فصل ۳

دانش فنی، اصول، قواعد، قوانین و مقررات

۱ محاسبه درصد دور ریز ورق

درصد دور ریز ورق = (مساحت دور ریز / مساحت کل ورق) × ۱۰۰

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

$$L = a + b - A \qquad A = \frac{R}{۲} + t$$

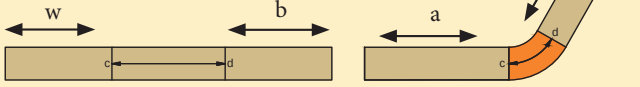
۳ محاسبه طول اولیه ورق در خم کاری با زاویه کمتر از ۹۰ درجه

۴ محاسبه حد مجاز در اتصالات پیچک

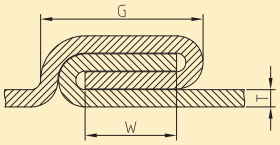
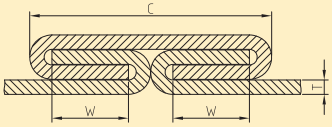
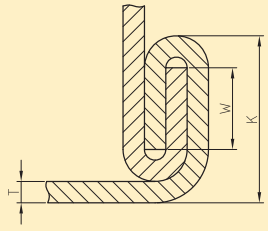
θ : زاویه خم

R : شعاع خم

t : ضخامت ورق



$$L = a + b + cd \qquad cd = ۰/۰۱۷۵(R + \frac{t}{۲})\theta \qquad cd = K\theta$$

نوع پیچک	شکل پیچک	حد مجاز
پیچک ساده		G =W+۳T
پیچک کشویی		C=۲W+۴T
پیچک گوشه		k =W+۳T

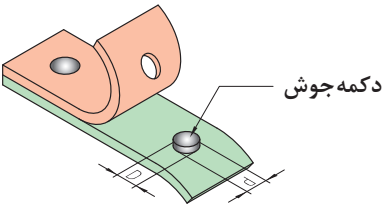
۱ رابطه تبدیل شماره الکترود RWMA به قطر بر حسب میلی‌متر

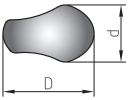
شماره الکترود × ۳/۱۷۵ = قطر الکترود

۲ رابطه تبدیل زمان به سیکل در نقطه جوش

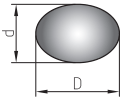
$$\frac{\text{نوسان ۱}}{\text{زمان جوش‌کاری با توجه به ضخامت ورق}} = \frac{(۱/۵۰)\text{ثانیه}}{x}$$

۳ رابطه محاسبه قطر متوسط دکمه جوش





دکمه جوش نامتقارن (B)



دکمه جوش متقارن (A)

$$\text{قطر متوسط دکمه جوش} = \frac{D + d}{۲}$$

۴ رابطه محاسبه حداقل و حداکثر قطر قابل قبول دکمه جوش

حداکثر قطر قابل قبول = ۵/۵ $\sqrt{\text{ضخامت ورق}}$

حداقل قطر قابل قبول = ۴ $\sqrt{\text{ضخامت ورق}}$

قطر مطلوب = ۵ $\sqrt{\text{ضخامت ورق}}$

۱ــ وزن مخصوص فلزات

$W = \gamma . V$

W: وزن جسم
γ: وزن مخصوص
V: حجم

۲ــ ظرفیت کپسول استیلن

در کپسول ۴۰ لیتری ۴۱٪ آن را استن اشغال کرده است. هر لیتر استن در فشار ۱۵bar می‌تواند ۳۷۵ لیتر استیلن در خود حل کند.
حجم داخلی کپسول استیلن لیتر $V = ۴۰$
لیتر ۱۶/۴ = ۴۰ × ۰/۴۱ = مقدار استن

به‌طور تقریب ۱۶لیتر

لیتر ۶۰۰۰= ۳۷۵ × ۱۶ =Q ظرفیت کپسول استیلن

$\frac{۶۰۰۰}{۱۰۰۰} = ۶$ مترمکعب

۳ــ ظرفیت کپسول اکسیژن

$Q = P \times V$

حجم × فشار = ظرفیت

$Q = ۱۵۰ \times ۴۰ = ۶۰۰۰ Lit$

۴ــ محاسبات گاز استیلن

حجم گاز حل‌شده در ۱لیتر استن × حجم استن کپسول = حجم کپسول

$V = ۱۶ \times ۲۵ = ۴۰۰$ لیتر

$V_{GA} = P \times V$

حجم گاز حل‌شده در استن × فشار مانومتر = حجم گاز استیلن

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

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

وزن مخصوص گاز استیلن = ۱/۱۷۱ Kg/m^3
۶۰۰۰ لیتر استیلن چقدر وزن دارد؟
۶۰۰۰ ÷ ۸۵۴ = ۷/۰۲۵Kg

کاربرد فرمول‌ها

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

اختلاف وزن به کیلوگرم ۳/۴ = ۶۷ - ۷۰/۴
حجم گاز به لیتر ۲۹۰۳/۶ = ۸۵۴ × ۳/۴

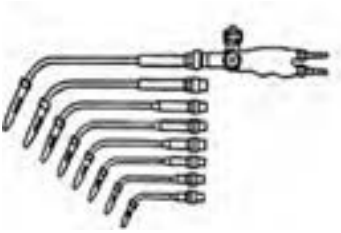
۵ ـ محاسبات گاز اکسیژن

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

فشار مشخص شده توسط مانومتر × گنجایش کپسول برحسب لیتر = حجم گاز اکسیژن

یک کپسول ۴۰ لیتری اکسیژن با فشار ۱۵۰ اتمسفر پرشده محتوی
لیتر گاز ۶۰۰۰ $V_{GQ}=۴۰\times۱۵۰$ و $V_{GQ}=V\times P$

شماره‌های مختلف سرمشعل جوشکاری



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

۶ـ حجم گاز اکسیژن مصرفی

ضریب ثابت ۱۰۰ × قدرت متوسط سر مشعل = حجم گاز اکسیژن مصرفی برحسب لیتر در ساعت

$$Q = MB \times ۱۰۰ \ L/h$$

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.

$$MB = \frac{۴+۶}{۲} = ۵$$

$Q=MB\times۱۰۰$
$Q=۵\times۱۰۰=۵۰۰ \ L/h$

$$t = \frac{V \times P}{MB \times ۱۰۰}$$

در رابطه فوق t = زمان جوشکاری برحسب ساعت
V = حجم کپسول برحسب لیتر آب
P مصرفی = تفاضل فشار اولیه و ثانویه (فشار کار شده)
MB = قدرت متوسط سرمشعل
۱۰۰ = ضریب ثابت می‌باشد.
P مصرفی = $P_۲ - P_۱$ (فشار ثانویه ـ فشار اولیه)

مثال: مانومتر ثابت اکسیژنی فشار ۱۰۰ اتمسفر را نشان می‌دهد. با گاز محتوی کپسول به‌وسیلهٔ بک شماره ۶ـ۴ چند ساعت می‌توان جوشکاری نمود (حجم کپسول ۴۰ لیتر می‌باشد).

t=?
V=۴۰ لیتر
P=۱۰۰ اتمسفر

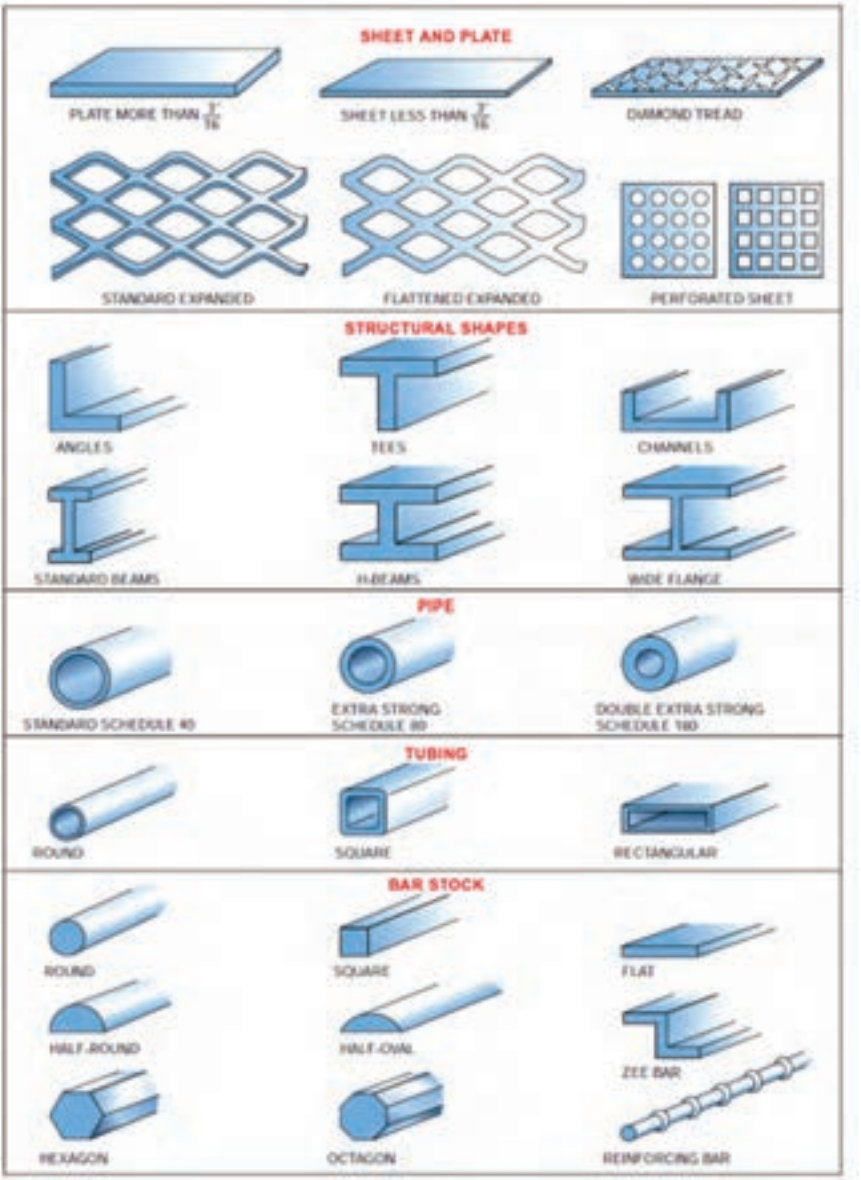
$$t = \frac{V \times P}{MB \times ۱۰۰}$$

$$MB = \frac{۴ + ۶}{۲} = ۵$$

$$t = \frac{۴۰ \times ۱۰۰}{۵ \times ۱۰۰} = ۸ \text{ ساعت}$$

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.



عیوب موجود در برش‌کاری گیوتین

ردیف	نام عیب	تصویر	دلایل عیب	برطرف کردن عیب
۱	گیرکردن تیغه‌ها		کم‌بودن 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	گیرکردن ورق بین تیغه‌ها			
۵	مستهلک شدن سطح شابلن پشتی دستگاه		تماس ورق با سطح شابلن پشتی در حین برش‌کاری	فعال نمودن کلید برگشت به عقب شابلن در حین برش‌کاری

توانایی برش قیچی‌های نیبلر

قدرت برش قیچی

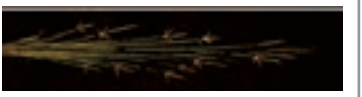
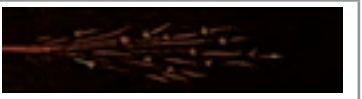
ردیف	نوع فلز ۱	مقاومت فلز بر حسب N/m^2	حداکثر ضخامت برش به میلی‌متر
۱	فولاد ساختمانی	۴۰۰	۲/۷
۲	فولاد آلیاژی	۶۰۰	۲/۲
۳	فولاد ضد زنگ	۸۰۰	۱/۶
۴	فلزات غیرآهنی (آلومینیم و غیره)	۲۵۰	۳/۵

عیوب رایج در خم‌کاری لوله

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

عناصر		افزایش می‌دهد	کاهش می‌دهد
غیرفلزی	کربن	استحکام، سختی، قابلیت سخت‌کاری	نقطهٔ ذوب، چقرمگی، قابلیت جوشکاری
	سیلیسیم	الاستیسیته، استحکام، قابلیت آبکاری عمقی، سختی در حالت گرم، مقاومت در مقابل خوردگی، جداشدن گرافیت در چدن خاکستری	قابلیت جوشکاری
	فسفر	سیلان، شکنندگی در حالت سرد، استحکام در حالت گرم	انبساط، استحکام در مقابل ضربه
	گوگرد	شکنندگی براده، غلظت در حالت مذاب، شکنندگی در حالت گداخته بودن	استحکام در مقابل ضربه
فلزی	منگنز	قابلیت آبکاری عمقی، استحکام، استحکام در مقابل ضربه، استحکام در مقابل ساییدگی	قابلیت براده‌برداری، جداشدن گرافیت در چدن خاکستری
	نیکل	چقرمگی، استحکام، مقاومت در مقابل خوردگی، مقاومت الکتریکی، دوام در حرارت‌های بالا، قابلیت آبکاری عمقی	انبساط حرارتی
	کرم	سختی، استحکام، استحکام در حالت گرم، درجه حرارت آبکاری، دوام برندگی، استحکام در مقابل ساییدگی، مقاومت در مقابل خوردگی	انبساط (به مقدار کم)
	وانادیم	دوام، سختی، چقرمگی، استحکام در حالت گرم	حساسیت در مقابل حرارت‌های بالا
	مولیبدن	سختی، استحکام در حالت گرم، دوام	انبساط، قابلیت کوره‌کاری
	کبالت	سختی، دوام برندگی، استحکام در حالت گرم	چقرمگی، حساسیت در مقابل حرارت‌های بالا
	ولفرام (تنگستن)	سختی، استحکام، مقاومت در مقابل خوردگی، درجه حرارت آبکاری، استحکام در حالت گرم، دوام در حرارت‌های بالا، دوام برندگی	انبساط (به مقدار کم)

