جوش

آشنایی با فرآیندهای و بازرسی جوش در ساختمان

مدرس :

حمید روستا

گردآورنده : سید وحید حمیدی

منابع :

۱- آشنایی با فرآیند جوشکاری و بازرسی جوش در ساختمان

۲- آیین نامه جوشکاری ساختمان ایران (آجا) « نشریه ۲۲۸ »

۳- راهنمای جوش و اتصالات جوشی در ساختمان های فولادی

٤- آیین نامه اتصالات در سازه های فولادی « نشریه ٢٦٤ »

٥- مبحث دهم مقررات ملی ساختمان

٦- مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان

جوش (Weld) :

یکپارچه کردن دو قطعه در محل تماس آن دو ، از طریق ایجاد یک امتزاج متالوژیکی (Metallurgical Fusion) در محل تماس .

- چسب کاری و لحیم کاری جوش محسوب نمی شوند .

مکانیزم امتزاج :

۱- فشار (مانند : چکش کاری و ملیله کاری)

۲- ذوب شدن

- ۱- اصطکاک
- ۲- حرارت با شعله مستقیم
- ۳- جریان برق

انواع جوشکاری :

۱- جوش اصطکاکی Friction Weld

۲- جوش مقاومت (نقطه ای) Resistance Weld - (Spot Weld)

۳- جوش قوس الکتریکی Electrical Arc Weld :

a - جوش قوس الکتریکی با الکترود فلزی روکش دار (SMAW)
Shielded Metal Arc Welding

b - جوش قوس الکتریکی زیر پودری (غوطه ای) (SAW)
Submerged Arc Welding

c - جوش قوس الکتریکی توپودری (باالکترود مغزه دار) (FCAW)
Flux Core Arc Welding

d - جوش قوس الکتریکی تحت حفاظت گاز

d = جوش قوس الکتریکی تحت حفاظت گاز

گاز بی اثر (Inert Gas) :

He , Ne , Ar

گاز فعال (Activated Gas) :

Co2

1-d: جوش قوس الکتریکی با الکترود فلزی تحت حفاظت گاز (GMAW)
Gas Metal Arc Welding

1-1-d: جوش قوس الکتریکی با الکترود فلزی تحت حفاظت گاز بی اثر
(MIG) Metal Inert Gas

2-1-d: جوش قوس الکتریکی با الکترود فلزی تحت حفاظت گاز فعال
(MAG) Metal Activated Gas

d = جوش قوس الکتریکی تحت حفاظت گاز

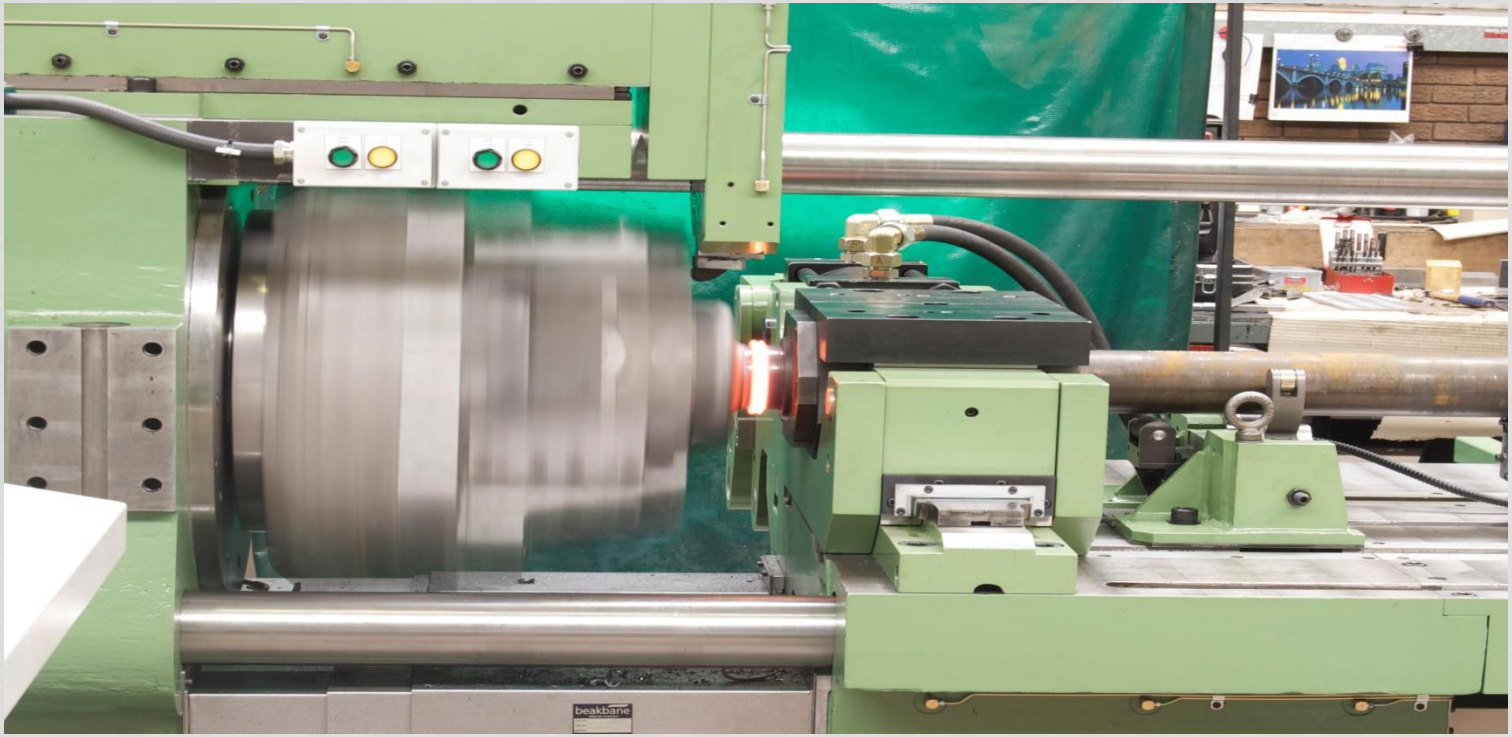
2-d: جوش قوس الکتریکی با الکترود تنگستن تحت حفاظت گاز (GTAW)
Gas Tungesten Arc Welding

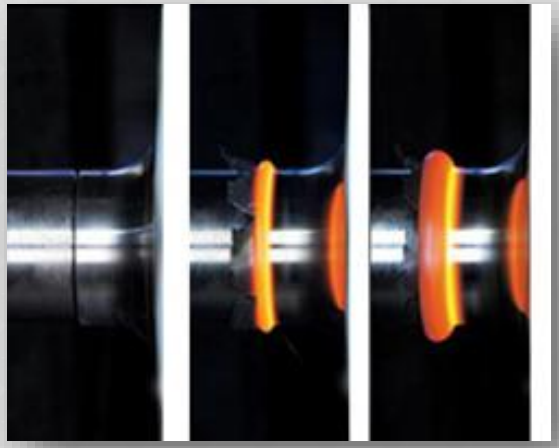
1-2-d: جوش قوس الکتریکی با الکترود تنگستن تحت حفاظت گاز بی اثر
(TIG) Tungesten Inert Gas

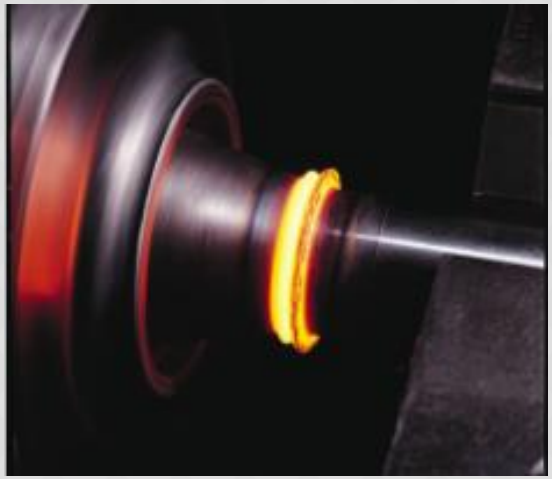
2-2-d: جوش قوس الکتریکی با الکترود تنگستن تحت حفاظت گاز فعال
(TAG) Tungesten Activated Gas

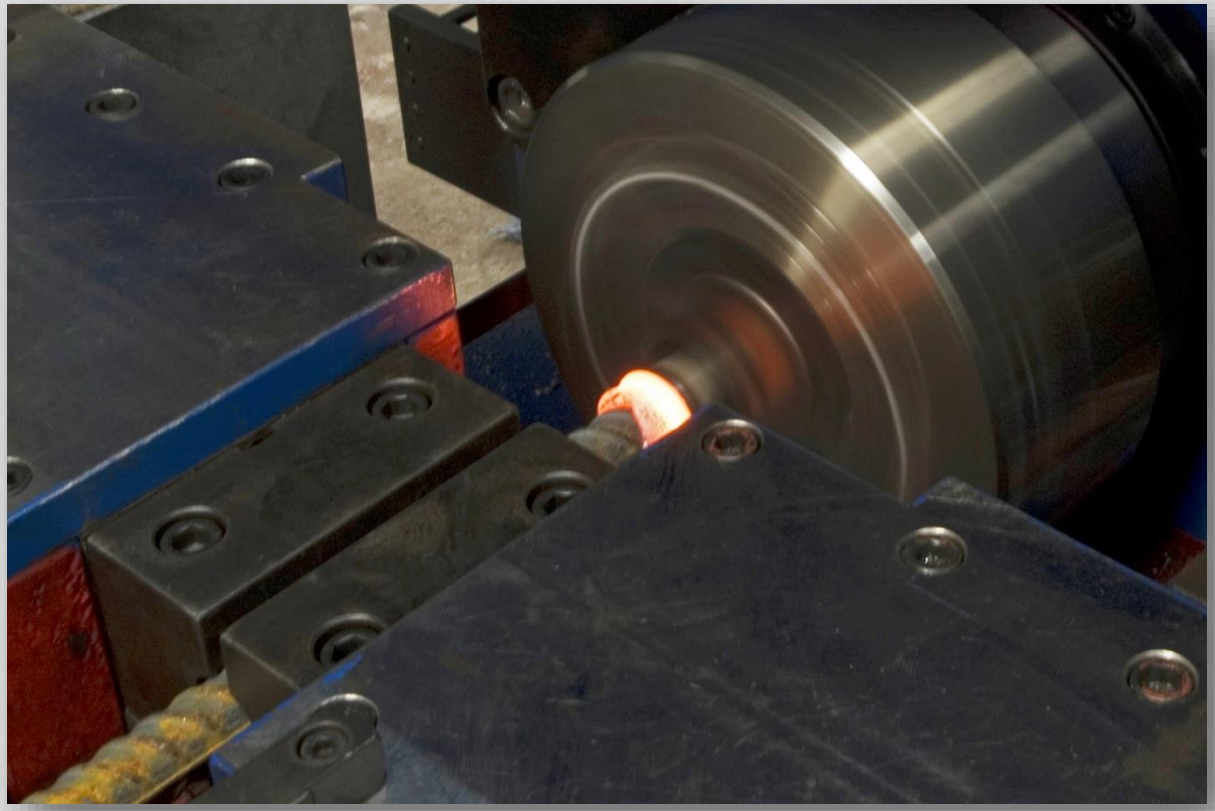
1 = جوش اصطکاکی (FRICTION WELD) :

