فصل ۳

دانش فنی، اصول، قواعد، قوانین و مقررات

Word	Meaning
acceptable	قابل قبول
accessories	متعلقات
across	ازاین 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	الودگی
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 ومقرر 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 ـ ملاک
standardize	استانداردسازی ـ یکسان سازی
stick	چسبیدن
structure	سازه
systematically	بطور منظم ـ 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

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

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

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

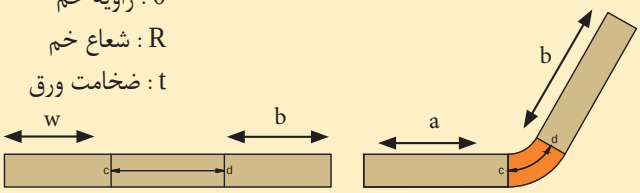
۳ محاسبه طول اولیه ورق در خم کاری با زاویه کمتر از ۹۰ درجه

۴ محاسبه حد مجاز در اتصالات پیچک

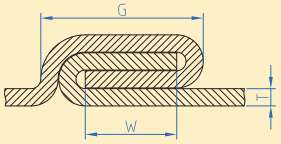
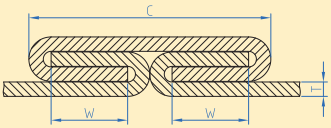
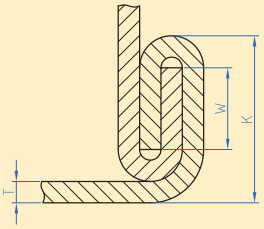
θ : زاویه خم

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

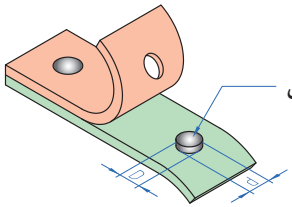
۱ رابطه تبدیل شماره الکترود RWMA به قطر بر حسب میلی‌متر

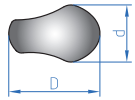
شماره الکترود × ۳/۱۷۵ = قطر الکترود

۲ رابطه تبدیل زمان به سیکل در نقطه جوش

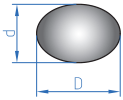
$$\frac{\text{ثانیه (۱/۵۰)}}{x} = \frac{\text{نوسان ۱}}{\text{زمان جوش‌کاری با توجه به ضخامت ورق}}$$

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 $\sqrt{\text{ضخامت ورق}}$

۱ـ وزن مخصوص فلزات

$W = \gamma \cdot V$

W: وزن جسم
γ: وزن مخصوص
V: حجم

۲ـ 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 ۴۰ = V
لیتر ۱۶/۴ = ۴۰ × ۰/۴۱ = مقدار استن

به‌طور تقریب ۱۶لیتر

لیتر ۶۰۰۰ = ۳۷۵ × ۱۶ = Q ظرفیت کپسول استیلن

$\frac{۶۰۰۰}{۱۰۰۰} = ۶$ مترمکعب

۳ـ ظرفیت کپسول اکسیژن

$Q = P \times V$

حجم × فشار = ظرفیت

$Q = ۱۵۰ \times ۴۰ = ۶۰۰۰ Lit$

۴ـ محاسبات گاز استیلن

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

لیتر $V = ۱۶ \times ۲۵ = ۴۰۰$

$V_{GA} = P \times V$

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 ــ 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=۴۰×۱۵۰=V_{GQ} و $V_{GQ}=V\times P$

شماره‌های مختلف سرمشعل جوشکاری

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

۶ــ حجم گاز اکسیژن مصرفی

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

$$Q = MB \times 100\ L/h$$

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.

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

$Q=MB\times 100$
$Q=5\times 100=500\ L/h$

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

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).

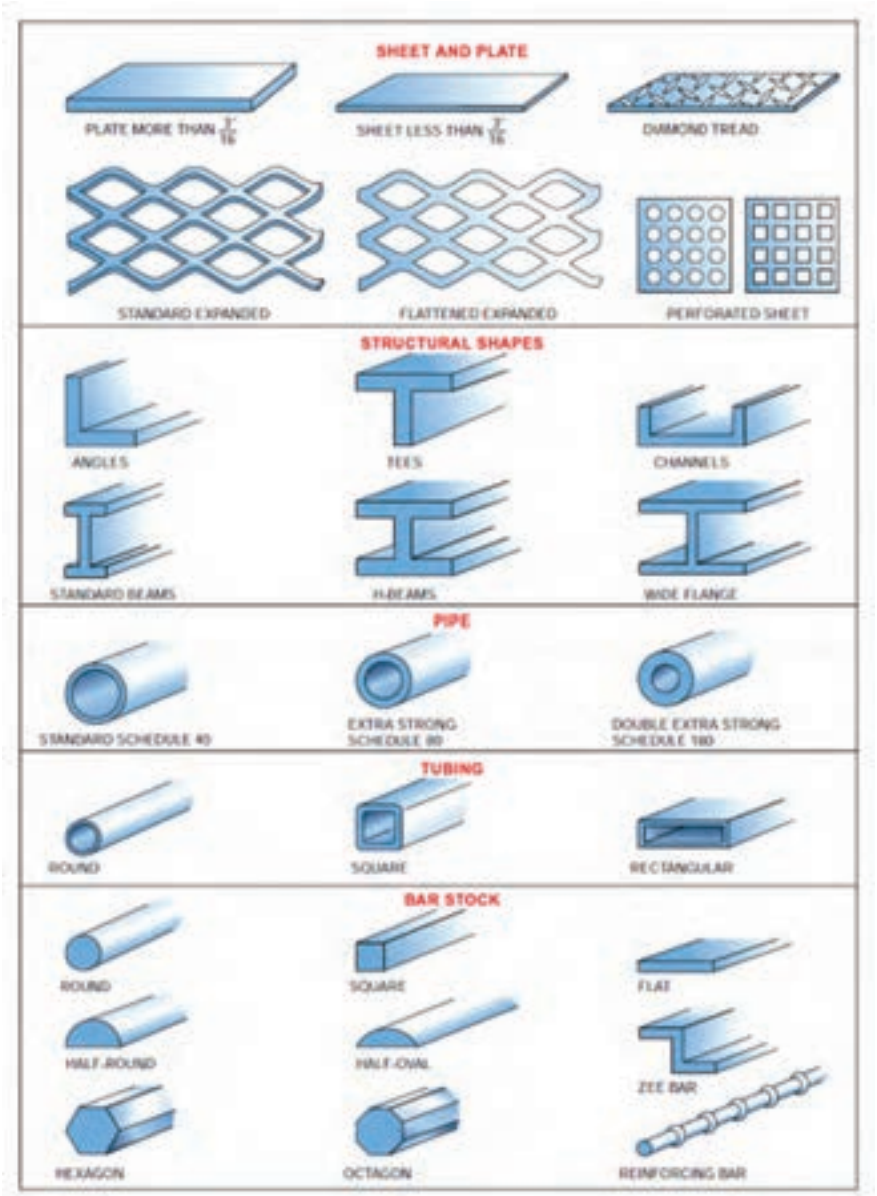
t=?
V=۴۰ لیتر
P=۱۰۰ اتمسفر

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

$$MB = \frac{۴ + ۶}{۲} = ۵$$

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

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 برش کاری 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 برش کاری	فعال نمودن کلید برگشت به عقب شابلن در حین برش کاری