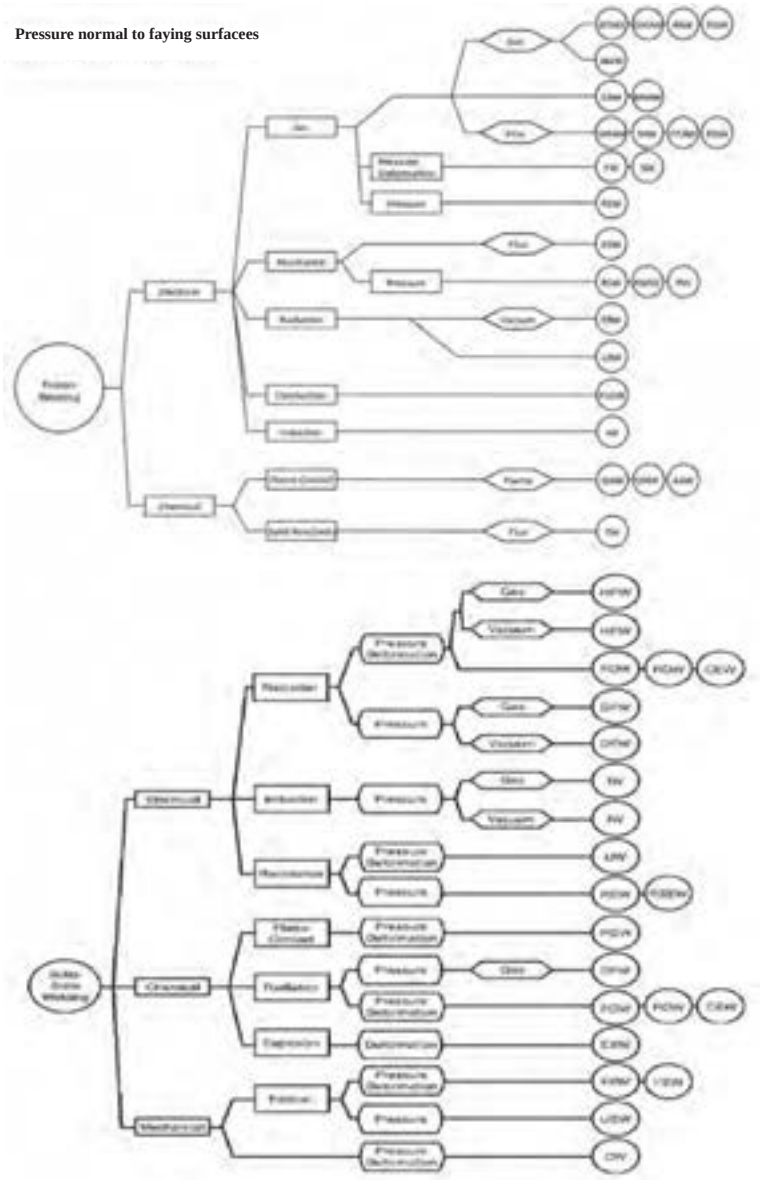
جدول رنگ و فرم جرقه‌ها در سنگ‌زدن قطعات فولادی

شکل جرقه	انواع فولاد
	فولاد قابل سخت‌کاری سطحی؛ ck۱۵ شعاع‌های مستقیم با دسته‌های جرقهٔ کربن ـ تأثیر کربن
	فولاد قابل بهسازی؛ ck۴۵ دسته جرقه‌های خاری شکل کربن ـ تأثیر کربن
	فولاد ابزار؛ ck۱۰۰ دسته جرقه‌های منشعب‌شدهٔ زیاد کربن ـ تأثیر کربن
	فولاد ابزارآلیاژی جرقه‌های متراکم کربن ـ تأثیر کربن و سیلیسیم
	فولاد فنر اشعهٔ نازک به شکل سر نیزه ـ تأثیر کربن و مولیبدن
	فولاد ابزارآلیاژی اشعهٔ نازک با انتهای اسپری شکل ـ تأثیر تنگستن
	فولاد ابزار گرم‌کار با دسته جرقه‌های کم‌کربن در انتها ـ تأثیرتنگستن و سیلیسیم
	فولاد ابزار سردکار دسته گندم کوتاه، در حالت سخت‌شده ـ با دسته جرقه‌های کربن زیاد ـ تأثیر تنگستن و کربن
	فولاد تندبر اشعه‌های کربن منقطع با جرقه‌های کروی‌شکل ـ کم‌کربن ـ تأثیر وانادیم و کرم

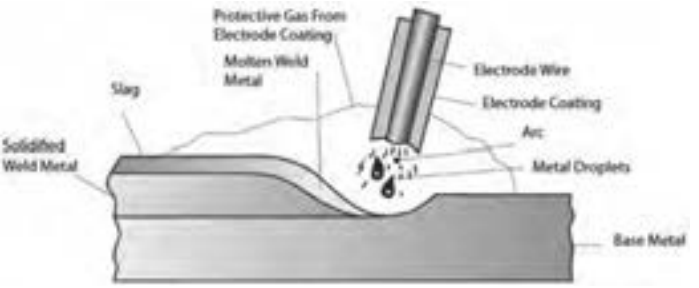
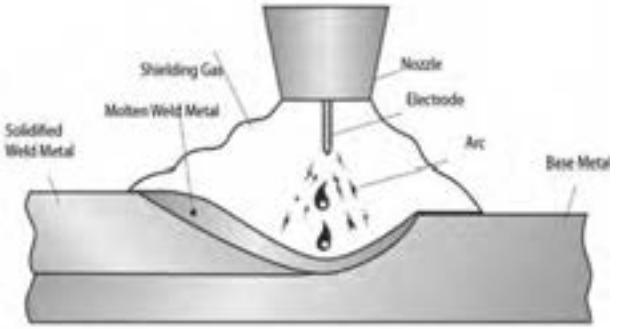
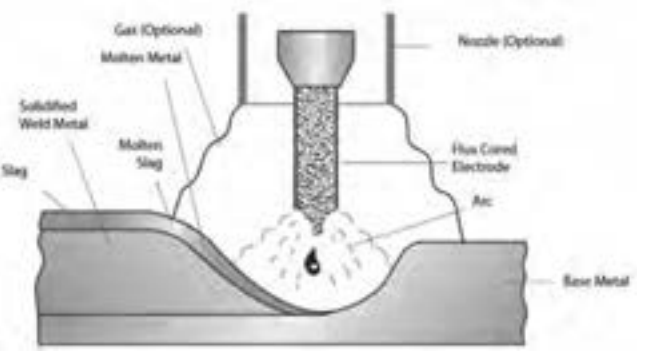
فرایندهای جوشکاری

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.

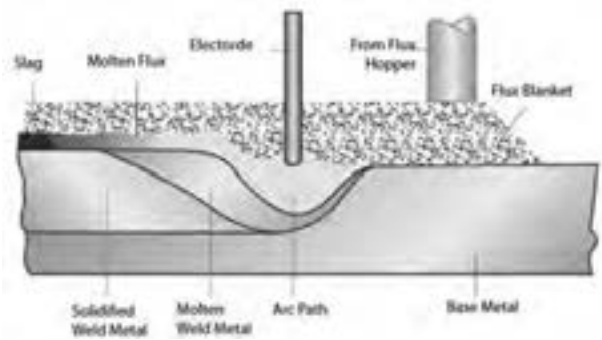
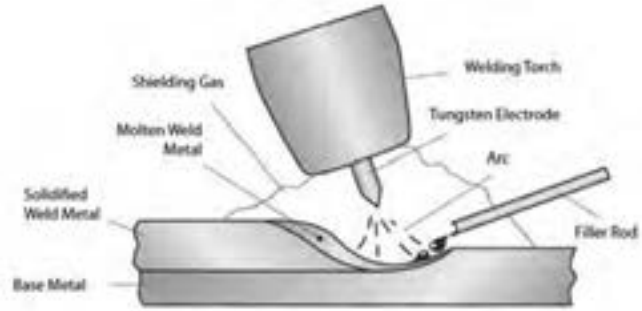
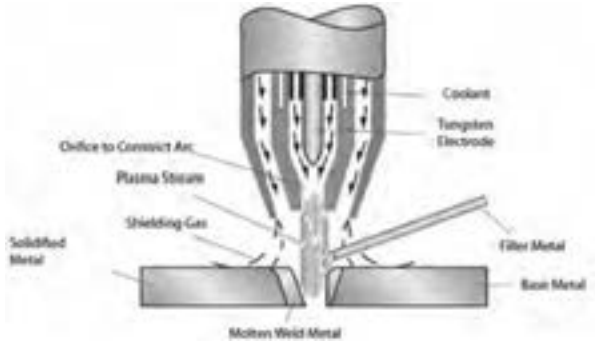
Welding Category **Energy Source** **Thermal Source** **Mechanical Loading** **Shielding** **Process**



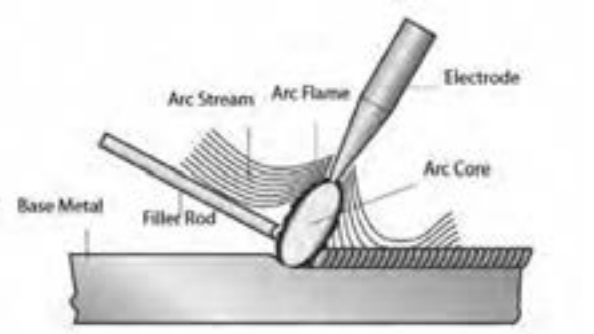
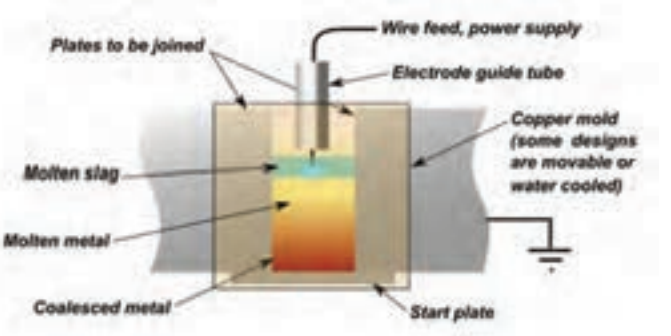
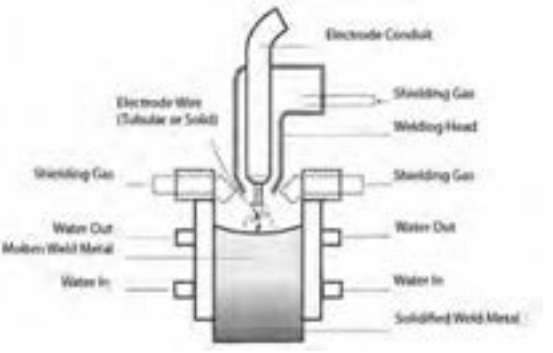
جدول زیر نواحی مختلف جوش و مشخصه‌های اتصال فرایند SMAW, GMAW, FCAW را نشان می‌دهد.

فرایند SMAW

فرایند GMAW

فرایند FCAW


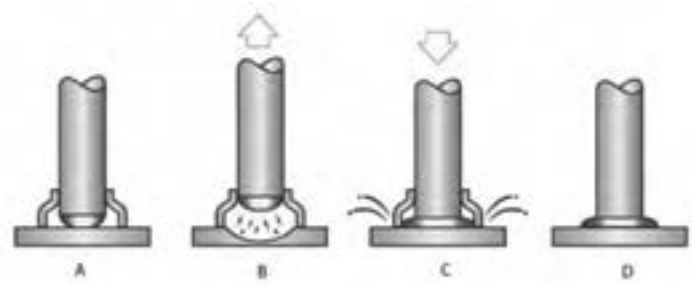
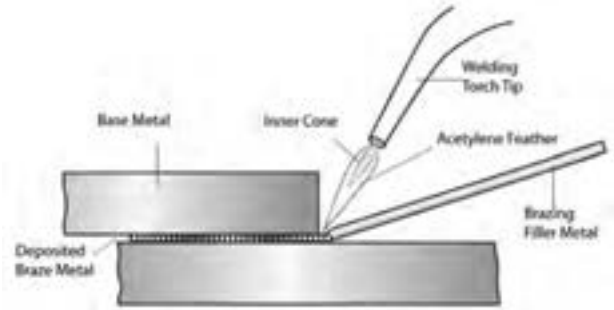
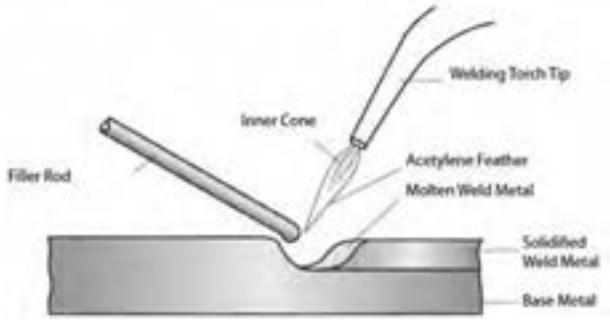
جدول زیر نواحی مختلف جوش و مشخصه‌های اتصال فرایند PAW, GTAW, SAW را نشان می‌دهد.