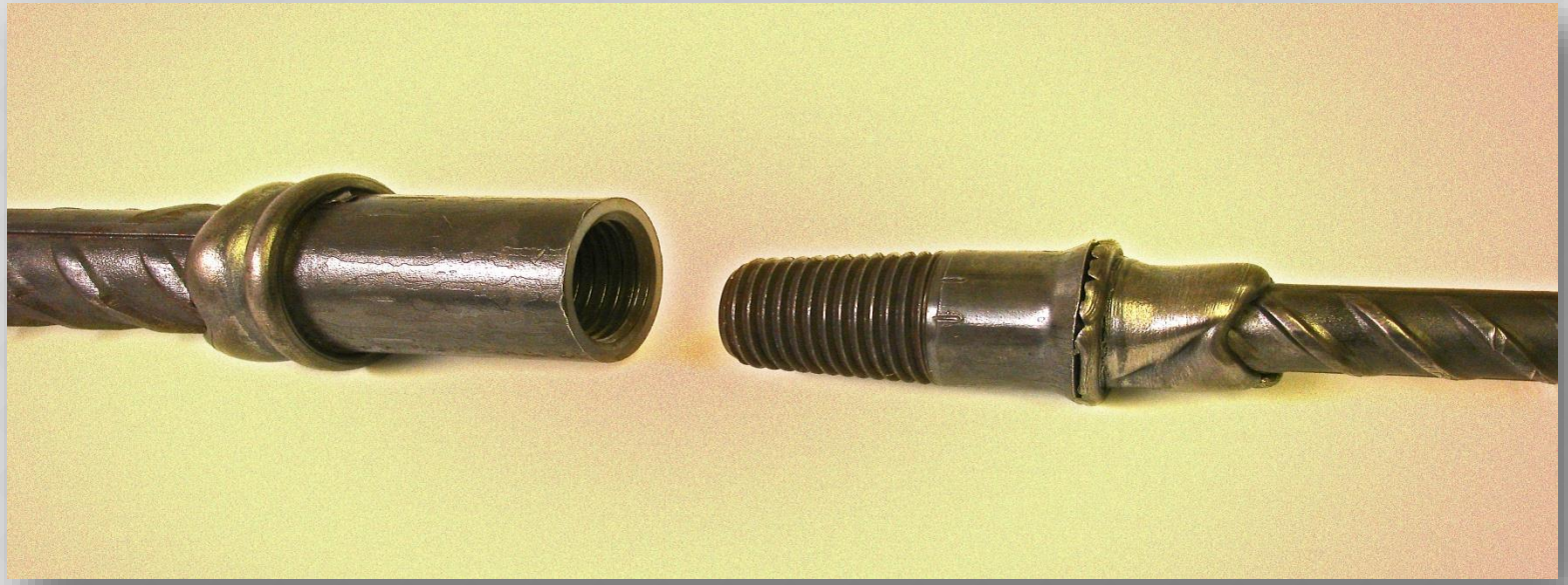
این جوش ، جزء جوش های کارخانه ای قرار می گیرد .

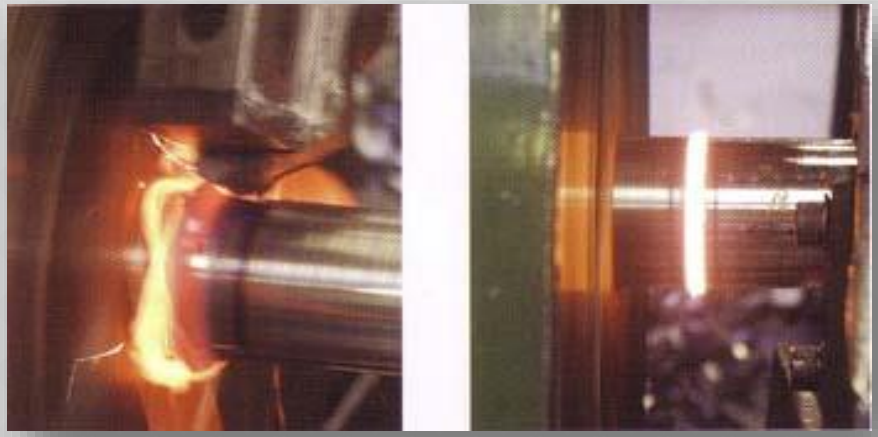

beakbane











محاسن :

۱- از مکانیزم ذوب شدن و فشار استفاده شده است .

۲- از بین مکانیزمهای جوشکاری مطرح شده این جوش به شدت جریان کمتری نیازدارد.

۳- کیفیت این جوش بسیار بالاست . در تک تک نقاط تماس امتزاج متالوژیکی صورت می گیرد .

٤- برای جوشکاری قطعات فلزی و غیر فلزی می تواند مورد استفاده قرار گیرد .

٥- نیاز به کارگر (اپراتور) ماهر ندارد .

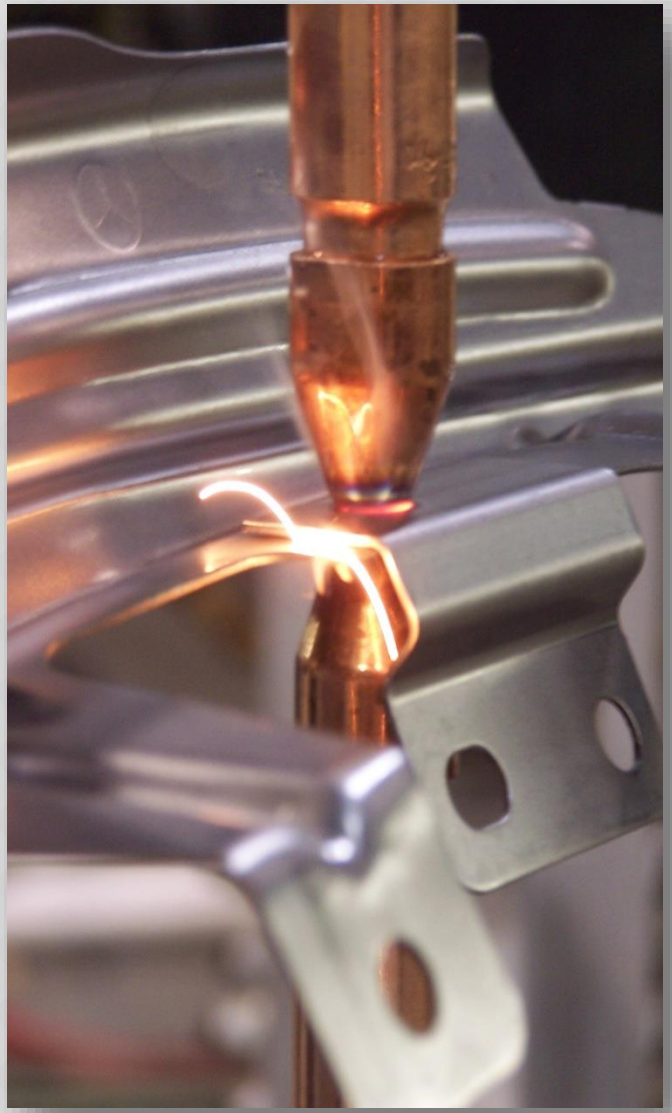
معایب :

۱- هزینه دستگاه بالا است .

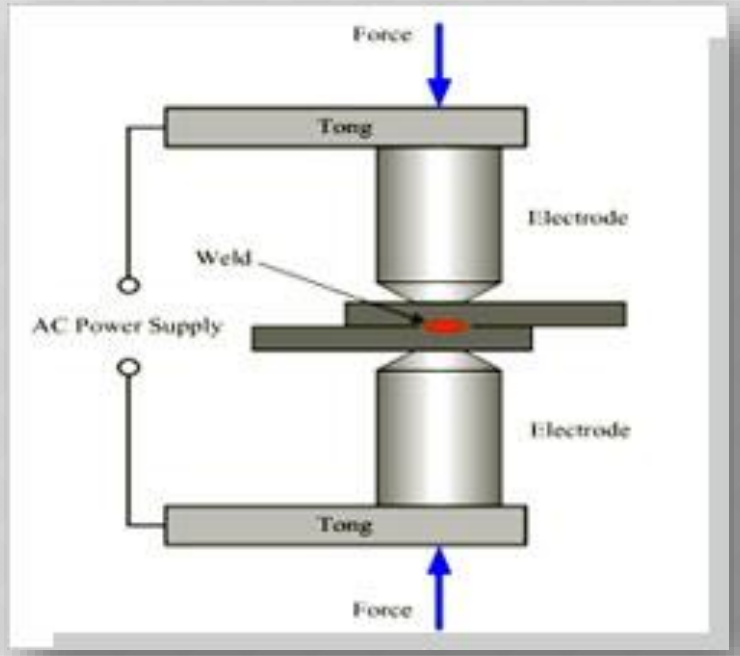
۲- برای جوشکاری قطعاتی که مقطع دایره ای ندارند قابل استفاده نمی باشد .

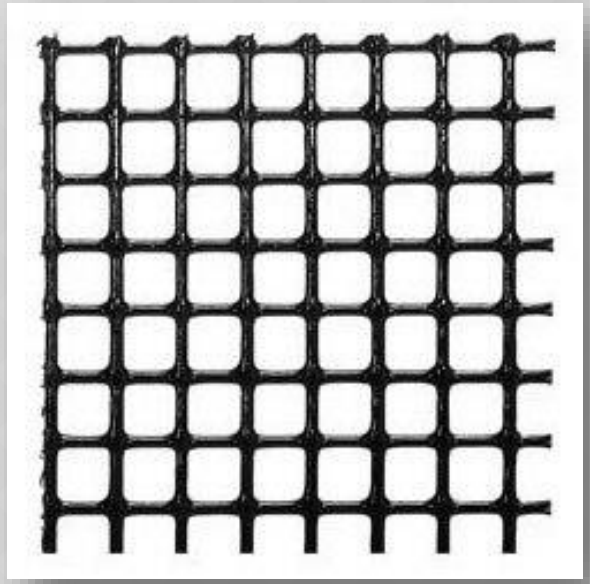
۳- جوشکاری قطعات بزرگ با این روش امکان پذیر نمی باشد .

جوش مقاومت (RESISTANCE WELD) :



- در یک فاصله زمانی کوتاه
- شدت جریان بسیار بالا
- به صورت موضعی



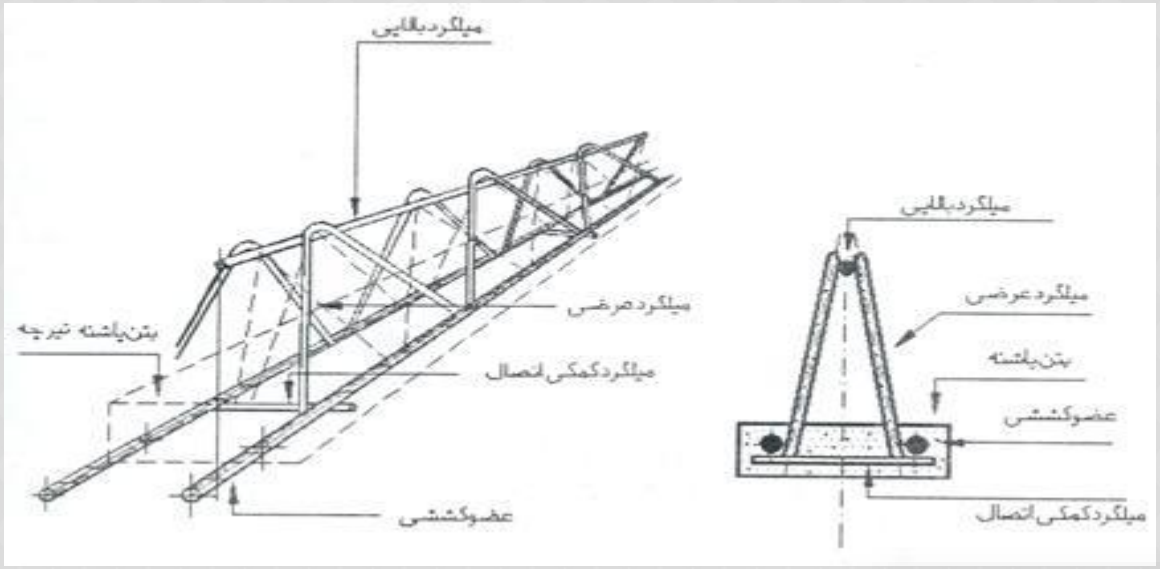


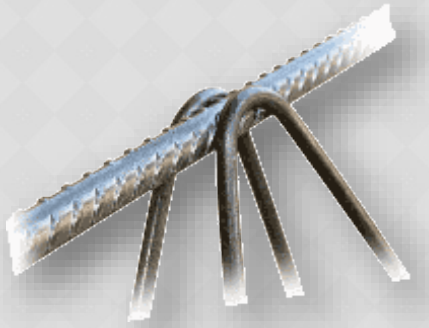
کاربرد :

۱- تهیه شبکه آرماتور آماده

کاربرد :