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

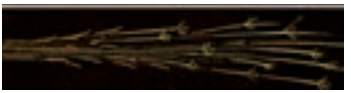
عیوب رایج در خم‌کاری لوله

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	غلتک یخ زده است		
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	

تأثیر عناصر مختلف روی خواص فولادها

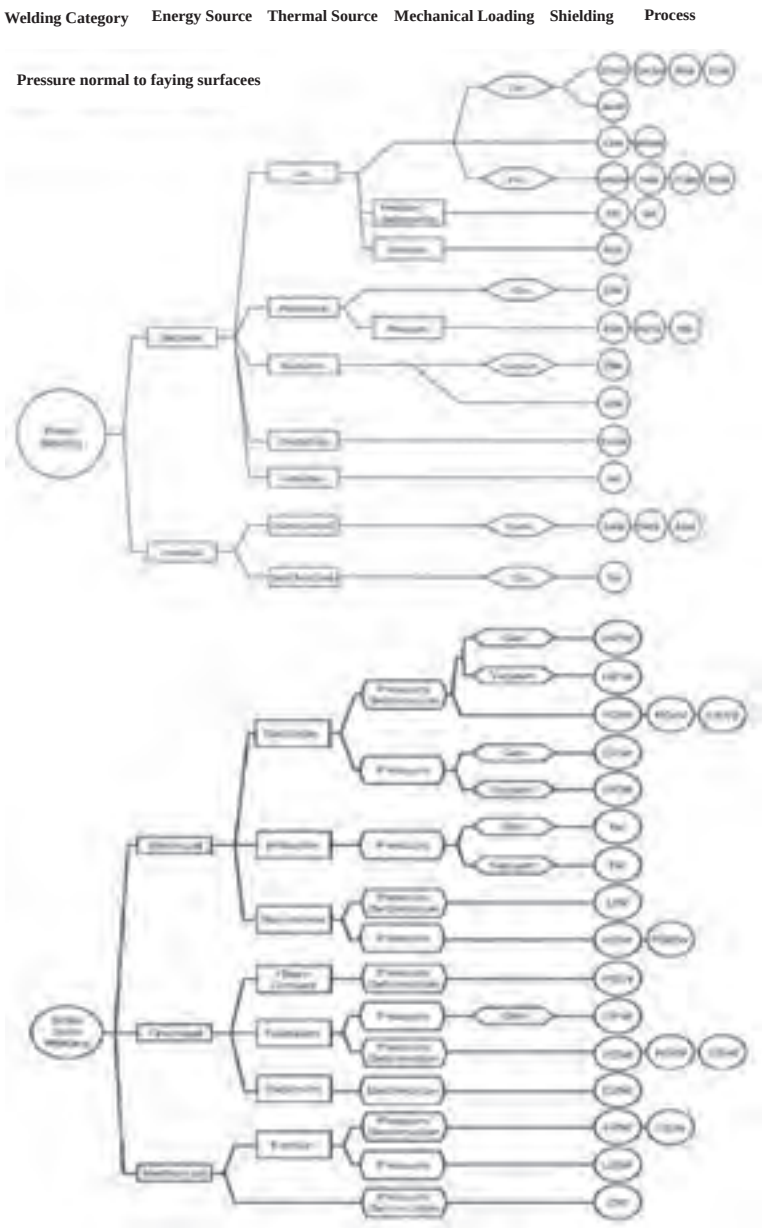
عناصر		افزایش می‌دهد	کاهش می‌دهد
غیرفلزی	کربن	استحکام، سختی، قابلیت سخت‌کاری	نقطهٔ ذوب، چقرمگی، قابلیت جوشکاری
	سیلیسیم	الاستیسیته، استحکام، قابلیت آبکاری عمقی، سختی در حالت گرم، مقاومت در مقابل خوردگی، جداشدن گرافیت در چدن خاکستری	قابلیت جوشکاری
	فسفر	سیلان، شکنندگی در حالت سرد، استحکام در حالت گرم	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

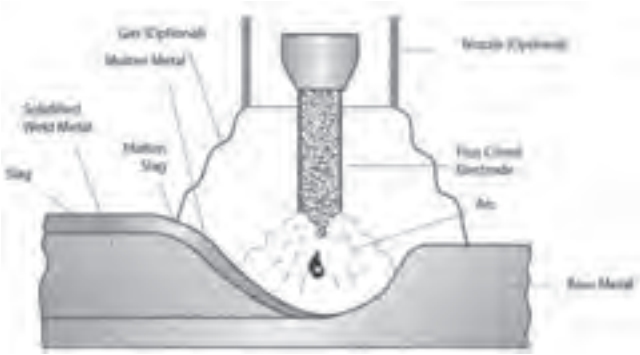
شکل جرقه	انواع فولاد
	فولاد قابل سخت‌کاری سطحی؛ ck۱۵ شعاع‌های مستقیم با دسته‌های جرقهٔ کربن ـ تأثیر کربن
	فولاد قابل بهسازی؛ ck۴۵ دسته جرقه‌های خاری شکل کربن ـ تأثیر کربن
	فولاد ابزار؛ ck۱۰۰ دسته جرقه‌های منشعب‌شدهٔ زیاد کربن ـ تأثیر کربن
	فولاد ابزارآلیاژی جرقه‌های متراکم کربن ـ تأثیر کربن و سیلیسیم
	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