فرایند SAW

فرایند GTAW

فرایند PAW


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

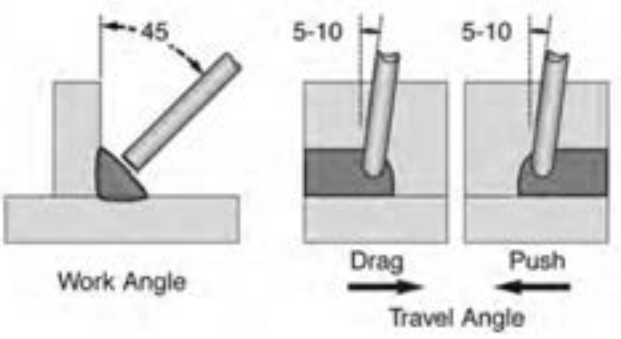
فرایند CAW

فرایند ESW

فرایند EGW


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

فرایند SW

فرایند (TB) Torch Brozing

فرایند OAW/OFW


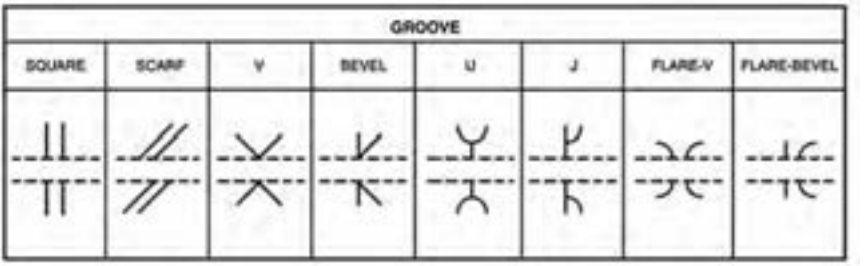
الزامات جوشکاری قابل قبول

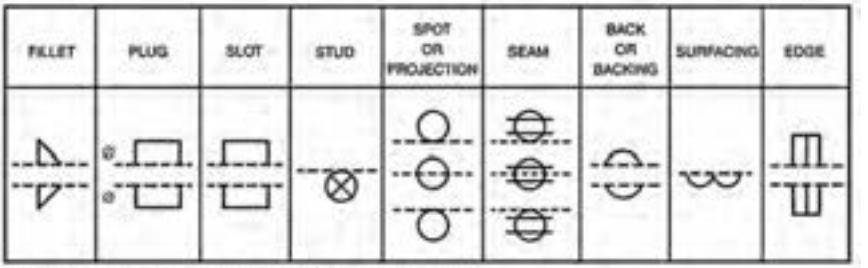
در جدول زیر الزامات ضروری برای ایجاد یک جوش قابل قبول بیان شده است.

الزام	توضیحات
قطر الکترود	برای انتخاب قطر الکترود نوع اتصال، وضعیت جوشکاری، آماده‌سازی اتصال، توانایی الکترود 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، الکترود 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 الکترود به‌صورت 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 به‌خوبی ذوب نمی‌کند، و اغلب به قطعه کار می‌چسبد. در نهایت یک گرده جوش غیریکنواخت و باریک ایجاد می‌کند.
سرعت پیشروی	هنگامی‌که سرعت پیشروی بسیار زیاد باشد، حوضچه جوش به‌مدت 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 الکترود	زاویه الکترود به‌طور ویژه در جوش‌های گوشه و شیاری از اهمیت بالایی برخوردار است. زاویه صحیح الکترود در شکل زیر آمده است: 

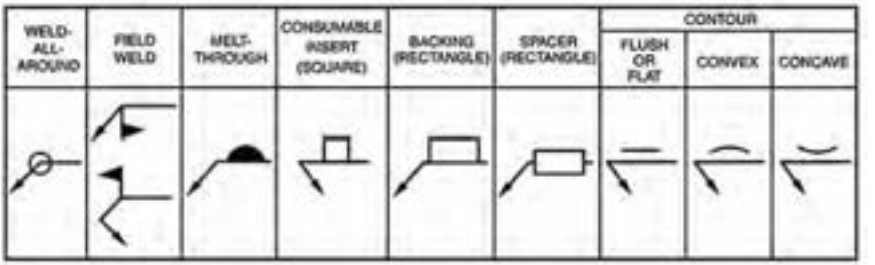
۱ کلید روشن ـ خاموش
۲ آلارم سه فاز: نشان‌دهنده اتصال فازها به برق
۳ آلارم ترموستات: هنگام گرم شدن دستگاه این چراغ روشن و دستگاه غیرفعال می‌گردد تا زمانی‌که دستگاه خنک شده و مجدد آماده کار شود.
۴ ولوم تنظیم آمپر
۵ Arc Force: تنظیم‌کننده پایداری قوس (مورد استفاده در الکترودهایی که قوس ناآرامی دارند).
۶ کلید انتخاب حالت کاری دستگاه (جوشکاری الکترود دستی یا تیگ)
۷ محل اتصال کنترل از راه دور به دستگاه
۸ ترمینال‌های انتخاب قطبیت

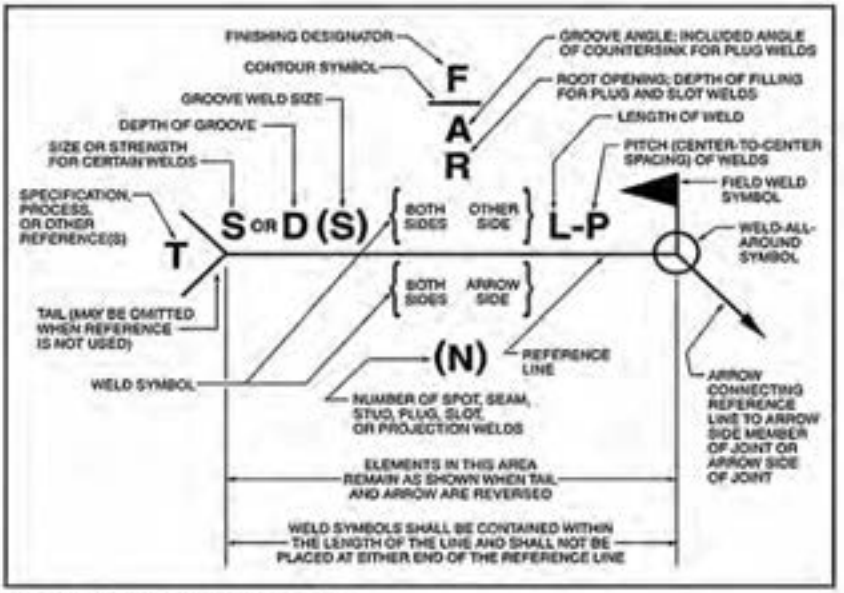
در جدول زیر نمادهای جوشکاری مربوط به استاندارد AWS ارائه شده است.



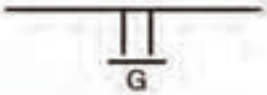
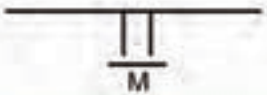
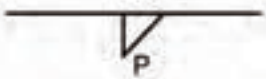


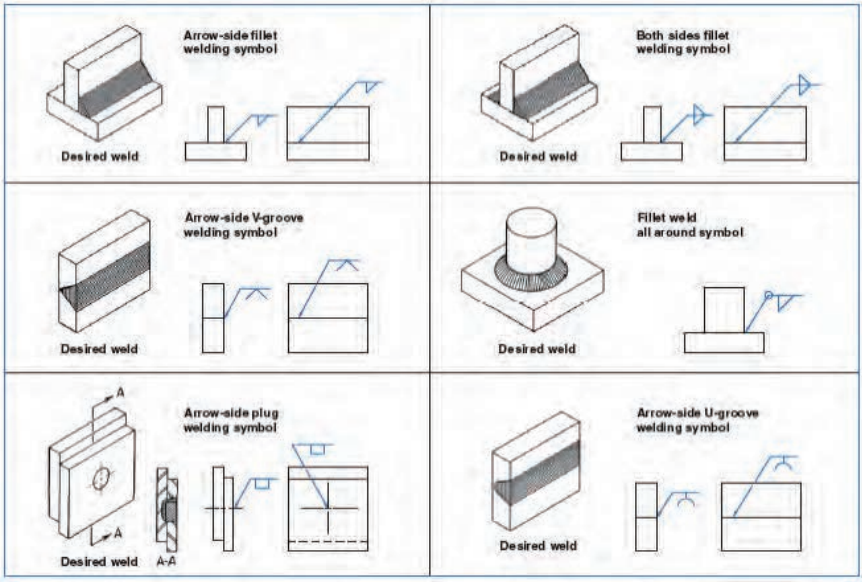
Note: The reference line is shown as a dashed line for illustrative purposes.

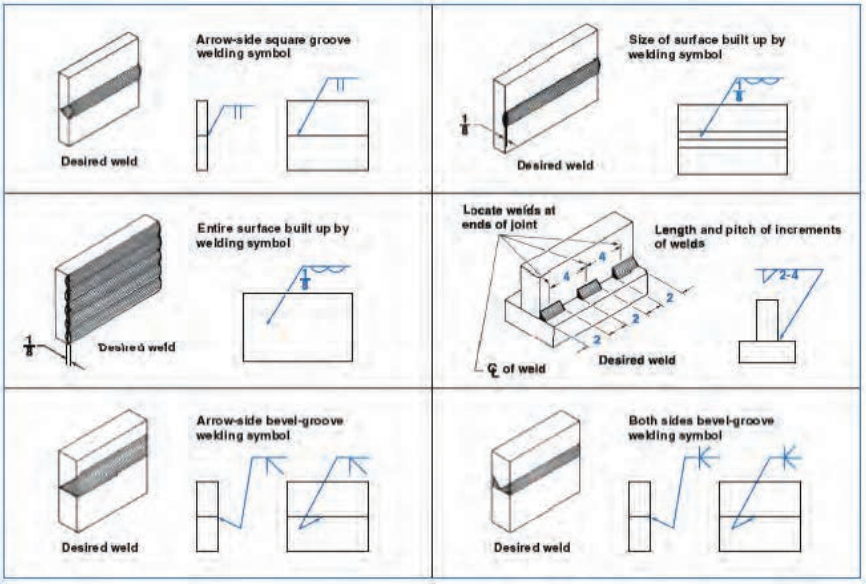




Note: See D4.5 in Annex D for commentary on Figure 3.

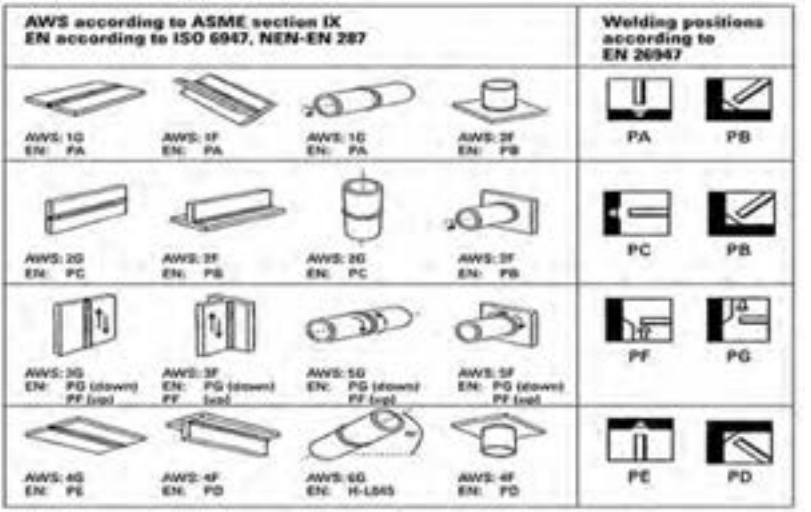
Method	Symbol	Example
Chipping	C	
Grinding	G	
Hammering	H	
Machining	M	
Rolling	R	
Peening	P	


Arrow-side fillet welding symbol
Desired weld
Both sides fillet welding symbol
Desired weld
Arrow-side V-groove welding symbol
Desired weld
Fillet weld all around symbol
Desired weld
A
A
Desired weld
A-A
Arrow-side plug welding symbol
Desired weld
Arrow-side U-groove welding symbol


Arrow-side square groove welding symbol
Desired weld
Size of surface built up by welding symbol
1/8
Desired weld
Entire surface built up by welding symbol
1/8
Desired weld
Locate welds at ends of joint
Length and pitch of increments of welds
4
4
2
2
2
2-4
℄ of weld
Desired weld
Arrow-side bevel-groove welding symbol
Desired weld
Both sides bevel-groove welding symbol
Desired weld

