0–125°
			235–360°
Vertical	D	15–80°	125–235°
	E	80–90°	0–360°










جدول زیر عیوب ایجاد شده در فرایند جوشکاری FCAW بدون گاز محافظ را نشان می‌دهد. با توجه به این اطلاعات می‌توان نوع عیب‌ها و دلایل تشکیل آنها را در قطعات واقعی تعیین نمود.










دلایل	سرعت پیشروی بسیار زیاد	سرعت پیشروی بسیار کم	حفاظت ناکافی (گاز محافظ)
مقطع جوش شیاری			
مقطع جوش گوشه			
جوش کامل			
توضیحات	گرده جوش بسیار باریک و نامنظم فلز جوش ناکافی در مقطع عرضی خواص مکانیکی ضعیف سوختگی کناره جوش	گرده جوش بیش از حد ساق جوش نابرابر هدر دادن مواد مصرفی	پاشش و تخلخل بیش از حد نفوذ ضعیف حفاظت ناکافی هدر دادن مواد

ولتاژ بسیار پایین	ولتاژ بسیار بالا	جریان، سرعت و ولتاژ مناسب	دلایل
			مقطع جوش شیاری
			مقطع جوش گوشه
			جوش کامل
تحدب زیاد گرده عدم تمیزی سر باره هدر دادن مواد مصرفی	پاشش و تخلخل بیش از حد تحدب بیش از حد گرده سوختگی کناره جوش گرده جوش نامنظم اتصال ضعیف	گرده یکنواخت عدم سوختگی کناره جوش عدم روی هم افتادگی و تحدب زیاد گرده جوش عالی و کمترین هزینه ممکن	توضیحات








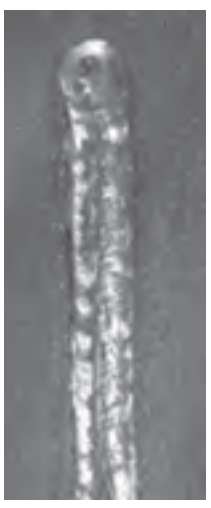

راهنمای تعیین دلایل جوش معیوب









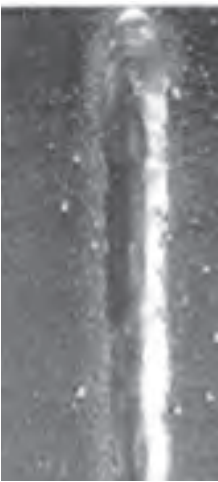
جدول زیر عیوب ایجاد شده در فرایند جوشکاری FCAW با گاز محافظ نشان می‌دهد. با توجه به این اطلاعات می‌توان نوع عیب‌ها و دلایل تشکیل آنها را در قطعات واقعی تعیین نمود.

دلایل	سرعت پیشروی بسیار زیاد	سرعت پیشروی بسیار کم	حفاظت ناکافی (گاز محافظ)
مقطع جوش شیری			
مقطع جوش گوشه			
جوش کامل			
توضیحات	گرده جوش بسیار باریک و نامنظم فلز جوش ناکافی در مقطع عرضی خواص مکانیکی ضعیف سوختگی کناره جوش در جوش گوشه	گرده جوش بیش از حد پهن روی هم رفتگی بدون نفوذ در لبه‌ها جوش گوشه با ساق‌های نا برابر هدر دادن مواد مصرفی و زمان	پاشش و تخلخل بیش از حد گرده جوش نا برابر با نفوذ ضعیف فلز جوش با حفاظت ناکافی هدر دادن مواد مصرفی و زمان

ولتاژ بسیار پایین	ولتاژ بسیار بالا	جریان، سرعت و ولتاژ مناسب	دلایل
			مقطع جوش شیاری
			مقطع جوش گوشه
			جوش کامل
گرده جوش بیش از حد پهن و محدب مشکل در تمیز کردن سرباره جوش هدر دادن مواد مصرفی و زمان	پاشش و تخلخل بیش از حد انباشتگی بیش از حد گرده جوش سوختگی کناره جوش و ضعیف شدن اتصال گرده جوش نامنظم	گرده جوش یکنواخت، صاف و منظم عدم وجود سوختگی کناره جوش، روی هم رفتگی و انباشتگی جوش عالی با کمترین هزینه مواد و نیروی کار	توضیحات









جدول زیر عیوب ایجاد شده در فرایند جوشکاری GMAW را نشان می‌دهد. با توجه به این اطلاعات می‌توان نوع عیب‌ها و دلایل تشکیل آنها را در قطعات واقعی تعیین نمود.