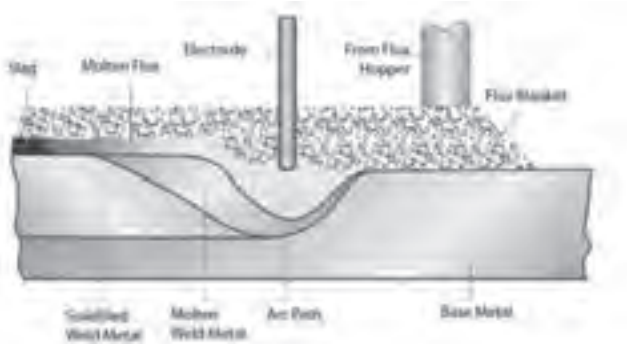
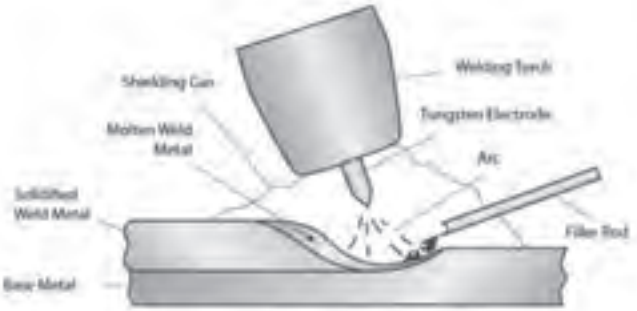
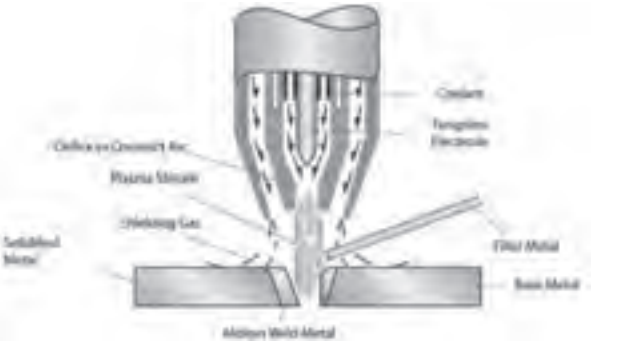
فرایندهای جوشکاری بر اساس نوع اتصال، منبع انرژی، منبع حرارتی، بار مکانیکی و نوع حفاظت در نمودار درختی زیر دسته‌بندی شده‌اند. از این اطلاعات می‌توان برای انتخاب فرایند صحیح برای جوشکاری مواد فلزی استفاده کرد.



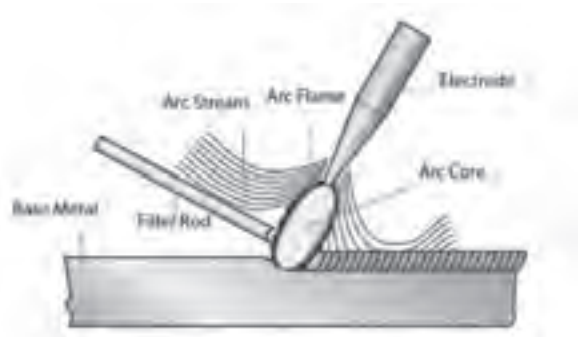
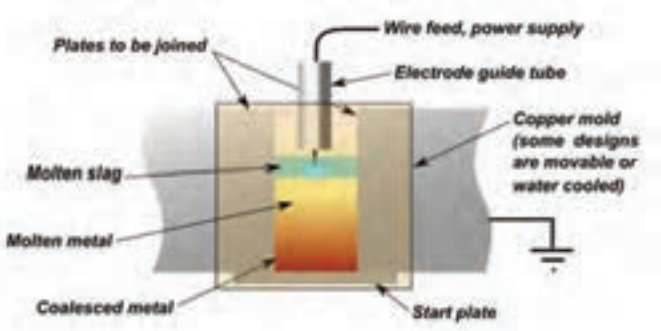
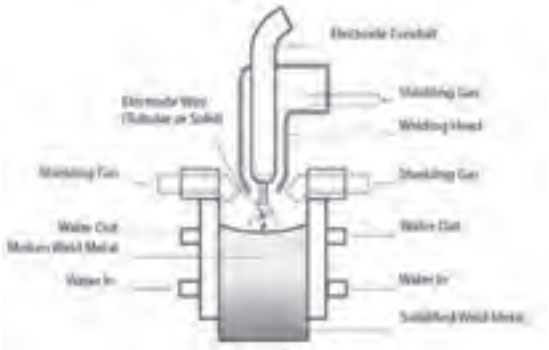
جدول زیر نواحی مختلف جوش و مشخصه‌های اتصال فرایند SMAW, GMAW, FCAW را نشان می‌دهد.

فرایند SMAW
فرایند GMAW
فرایند FCAW


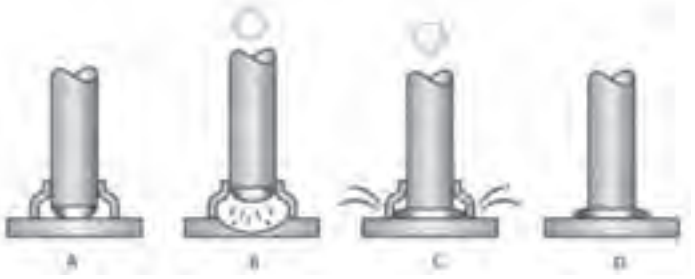
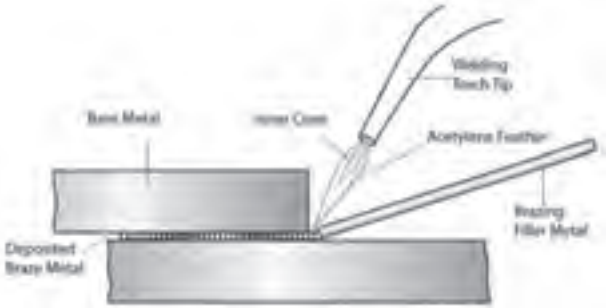
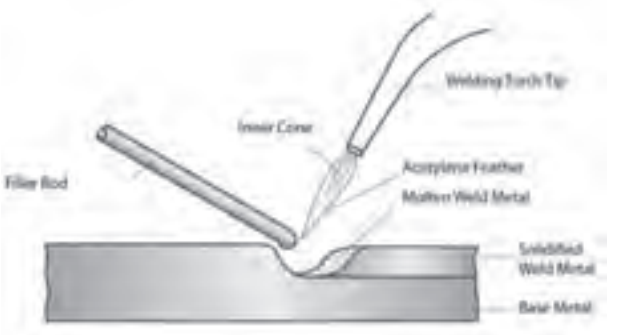
جدول زیر نواحی مختلف جوش و مشخصه‌های اتصال فرایند PAW, GTAW, SAW را نشان می‌دهد.