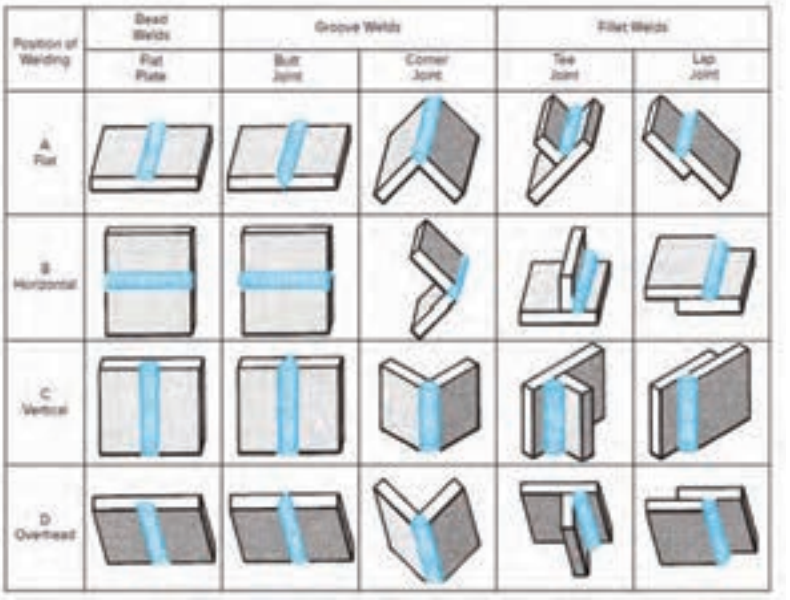
وضعیت‌های جوشکاری

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

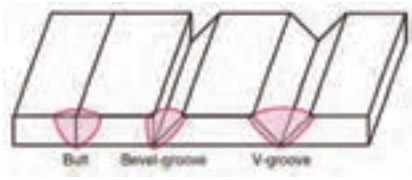
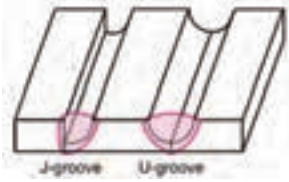
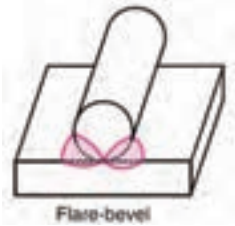
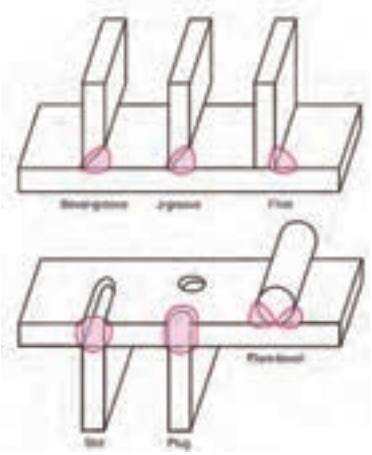


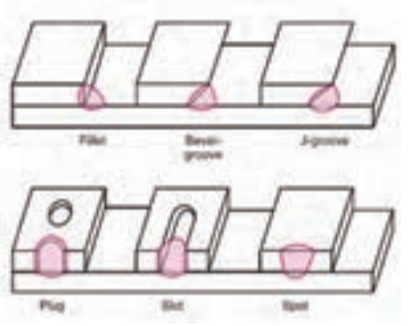
انواع اتصالات جوش

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



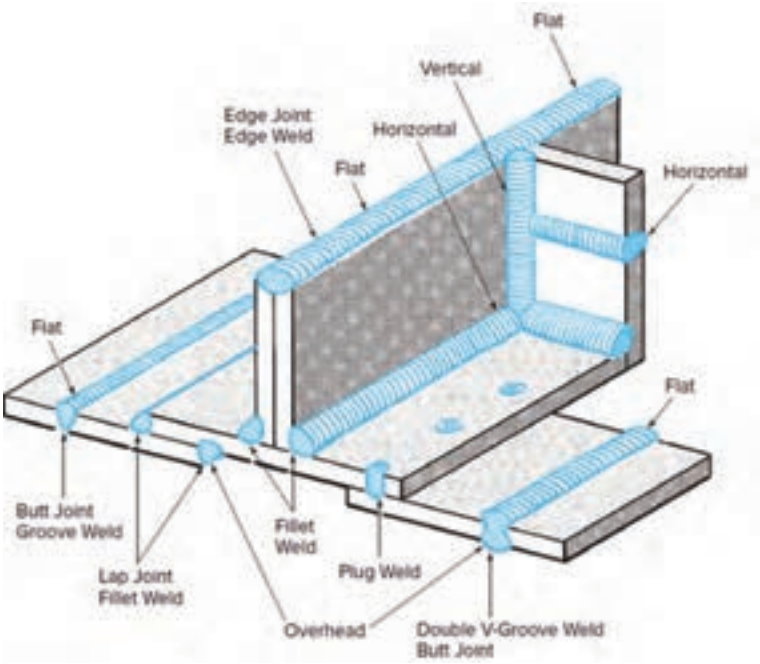
جدول انواع جوش و طرح اتصال

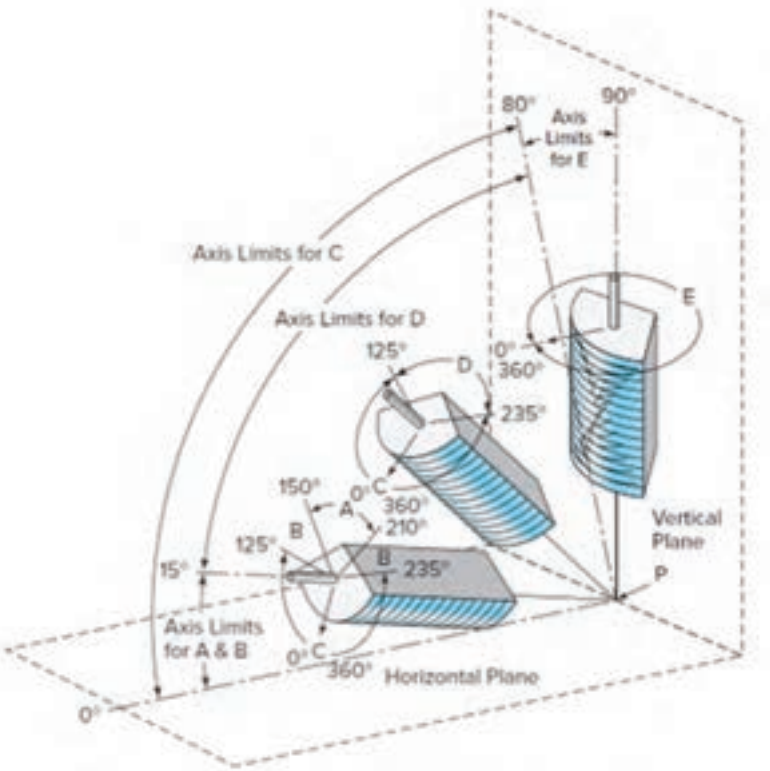
نوع اتصال	نوع جوش	شکل اتصال
اتصال لب به لب (Butt joint)	Square ـ groove butt weld	
	Bevel ـ groove butt weld	
	V ـ groove butt weld	
	J ـ groove butt weld	
	U ـ groove butt weld	
	Flare ـV ـ groove butt weld	
	Flare ـ bevel ـ groove butt weld	
اتصال سه پری (T ـ joint)	Fillet weld	
	Plug weld	
	Slot weld	
	Bevel ـ groove weld	
	J ـ groove weld	
	Flare ـ bevel ـ groove weld	
	Melt ـ 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	

علائم اختصاری جوشکاری

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

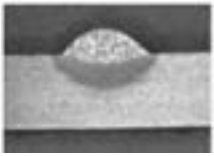
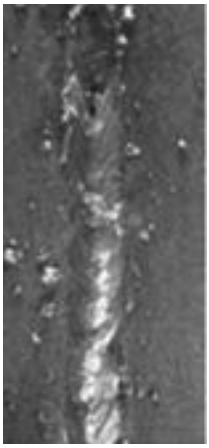




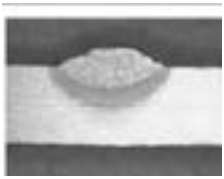
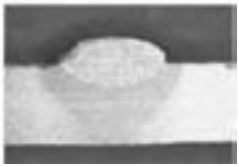
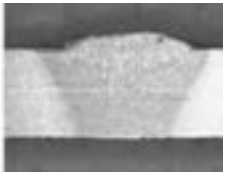
Tabulations of Positions of Fillet Welds

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°

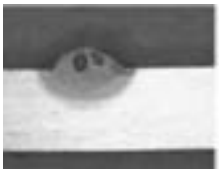
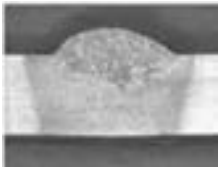
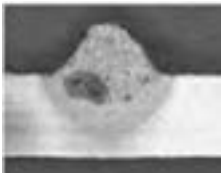
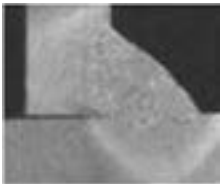
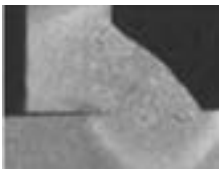
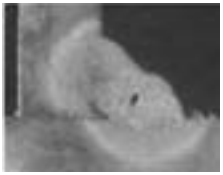
جدول زیر عیوب ایجاد شده در فرایند جوشکاری SMAW را با الکترود E۷۰۱۸ نشان می‌دهد. با توجه به این اطلاعات می‌توان نوع عیب‌ها و دلایل تشکیل آنها را در قطعات واقعی تعیین نمود.

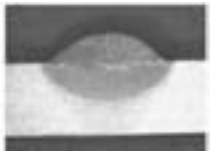
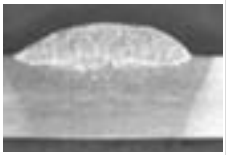
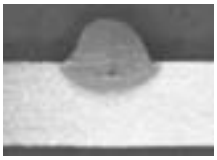
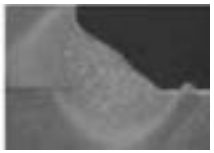
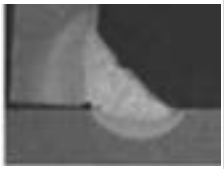
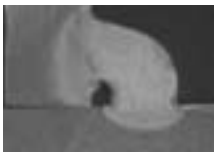
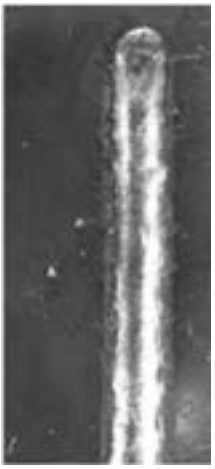
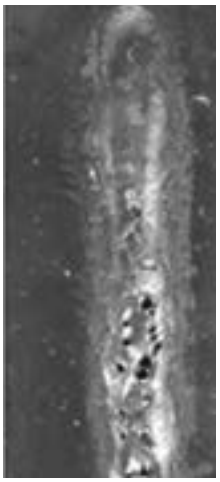
دلایل	جریان، ولتاژ، سرعت پیشروی مناسب	جریان خیلی پایین	جریان خیلی بالا
مقطع جوش			
جوش کامل			
توضیحات	گرده جوش منظم و یکنواخت بدون سوختگی کناره جوش یکنواخت در مقطع عرضی جوش عالی با کمترین هزینه مواد و نیروی کار	گرده جوش بیش از حد پیشروی با سرعت کم هدر دادن مواد مصرفی و زمان	پاشش بیش از حد سوختگی کناره جوش که موجب ضعف در اتصال می‌شود نرخ رسوب نامنظم هدر دادن مواد مصرفی و زمان

دلایل	طول قوس و ولتاژ بسیار بالا	سرعت پیشروی بسیار سریع	سرعت پیشروی بسیار آهسته
مقطع جوش			
جوش کامل			
توضیحات	گرده جوش بسیار نامنظم با نفوذ کم فلز جوش به خوبی محافظت نشده است جوش ناکارآمد هدر دادن مواد مصرفی و زمان	گرده جوش بسیار کوچک و نامنظم فلز جوش ناکافی (در تصویر مقطع جوش) اتصال ضعیف هدر دادن مواد مصرفی و زمان	گرده جوش بیش از حد (انباشتگی زیاد) زمان مصرف شده بسیار زیاد است هدر دادن مواد مصرفی و زمان تولیدی

دلایل	جریان، ولتاژ و سرعت مناسب	آمپر بسیار کم	آمپر بسیار بالا
مقطع جوش			
جوش کامل			
توضیحات	گرده جوش منظم و یکنواخت عدم وجود سوختگی کناره جوش، روی هم رفتگی، انباشتگی گرده یکنواختی در مقطع جوش جوش عالی با کمترین هزینه مواد و نیروی کار	گرده جوش بیش از حد سرعت پیشروی آهسته هدر دادن مواد مصرفی و زمان	پاشش بیش از حد سوختگی کناره جوش و ضعف در اتصال نرخ رسوب نامنظم هدر دادن مواد مصرفی و زمان

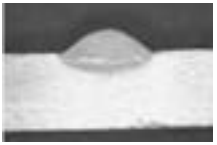
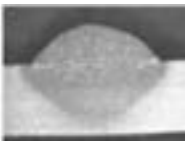
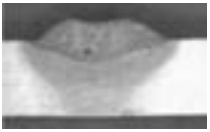
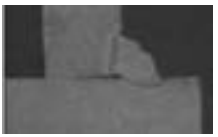
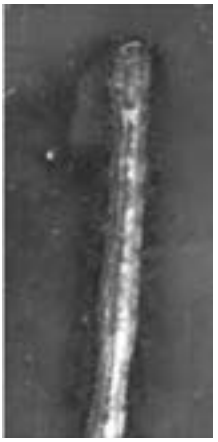
جدول زیر عیوب ایجاد شده در فرایند جوشکاری FCAW بدون گاز محافظ را نشان می‌دهد. با توجه به این اطلاعات می‌توان نوع عیب‌ها و دلایل تشکیل آنها را در قطعات واقعی تعیین نمود.