۲- تهیه خرپای تیرچه سقف های تیرچه بلوک



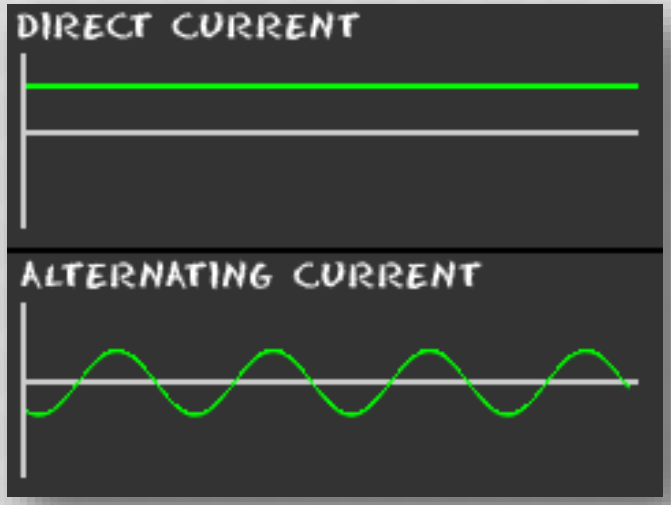


جریان برق :

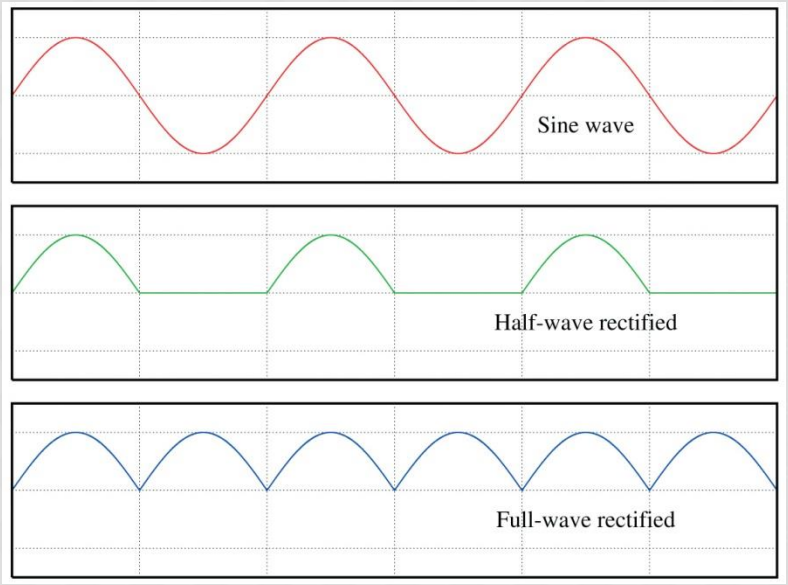
- پیل های الکتروشیمیایی .
- خاصیت القای الکترو مغناطیسی :

دیزل ژنراتورها - نیروگاههای تولید برق

جریان مستقیم (D.C)



جریان متناوب (A.C)



منابع جریان برق :

۱ - برق شهر

۲ - دیزل ژنراتور

- استفاده از برق تک فاز برای جوشکاری ساختمانی ممنوع می باشد

برق مورد استفاده برای جوشکاری ساختمانی

برق سه فاز می باشد (ولتاژ : ۳۸۰ ولت)

ماشین جوشکاری :

وسیله ای است که برق مناسب برای جوشکاری (ولتاژ و آمپراژ مناسب) را در اختیار ما قرار میدهد .

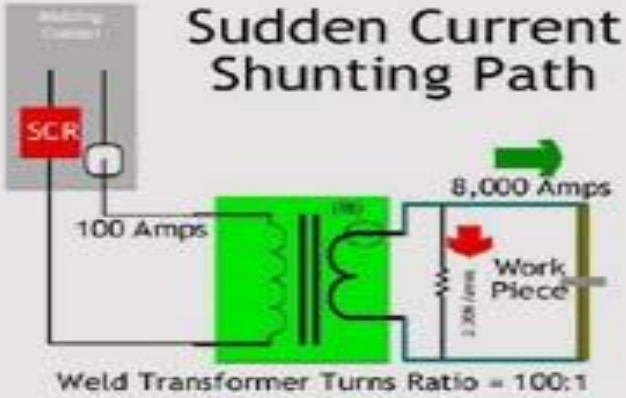
۱ - ترانس (ترانسفورماتور)

۲ - رکتیفایر (یکسو کننده)

۳ - دینام

٤ - موتور ژنراتور

۱ - ترانس (ترانسفورماتور)



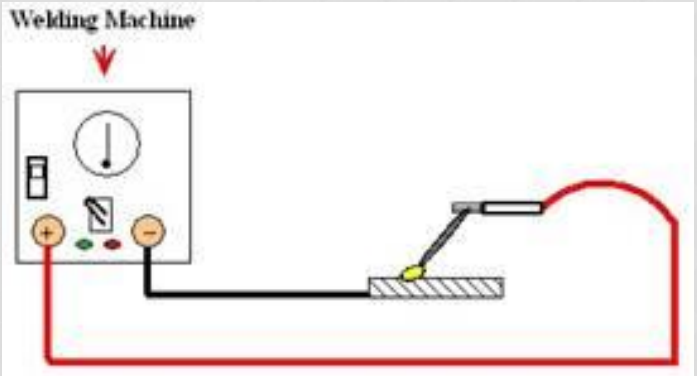
۲ - رکتیفایر (یکسو کننده) :

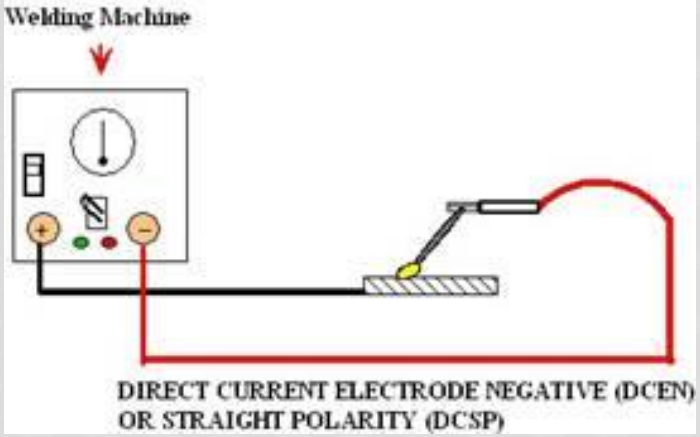
۳ - دینام :

AIR PLASMA 100
AVRIN
PLASMA 50
AVRIN
AIR PLASMA 150
AVRIN
AIR PLASMA
100
AIR PLASMA
50
AIR PLASMA
150
AVRIN

٤ - موتور ژنراتور :

قطبیت جریان در جوشکاری : (POLARITY)





- جریان با قطبیت معکوس :

DC^{+} - DCEP - DCRP

(Reverse polarity)

- جریان با قطبیت مستقیم :

DC^{-} - DCEN - DCSP

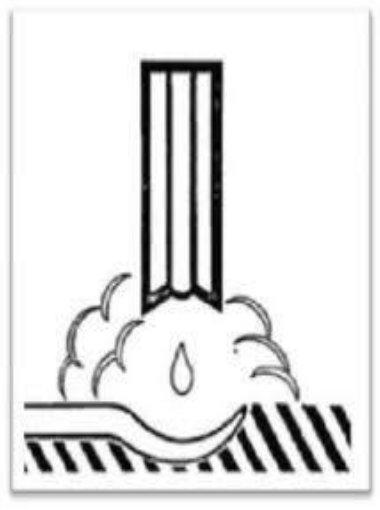
(Straight polarity)

D.C

قوس الکتریکی (ELECTRIC ARC) :

هرگاه جریان الکتریکی از طریق ستونی از گازهای یونیزه شده انتقال یابد گوییم در آن محل قوس الکتریکی تشکیل شده است .

دما در محل قوس الکتریکی 6000 °f ≈ 3600 °c



طول قوس الکتریکی : Arc Lengh

- طول قوس مناسب : ۰/۸ قطر الکترود میباشد

- کاهش طول قوس : افزایش شدت جریان ، کاهش اختلاف پتانسیل
- افزایش طول قوس : کاهش شدت جریان ، افزایش اختلاف پتانسیل و افزایش پاشش مواد ذوب

- نفوذ جوش

هرچه مشارکت فلز پایه در محل جوش بیشتر باشد می گوییم نفوذ جوش بیشتر می شود .

- سرعت جوش : سرعت مصرف الکترود

تأثیر قطبیت جریان بر جوشکاری :

DC⁻
- $\frac{۱}{۳}$ حرارت روی الکترود ایجاد می شود .
- $\frac{۲}{۳}$ حرارت روی قطعه کار ایجاد می شود

برای DC^+ عکس موضوع بالاست .

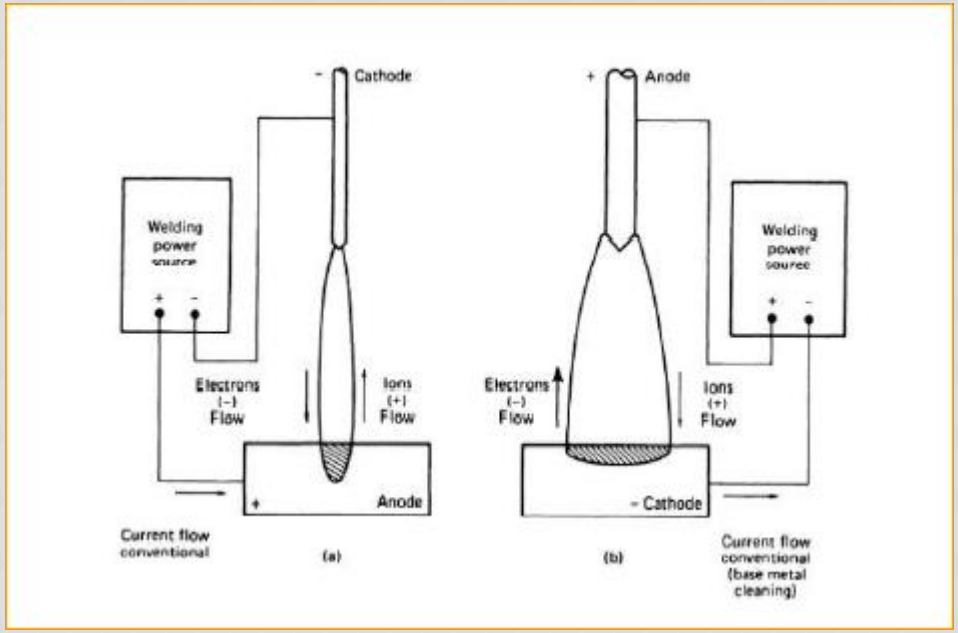
به شرط آنکه استاندارد الکترود اجازه استفاده از DC^- یا DC^+ را داده باشد

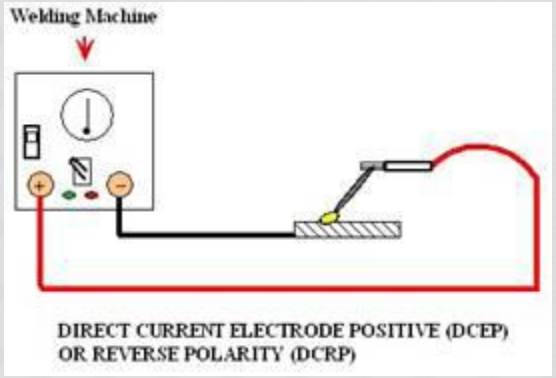
و در شرایط کاملا یکسان جوشکاری :

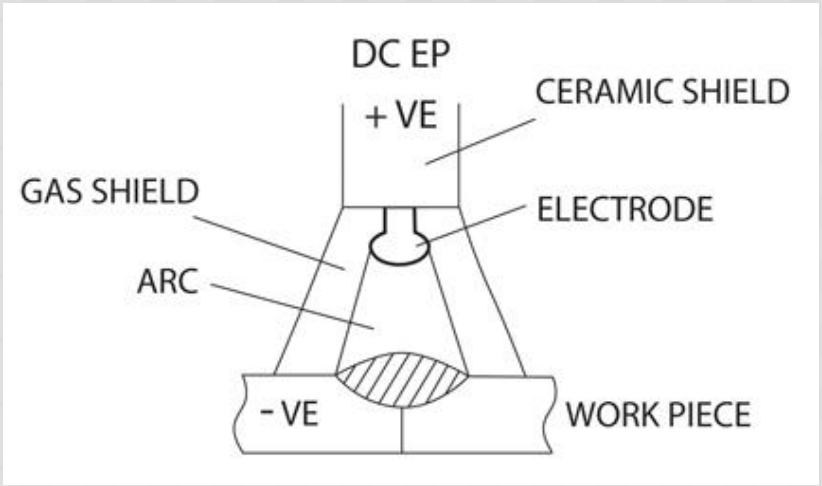
- در DC^+ سرعت ذوب الکترود بالاتر است .
- در DC^- نفوذ جوش بیشتر است .