فرایند SAW

فرایند GTAW

فرایند PAW


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

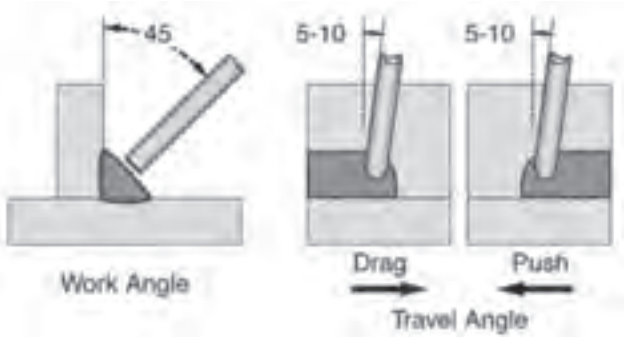
فرایند CAW

فرایند ESW

فرایند EGW


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

فرایند SW

فرایند (TB) Torch Brozing

فرایند OAW/OFW


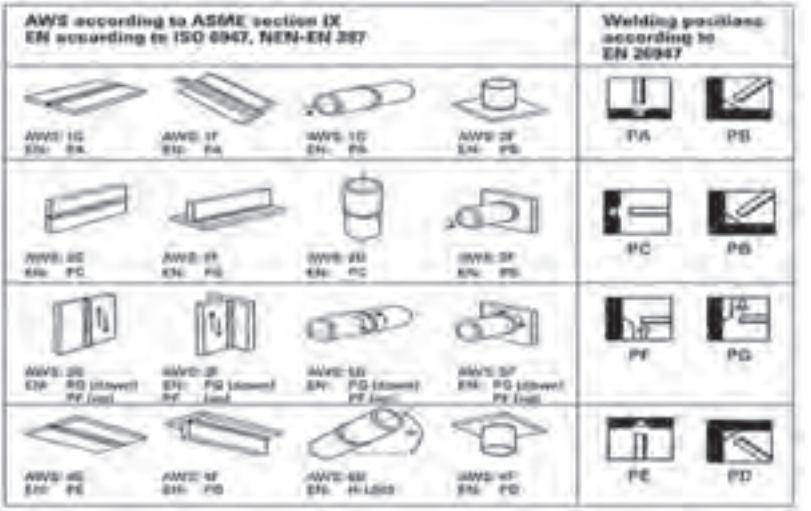
الزامات جوشکاری قابل قبول

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: 

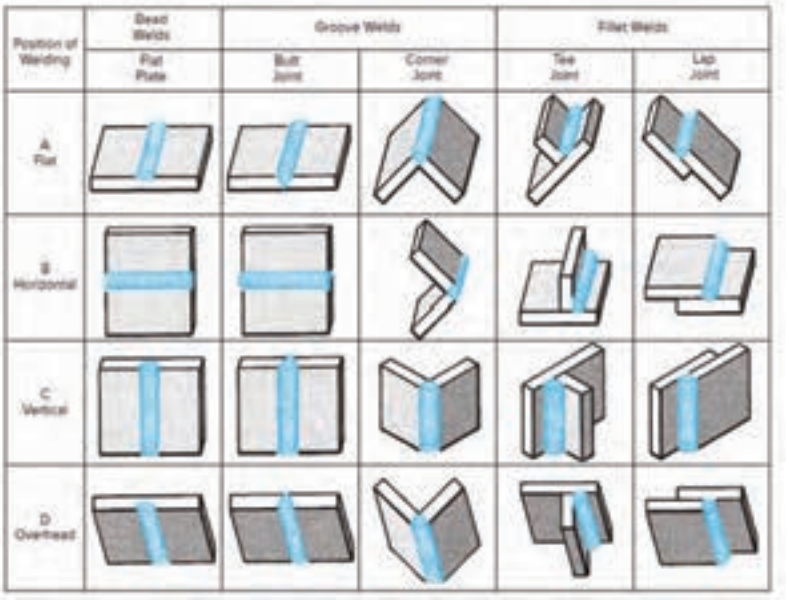
وضعیت‌های جوشکاری

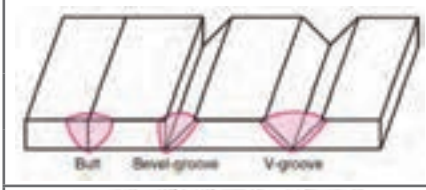
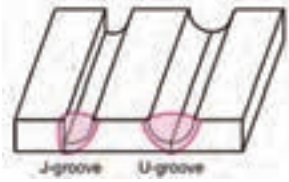
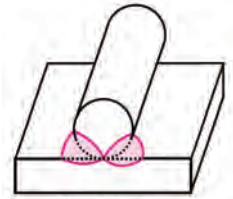
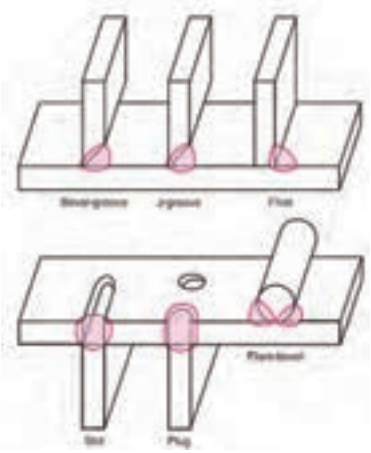
در جدول زیر وضعیت‌های جوشکاری بر اساس استاندارد AWS، ISO و AMSE ذکر شده است.