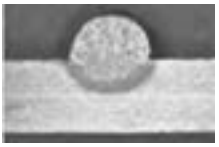
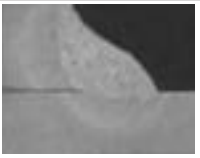
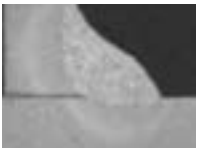
دلایل	سرعت پیشروی بسیار زیاد	سرعت پیشروی بسیار کم	حفاظت ناکافی (گاز محافظ)
مقطع جوش شیاری			
مقطع جوش گوشه			
جوش کامل			
توضیحات	گرده جوش بسیار باریک و نامنظم فلز جوش ناکافی در مقطع عرضی خواص مکانیکی ضعیف سوختگی کناره جوش	گرده جوش بیش از حد ساق جوش نابرابر هدر دادن مواد مصرفی	پاشش و تخلخل بیش از حد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

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

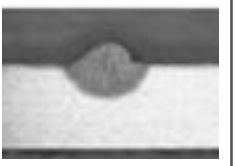
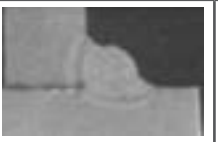
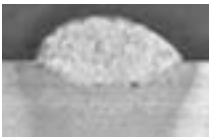
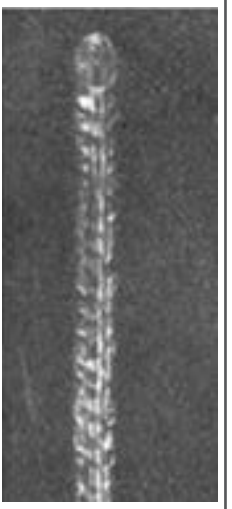
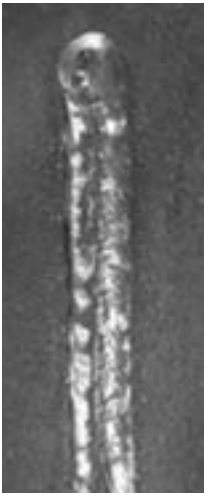
راهنمای تعیین دلایل جوش معیوب

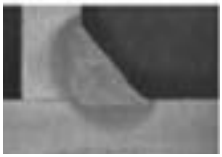
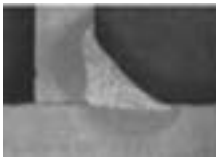
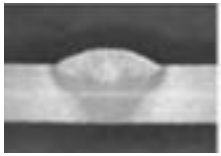
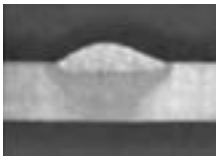
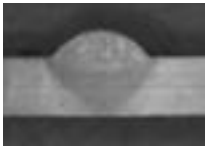
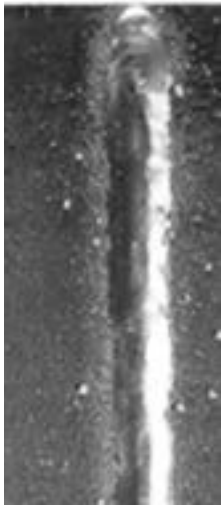
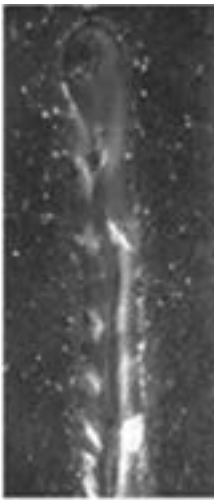
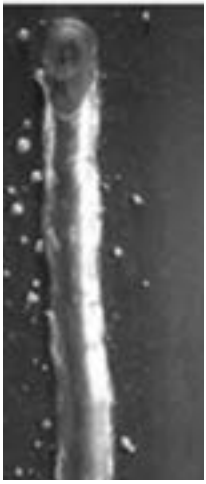
جدول زیر عیوب ایجاد شده در فرایند جوشکاری FCAW با گاز محافظ نشان می‌دهد. با توجه به این اطلاعات می‌توان نوع عیب‌ها و دلایل تشکیل آنها را در قطعات واقعی تعیین نمود.

دلایل	سرعت پیشروی بسیار زیاد	سرعت پیشروی بسیار کم	حفاظت ناکافی (گاز محافظ)
مقطع جوش 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 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

دلایل	جریان، سرعت و ولتاژ مناسب	ولتاژ بسیار بالا	ولتاژ بسیار پایین
مقطع جوش شیاری			
مقطع جوش گوشه			
جوش کامل			
توضیحات	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	پاشش و تخلخل بیش از حد انباشتگی بیش از حد گرده جوش سوختگی کناره جو ش و ضعیف شدن اتصال گرده جوش نامنظم	گرده جوش بیش از حد پهن و محدب مشکل در تمیز کردن سرباره جوش هدر دادن مواد مصرفی و زمان

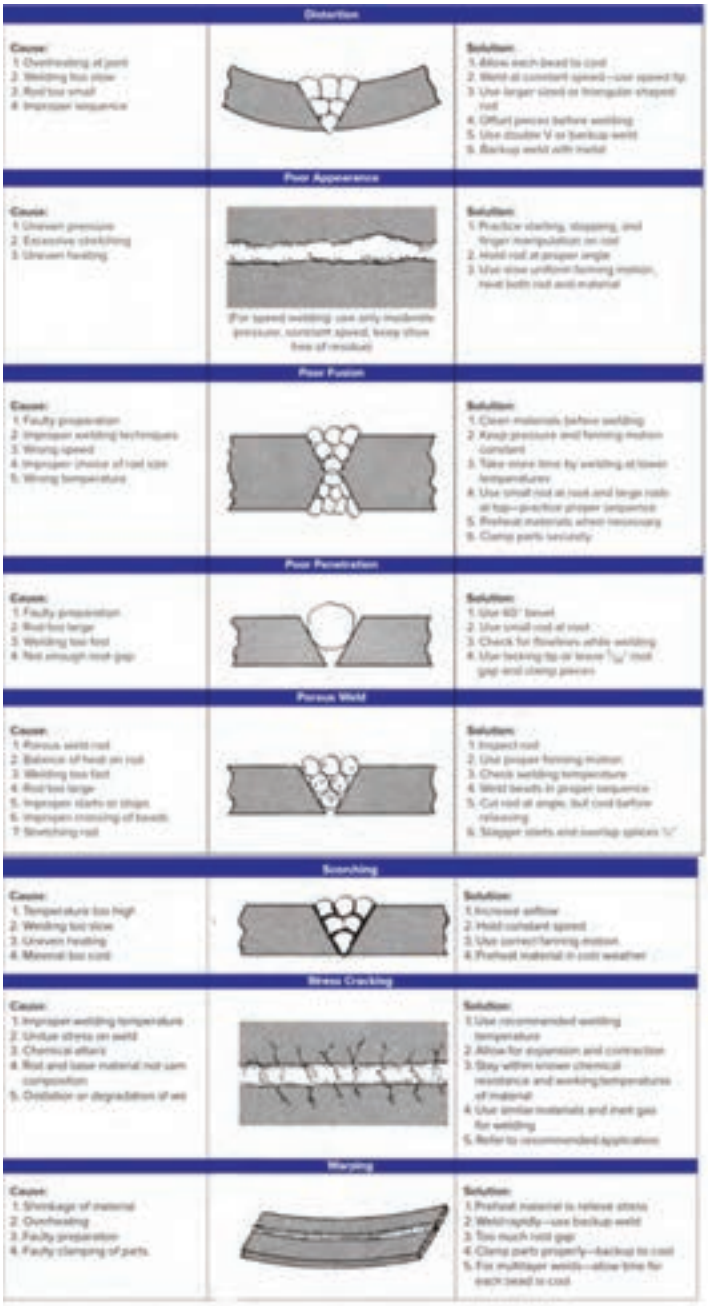
جدول زیر عیوب ایجاد شده در فرایند جوشکاری GMAW را نشان می‌دهد. با توجه به این اطلاعات می‌توان نوع عیب‌ها و دلایل تشکیل آنها را در قطعات واقعی تعیین نمود.

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 جوش 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

دلایل	جریان، سرعت و ولتاژ مناسب	ولتاژ بسیار بالا	ولتاژ بسیار پایین
مقطع جوش شیاری			
مقطع جوش گوشه			
جوش کامل			
توضیحات	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	پاشش و تخلخل بیش از حد گرده جوش پهن و صاف سوختگی کناره جوش و اتصال ضعیف گرده جوش نامنظم	گرده جوش بیش از حد محدب و باریک هدر دادن مواد مصرفی و زمان

دلایل ایجاد عیوب جوش و راه حل رفع آن

جدول زیر دلایل ایجاد عیوب و راه‌حل‌های رفع آنها را نشان می‌دهد.

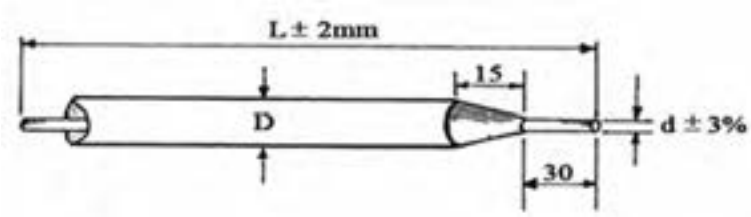


کاربردهای فولادها بر اساس درصد کربن		
کلاس فولاد	محدوده درصد کربن (٪)	کاربرد
کم کربن	۰/۱۵تا	زنجیر، ناخن، لوله، پرچ، پیچ، ورق برای پرس و مهرزنی
فولاد نرم (ساختمانی)	۰/۱۶ ـ۰/۲۹	میله‌ها، صفحات، سازه
کربن متوسط	۰/۳۰ ـ۰/۵۹	محور، میله‌های اتصال، شفت میل‌لنگ
پرکربن	۰/۶۰ ـ۰/۹۹	میل‌لنگ، کمک فنرهای خودرو، ناخن، اره‌های چوب، قالب فورجینگ مته‌ها، پانچ، ابزار شن و ماسه، چاقو، تیغه برشی، فنر
کربن بالا	۱ـ۲	تیغه‌های فرز، قالب‌های شکل‌دهی، ابزار تراش، ابزار نجاری، مته، قالب‌های کشش سیم، اره‌های فلز

الکترود جوشکاری

جدول زیر مشخصات الکترود جوشکاری SMAW را بر اساس استاندارد نشان می‌دهد.

ابعاد و اندازه الکترودها



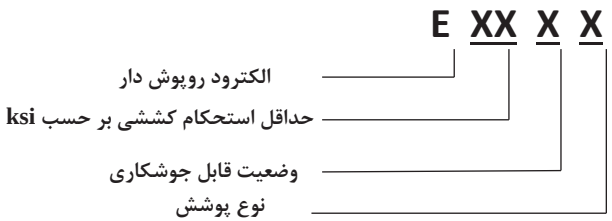
قطر d (mm)	۲/۰	۲/۵	۳/۲	۴/۵	۵/۰	۶/۰
طول l (mm)	۲۵۰/۳۰۰	۳۵۰	۳۵۰/۴۵۰	۳۵۰/۴۵۰	۴۵۰	۴۵۰
جریان I (A)	۴۰-۸۰	۵۰-۱۰۰	۹۰-۱۵۰	۱۲۰-۲۰۰	۱۸۰-۲۷۰	۲۲۰-۳۶۰
قانون سرانگشتی برای جریان A	min	۲۰×d	۳۰×d			۳۰×d
	max	۴۰×d	۵۰×d			۶۰×d

بسته‌بندی الکترودهای روپوش‌دار	
نوع بسته بندی	انواع الکترود
جعبه مقوایی با روکش پلاستیکی	الکترودهای روتیلی الکترودهای قلیایی برای مصارف عمومی الکترودهای اسیدی
قوطی حلبی	الکترودهای سلولزی
بسته بندی شده تحت خلأ (VAC-PAC)	الکترودهای کم هیدروژن

عمل‌آوری الکترودهای روپوش‌دار	
الکترود سلولزی	مستقیماً از بسته‌بندی خارج و مصرف می‌شوند. نیازی به خشک کردن و پختن ندارند.
الکترود اسیدی	مستقیماً از بسته‌بندی خارج و مصرف می‌شوند. نیازی به خشک کردن و پختن ندارند.
الکترود روتیلی	نیازی به پخت ندارند. در صورت نیاز در دمای حداکثر ۱۲۰°C خشک می‌شوند.
الکترود قلیایی معمولی	پس از خروج از بسته‌بندی به مدت ۲ ساعت در دمای متوسط ۳۵۰°C پخت شود.
الکترودهای قلیایی VAC-PAC	تا ۴ ساعت پس از باز شدن بسته مستقیماً استفاده می‌شوند و نیازی به پخت ندارند.