Current Type	DCEN	DCEP	AC (Balanced)
Electrode Polarity	Negative	Positive	
Electron and Ion Flow / Penetration Characteristics			
Oxide Cleaning Action	No	Yes	Yes-Once Every Half Cycle
Heat Balance In The Arc (Approx.)	70% At Work End 30% At Electrode End	30% At Work End 70% At Electrode End	50% At Work End 50% At Electrode End
Penetration	Deep; Narrow	Shallow; Wide	Medium
Electrode Capacity	Excellent 1/8" (3.2mm) 400 A	Poor 1/4" (6.4mm) 120 A	Good 1/8" (3.2mm) 225 A

در جو شکاری با جریان DC^{+} سطح فلز پایه توسط برخورد یونهای مثبت تمیزکاری می شود .

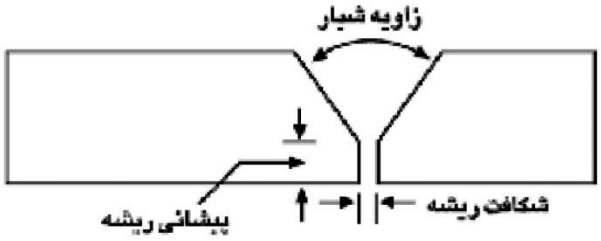






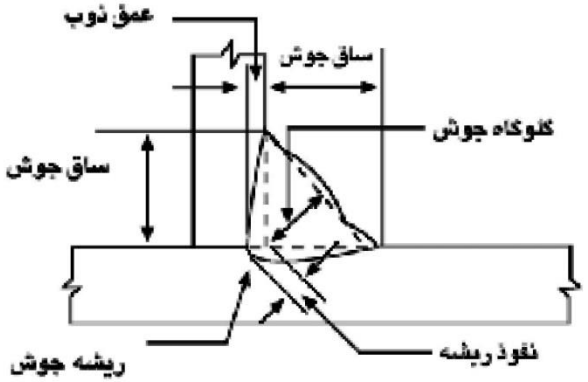
۱-۹. انواع جوش

الف. جوش شیاری (Groove Weld)



شکل ۱-۱۷. ساختار جوش شیاری در اتصال لب به لب

ب. جوش گوشه (Fillet Weld)



شکل ۱-۱۸. ساختار جوش گوشه در اتصال سپری

(GROOVE WELD) G جوش شیاری :

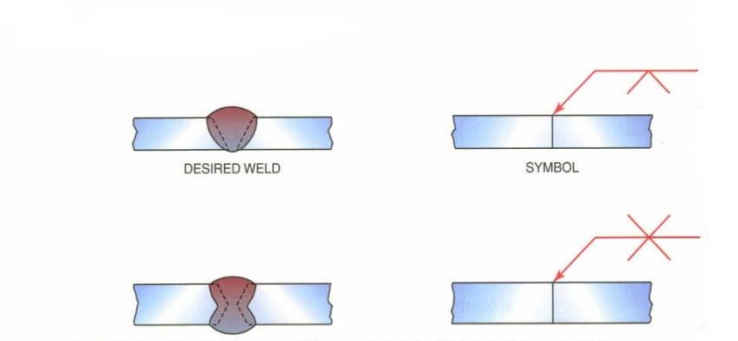


FIGURE 18-40 Designating single- and double-groove welds with complete penetration.
Society.

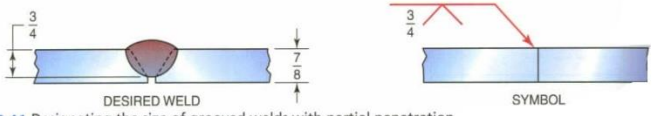


FIGURE 18-41 Designating the size of grooved welds with partial penetration.

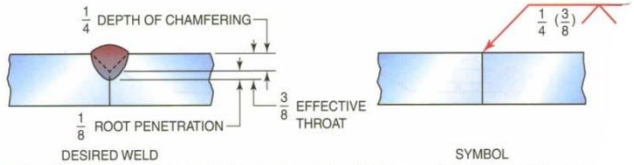


FIGURE 18-42 Showing size and root penetration of grooved welds. Courtesy of the American Welding Society.

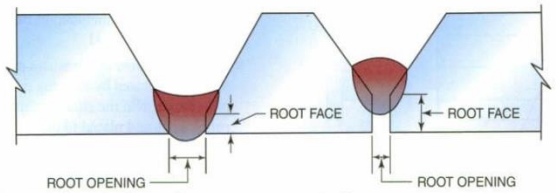
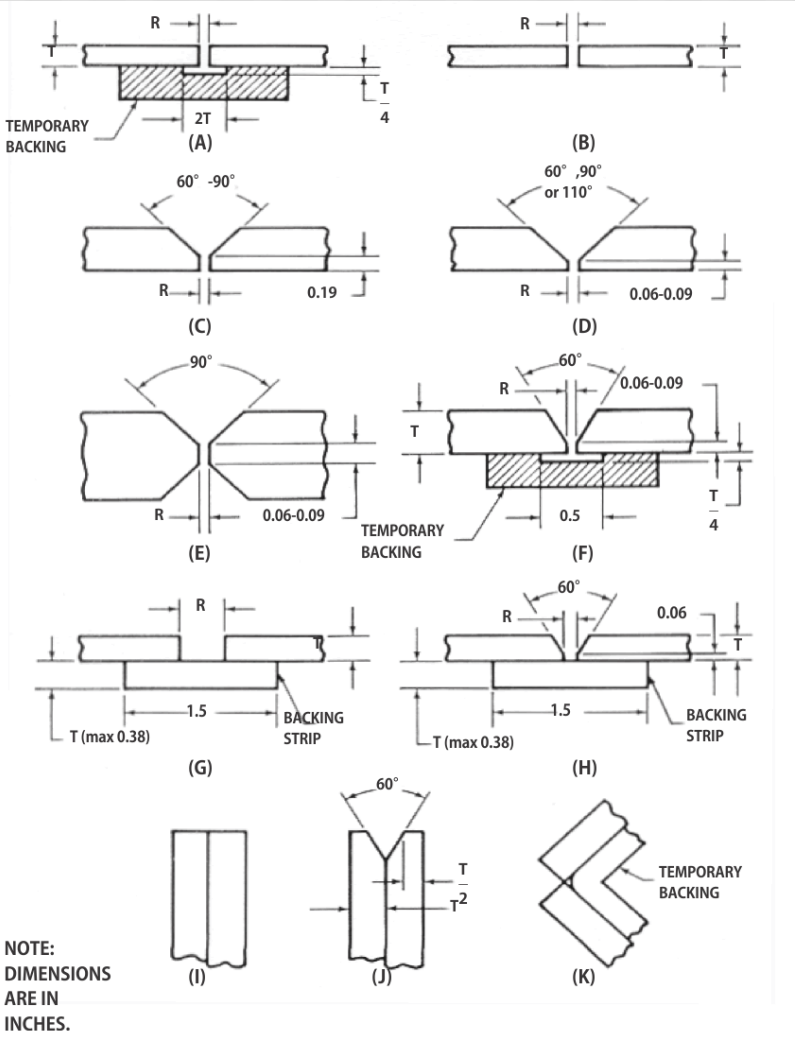


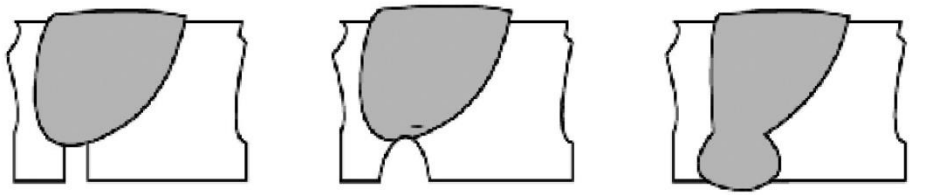
FIGURE 18-43 Effect root dimensioning can have on groove penetration.



۱-۱۲.جوش شیاری

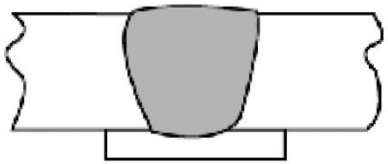
الف.جوش شیاری با نفوذ کامل

ضخامت گلوئی مؤثر (اندازه جوش) یک جوش شیاری با نفوذکامل برابر با ضخامت فلز پایه است. در اتصال دو ورق با ضخامت مختلف، ضخامت جوش برابر با ضخامت ورق نازکتر است.مطابق الزامات پیش پذیرفته آیین نامه جوش ، به منظور دستیابی به نفوذ کامل یا باید پشت درز جوش را توسط شیارزنی، آماده نموده و سپس توسط یک پاس جوش از پشت ، جوش اتصال کامل شود و یا به جای شیار زنی پشت از ورق پشت بند استفاده کرد.



الف.جوشکاری از طرفی که آماده سازی شده — ب. شیارزنی از طرف دیگر — ج. انجام جوشکاری از پشت شیار

شکل ۱-۲۶. مراحل اجرایی جوش شیاری بانفوذ کامل با استفاده از شیارزنی پشت



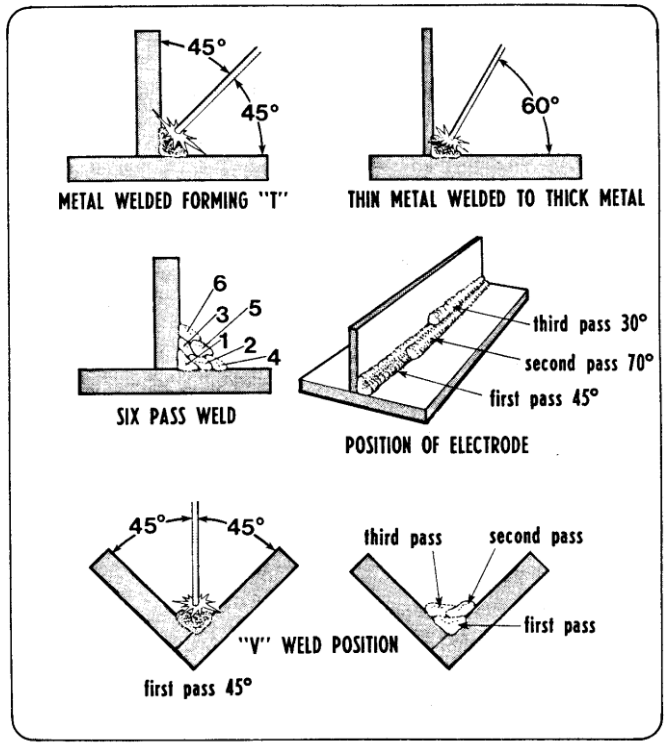
شکل ۱-۲۷. تامین جوش شیاری بانفوذ کامل با استفاده از ورق پشت بند

جوش پشت (Back weld) : انجام جوشکاری از پشت شیار

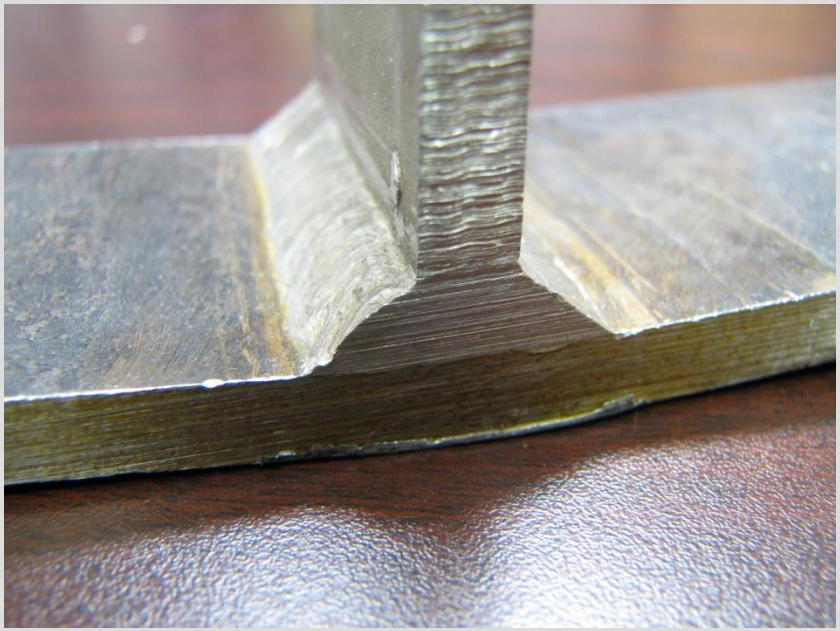
(FILLET WELD) F جوش گوشه :