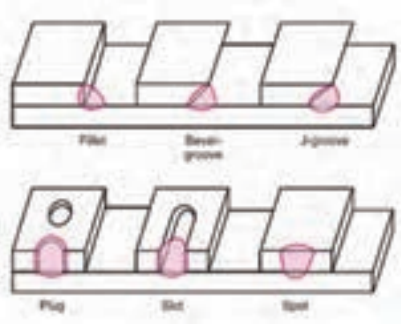
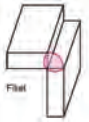
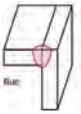
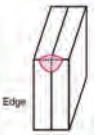


انواع اتصالات جوش

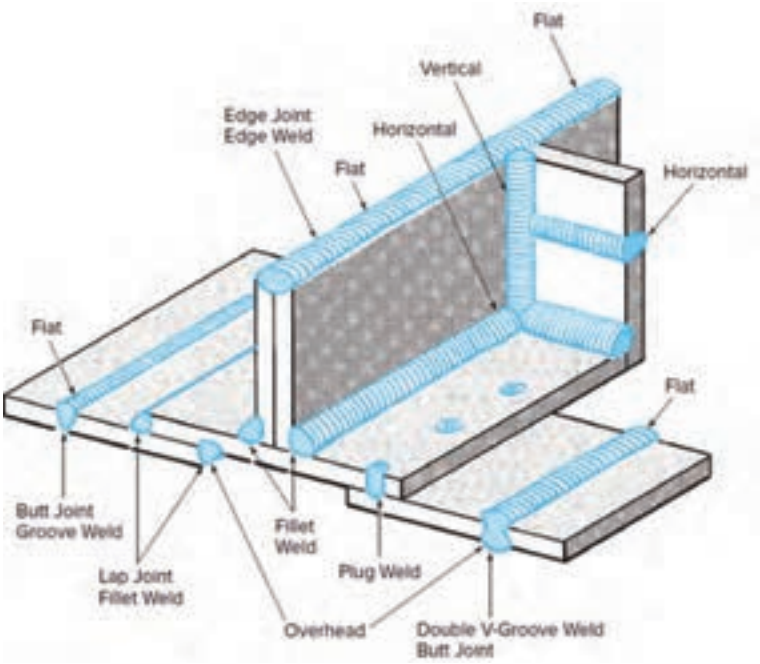
جدول زیر انواع اتصالات جوش را همراه با وضعیت جوشکاری نشان می‌دهد.

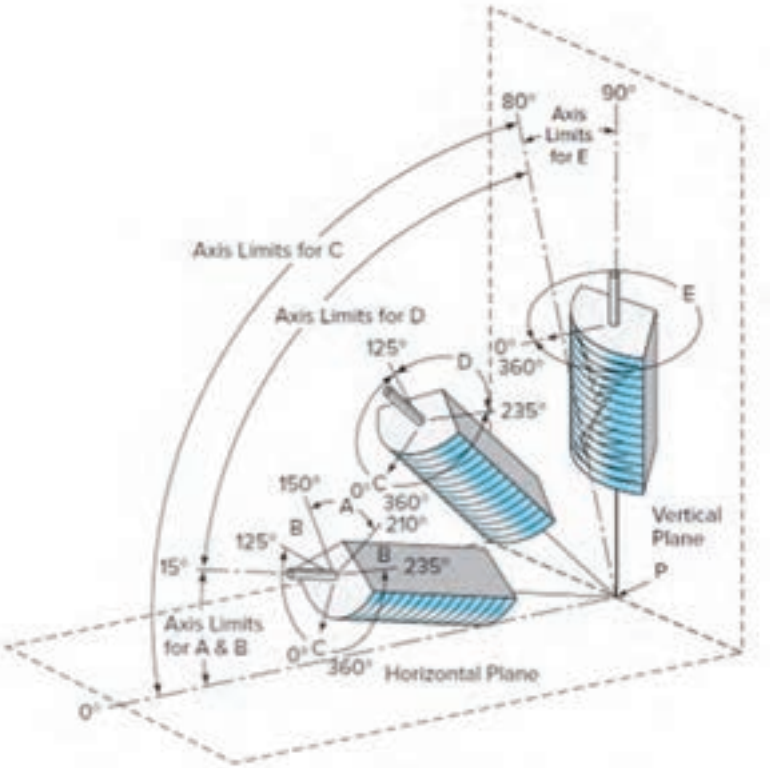


نوع اتصال	نوع جوش	شکل اتصال
اتصال لب به لب (Butt joint)	Square _ groove butt weld	
	Bevel _ groove butt weld	
	V _ groove butt weld	
	J _ groove butt weld	
	U _ groove butt weld	
	Flare _V_ groove butt weld	
	Flare _ bevel _ groove butt weld	
اتصال سه پری (T - joint)	Fillet weld	
	Plug weld	
	Slot weld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

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

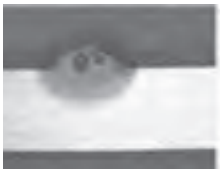
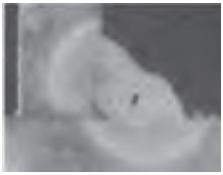
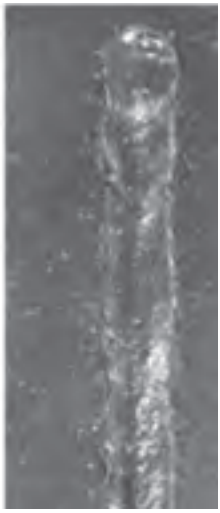


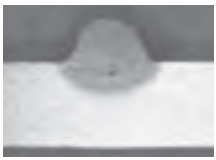
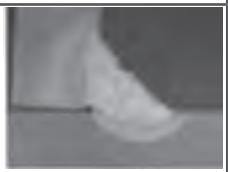
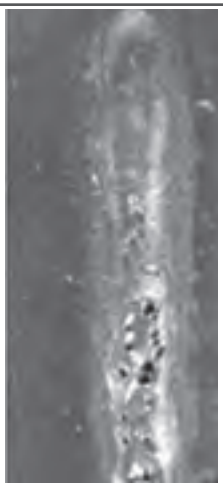


Tabulations of Positions of Fillet Welds

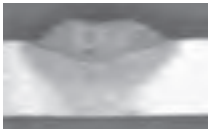
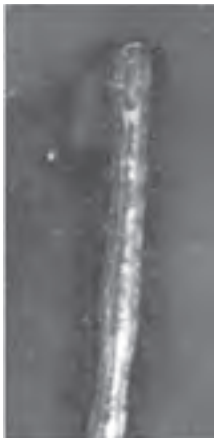
Position	Diagram Reference	Inclination of Axis	Rotation of Face
Flat	A	0–15°	150–210°
Horizontal	B	0–15°	125–150°
			210–235°
Overhead	C	0–80°	0–125°
			235–360°
Vertical	D	15–80°	125–235°
	E	80–90°	0–360°