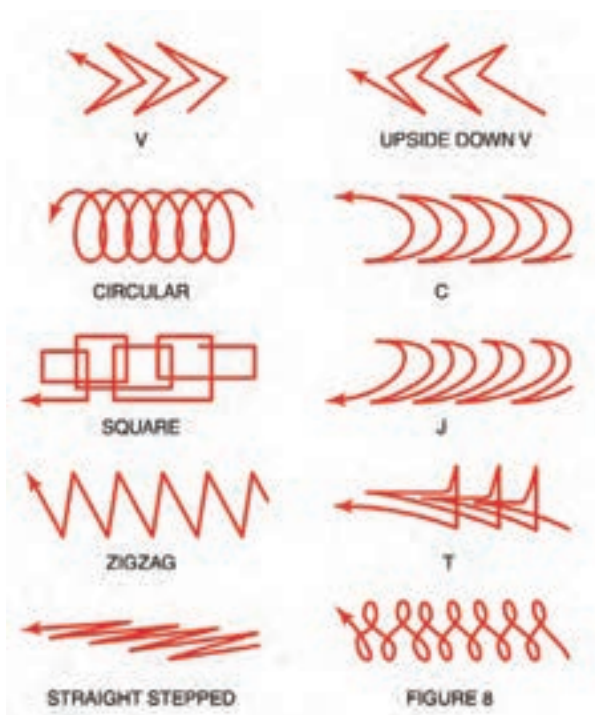
دلایل	سرعت پیشروی بسیار زیاد	سرعت پیشروی بسیار کم	حفاظت ناکافی گاز محافظ
مقطع جوش شیاری			
مقطع جوش گوشه			
جوش کامل			
توضیحات	گرده جوش بسیار باریک و نامنظم فلز جوش ناکافی در مقطع عرضی خواص مکانیکی ضعیف سوختگی کناره جوش در گوشه	گرده جوش بیش از حد پهن ساق‌های نابرابر جوش گوشه هدر دادن مواد مصرفی و زمان	پاشش و تخلخل بیش از حد گرده جوش بسیار نامنظم با نفوذ ضعیف فلز جوش با حفاظت کم هدر دادن مواد مصرفی و زمان

ولتاژ بسیار پایین	ولتاژ بسیار بالا	جریان، سرعت و ولتاژ مناسب	دلایل
			مقطع جوش شیاری
			مقطع جوش گوشه
			جوش کامل
گرده جوش بیش از حد محدب و باریک هدر دادن مواد مصرفی و زمان	پاشش و تخلخل بیش از حد گرده جوش پهن و صاف سوختگی کناره جوش و اتصال ضعیف گرده جوش نامنظم	گرده جوش یکنواخت، صاف و منظم عدم وجود سوختگی کناره جوش، روی هم رفتگی و انباشتگی جوش عالی با کمترین هزینه مواد و نیروی کار	توضیحات

دلایل ایجاد عیوب جوش و راه حل رفع آن

جدول زیر دلایل ایجاد عیوب و راه حل های رفع آنها را نشان می دهد.