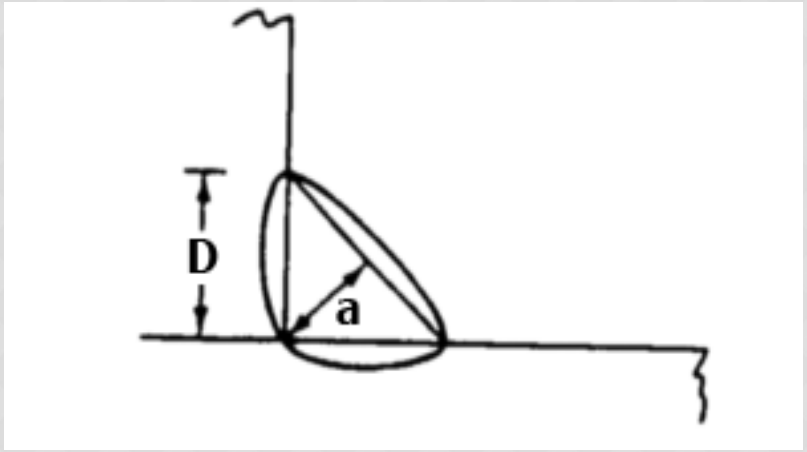
TM 10

STEPS IN MAKING FILLET WELDS



20



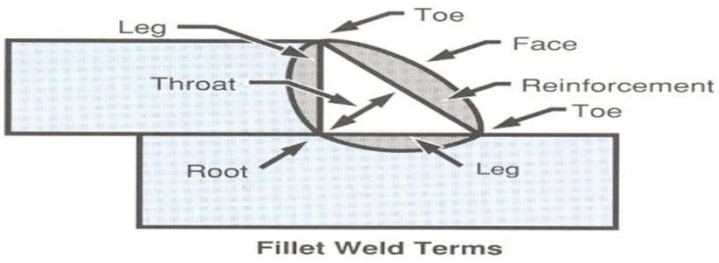


جوش گوشه باساق مساوی :

$$a = \frac{\sqrt{2}}{2} D$$

D = ساق جوش

a = گلوی جوش گوشه



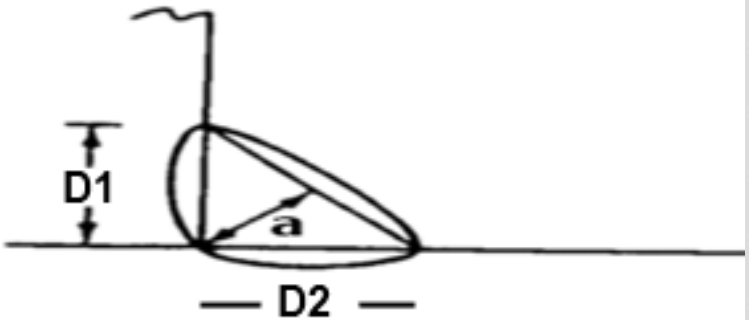
Fillet Weld Terms

جوش گوشه باساق نامساوی :

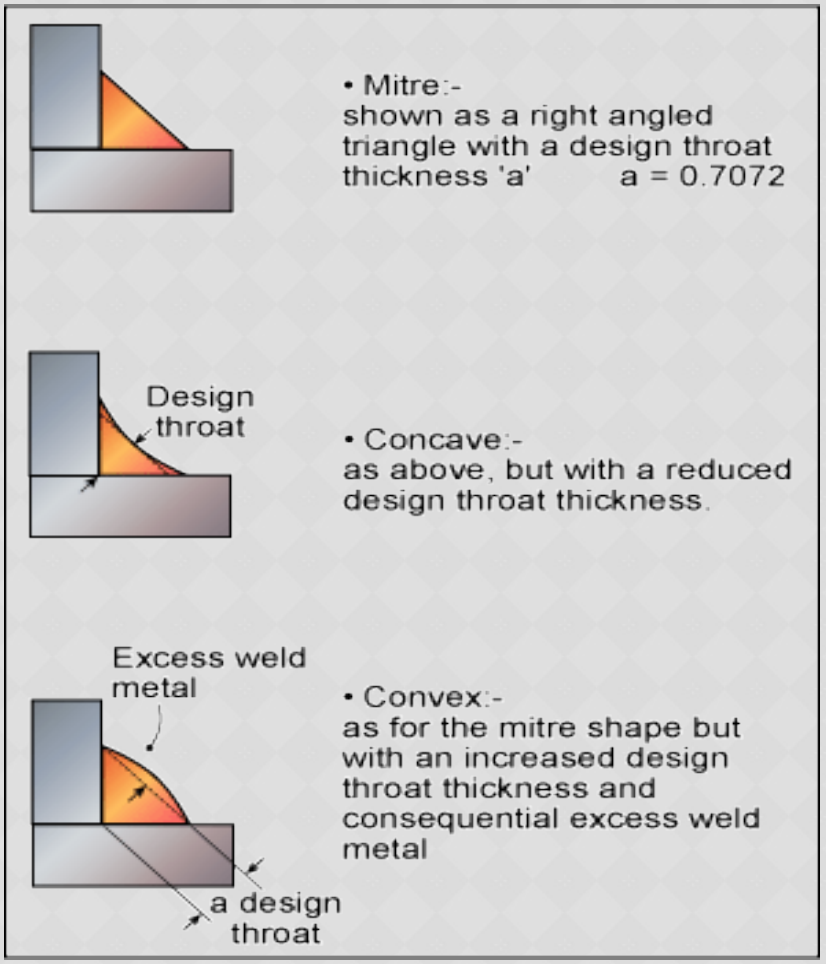
$$a = \frac{D_1 D_2}{\sqrt{((D_1)^2 + (D_2)^2)}}$$

D = ساق جوش

a = گلوی جوش گوشه



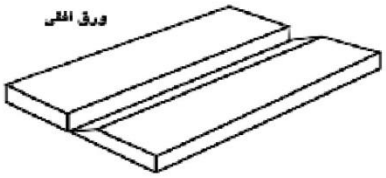
جوش مقعر



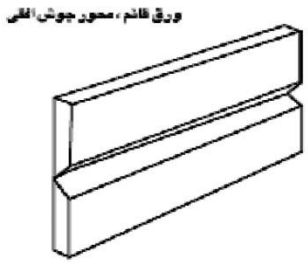
جوش زیاد حسن نیست و جزء معایب جوش به حساب می آید و مازاد آنرا باید سنگ زد

۱-۱٤. وضعیت های جوشکاری

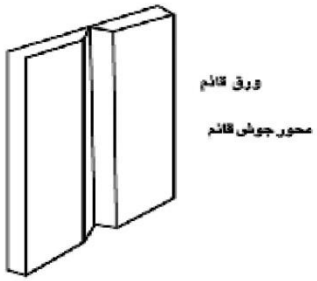
الف . وضعیت های جوش شیاری



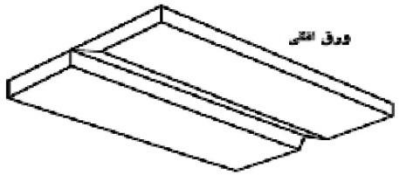
وضعیت جوشکاری 1G



وضعیت جوشکاری 2G



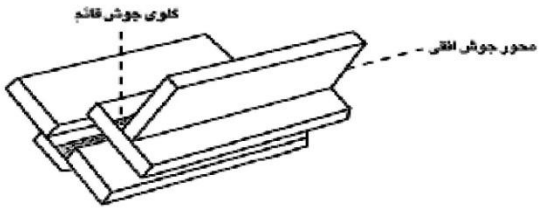
وضعیت جوشکاری3G



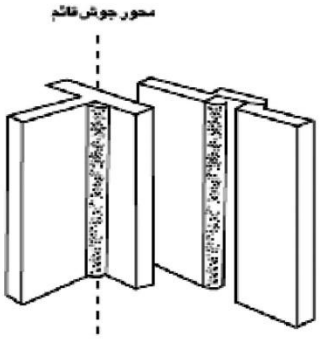
وضعیت جوشکاری4G

شکل ۱-۳۱. تعریف وضعیت های جوش شیاری

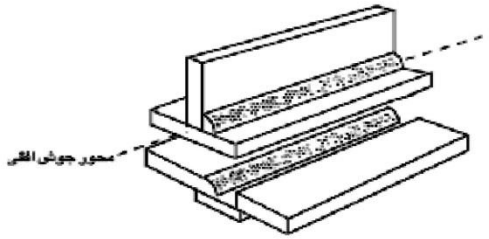
ب. وضعیت های جوش گوشه



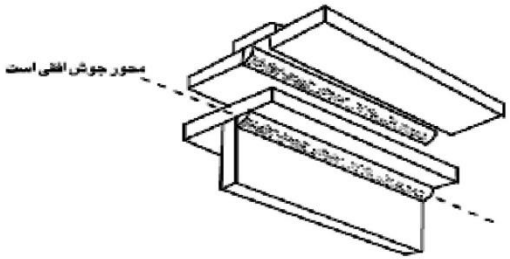
وضعیت جوشکاری 1F



وضعیت جوشکاری3F



وضعیت جوشکاری 2F



وضعیت جوشکاری 4F

شکل ۱-۳۲. تعریف وضعیت های جوش گوشه

- سوختن جوش (اکسیده شدن) :

اگر اکسیژن هوا با فلز جوش ترکیب شود .

- نیتراته شدن جوش :

اگر نیتروژن هوا با فلز جوش ترکیب شود .

(سبب ترد شدن فلز جوش می شوند)

- حفاظت جوش :

حفاظت جوش در برابر اکسیده شدن و نیتراته شدن جوش

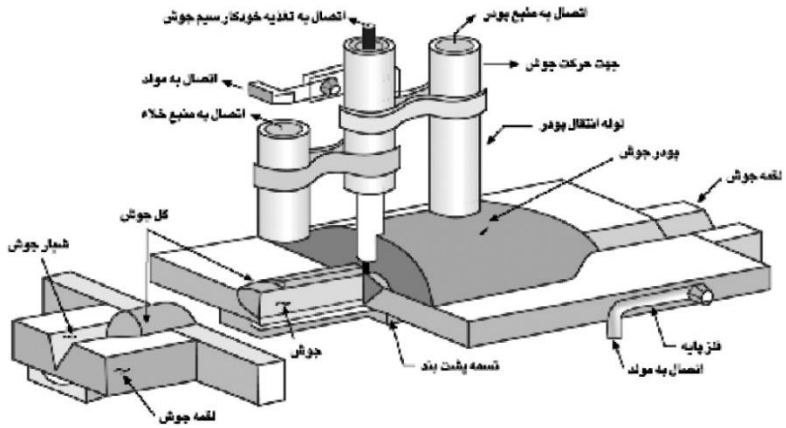
۱-۵-۱۱-۳. سرعت پیشروی

سرعت پیشروی قوس با ضخامت فلز تحت جوشکاری، مقدار جریان ، اندازه، شکل یا گرده دلخواه تغییر خواهد کرد. برای به دست آوردن سرعت پیشروی مناسب بهتر است جوش های تک پاسه ، به صورت ساده (غیر موجی) جوش داده شده و با طول قوس ثابت سرعتی در نظر گرفته شود که حوضچه مذاب تشکیل شده تقریباً دو برابر قطر الکترود باشد.

۱-۵-۱۱-٤. زاویه الکترود

در جوشکاری اتصالات لب به لب زاویه کار می بایست ۹۰ درجه و در اتصالات گوشه زاویه ۴۵ درجه مناسبترین زاویه کار است. زاویه راهنما در کلیه اتصالات لب به لب یا گوشه می بایست ۱۰ ± ۷۰ درجه باشد. انتخاب مناسب زاویه الکترود در کیفیت ظاهر جوش و نیز پیشگیری از بروز بعضی عیوب نظیر عدم ذوب ، نفوذ ناقص و بریدگی کنار جوش بسیارمؤثر است.