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

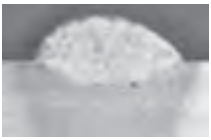
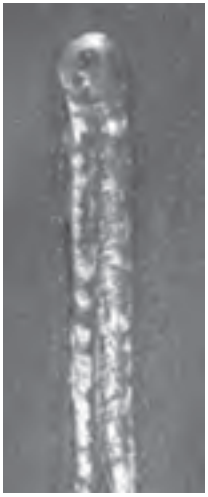
دلایل	جریان، سرعت و ولتاژ مناسب	ولتاژ بسیار بالا	ولتاژ بسیار پایین
مقطع جوش شیاری			
مقطع جوش گوشه			
جوش کامل			
توضیحات	گرده یکنواخت عدم سوختگی کناره جوش عدم روی هم افتادگی و تحدب‌زیاد گرده جوش عالی و کمترین هزینه ممکن	پاشش و تخلخل بیش از حد تحدب بیش از حد گرده سوختگی کناره جوش گرده جوش نامنظم اتصال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

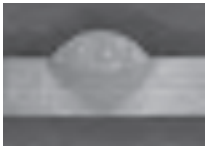
جدول زیر عیوب ایجاد شده در فرایند جوشکاری FCAW با گاز محافظ نشان می‌دهد. با توجه به این اطلاعات می‌توان نوع عیب‌ها و دلایل تشکیل آنها را در قطعات واقعی تعیین نمود.

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

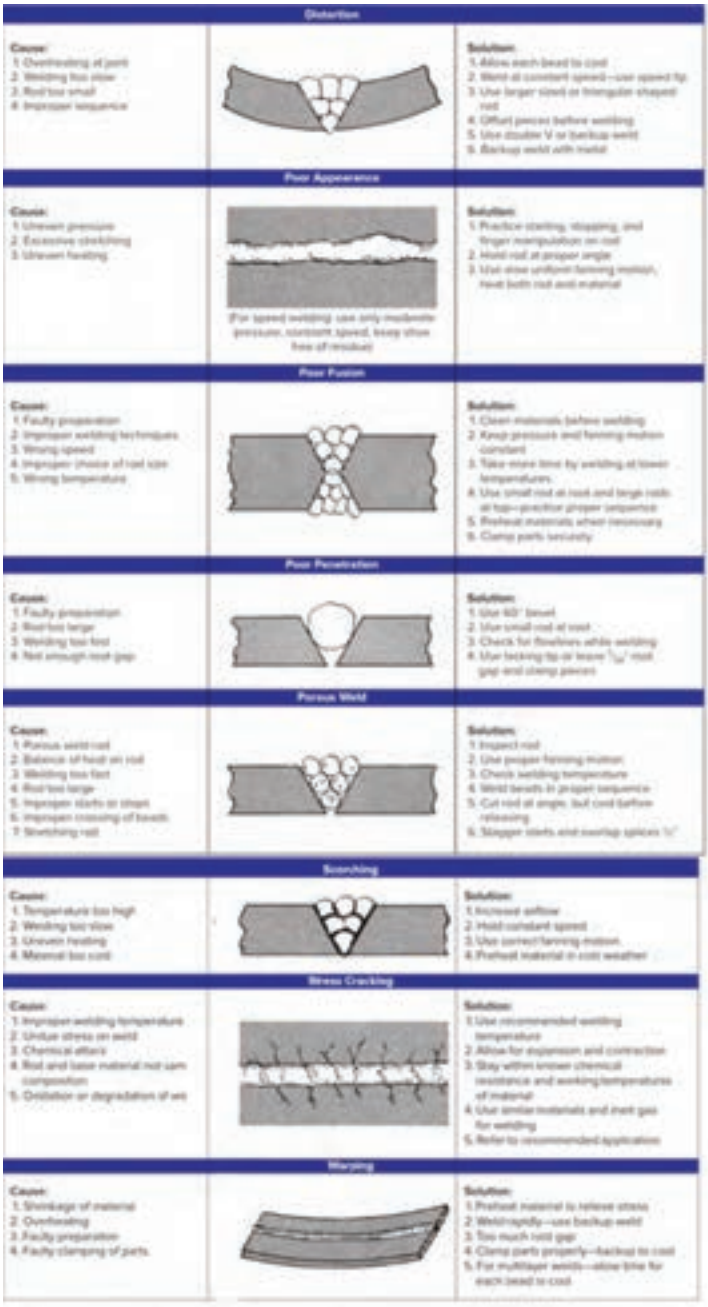
دلایل	جریان، سرعت و ولتاژ مناسب	ولتاژ بسیار بالا	ولتاژ بسیار پایین
مقطع جوش شیاری			
مقطع جوش گوشه			
جوش کامل			
توضیحات	گرده جوش یکنواخت، صاف و منظم عدم وجود سوختگی کناره جوش، روی هم رفتگی و انباشتگی جوش عالی با کمترین هزینه مواد و نیروی کار	پاشش و تخلخل بیش از حد انباشتگی بیش از حد گرده جوش سوختگی 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.

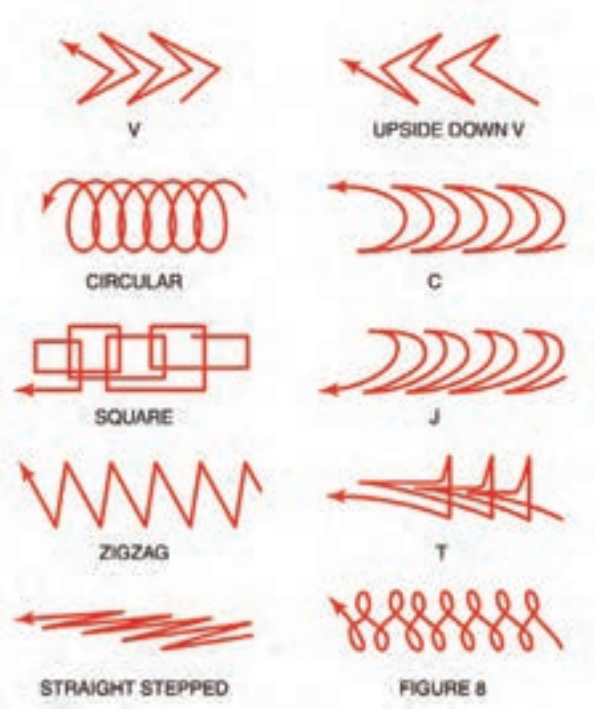
دلایل	سرعت پیشروی بسیار زیاد	سرعت پیشروی بسیار کم	حفاظت ناکافی گاز محافظ
مقطع جوش شیاری			
مقطع جوش گوشه			
جوش کامل			
توضیحات	گرده جوش بسیار باریک و نامنظم فلز جوش ناکافی در مقطع عرضی خواص مکانیکی ضعیف سوختگی کناره جوش در جوش گوشه	گرده جوش بیش از حد پهن ساق‌های نابرابر جوش گوشه هدر دادن مواد مصرفی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