کنترل و بازرسی الکترودهای روکش‌دار
۱ـ اندازه الکترود (طول و قطر الکترود)
۲ـ وضعیت روکش: چسبندگی پوشش، ترک، پریدگی، هم محوری هسته و روکش
۳ـ مشخصه و نام‌گذاری الکترود

نحوه نام‌گذاری الکترودها در استاندارد AWS A 5. 1



رقم سوم بیانگر وضعیت قابل جوشکاری با الکترود

رقم	وضعیت
EXX1X	تمام وضعیت‌ها (تخت، عمودی، افقی، بالاسری) (F,V,OH,H)
EXX2X	تخت و فیلت افقی (F, H-fillet)
EXX3X	فقط تخت (F, H-fillet)
EXX4X	تخت، افقی، عمودی سرازیر و بالاسری (F, V- down, OH, H)

رقم چهارم بیانگر نوع پوشش الکترود

رقم	نوع پوشش	ترکیبات
EXXX0	پوشش سلولزی با جریان مستقیم	پوشش سلولزی سدیم‌دار
EXXX1	پوشش سلولزی با جریان مستقیم و متناوب	پوشش سلولزی پتاسیم‌دار
EXXX2	پوشش روتیلی با جریان مستقیم	پوشش اکسید تیتانیم، سدیم‌دار
EXXX3	پوشش روتیلی با جریان مستقیم و متناوب	پوشش اکسید تیتانیم، پتاسیم‌دار
EXXX4	رتیلی	پوشش اکسید تیتانیم، محتوی پودر آهن
EXXX5	پوشش قلیایی با جریان مستقیم	پوشش کم هیدروژن، سدیم‌دار
EXXX6	پوشش قلیایی با جریان مستقیم و متناوب	پوشش کم هیدروژن، پتاسیم‌دار
EXXX7	پوشش اسیدی	پوشش اکسید آهن محتوی پودر آهن
EXXX8	پوشش قلیایی همراه پودر آهن در بعضی موارد پوشش‌های مرکب	پوشش کم‌هیدروژن محتوی پودر آهن

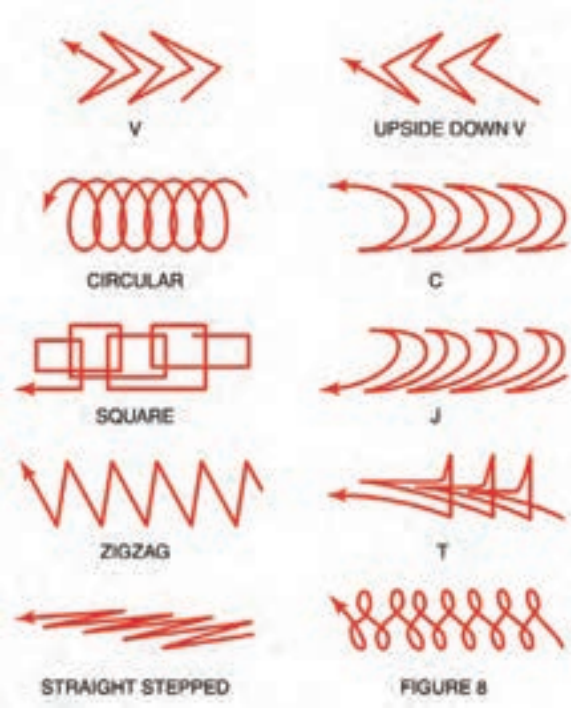
الکترودهای استاندارد AWS A5.1

AWS Classification	Type of Covering	Welding Position[a]	Type of Current[b]
E6010	High cellulose sodium	F,V,OH,H	dcep
E6011	High cellulose potassium	F,V,OH,H	ac or dcep
E6012	High titania sodium	F,V,OH,H	ac or dcen
E6013	High titania potassium	F,V,OH,H	ac, dcep or dcen
E6019	Iron oxide titania potassium	F,V,OH,H,	ac, dcep or dcen
E6020	High iron oxide	H-fillets F	ac or dcen ac, dcep or dcen
E6022[c]	High iron oxide	F,H	ac or dcen
E6027	High iron oxide, iron powder	H-fillets F	ac or dcen ac, dcep or dcen
E7014	Iron powder, titania	F,V,OH,H	ac, dcep or dcen
E7015[d]	Low hydrogen sodium	F,V,OH,H	dcep
E7016[d]	Low hydrogen potassium	F,V,OH,H	ac or dcep
E7018[d]	Low hydrogen potassium, iron powder	F,V,OH,H	ac or dcep
E7018M[d]	Low hydrogen iron powder	F,V,OH,H	dcep
E7024[e]	Iron powder, titania	H-fillets,F	ac, dcep or dcen
E7027	High iron oxide, iron powder	H-fillets F	ac or dcen ac, dcep or dcen
E7028[d]	Low hydrogen potassium, iron powder	H-fillets,F	ac or dcep
E7048[d]	Low hydrogen potassium, iron powder	F,OH,H,V-down	ac or dcep

	Amperes		Copper Welding Lead Sizes								
	ft	m	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Length of Cable	50	15	2	2	2	2	1	1/0	1/0	2/0	2/0
	75	23	2	2	1	1/0	2/0	2/0	3/0	3/0	4/0
	100	30	2	1	1/0	2/0	3/0	4/0	4/0		
	125	38	2	1/0	2/0	3/0	4/0				
	150	46	1	2/0	3/0	4/0					
	175	53	1/0	3/0	4/0						
	200	61	1/0	3/0	4/0						
	250	76	2/0	4/0							
	300	91	3/0								
	350	107	3/0								
	400	122	4/0								

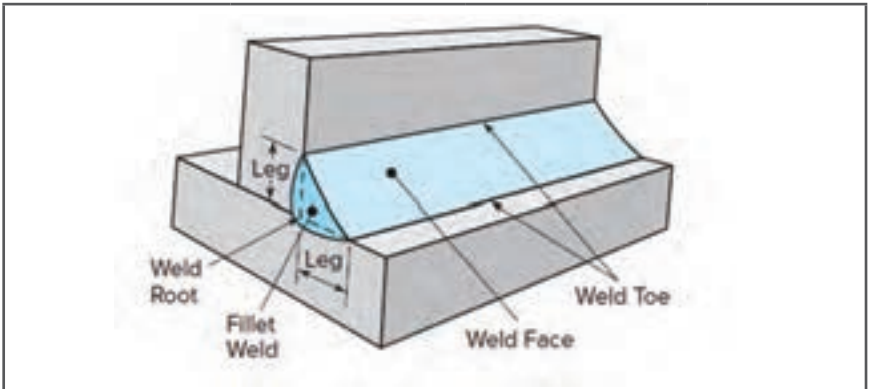
	Amperes		Aluminum Welding Lead Sizes								
	ft	m	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Length of Cable	50	15	2	2	1/0	2/0	2/0	3/0	4/0		
	75	23	2	1/0	2/0	3/0	4/0				
	100	30	1/0	2/0	4/0						
	125	38	2/0	3/0							
	150	46	2/0	3/0							
	175	53	3/0								
	200	61	4/0								
	225	69	4/0								

الگوی انواع حرکت در جوشکاری



مشخصات جوش گوشه

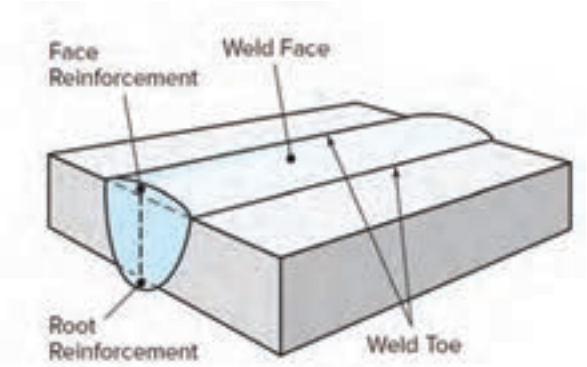
جدول زیر مشخصات جوش گوشه (Fillet) را نشان می‌دهد.



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

مشخصات جوش شیاری

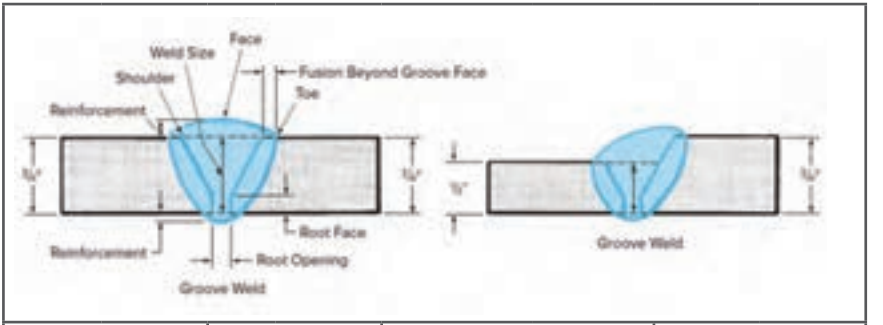
جدول زیر مشخصات شیاری (Groove) را نشان می‌دهد.



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

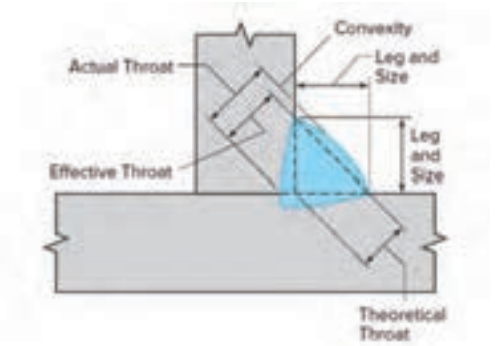
ابعاد و اندازه جوش شیاری

جدول زیر ابعاد و اندازه جوش شیاری را نشان می‌دهد.



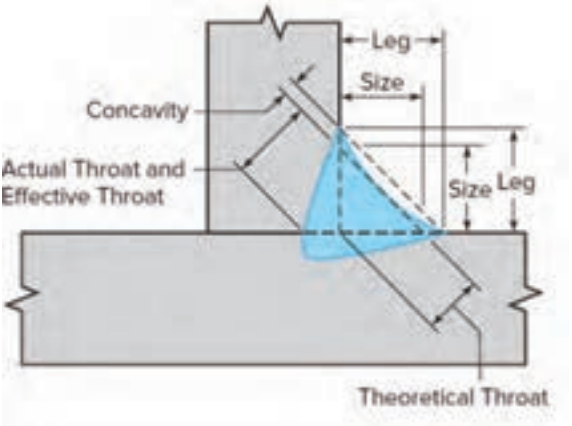
Weld Size: اندازه جوش	Reinforcement: تقویت	Weld Face: سطح جوش	Weld Toe: گلویی جوش
Root Opening: بازشدگی ریشه	Fusion Beyond Groove Face: فلز پایه ذوب شده	Root Face: سطح ریشه	Weld shoulder: شانه جوش

مشخصات جوش فیلت محدب

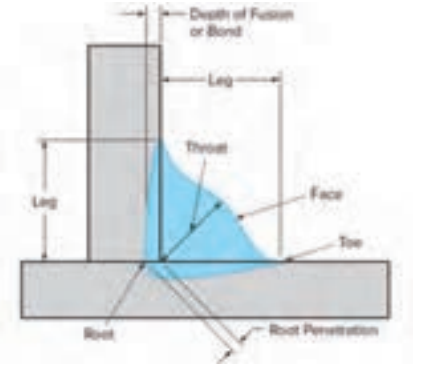


Leg:	ساق جوش	Size:	اندازه جوش	Actual Throat:	گلوی واقعی جوش
Effective Throat:	گلوی مؤثر جوش	Theoretical throat:	گلوی تئوری جوش	Convexity:	تحدب جوش

مشخصات جوش فیلت مقعر

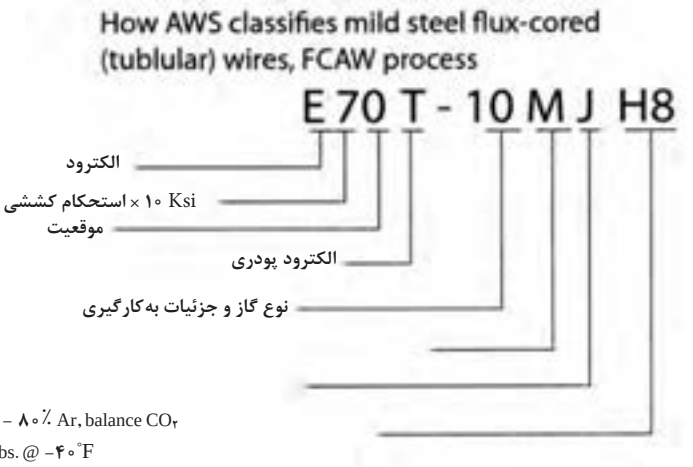


Leg:	پاشنه جوش	Size:	اندازه جوش	Actual Throat:	گلوی واقعی جوش
Effective Throat:	گلوی مؤثر جوش	Theoretical throat:	گلوی تئوری جوش	Cocavity:	تعقر جوش