Distortion		
Causes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Overheating at joint 2. Welding too slow 3. Root too small 4. Improper temperature 		Solution: <ol style="list-style-type: none"> 1. Allow each bead to cool 2. Weld at constant speed—use speed tip 3. Use larger root or triangular shaped root 4. Offset pieces before welding 5. Use double V or backup weld 6. Backup weld with metal
Poor Appearance		
Causes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Uneven pressure 2. Excessive chipping 3. Uneven heating <p>For speed welding use only moderate pressure, start/stop speed, keep slow flow of metal</p>		Solution: <ol style="list-style-type: none"> 1. Practice starting, stopping, and finger manipulation on rod 2. Hold rod at proper angle 3. Use slow uniform flowing motion, heat built up and material
Poor Fusion		
Causes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Faulty preparation 2. Improper welding technique 3. Wrong speed 4. Improper choice of rod size 5. Wrong temperature 		Solution: <ol style="list-style-type: none"> 1. Clean materials before welding 2. Keep pressure and fanning motion constant 3. Take more time by welding at lower temperatures 4. Use small rod at root and large rods at top—practice proper preparation 5. Preheat materials when necessary 6. Clamp parts securely
Poor Penetration		
Causes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Faulty preparation 2. Root too large 3. Working too fast 4. Not enough root gap 		Solution: <ol style="list-style-type: none"> 1. Use 60° bevel 2. Use small rod at root 3. Check for flowline while welding 4. Use backing tip or leave 1/16" root gap and clamp pieces
Porous Weld		
Causes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Wetted weld rod 2. Balance of heat on rod 3. Working too fast 4. Root too large 5. Improper starts or stops 6. Improper cleaning of joints 7. Switching rod 		Solution: <ol style="list-style-type: none"> 1. Inspect rod 2. Use proper fanning motion 3. Check welding temperature 4. Weld beads in proper sequence 5. Cut rod at angle, buff end before reusing 6. Stagger starts and overlap splices 1/2"
Spooling		
Causes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Temperature too high 2. Working too slow 3. Uneven heating 4. Material too soft 		Solution: <ol style="list-style-type: none"> 1. Increased airflow 2. Hold constant speed 3. Use correct fanning motion 4. Preheat material in cold weather
Stress Cracking		
Causes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Improper welding temperature 2. Untrue stress on weld 3. Chemical effects 4. Rod and base material not same composition 5. Oxidation or degradation of weld 		Solution: <ol style="list-style-type: none"> 1. Use recommended welding temperature 2. Allow for expansion and contraction 3. Stay within known chemical resistance and working temperature of material 4. Use similar materials and inert gas for welding 5. Refer to recommended application
Warping		
Causes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Shrinkage of material 2. Overheating 3. Faulty preparation 4. Faulty clamping of parts 		Solution: <ol style="list-style-type: none"> 1. Preheat material to relieve stress 2. Weld slowly—use backup weld 3. Use much root gap 4. Clamp parts properly—backlog to root 5. For multiple joints—allow time for each bead to cool



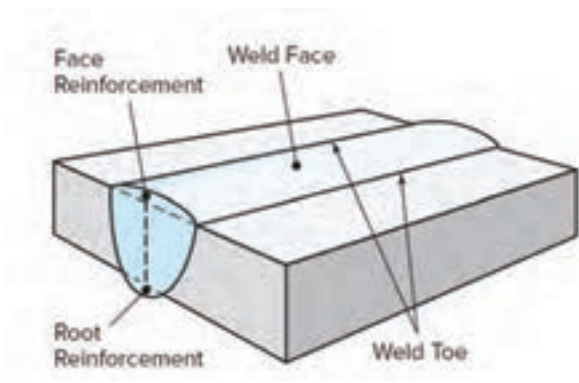
مشخصات جوش گوشه

جدول زیر مشخصات جوش گوشه (Fillet) را نشان می‌دهد.

Weld Toe: گلوئی جوش	Weld Face: سطح جوش	Weld Root: ریشه جوش	Leg: ساق جوش

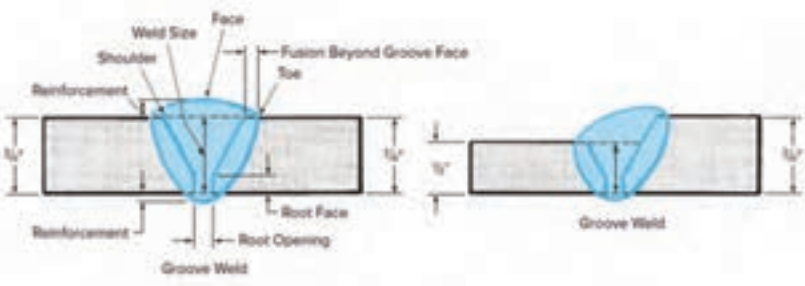
مشخصات جوش شیاری

جدول زیر مشخصات شیاری (Groove) را نشان می دهد.

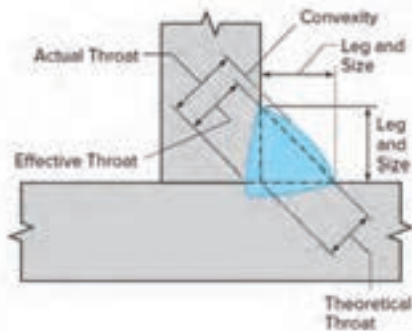
			
Weld Toe:	گلویی جوش	Weld Face:	سطح جوش
		Face Reinforcement:	تقویت سطح
		Root Reinforcement:	تقویت ریشه

ابعاد و اندازه جوش شیاری

جدول زیر ابعاد و اندازه جوش شیاری را نشان می دهد.