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

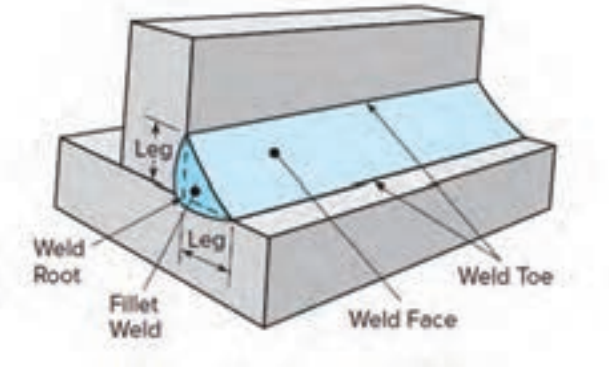


الگوی انواع حرکت در جوشکاری



مشخصات جوش گوشه

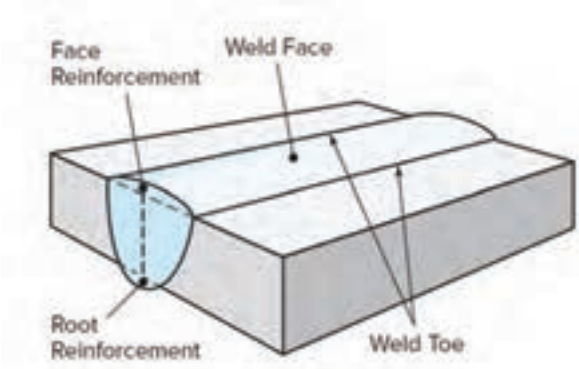
جدول زیر مشخصات جوش گوشه (Fillet) را نشان می‌دهد.



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

مشخصات جوش شیاری

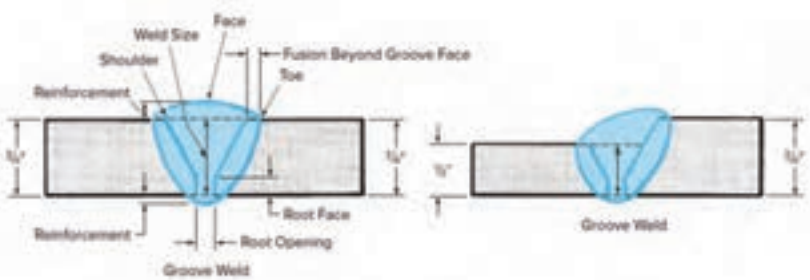
جدول زیر مشخصات شیاری (Groove) را نشان می‌دهد.



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

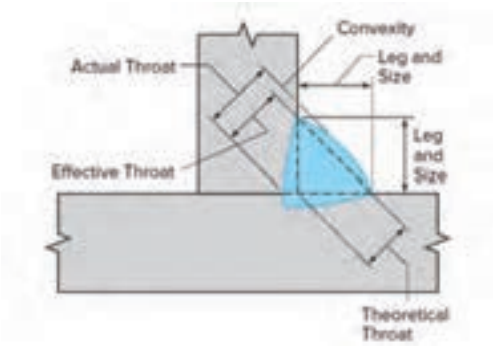
ابعاد و اندازه جوش شیاری

جدول زیر ابعاد و اندازه جوش شیاری را نشان می‌دهد.



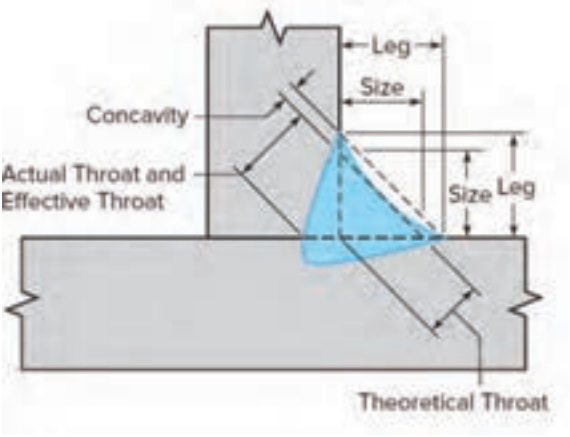
Weld Toe: گلویی جوش	Weld Face: سطح جوش	Reinforcement: تقویت	Weld Size: اندازه جوش
Weld shoulder: شانه جوش	Root Face: سطح ریشه	Fusion Beyond Groove Face: فلز پایه ذوب شده	Root Opening: بازشدگی ریشه

مشخصات جوش فیلت محدب

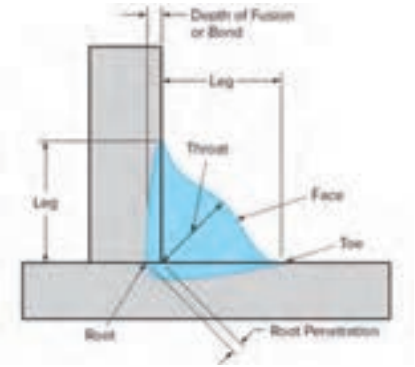


Leg:	ساق جوش	Size:	اندازه جوش	Actual Throat:	گلوی واقعی جوش
Effective Throat:	گلوی مؤثر جوش	Theoretical throat:	گلوی تئوری جوش	Convexity:	تحدب جوش

مشخصات جوش فیلت مقعر

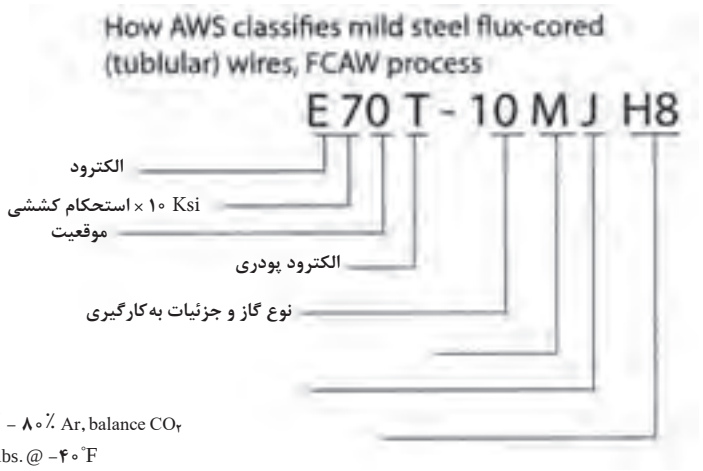


Leg:	پاشنه جوش	Size:	اندازه جوش	Actual Throat:	گلوی واقعی جوش
Effective Throat:	گلوی مؤثر جوش	Theoretical throat:	گلوی تئوری جوش	Cocavity:	تعقر جوش