۱-٦. جوشکاری قوس الکتریکی زیر پودری Submerged Arc Welding (SAW)



شکل ۱-۱۰. جوشکاری قوس الکتریکی زیر پودری

۱-٦-۱. ویژگی های روش جوشکاری زیر پودری

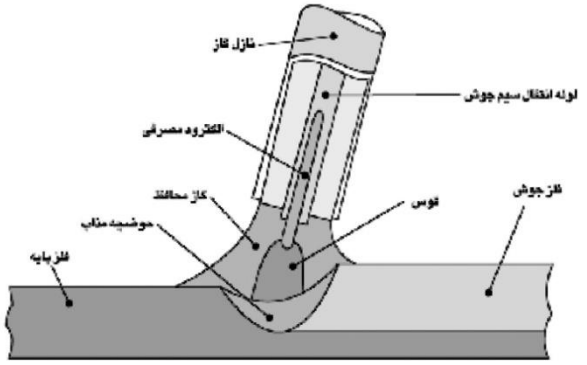
- قوس الکتریکی بین مفتول وقطعه کار در زیر پودر برقرار می شود.
- نفوذ جوش در این روش از سایر روش ها بیشتر است.

- جوش از کیفیت یکنواخت تر و بالاتری برخوردار است .
- جوشکاری بصورت ممتد قابل انجام است ، لذا بازدهی جوشکاری بالا است .
- چون جوشکاری بصورت اتوماتیک انجام می شود لذا کیفیت جوش بالاتر خواهد بود.
- ظاهر سطح جوش بهتر است .
- دود جوشکاری کم است.
- اشعه قوس رویت نمی شود.
- پاشش وجود ندارد.

۱-٦-۲.معایب روش جوشکاری زیر پودری

- برای ورق های نازک مناسب نیست.
- جوشکاری جوش شیاری فقط در وضعیت تخت و جوش گوشه در وضعیت های تخت و افقی قابل انجام است .
- هزینه تجهیزات بالاتر است .
- محل درز اتصال در حین جوشکاری قابل کنترل نیست.

۱-۷.جوشکاری قوس الکتریکی تحت حفاظت گاز (Gas Metal Arc Welding (GMAW



شکل ۱-۱۱. جوشکاری قوس الکتریکی تحت حفاظت گاز

wiseGEEK

۱-۷-۱.ویژگی های روش جوشکاری تحت حفاظت گاز(GMAW)

- قوس الکتریکی بین مفتول فلزی با قطعه کار تحت حفاظت گاز محافظ نظیر آرگون و یا دی اکسیدکربن انجام می شود.
- جوشکاری بصورت نیمه اتوماتیک واتوماتیک قابل انجام است .
- به علت عدم وجود گل جوش ، عیب حبس سرباره را نخواهیم داشت .
- برای جوشکاری ورقهای نازک مناسب است .
- جوشکاری میتواند بصورت ممتد صورت گیرد ، لذا کیفیت جوش بالاتر خواهد بود و بازدهی جوشکاری نیز افزایش می یابد.
- جوشکاری در وضعیت های مختلف تخت ، افقی ، عمودی و سقفی امکان پذیر است.
- مولد جوشکاری مورد استفاده از نوع رکتیفایر با سیستم ولتاژ ثابت و نوع قطبیت DCEP است.

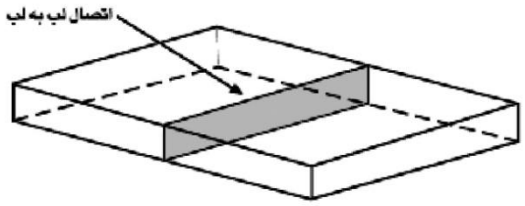
۱-۷-۲. معایب روش جوشکاری تحت حفاظت گاز (GMAW)

- جوشکاری اغلب در محیط های بسته قابل انجام است .
- امکان جوشکاری در فواصل دور از دستگاه جوش وجود ندارد .
- هزینه تجهیزات بالاتر است .
- برای جوشکاری ورق های خیلی ضخیم مناسب نیست.

۱-۸. انواع اتصال

در ساخت سازه های فولادی جوشی ، اتصالات مختلفی وجود دارد که از نظر شکل اتصال می توان آنها را به انواع زیر تقسیم بندی کرد:

الف. اتصال لب به لب (Butt joint)



شکل ۱-۱۲. اتصال لب به لب

۱-۵-۱۰-۱. وظایف مفتول

۱- هدایت جریان الکتریکی

۲- تامین فلزپرکننده درزجوش

۱-۵-۱۰-۲. وظایف روکش الکترود

۱- پایدارکننده قوس

۲- ایجاد اتمسفر گازی وسرباره محافظ و جلوگیری از نفوذ گازهای مزاحم

نظیر N_2 , O_2 به حوضچه مذاب

۳-انجام واکنش‌های سرباره، فلز مذاب و گاز، عمل تصفیه یا اضافه‌کردن

عناصر آلیاژی به حوضچه جوش

۴- تأمین شکل گردهٔ جوش بصورت برآمده و صافی مورد نظر با استفاده

از خاصیت ویسکوزیته و کشش سطحی سرباره

۵- کاهش سرعت سرد شدن حوضچه جوش

۶- پایین آوردن نقطه ذوب و خارج کردن ناخالصی‌ها از حوضچه جوش

۱-۵-۱۰-۳. تقسیم بندی الکترودها

الکترودها بر اساس نوع روکش ، جنس مفتول و ضخامت روکش طبقه بندی می شوند.

الف. طبقه بندی الکترودها بر اساس جنس مفتول

- الکترودهای بامفتول فولاد زنگ نزن (مخصوص جوشکاری فولادهای زنگ نزن)
- الکترودهای بامفتول فولاد کم کربن (مخصوص جوشکاری فولادهای ساختمانی و کم آلیاژ)
- الکترودهای بامفتول نیکل (مخصوص جوشکاری چدن ها، آلیاژهای پایه نیکل و فولادهایی با کربن زیاد)
- الکترودها ی بامفتول آلومینیم (مخصوص جوشکاری آلومینیوم و آلیاژهای آن)
- الکترودهای با مفتول مس (مخصوص جوشکاری مس و آلیاژهای آن)

ب. طبقه بندی الکترودها بر اساس نوع روکش

- الکترودهای با روکش روتیلی
- الکترودهای با روکش روتیلی پودر آهن دار
- الکترودها با روکش سلولزی
- الکترودهای با روکش قلیایی

جوشکاری می شوند نباید دمای آنها از صفر درجه کمتر باشد در صورتیکه دمای فلز کمتر از صفر درجه برسد باید تا ۲۰ درجه سانتیگراد حرارت ببینند. بنابراین بازرسین باید به رعایت دمای اولیه ورق و نیز دمای بین لایه های جوش توجه داشته و کنترل نمایند.

در صورتیکه دمای اطراف قطعه مورد جوشکاری از ^{o}C ۱۸- کمتر باشد انجام جوشکاری بکلی ممنوع است در محیط با دمای ۰ تا ^{o}C ۱۸- با ایجاد چادر و سرپوش وگرم کردن درون آن می توان دمای محیطی مناسب (با دمای حدود ۵ درجه سانتیگراد) برای جوشکار و جوشکاری فراهم نمود .پیش گرمایش باید به نحوی باشد که دمای اطراف نوک الکترود در دایره ای به شعاع ضخامت قطعه یا ۷۵ میلیمتر (هر کدام بزرگتر باشد) اعمال شود.نحوهٔ کنترل دمای پیشگرم با استفاده از ترمومتر پرتابل یا گچ مخصوص است.

۳-۳-۲-۸. تمیزکاری بین پاس های جوش

عدم تمیزکاری سرباره جوش بین لایه های مختلف در هنگام جوشکاری باعث حبس سرباره شده و این عیب موجب کاهش مقاومت اتصال می گردد.لذا باید جوشکاران در حین کار ابزار لازم برای تمیزکاری سرباره (گل جوش) را در اختیار داشته و نسبت به انجام این کار دقت لازم را اعمال نمایند.

تمیزکاری سرباره جوش در پاس نهایی نیز ضروری است زیرا :

اولاً : عدم تمیزکاری سرباره جوش باعث عدم امکان بازرسی چشمی نهایی جوش می شود.

ثانیاً : بعد از اتمام کار چون روی ورق و محل های اتصال ضدزنگ زده می شود . حضور سرباره جوش روی آن باعث عدم قرارگرفتن ضدزنگ روی محل جوش شده و شرایط برای خوردگی جوش آماده می شود.

ثالثاً : چون سرباره جوش روی سطوح جوش تماس کامل را نداشته لذا فضای بین سرباره با سطح جوش محل مناسبی برای انباشت بخار آب ، بخصوص در محیطهای مرطوب شده و باعث تشدید خوردگی می گردد.

رابعاً : سرباره جوش بعضی از الکترودها بویژه الکترودهای قلیایی باعث خوردگی سطح جوشها می شود.

۳-۳-۲-۹- کنترل آمپراژ و قطبیت

از آنجا که عدم تنظیم آمپر باعث بروز عیوب مختلف از جمله بریدگی کنار جوش ، حبس سرباره ، ناهمواری سطح جوش ، و ... می شود، لذا کنترل آمپراژ در حین کار با نوع و قطر الکترود ، با توجه به حالت جوشکاری مورد نظر ، امری ضروری است که بازرس باید در حین کار ، این مورد را کنترل نماید.

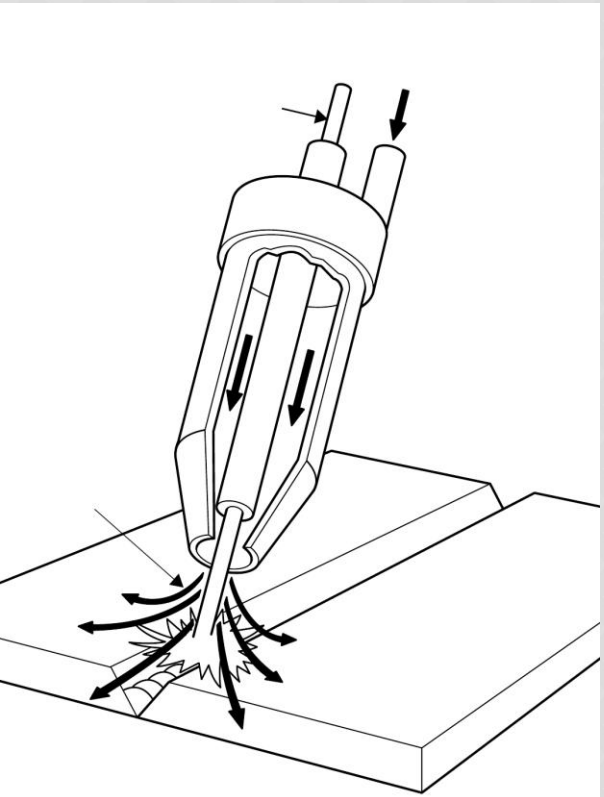
۳-۳-۳. بازرسی بعد از جوشکاری

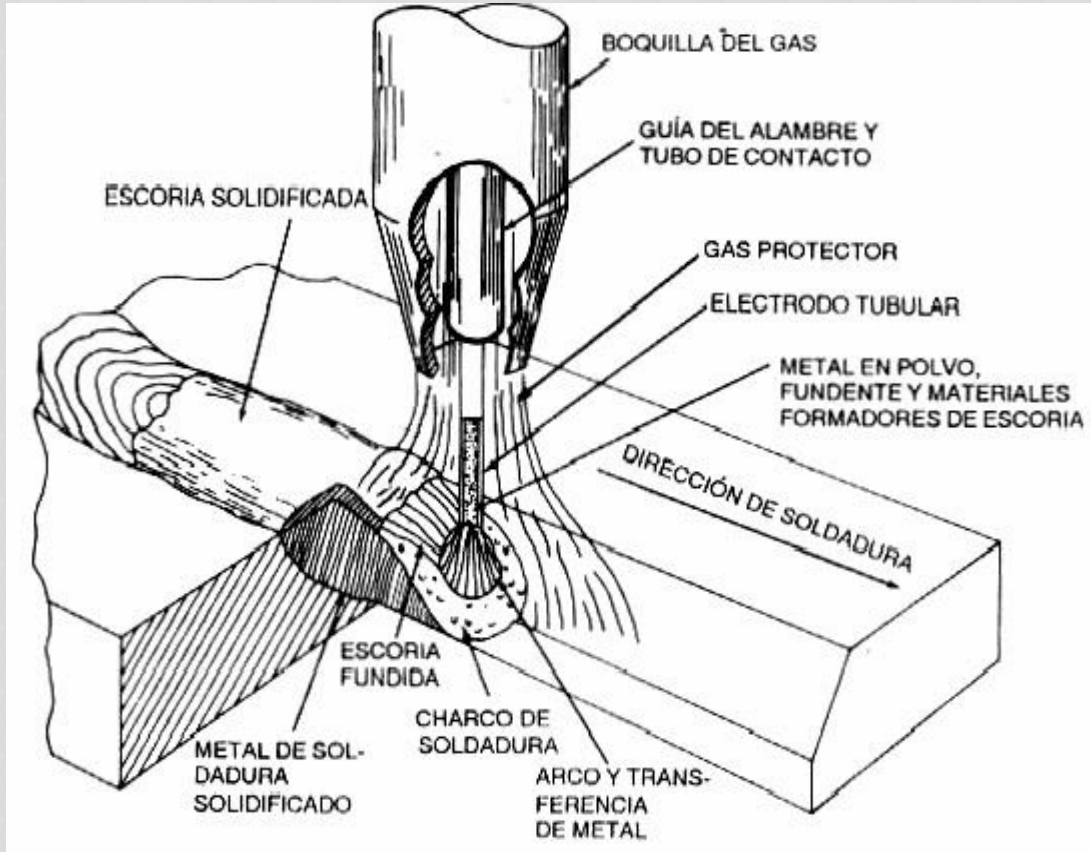
۳-۳-۳-۱. بازرسی سطح ظاهری جوش ها

بازرسی چشمی از نظر وجود عیب مرئی، ترک های سطحی (چه در جوش و چه در فلز مبنا)، بریدگی کناره جوش، تقعر یا تحدب زیاد گرده جوش، نامساوی بودن ساق ها، گرده اضافی، پرنشدگی کامل، نفوذ اضافی،