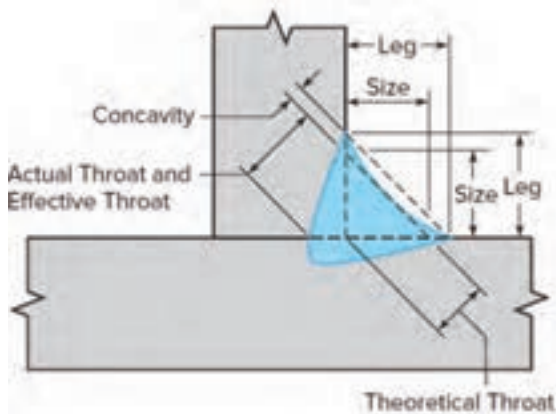
			
Weld Toe:	گلویی جوش	Weld Face:	سطح جوش
		Reinforcement:	تقویت
		Weld Size:	اندازه جوش
Weld shoulder:	شانه جوش	Root Face:	سطح ریشه
		Fusion Beyond Groove Face:	فلز پایه ذوب شده
		Root Opening:	بازشدگی ریشه

مشخصات جوش فیلت محدب



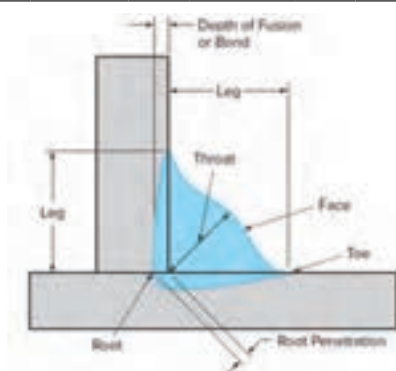
Leg: ساق جوش	Size: اندازه جوش	Actual Throat: گلولی واقعی جوش
Effective Throat: گلولی مؤثر جوش	Theoretical throat: گلولی تئوری جوش	Convexity: تحدب جوش

مشخصات جوش فیلت مقعر



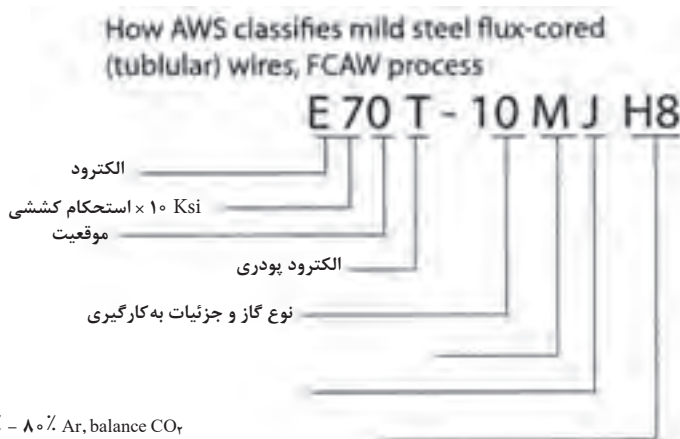
Leg: پاشنه جوش	Size: اندازه جوش	Actual Throat: گلولی واقعی جوش
Effective Throat: گلولی مؤثر جوش	Theoretical throat: گلولی تئوری جوش	Cocavity: تعقر جوش

مشخصات جوش فیلت ایده آل



Leg: پاشنه جوش	Toe: گلوبی جوش	Face: سطح جوش	Root: ریشه جوش	Throat: گلوبی جوش
Root Penetration: نفوذ جوش				

نام گذاری الکترودهای تو پودری FCAW طبق استاندارد AWS



Mixed Gas: ۷۵٪ - ۸۰٪ Ar, balance CO₂

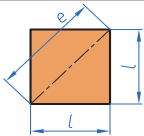
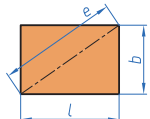
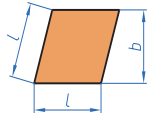
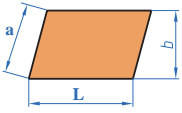
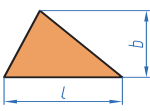
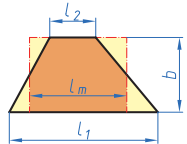
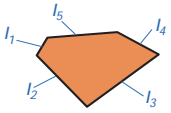
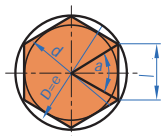
Impacts: -۲۰ ft.lbs. @ -۴۰ °F