مشخصات جوش فیلت ایده‌آل


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

نام‌گذاری الکترودهای تو پودری FCAW طبق استاندارد AWS



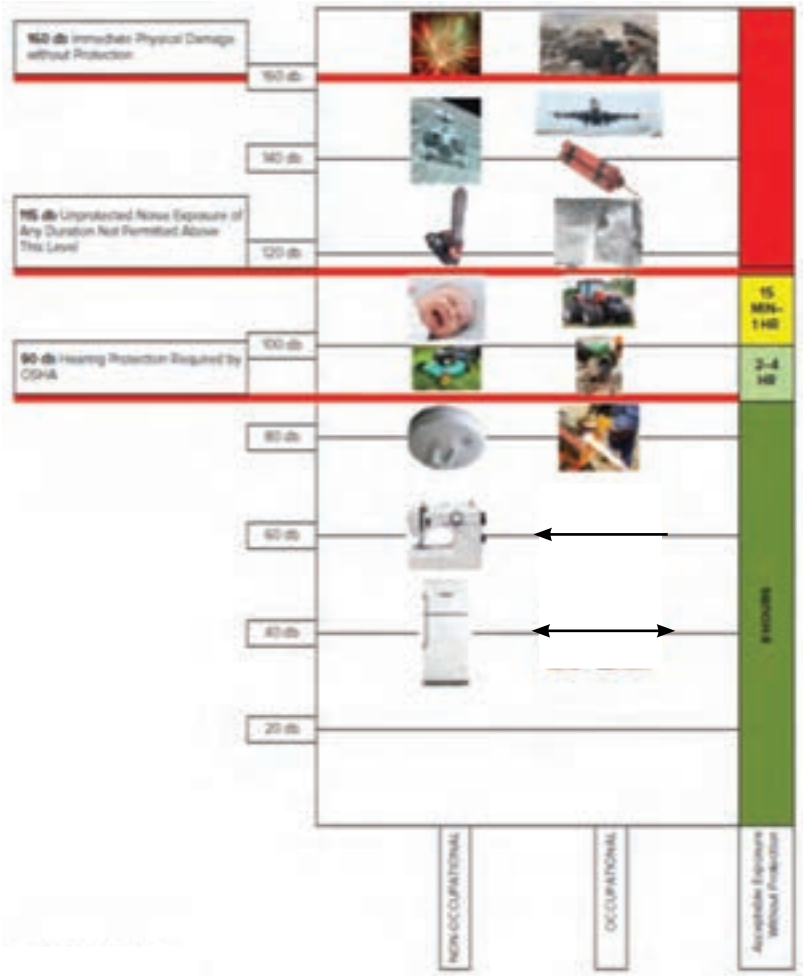
Mixed Gas: ۷۵٪ – ۸۰٪ Ar, balance CO_2

Impacts: –۲۰ ft.lbs. @ –۴۰°F

Hydrogen: H۴ = less than ۴ ml/۱۰۰g, HB = less than ۸ ml/۱۰۰g

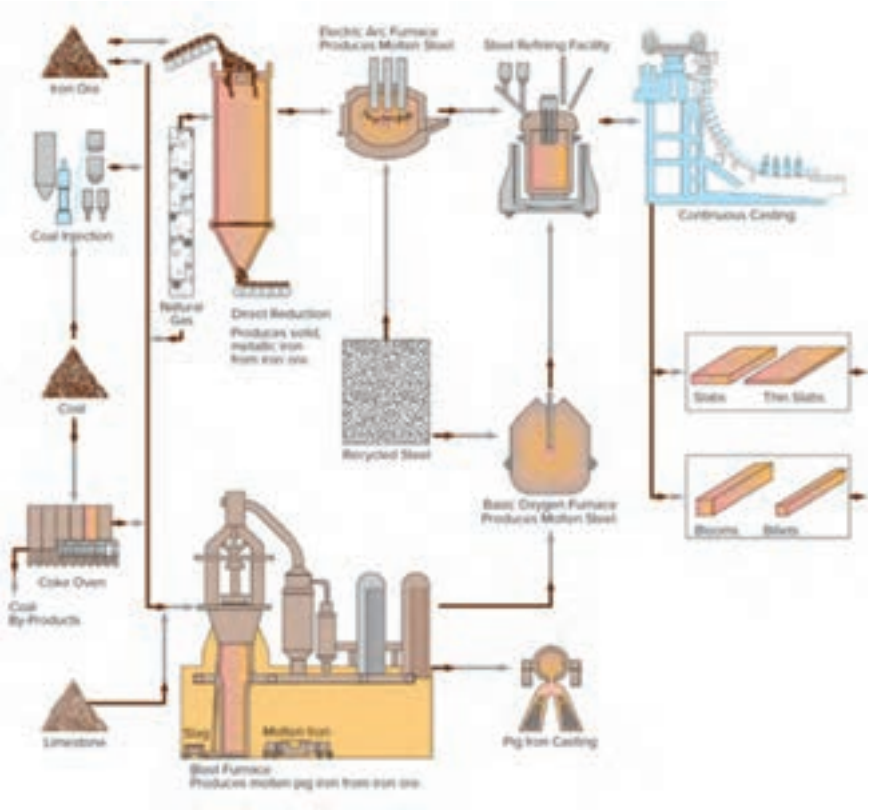
موقعیت جوشکاری، گازمحافظ، قطبیت وسایر الزامات به‌کارگیری الکترودهای تو پودری

نمودار رنج فرکانسی آلودگی صوتی را نشان می‌دهد.

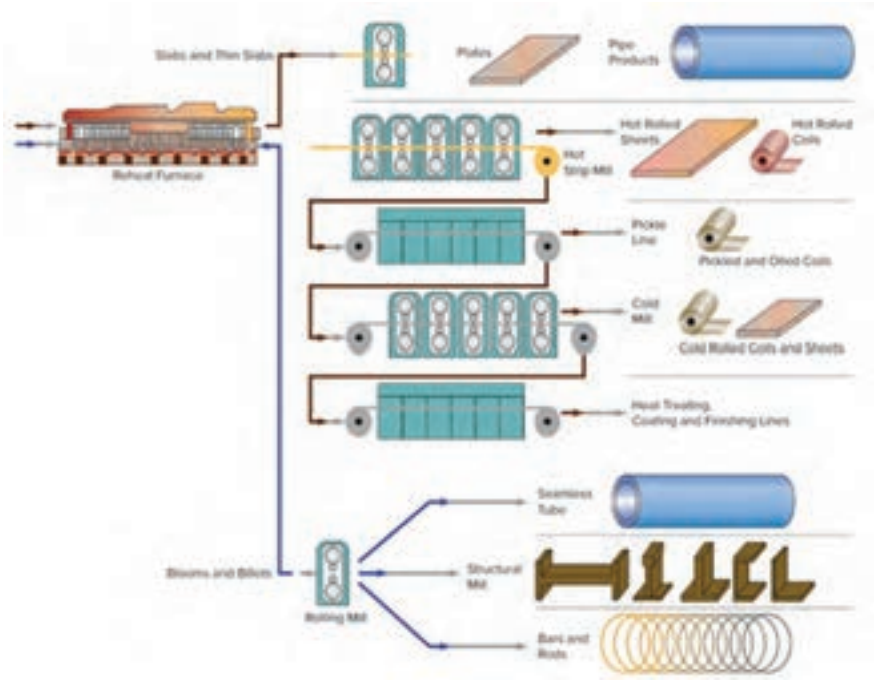


مراحل تولید فولاد

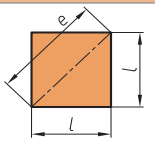
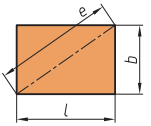
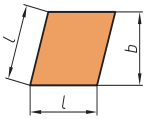
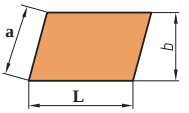
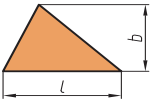
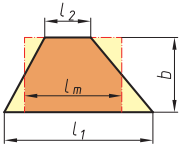
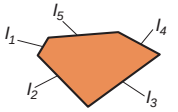
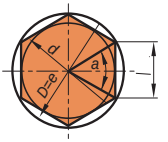
نمودار زیر مراحل تولید فولاد را نشان می‌دهد.



نمودار زیر مراحل تولید پروفیل را نشان می‌دهد.

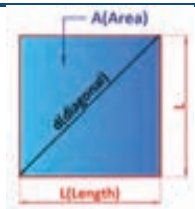


جدول روابط محاسبه مساحت اشکال هندسی

شکل هندسی		مساحت	توضیحات
مربع		$A = l \times l = l^2$	$e = \sqrt{l^2 + l^2} = \sqrt{2} \times l = 1/414l$
مستطیل		$A = l \times b$	$e = \sqrt{l^2 + b^2}$
لوزی		$A = l \times b$	
متوازی‌الاضلاع		$A = l \times b$	
مثلث		$A = \frac{l \times b}{2}$	در مثلث متساوی‌الاضلاع $b = \sqrt{3} \times \frac{1}{2} \approx 0/866 \times l$
ذوزنقه		$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \times b$ $A = l_m \times b$	$l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$
چندضلعی منتظم		$A = n \times A_1 = \frac{n \times l \times d}{4}$	$l = D \times \sin(\frac{180^\circ}{n})$ $d = \sqrt{D^2 - l^2}$
سطوح مرکب		$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$	

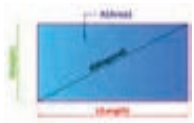
مربع

پارامترها / محاسبات	
	مساحت: A قطر: d طول ضلع: L
مساحت مربع: $A = L^2$	مثال: L=۱۰ mm ⇨ d=? A=? $A = L^2 = (۱۰\ mm)^2 = ۱۰۰\ mm^2$ $d = \sqrt{2} \times L = \sqrt{2} \times ۱۰\ mm = ۱۴/۱۴\ mm$
قطرمربع: $d = \sqrt{2} \times L$	



مستطیل

پارامترها / محاسبات	
	مساحت: A قطر: d طول ضلع: L ارتفاع: h
مساحت مستطیل: $A = L \times h$	مثال: L=۲۰ mm , h=۱۵ mm ⇨ d=? A=? $A = L \times h = ۲۰\ mm \times ۱۵\ mm = ۳۰۰\ mm^2$ $d = \sqrt{L^2 + h^2} = \sqrt{(۲۰\ mm)^2 + (۱۵\ mm)^2}$ $= \sqrt{۶۲۵\ mm^2} = ۲۵\ mm$
قطر مستطیل: $d = \sqrt{L^2 + h^2}$	

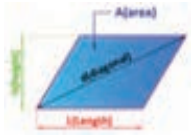


لوزی

پارامترها / محاسبات	
	قطرها: d۲ و d۱ مساحت: A ضلع: L ارتفاع: h
مساحت لوزی: $A = L \times h$	مثال: d۱=۲۰ mm , d۲=۱۶ mm ⇨ A=? $A = \frac{d۱ \times d۲}{۲} = \frac{۲۰ \times ۱۶}{۲} = ۱۶۰ mm^2$
مساحت لوزی: $A = (d۱ \times d۲)/۲$	

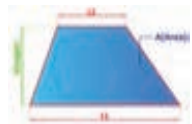
متوازی‌الاضلاع

پارامترها / محاسبات	
	مساحت: A قطر: d طول قاعده: L ارتفاع: h
مساحت متواز الاضلاع: $A = L \times h$	مثال: L=۵۰ mm , h=۳۰ mm ⇨ A=? $A = L \times h = ۵۰\ mm \times ۳۰\ mm = ۱۵۰۰\ mm^2$



ذوزنقه

پارامترها / محاسبات	
	مساحت: A ارتفاع: h طول قاعده بزرگ: $L_۱$ طول قاعده کوچک: $L_۲$
مساحت ذوزنقه: $A = \frac{l_۱ + l_۲}{۲} \times h$	مثال: $l_۲$=۲۰mm h =۲۵ mm $l_۱ = ۴۰mm$ ⇨ A =? $A = \frac{l_۱ + l_۲}{۲} \times h = \frac{۴۰mm + ۲۰mm}{۲} \times ۲۵mm = ۷۵۰mm^2$

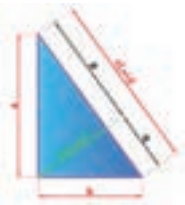


مثلث

پارامترها / محاسبات	
مساحت: A طول قاعده: L ارتفاع: h	مثال:
مساحت مثلث: $A = \frac{L \times h}{۲}$	$L=۴۰\ mm$, $h=۳۰\ mm \Rightarrow A=?$ $A = \frac{L \times h}{۲} = \frac{۴۰mm \times ۳۰mm}{۲} = ۶۰۰mm^۲$

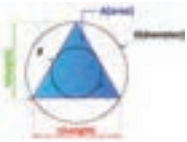
مثلث قائم‌الزاویه

پارامترها / محاسبات	
مساحت: A ارتفاع: h طول اضلاع مجاور زاویه قائم: a,b طول وتر: c	مثال:
قضیه فیثاغورس: $c^۲ = a^۲ + b^۲$	$c=۵\ mm, a=۴\ mm \Rightarrow b=?$ $b = \sqrt{c^۲ - a^۲} = \sqrt{(۵\ mm)^۲ - (۴\ mm)^۲} = ۳\ mm$
قضیه اقلیدس: $b^۲ = c \times q$ $a^۲ = c \times p$	
$h^۲ = p \times q$	



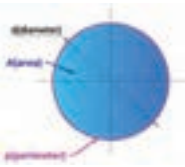
مثلث متوازی‌الاضلاع

پارامترها / محاسبات	
مساحت: A طول ضلع: l ارتفاع: h قطر دایره محیطی: D قطر دایره محاطی: d	مثال:
مساحت مثلث متساوی الاضلاع: $A = \frac{\sqrt{۳}}{۴} \times l^۲$	$(\sqrt{۳} = ۱/۷۳)$, $l=۱۰۰\ mm \Rightarrow A=?$ $A = \frac{\sqrt{۳}}{۴} \times l^۲ = \frac{۱/۷۳}{۴} \times ۱۰۰^۲ = ۴۳۲۵\ mm^۲$
ارتفاع مثلث متساوی الاضلاع: $h = \frac{\sqrt{۳}}{۲} \times l$	
قطر دایره محیطی مثلث متساوی الاضلاع: $D = \frac{۲\sqrt{۳}}{۳} \times l = ۲ \times d$	
قطر دایره محاطی مثلث متساوی الاضلاع: $d = \frac{\sqrt{۳}}{۳} \times l = \frac{D}{۲}$	