جوش FCAW (جوش کاری با الکترود توپودری) :

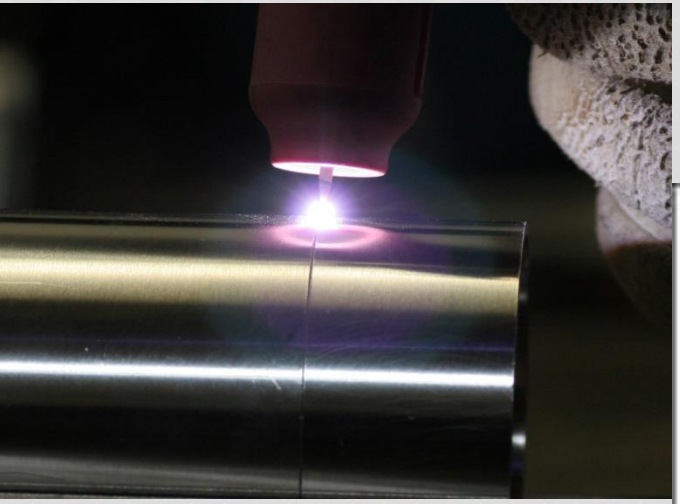
۱- پودر جوشکاری در داخل مغزه الکترود قرار دارد .
۲- الکترود به صورت پیوسته می باشد لذا جوشکاری به صورت ممتد انجام می شود .
۳- جوشکاری به صورت اتوماتیک یا نیمه اتوماتیک انجام می شود .

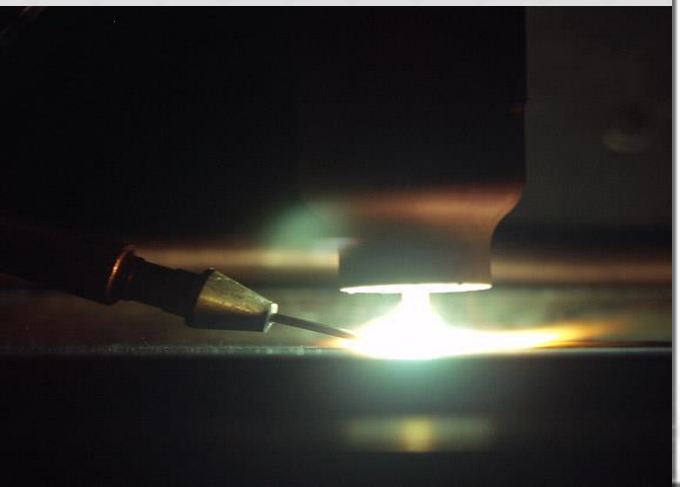


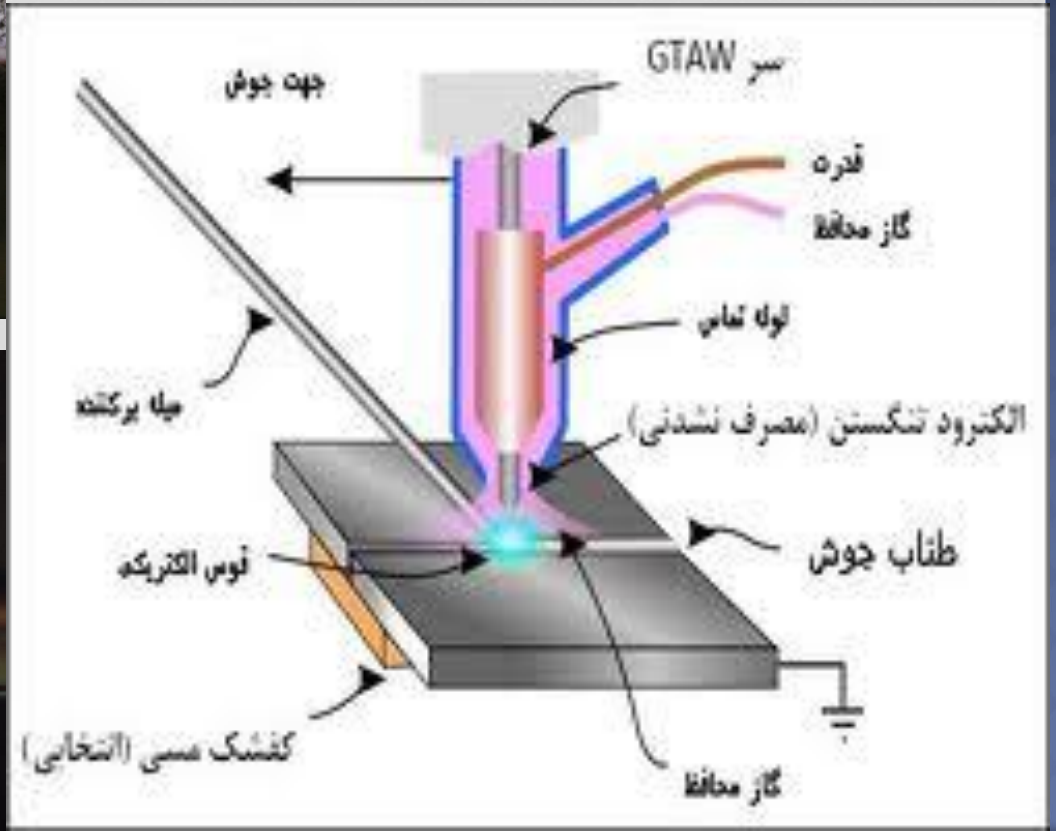


جوش GTAW (TIG , TAG) :

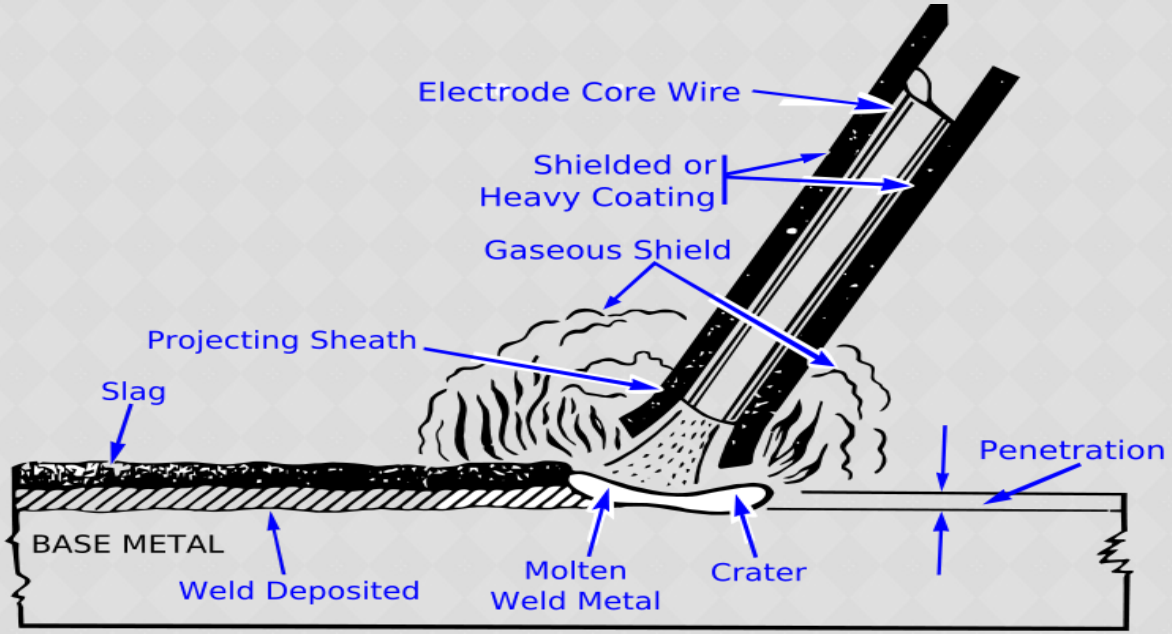
- الکترود ⟸ تنگستن (الکترود مصرف نمی شود)
- استفاده ا ز فلز پر کننده (قربانی شونده) برای رفع کمبود مواد مذاب در محل مصرف .

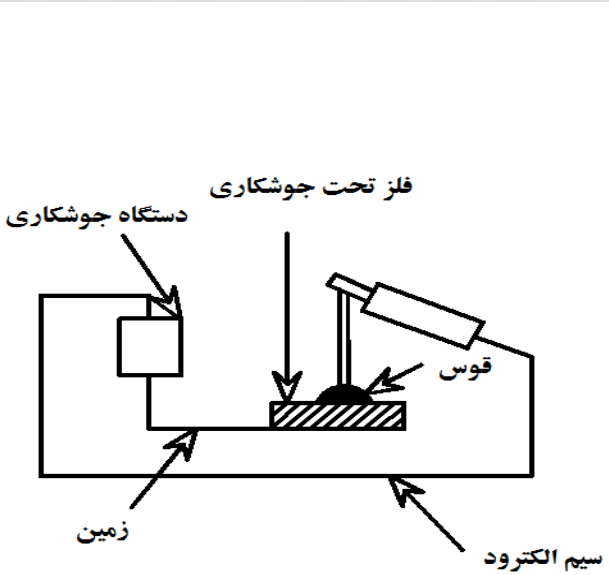


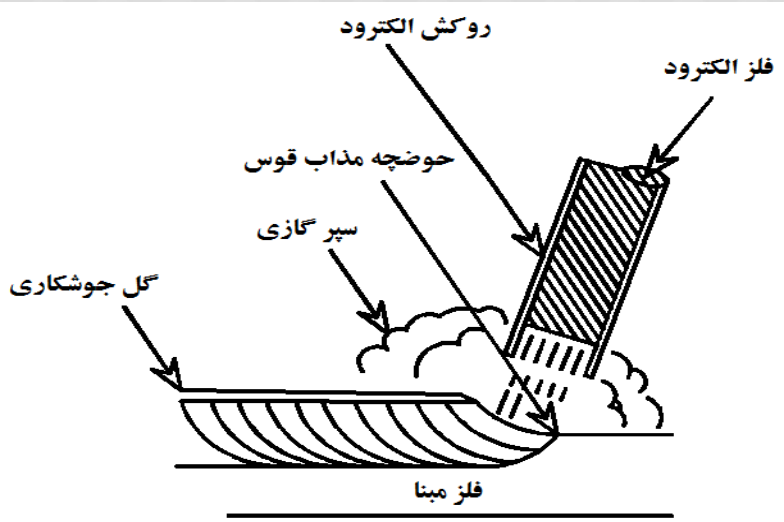




جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود فلزی روکش دار (SMAW)