Hydrogen: H_۴ = less than ۴ ml/۱۰۰ g, H_B =

less than ۸ ml/۱۰۰ g

موقعیت جوشکاری، گاز محافظ، قطبیت و سایر الزامات به کارگیری الکترودهای تو پودری

جدول روابط محاسبه مساحت اشکال هندسی

توضیحات	مساحت	شکل هندسی
مربع	$A = l \times l = l^2$	
مستطیل	$A = l \times b$	
لوزی	$A = l \times b$	
متوازی الاضلاع	$A = l \times b$	
مثلث	$A = \frac{l \times b}{2}$	
ذوزنقه	$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \times b$ $A = l_m \times b$	
چندضلعی منتظم	$A = n \times A_1 = \frac{n \times l \times d}{4}$	
سطوح مرکب	$A = A_1 + A_r + A_r + A_r + A_d$	

$$e = \sqrt{l^2 + l^2} = \sqrt{2} \times l = 1/414l$$

$$e = \sqrt{l^2 + b^2}$$

در مثلث متساوی الاضلاع

$$b = \sqrt{3} \times \frac{1}{2} \approx 0.866 \times l$$

$$l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$$

$$l = D \times \sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right)$$

$$d = \sqrt{D^2 - l^2}$$

مربع

پارامترها	محاسبات	مساحت: A	قطر: d	طول ضلع: L
		مثال:		
مساحت مربع:	$A = L^2$	$L = 10 \text{ mm} \Rightarrow d = ? \quad A = ?$		
قطر مربع:	$d = \sqrt{2} \times L$	$A = L^2 = (10 \text{ mm})^2 = 100 \text{ mm}^2$ $d = \sqrt{2} \times L = \sqrt{2} \times 10 \text{ mm} = 14.14 \text{ mm}$		

مستطیل

پارامترها	محاسبات	مساحت: A	قطر: d	طول ضلع: L	ارتفاع: h
		مثال:			
مساحت مستطیل:	$A = L \times h$	$L = 20 \text{ mm}, h = 15 \text{ mm} \Rightarrow d = ? \quad A = ?$			
قطر مستطیل:	$d = \sqrt{L^2 + h^2}$	$A = L \times h = 20 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} = 300 \text{ mm}^2$ $d = \sqrt{L^2 + h^2} = \sqrt{(20 \text{ mm})^2 + (15 \text{ mm})^2}$ $= \sqrt{625 \text{ mm}^2} = 25 \text{ mm}$			

لوزی

پارامترها	محاسبات	مساحت: A	طول قاعده: L	ارتفاع: h	قطرها: d ₁ و d ₂
		مثال:			
مساحت لوزی:	$A = L \times h$	$d_1 = 20 \text{ mm}, d_2 = 16 \text{ mm} \Rightarrow A = ?$			
مساحت لوزی:	$A = (d_1 \times d_2) / 2$	$A = \frac{d_1 \times d_2}{2} = \frac{20 \times 16}{2} = 160 \text{ mm}^2$			

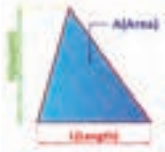
متوازی الاضلاع

پارامترها	محاسبات	مساحت: A	قطر: d	طول قاعده: L	ارتفاع: h
		مثال:			
مساحت متوازی الاضلاع:	$A = L \times h$	$L = 50 \text{ mm}, h = 30 \text{ mm} \Rightarrow A = ?$			
		$A = L \times h = 50 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}^2$			

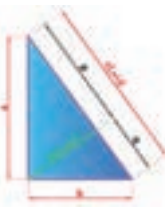
ذوزنقه

پارامترها	محاسبات	مساحت: A	ارتفاع: h	طول قاعده بزرگ: L ₁	طول قاعده کوچک: L ₂
		مثال:			
مساحت ذوزنقه:	$A = \frac{L_1 + L_2}{2} \times h$	$L_2 = 20 \text{ mm}, h = 25 \text{ mm}, L_1 = 40 \text{ mm} \Rightarrow A = ?$			
		$A = \frac{L_1 + L_2}{2} \times h = \frac{40 \text{ mm} + 20 \text{ mm}}{2} \times 25 \text{ mm} = 750 \text{ mm}^2$			

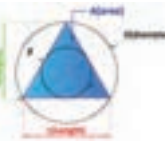
مثلث

	مساحت: A طول قاعده: L ارتفاع: h	پارامترها / محاسبات
	مثال: $L = 40 \text{ mm}$, $h = 30 \text{ mm} \Rightarrow A = ?$ $A = \frac{L \times h}{2} = \frac{40 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}}{2} = 600 \text{ mm}^2$	مساحت مثلث: $A = \frac{L \times h}{2}$