دایره

پارامترها / محاسبات	
مساحت: A قطر: d محیط: P	مثال:
مساحت دایره: $A = \frac{\pi \times d^۲}{۴}$	$d=۱۰۰mm \Rightarrow A=?$, $P=?$ $A = \frac{\pi \times d^۲}{۴} = \frac{۳/۱۴ \times (۱۰۰mm)^۲}{۴} = ۷۸/۵mm^۲$ $P = \pi \times d = \frac{۳}{۱۴} \times ۱۰۰ = ۳۱۴\ mm$
محیط دایره: $P = \pi \times d$	



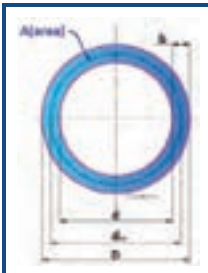
چندضلعی منتظم

پارامترها / محاسبات	مساحت: A طول ضلع: l ارتفاع: h قطر دایره محیطی: D قطر دایره محاطی: d تعداد ضلاع(زاویه‌ها): n زاویه مرکزی: α زاویه محاطی: β
مساحت چندضلعی: $A = \frac{n \times l \times d}{۴}$	مثال: $n=۶$, $D=۱۰۰mm$ ⇨ $A=?$, $d=?$, $l=?$ $l = D.sin\left(\frac{۱۸۰^\circ}{n}\right) = ۱۰۰\ mm.sin\left(\frac{۱۸۰^\circ}{۶}\right) = ۵۰mm$ $d = \sqrt{D^۲ - l^۲} = \sqrt{۱۰۰۰۰mm^۲ - ۲۵۰۰mm^۲}$ $= ۸۶/۶mm$ $A = \frac{n \times l \times d}{۴} = \frac{۶ \times ۵۰mm \times ۸۶/۶mm}{۴} = ۶۴۹۵mm^۲$
طول ضلع: $l = D.sin\left(\frac{۱۸۰^\circ}{n}\right)$	
زاویه مرکزی: $\alpha = \frac{۳۶۰^\circ}{n}$	
زاویه محاطی: $\beta = ۱۸۰^\circ - \alpha$	
قطر دایره محاطی $d = \sqrt{D^۲ - l^۲}$	
قطر دایره محیطی: $D = \sqrt{d^۲ + l^۲}$	

قطاع دایره

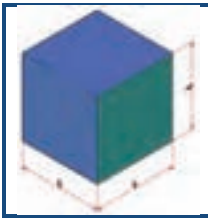
پارامترها / محاسبات	مساحت: A قطر: d طول کمان: l_B طول وتر: l زاویه کمان: α
مساحت قطاع دایره: $A = \frac{\pi \times d^۲}{۴} \times \frac{\alpha}{۳۶۰^\circ}$ $A = \frac{l_B \times d}{۴}$	مثال: $d=۲۰۰mm$, $\alpha = ۳۰^\circ$ ⇨ $A=?$ $I=B$ $l_B = \frac{\pi \times d \times \alpha}{۳۶۰^\circ} = \frac{۳/۱۴ \times ۲۰۰mm \times ۳۰^\circ}{۳۶۰^\circ} = ۵۲/۳۳\ mm$ $A = \frac{l_B \times d}{۴} = \frac{۵۲/۳۳\ mm \times ۲۰۰mm}{۴} = ۲۶۱۶/۵\ mm^۲$
طول وتر قطاع دایره: $l = ۲ \times d \times sin\frac{\alpha}{۲}$	
طول کمان قطاع دایره: $l_B = \frac{\pi \times d \times \alpha}{۳۶۰^\circ}$	

حلقه دایروی



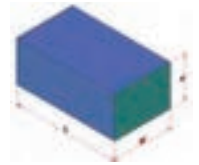
پارامترها / محاسبات	
	مساحت: A پهنای حلقه:b قطر داخلی: d قطر خارجی:D قطر میانی:d_m
مساحت حلقه دایروی: $A = \pi \times d_m \times b$ $A = \frac{\pi}{۴} \times (D^۲ - d^۲)$	مثال: D=۱۴۰mm ; d=۱۲۰mm ⇨ A=? $A = \pi \times d_m \times b = ۳/۱۴ \times ۱۳۰ \times ۱۰ = ۴۰۸۲\ mm^۲$ $A = \frac{\pi}{۴} \times (D^۲ - d^۲) = \frac{۳/۱۴}{۴} \times (۱۴۰^۲ mm^۲ - ۱۲۰^۲ mm^۲)$ $= ۴۰۸۲\ mm^۲$

مکعب



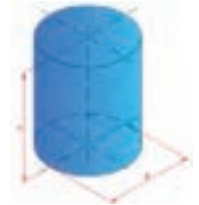
پارامترها / محاسبات	
	مساحت: A_o حجم:V طول ضلع: l
حجم مکعب: $V = l^۳$	مثال: l=۵۰mm ⇨ A_o =? , V =? $V = l^۳ = (۵۰mm)^۳ = ۱۲۵۰۰۰mm^۳$ $A_O = ۶ \times l^۲ = ۶ \times (۵۰mm)^۲ = ۱۵۰۰۰mm^۲$
مساحت مکعب: $A_o = ۶ \times l^۲$	

مکعب مستطیل



پارامترها / محاسبات	
	مساحت: A_o حجم:V طول ضلع: l عرض:w ارتفاع:h
حجم مکعب مستطیل: $V = l \times w \times h$	مثال: l=۱۰۰mm ,w=۴۰mm ,h=۳۰mm⇨ V =? $V = l \times w \times h = 100 \times 40 \times 30 = 120000\ mm^3$
مساحت مکعب مستطیل: $A_O = ۲ \times (l \times w + l \times h + w \times h)$	

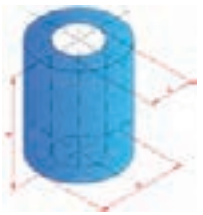
استوانه



پارامترها / محاسبات	
	حجم:V مساحت: A_o طول ضلع: l
حجم استوانه: $V = \frac{\pi \times d^۲}{۴} \times h$	مثال: d=۲۰mm ,h=۳۰mm ⇨ A_o =? , V =? $V = \frac{\pi \times d^۲}{۴} \times h = \frac{۳/۱۴ \times ۲۰^۲}{۴} \times ۳۰ = ۹۴۲۰mm^۳$
مساحت جانبی: $A_M = \pi \times d \times h$	
مساحت استوانه: $A_O = \pi \times d \times h + ۲ \times \frac{\pi \times d^۲}{۴}$	

استوانه توخالی

پارامترها / محاسبات	مساحت: A_o حجم:V طول ضلع: l
حجم استوانه: $V = \frac{\pi \times h}{۴} \times (D^۲ - d^۲)$	مثال: D=۴۰mm, d=۳۰mm, h=۵۰mm ⇨V =? $V = \frac{\pi \times h}{۴} \times (D^۲ - d^۲) = \frac{۳/۱۴ \times ۵۰}{۴} \times (۴۰^۲ - ۳۰^۲) = ۲۷۴۷۵\ mm^۳$
مساحت استوانه: $A_O = \pi \times (D + d) \times \left[\frac{۱}{۲} \times (D - d) + h\right]$	

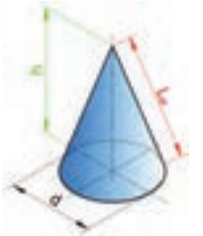


هرم

پارامترها / محاسبات	مساحت: A_o حجم:V طول ضلع: l طول یال: l_e ارتفاع:h
حجم هرم: $V = \frac{l \times w \times h}{۳}$	مثال: L=۱۰۰mm, W=۳۰mm, h=۸۰mm ⇨V =? $V = \frac{l \times w \times h}{۳} = \frac{۱۰۰ \times ۳۰ \times ۸۰}{۳} = ۸۰۰۰۰mm^۳$
طول یال هرم: $l_e = \sqrt{h_e^۲ + \frac{w^۲}{۴}}$	
ارتفاع وجه هرم: $h_e = \sqrt{h^۲ + \frac{l^۲}{۴}}$	

مخروط

پارامترها / محاسبات	حجم:V مساحت جانبی: A_s قطرقاعده:d طول یال: l_e ارتفاع:h
حجم مخروط: $V = \frac{\pi \times d^۲}{۴} \times \frac{h}{۳}$	مثال: d=۴۰mm, h=۶۰mm ⇨V =? $V = \frac{\pi \times d^۲}{۴} \times \frac{h}{۳} = \frac{۳/۱۴ \times ۴۰^۲}{۴} \times \frac{۶۰}{۳} = ۲۵۱۲۰mm^۳$
مساحت جانبی مخروط: $A_s = (\pi \times d \times l_e)/۲$	
طول یال مخروط: $l_e = \sqrt{h^۲ + \frac{d^۲}{۴}}$	



کره

پارامترها / محاسبات	حجم:V مساحت: A قطر:d
حجم کره: $V = \frac{\pi \times d^۳}{۶}$	مثال: d=۲۰mm ⇨ A =? $A = \pi \times d^۲ = ۳/۱۴ \times ۲۰^۲ mm^۲ = ۱۲۵۶mm^۲$
مساحت کره: $A = \pi \times d^۲$	

جرم

پارامترها / محاسبات	حجم: V جرم مخصوص: ρ جرم: m	
جرم مواد: $m = V \times \rho$	مثال: جرم کره‌ای به قطر ۶۰mm از جنس مس (جرم مخصوص ۸۹۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب) را حساب کنید. $V = \frac{\pi \times d^3}{6} = \frac{3/14 \times 60^3}{6} = 113040\ mm^3 = 0/000113040 m^3$ $m = V \times \rho = 0/000113040 m^3 \times 8900 \frac{kg}{m^3} = 1/006\ kg$	

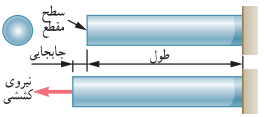
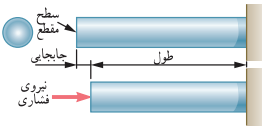
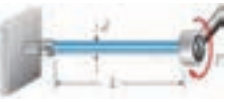
جرم طولی

پارامترها / محاسبات	جرم: m جرم طولی: m' طول: l	
جرم طولی مواد: $m = m' \times l$	مثال: جرم یک مفتول فولادی به طول ۲۰۰mm و قطر ۵mm را حساب کنید. (از جدول جرم طولی $m' = 0/154\ kg/m$) $m = m' \times l = 0/154 \times 0/2 = 0/0308\ kg$	

جرم سطحی

پارامترها / محاسبات	جرم: m جرم سطحی: m'' سطح: A	
جرم طولی مواد: $m = m'' \times A$	مثال: جرم یک ورق فولادی به ضخامت ۰/۵ mm و مساحت $2m^2$ را حساب کنید. (از جدول جرم سطحی $m'' = 3/93\ kg/m^2$) $m = m'' \times A = 3/93 \times 2 = 7/86\ kg$	

مقاومت قطعات در بارگذاری‌های مختلف

نوع بارگذاری	تنش در قطعه	تنش در قطعه	حداکثر جا به جایی در قطعه
کششی		= تنش کششی در بارگذاری کششی نیروی کششی / سطح مقطع	حداکثر جا به جایی در بارگذاری کششی = نیرو × طول / سفتی جنس × سطح مقطع
فشاری		= تنش فشاری در بارگذاری فشاری نیروی فشاری / سطح مقطع	حداکثر جا به جایی در بارگذاری فشاری = نیرو × طول / سفتی جنس × سطح مقطع
برشی		= تنش برشی در بارگذاری برشی نیروی برشی / سطح مقطع	---
خمشی		= حداکثر تنش قطعه بارگذاری خمش طول × نیرو / ممان اینرسی × ضریب	= حداکثر جا به جایی در خمش نیرو × طول^3 / سفتی جنس × ممان اینرسی × ضریب
پیچشی		= حداکثر تنش قطعه هنگام پیچش گشتاور پیچشی / ممان اینرسی قطبی × ضریب	= حداکثر جا به جایی زاویه در پیچش طول × گشتاور پیچشی / سفتی برشی جنس × ممان اینرسی قطبی × ضریب
مقایسه استحکام و سفتی مواد مختلف معمولی		**استحکام فولاد > استحکام مس > استحکام آلومینیم**	**سفتی فولاد >سفتی مس > سفتی آلومینیم**
به چه شرطی مقاومت قطعه بالا می رود:		استحکام قطعه زمانی بالا می رود که: **۱-** استحکام جنس قطعه بیشتر باشد. **۲-** در برابر نیروی یکسان تنش در قطعه کمتر باشد.	سفتی قطعه زمانی بالا می رود که: **۱-** سفتی جنس قطعه بیشتر باشد. **۲-** در برابر نیروی یکسان جا به جایی در قطعه کمتر باشد .
ممان اینرسی سطح مقطع حول محور افقی به ترتیب، شکل الف از همه بیشتر است.			