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



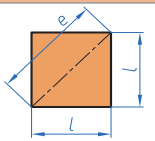
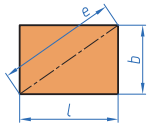
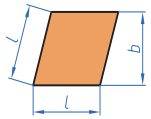
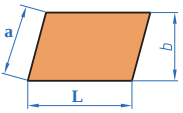
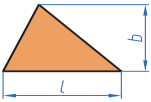
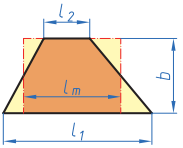
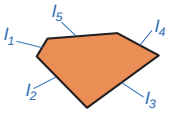
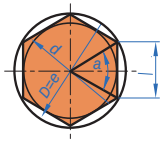
Mixed Gas: ۷۵٪ – ۸۰٪ Ar, balance CO_2

Impacts: –۲۰ ft.lbs. @ –۴۰°F

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

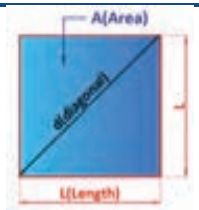
موقعیت جوشکاری، گازمحافظ، قطبیت وسایر الزامات به‌کارگیری الکترودهای تو پودری

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		$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$	

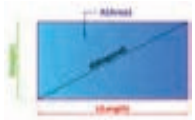
مربع

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: $d = \sqrt{L^2 + h^2}$	

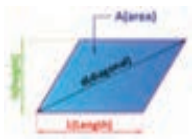


لوزی

پارامترها / محاسبات	
	قطرها: d۱ و d۲ 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: $A = (d۱ \times d۲)/۲$	

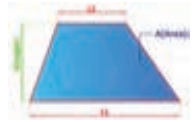
متوازی‌الاضلاع

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

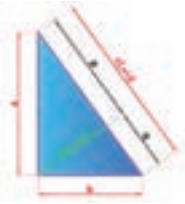
پارامترها / محاسبات	
	مساحت: A ارتفاع: h طول قاعده بزرگ: $L_۱$ طول قاعده کوچک: $L_۲$
مساحت ذوزنقه: $A = \frac{l_۱ + l_۲}{۲} \times h$	مثال: $l_۲$=۲۰mm h =۲۵ mm $l_۱ = ۴۰mm$ ⇨ A =? $A = \frac{l_۱ + l_۲}{۲} \times h = \frac{۴۰mm + ۲۰mm}{۲} \times ۲۵mm = ۷۵۰mm^2$



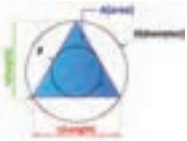
مثلث

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

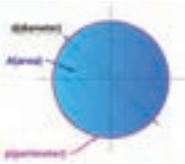
مثلث قائم‌الزاویه

پارامترها / محاسبات		
	مساحت: A ارتفاع: h طول اضلاع مجاور زاویه قائم: a,b طول وتر: c	
قضیه فیثاغورس: $c^{۲} = a^{۲} + b^{۲}$	مثال: c =۵ mm, a =۴ mm ⇨ 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	
مساحت مثلث متساوی الاضلاع: $A = \frac{\sqrt{۳}}{۴} \times l^{۲}$	مثال: $(\sqrt{۳} = ۱/۷۳)$, l=۱۰۰ mm ⇨ 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	
مساحت دایره: $A = \frac{\pi \times d^{۲}}{۴}$	مثال: d=۱۰۰mm ⇨ 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: $D = \sqrt{d^۲ + l^۲}$	

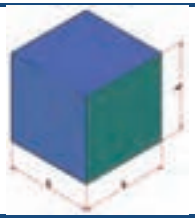
قطاع دایره

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

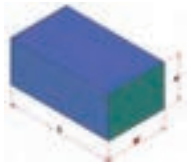
پارامترها / محاسبات	
	مساحت: A پهنای حلقه:b قطر داخلی: d قطر خارجی:D قطر میانی:d_m
مساحت حلقه دایروی: $A = \pi \times d_m \times b$ $A = \frac{\pi}{۴} \times (D^۲ - d^۲)$	مثال: D=۱۴۰mm ; d=۱۲۰mm ⇨ A=? $A = \pi \times d_m \times b = ۳/۱۴ \times ۱۳۰ \times ۱۰ = ۴۰۸۲\ mm^۲$ $A = \frac{\pi}{۴} \times (D^۲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

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



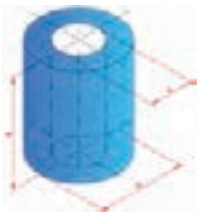
پارامترها / محاسبات	
	مساحت: A_o حجم:V طول ضلع: l عرض:w ارتفاع:h
حجم مکعب مستطیل: $V = l \times w \times h$	مثال: l=۱۰۰mm ,w=۴۰mm ,h=۳۰mm⇨ V =? $V = l \times w \times h = 100 \times 40 \times 30 = 120000\ mm^3$
مساحت مکعب مستطیل: $A_O = ۲ \times (l \times w + l \times h + w \times h)$	

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: $A_O = \pi \times (D + d) \times \left[\frac{۱}{۲} \times (D - d) + h\right]$	

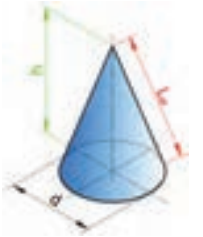


هرم

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. $V = \frac{\pi \times d^3}{6} = \frac{3/14 \times 60^3}{6} = 113040\ mm^3 = 0/000113040 m^3$ $m = V \times \rho = 0/000113040 m^3 \times 8900 \frac{kg}{m^3} = 1/006\ kg$	

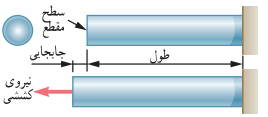
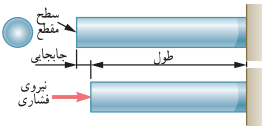
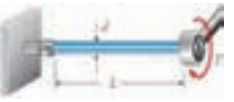
جرم طولی

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 ۲m² 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.			