مثلث قائم الزاویه

	مساحت: A ارتفاع: h طول اضلاع مجاور زاویه قائم: a, b طول وتر: c	پارامترها / محاسبات
	مثال: $c = 5 \text{ mm}$, $a = 4 \text{ mm} \Rightarrow b = ?$ $b = \sqrt{c^2 - a^2} = \sqrt{(5 \text{ mm})^2 - (4 \text{ mm})^2} = 3 \text{ mm}$	قضیه فیثاغورس: $c^2 = a^2 + b^2$ قضیه اقلیدس: $b^2 = c \times q$ $a^2 = c \times p$ $h^2 = p \times q$

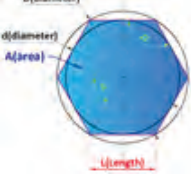
مثلث متساوی الاضلاع

	مساحت: A طول ضلع: l ارتفاع: h قطر دایره محیطی: D قطر دایره محاطی: d	پارامترها / محاسبات
	مثال: $(\sqrt{3} = 1/\sqrt{3})$, $l = 100 \text{ mm} \Rightarrow A = ?$ $A = \frac{\sqrt{3}}{4} \times l^2 = \frac{1/\sqrt{3}}{4} \times 100^2 = 4330 \text{ mm}^2$	مساحت مثلث متساوی الاضلاع: $A = \frac{\sqrt{3}}{4} \times l^2$ ارتفاع مثلث متساوی الاضلاع: $h = \frac{\sqrt{3}}{2} \times l$ قطر دایره محیطی مثلث متساوی الاضلاع: $D = \frac{2\sqrt{3}}{3} \times l = 2 \times d$ قطر دایره محاطی مثلث متساوی الاضلاع: $d = \frac{\sqrt{3}}{3} \times l = \frac{D}{2}$

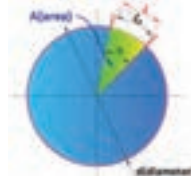
دایره

	مساحت: A قطر: d محیط: P	پارامترها / محاسبات
	مثال: $d = 100 \text{ mm} \Rightarrow A = ?$, $P = ?$ $A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3.14 \times (100 \text{ mm})^2}{4} = 7850 \text{ mm}^2$ $P = \pi \times d = \frac{3}{14} \times 100 = 314 \text{ mm}$	مساحت دایره: $A = \frac{\pi \times d^2}{4}$ محیط دایره: $P = \pi \times d$

چندضلعی منتظم

	پارامترها	محاسبات
	مساحت: A طول ضلع: l ارتفاع: h	مساحت چندضلعی:
	قطر دایره محیطی: D قطر دایره محاطی: d تعداد اضلاع (زاویه‌ها): n زاویه مرکزی: α زاویه محاطی: β	$A = \frac{n \times l \times d}{4}$
	مثال:	طول ضلع:
	$n=6, D=100\text{ mm} \Rightarrow A=? , d=?, l=?$	$l = D \cdot \sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right) = 100\text{ mm} \cdot \sin\left(\frac{180^\circ}{6}\right) = 50\text{ mm}$
	$d = \sqrt{D^2 - l^2} = \sqrt{10000\text{ mm}^2 - 2500\text{ mm}^2} = 86.6\text{ mm}$	زاویه مرکزی:
	$A = \frac{n \times l \times d}{4} = \frac{6 \times 50\text{ mm} \times 86.6\text{ mm}}{4} = 6495\text{ mm}^2$	$\alpha = \frac{360^\circ}{n}$
		زاویه محاطی:
		$\beta = 180^\circ - \alpha$
		قطر دایره محاطی
		$d = \sqrt{D^2 - l^2}$
		قطر دایره محیطی:
		$D = \sqrt{d^2 + l^2}$

قطاع دایره

	پارامترها	محاسبات
	مساحت: A طول وتر: l زاویه کمان: α طول کمان: l_B	مساحت قطاع دایره:
	مثال:	$A = \frac{\pi \times d^2}{4} \times \frac{\alpha}{360^\circ}$
	$d=200\text{ mm}, \alpha=30^\circ \Rightarrow A=? I=B$	$A = \frac{l_B \times d}{4}$
	$l_B = \frac{\pi \times d \times \alpha}{360^\circ} = \frac{3.14 \times 200\text{ mm} \times 30^\circ}{360^\circ} = 52.33\text{ mm}$	طول وتر قطاع دایره:
	$A = \frac{l_B \times d}{4} = \frac{52.33\text{ mm} \times 200\text{ mm}}{4} = 2616.5\text{ mm}^2$	$l = 2 \times d \times \sin\frac{\alpha}{2}$
		طول کمان قطاع دایره:
		$l_B = \frac{\pi \times d \times \alpha}{360^\circ}$

حلقه دایروی

پارامترها	محاسبات	مساحت: A	پهنای حلقه: b
		قطر داخلی: d	قطر خارجی: D قطر میانی: d _m
مساحت حلقه دایروی:		مثال:	
$A = \pi \times d_m \times b$		$D = 140 \text{ mm} ; d = 120 \text{ mm} \quad \Leftrightarrow \quad A = ?$	
$A = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2)$		$A = \pi \times d_m \times b = \frac{\pi}{4} \times 140 \times 130 = 4082 \text{ mm}^2$	
		$A = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} \times (140^2 - 120^2) = 4082 \text{ mm}^2$	

مکعب


پارامترها	مساحت: A_0		حجم: V	طول ضلع: l
	محاسبات			
حجم مکعب:	مثال:			
$V = l^3$	$l = 50 \text{ mm} \Rightarrow A_0 = ? , V = ?$			
مساحت مکعب:	$V = l^3 = (50 \text{ mm})^3 = 125000 \text{ mm}^3$			
$A_0 = 6 \times l^2$	$A_0 = 6 \times l^2 = 6 \times (50 \text{ mm})^2 = 15000 \text{ mm}^2$			

مکعب مستطیل


پارامترها	محاسبات	
	مساحت: A_0	حجم: V طول ضلع: l عرض: w ارتفاع: h
حجم مکعب مستطیل:	مثال:	
$V = l \times w \times h$	$h = 30 \text{ mm} \Rightarrow$ $w = 40 \text{ mm}$ $l = 100 \text{ mm}$ $V = ?$	
	$V = l \times w \times h = 100 \times 40 \times 30 = 120000 \text{ mm}^3$	
مساحت مکعب مستطیل:		
$A_0 = 2 \times (l \times w + l \times h + w \times h)$		

استوانه

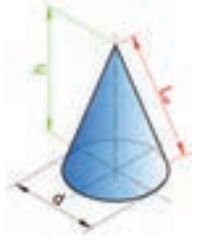
محاسبات	پارامترها	
	حجم: V	مساحت: A_0
مساحت جانبی:	مثال:	
$A_M = \pi \times d \times h$	$d=20\text{ mm} , h=30\text{ mm} \Rightarrow A_0 = ? , V = ?$	
مساحت استوانه:	$V = \frac{\pi \times d^2}{4} \times h = \frac{\pi \times 20^2}{4} \times 30 = 9420\text{ mm}^3$	
مساحت استوانه:	$A_0 = \pi \times d \times h + 2 \times \frac{\pi \times d^2}{4}$	

پارامترها	محاسبات	
	حجم: V	مساحت: A_0
	<p>مثال:</p> <p>$D=40\text{ mm}, d=30\text{ mm}, h=50\text{ mm} \Rightarrow V=?$</p> <p>$V = \frac{\pi \times h}{4} \times (D^2 - d^2) = \frac{3.14 \times 50}{4} \times (40^2 - 30^2) = 27475\text{ mm}^3$</p>	
	<p>مساحت استوانه:</p> <p>$A_0 = \pi \times (D + d) \times \left[\frac{1}{2} \times (D - d) + h \right]$</p>	


هرم

پارامترها	محاسبات	
	حجم: V	مساحت: A_0
	<p>مثال:</p> <p>$L=100\text{ mm}, W=30\text{ mm}, h=80\text{ mm} \Rightarrow V=?$</p> <p>$V = \frac{l \times w \times h}{3} = \frac{100 \times 30 \times 80}{3} = 80000\text{ mm}^3$</p>	
	<p>حجم هرم:</p> <p>$V = \frac{l \times w \times h}{3}$</p>	
	<p>طول یال هرم:</p> <p>$l_e = \sqrt{h^2 + \frac{w^2}{4}}$</p>	
	<p>ارتفاع وجه هرم:</p> <p>$h_e = \sqrt{h^2 + \frac{l^2}{4}}$</p>	

مخروط

پارامترها	محاسبات	
	حجم: V	مساحت جانبی: A_s
	<p>مثال:</p> <p>$d=40\text{ mm}, h=60\text{ mm} \Rightarrow V=?$</p> <p>$V = \frac{\pi \times d^2}{4} \times \frac{h}{3} = \frac{3.14 \times 40^2}{4} \times \frac{60}{3} = 25120\text{ mm}^3$</p>	
	<p>حجم مخروط:</p> <p>$V = \frac{\pi \times d^2}{4} \times \frac{h}{3}$</p>	
	<p>مساحت جانبی مخروط:</p> <p>$A_s = (\pi \times d \times l_e) / 2$</p>	
	<p>طول یال مخروط:</p> <p>$l_e = \sqrt{h^2 + \frac{d^2}{4}}$</p>	

کره

پارامترها	محاسبات	
	حجم: V	مساحت: A
	<p>مثال:</p> <p>$d=20\text{ mm} \Rightarrow A=?$</p> <p>$A = \pi \times d^2 = 3.14 \times 20^2 = 1256\text{ mm}^2$</p>	
	<p>حجم کره:</p> <p>$V = \frac{\pi \times d^3}{6}$</p>	
	<p>مساحت کره:</p> <p>$A = \pi \times d^2$</p>	

جرم

پارامترها	جرم: m	حجم: V جرم مخصوص: ρ
	محاسبات	
جرم مواد: $m = V \times \rho$	<p>مثال: جرم کره‌ای به قطر 60 mm از جنس مس (جرم مخصوص 8900 kg/m^3) را حساب کنید.</p> $V = \frac{\pi \times d^3}{6} = \frac{\pi \times 60^3}{6} = 113040 \text{ mm}^3 = 0.113040 \text{ m}^3$ $m = V \times \rho = 0.113040 \text{ m}^3 \times 8900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1006 \text{ kg}$	

جرم طولی

پارامترها	جرم: m	جرم طولی: m'	طول: l
	محاسبات		
جرم طولی مواد: $m = m' \times l$	<p>مثال: جرم یک مفتول فولادی به طول 200 mm و قطر 5 mm را حساب کنید. (از جدول جرم طولی $m' = 0.154 \text{ kg/m}$)</p> $m = m' \times l = 0.154 \times 0.2 = 0.0308 \text{ kg}$		

جرم سطحی

پارامترها	جرم: m	جرم سطحی: m''	سطح: A
	محاسبات		
جرم طولی مواد: $m = m'' \times A$	<p>مثال: جرم یک ورق فولادی به ضخامت 5 mm و مساحت 2 m^2 را حساب کنید. (از جدول جرم سطحی $m'' = 3.93 \text{ kg/m}^2$)</p> $m = m'' \times A = 3.93 \times 2 = 7.86 \text{ kg}$		

مقاومت قطعات در بارگذاری های مختلف

نوع بارگذاری	تنش در قطعه	حداکثر جا به جایی در قطعه
کششی	$= \frac{\text{نیروی کششی}}{\text{سطح مقطع}}$	$= \frac{\text{نیرو} \times \text{طول}}{\text{سفتی جنس} \times \text{سطح مقطع}}$
فشاری	$= \frac{\text{نیروی فشاری}}{\text{سطح مقطع}}$	$= \frac{\text{نیرو} \times \text{طول}}{\text{سفتی جنس} \times \text{سطح مقطع}}$
برشی	$= \frac{\text{نیروی برشی}}{\text{سطح مقطع}}$	---
خمشی	$= \frac{\text{طول} \times \text{نیرو}}{\text{ممان اینرسی}}$	$= \frac{\text{حداکثر جا به جایی در خمش}}{\text{نیرو} \times \text{طول}^2}$ $\text{سفتی جنس} \times \text{ممان اینرسی} \times \text{ضریب}$
پیچشی	$= \frac{\text{گشتاور پیچشی}}{\text{ممان اینرسی قطبی}}$	$= \frac{\text{طول} \times \text{گشتاور پیچشی}}{\text{سفتی جنس} \times \text{ممان اینرسی قطبی}}$
مقایسه استحکام و سفتی مواد مختلف معمولی		
<p>به چه شرطی مقاومت قطعه بالا می رود:</p> <p>استحکام فولاد < استحکام مس < استحکام آلومینیم</p> <p>سفتی فولاد < سفتی مس < سفتی آلومینیم</p>		
<p>استحکام قطعه زمانی بالا می رود که:</p> <p>۱- استحکام جنس قطعه بیشتر باشد.</p> <p>۲- در برابر نیروی یکسان تنش در قطعه کمتر باشد.</p>		
<p>سفتی قطعه زمانی بالا می رود که:</p> <p>۱- سفتی جنس قطعه بیشتر باشد.</p> <p>۲- در برابر نیروی یکسان جا به جایی در قطعه کمتر باشد.</p>		
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>ممان اینرسی سطح مقطع حول محور افقی</p> <p>به ترتیب، شکل الف از همه بیشتر است.</p> </div> </div>		