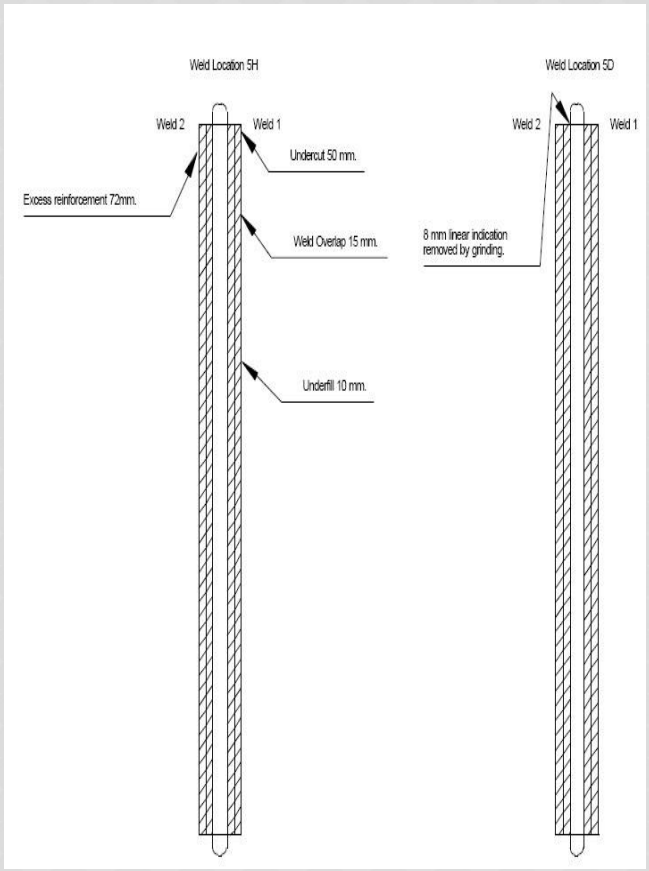


الکترود :

– نمره الکترود :

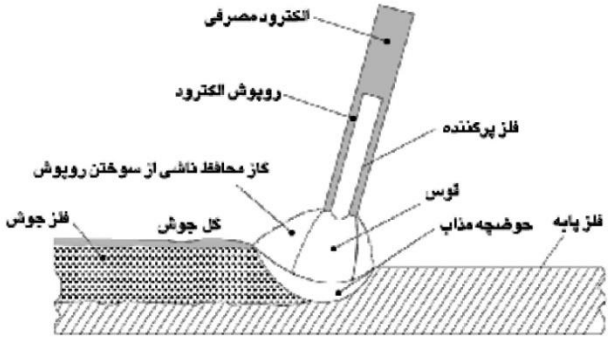
قطر مغزه فلزی داخلی الکترود می باشد .

۲/۵ - ۳/۲۵ - ٤ - ٥ - ٦ - ٨ – ... (میلیمتر)



۱-۵. جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود روکشدار

Shielded Metal Arc Welding (SMAW)



شکل ۱-۳. جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود روکشدار

الف. مزایای جوشکاری با الکترود روکشدار

- دارای تجهیزات نسبتاً ساده، ارزان و قابل حمل است.
- گاز محافظی که از سوختن مواد روکش الکترود حاصل می شود، نسبت به فرایندهایی که با گاز محافظ جداگانه محافظت می شوند حساسیت کمتری در مقابل وزش باد دارد.
- کاربرد گسترده ای دارد (خال جوش زنی، جوش های منقطع، جوش های پیوسته).
- در نواحی با دسترسی محدود نیز قابل استفاده است.
- برای جوشکاری بیشتر فلزات و آلیاژها مناسب است.

ب. معایب جوشکاری با الکترود روکشدار

- نرخ رسوب در مقایسه با جوشکاری قوس الکتریکی تحت حفاظت گاز (GMAW) و یا جوشکاری قوس الکتریکی زیر پودری (SAW) کم است.
- بخاطر نیاز به تعویض الکترود (قطع قوس، دور ریز ته الکترود، قرار دادن الکترود جدید در انبر) پیوستگی جوشکاری مقدور نیست.
- جوش با لایه ای از سرباره پوشیده شده که می بایست بعد از تمام کردن هر پاس، سرباره از روی جوش پاک شود.
- سرعت جوشکاری زیاد نیست.
- روکش الکترود در معرض آسیب است.

طول کابل جوشکاری :

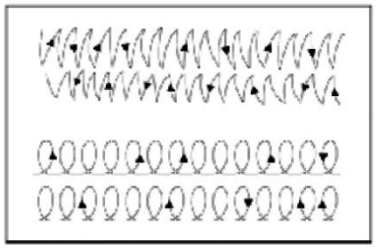
- حداقل ۱۰ متر
- حداکثر ۶۰ متر

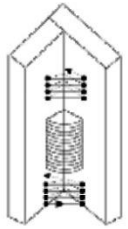
۱-۵-۱. عملیات جوشکاری

با انتخاب الکترود و تنظیم آمپر و قرار دادن کار در موقعیتی که جوشکار احساس امنیت کند، کار جوشکاری آغاز می شود. تنظیم آمپر اصولاً روی تکه قراضه ای انجام می گیرد.پس از راه اندازی قوس و تنظیم آمپر، قوس را به داخل محل اتصال جهت می دهند تا فلز جوش در محل اتصال رسوب داده شود. لذا جوشکار بایدحرکت های زیر را همزمان به طور یکنواخت وکنترل شده انجام دهد :

الف) تثبیت فاصله نوک الکترود با سطح حوضچه مذاب. بایدالکترود در حال مصرف را به سمت حوضچه مذاب هدایت کند.

ب) حرکت یکنواخت الکترود و قوس در سرتاسر مسیر جوش که تعیین کننده سرعت جوشکاری است. این حرکت توأم با حرکت های موجی و یا زنجیری است که هر جوشکار برحسب عادت و وضعیت جوشکاری یک نوع حرکت را انجام می دهد.





شکل ۱-۵. انواع حرکت الکترود

۱-۵-۲. زاویه کار

زاویه بین الکترود با قطعه کار در صفحه عرضی ، زاویه کار است.

۱-۵-۳. زاویه راهنما

زاویه الکترود با خط جوش در صفحه طولی زاویه راهنما است.

تذکر:جوشکار باید با توجه به وضعیت جوشکاری زاویه کار و زاویه الکترود را به درستی انتخاب کند.

۱-۵-٤. قطع قوس

قطع قوس که به منظور تعویض الکترود لازم است ، باید به آرامی انجام شود. باید الکترود به آهستگی به عقب کشیده شود تا چاله جوش ایجاد نشود. باید الکترود را به طرف عقب حرکت داد و همزمان فاصله قوس

را زیاد کرد تا قوس خاموش شود. در استفاده از الکترود بعدی ، در صورت نیاز می توان انتهای حوضچه را سنگ زد. در جوشکاری چند پاسه باید سرباره از روی هر پاس بطور کامل تمیز شده و سپس جوشکاری در پاس های بعدی انجام شود.در این روش، هر پاس حداقل یک سوم پاس زیری را می پوشاند.

۱-۵-۵. دستگاه های جوشکاری

در جوشکاری با قوس الکتریکی از دو نوع جریان جهت تشکیل قوس می توان استفاده کرد :

الف- جریان متناوب (Alternative Current) که با علامت اختصاری "AC" نشان داده می شود.

ب- جریان مستقیم (Direct Current) که با علامت "DC" نشان داده می شود.

دستگاه های جوشکاری برق معمولاً با این دو نوع جریان کار می کنند و در انواع ترانسفورماتور، رکتیفایر، دینام وموتور ژنراتور وجود دارند.

۱-۵-۵-۱. ترانسفورماتور

این دستگاه از برق شهر تغذیه کرده و خروجی آن جریان متناوب با همان فرکانس برق شهر است. وظیفه اصلی دستگاه تغییر اختلاف سطح (ولتاژ) و شدت جریان (آمپراژ) است. بدین منظور ، به هنگام شروع به کار ولتاژ را کاهش داده وشدت جریان را افزایش می دهد .ترانسفورماتور از یک هسته مرکزی و دو سیم پیچ تشکیل شده است. تعداد حلقه های هر سیم پیچ با ولتاژ مورد نیاز متناسب است.سیم پیچ اولیه با تعداد دور زیاد که از سیم قطر کم تهیه شده به شبکه برق شهر متصل می باشد. با عبور جریان متناوب از این سیم پیچ خطوط قوا تشکیل شده و با همان فرکانس(50HZ) برق شهر، جهت آن را تغییر می دهد. خطوط قوا بوسیله هسته آهنی جذب و بلافاصله به طرف سیم پیچ ثانویه که جریان را برای جوشکاری تنظیم می نماید می رود. این سیم پیچ می تواند با سیم به قطرهای مختلف تهیه شده و وظیفه آن تنظیم مقدارشدت جریان است .این مقدار بستگی به تعداد دور سیم پیچ ، قطرسیم و فاصله هوایی سیم پیچها دارد و می توان با تغییر میدان مغناطیسی شدت جریان مورد نظررا به دست آورد.

خاصیت جریان متناوب این است که در هر ۱/۵۰ ثانیه جهت آن معکوس می شود. این تغییر فاز مداوم جریان، باعث کاهش میدان مغناطیسی شده و در نتیجه از انحراف قوس می کاهد. انحراف قوس باعث پاشش شده و در فلز جوش ایجاد تخلخل می کند. هر چند که تشکیل قوس با جریان متناوب نسبت به حالت استفاده از جریان مستقیم تا اندازه ای مشکل است لیکن عدم وجود انحراف قوس و ولتاژ زیاد باعث تداوم و پایداری قوس می شود وامکان استفاده از الکترودهای بزرگ وجود دارد که باعث افزایش سرعت کار در جوشکاری فلزات سنگین و ضخیم می شود . سایر مزایای ماشین های متناوب ، قیمت پائین ، کاهش مصرف انرژی ، بازده زیاد و کاهش نیاز به مراقبت و نگهداری خاص است.

۱-۵-۸. انتخاب نوع جریان جوشکاری

استفاده از جریان مستقیم DC مزایایی نسبت به جریان متناوب AC به شرح زیر دارد:

- انتقال فلز از الکترود به حوضچه جوش دراین حالت، یکنواخت‌تر است.
- در روش DC می‌توان از شدت جریان‌های کم استفاده کرد.
- همه نوع الکترود را در روش جوشکاری دستی می‌توان بکار برد.
- شروع قوس راحت‌تر است.
- نگهداری قوس با طول کوتاه آسانتر است.
- در وضعیت‌های غیر از تخت ، نظیر افقی ، عمودی و بالاسری عملیات جوشکاری آسانتر است.
- جوشکاری ورق‌های نازک با روش DC بهتر انجام می شود.

۱-۵-۹. وزش قوس (انحراف قوس) Arc Blow

در جوشکاری مواد فرومغناطیس نظیر فولادهای ساختمانی با جریان DC به علت بوجود آمدن میدان‌های مغناطیسی در اطراف الکترود، قطعه کار و کابل، وضعیتی بوجود می‌آید که به آن وزش قوس می گویند.

- وزش قوس در ابتدا و انتهای قطعه بوجود آمده وستون قوس از حالت مورد نظر منحرف می‌شود.
- وزش قوس بیشتر در جریان مستقیم بوجود می‌آید و در جریان متناوب کمتر اتفاق افتاده یا اثر آن ناچیز است.
- در فولادهای فرومغناطیس (فولادهای ساختمانی) و آلیاژهای پایه نیکل و کبالت به وجود می‌آید.
- در ورق‌های ضخیم بیشتر از ورق‌های نازک به وجود می‌آید.

وزش قوس موجب عدم تکمیل جوش و جرقه‌های زیاد می‌شود.

۱-۵-۹-۱. روش های جلوگیری از وزش قوس

- درصورت امکان تغییر جریان از DC به AC،
- کاهش شدت جریان و طول قوس تا حد مجاز،
- تغییر محل کابل اتصال به زمین،
- اتصال کابل زمین به چند نقطه،
- برای قطعات بزرگ تغییر محل کابل اتصال به زمین متناسب با پیشرفت جوش،
- پیچیدن کابل به دور قطعه.

۱-۵-۱۰. الکترودهای جـــوشکاری

الکترودهای جوشکاری بـــا قوس الـــکتریکی از دو قسمت مفتول و روکش تشکیل شده اند.

۱-۵-۱۰-۱. وظایف مفتول

۱- هدایت جریان الکتریکی

۲- تامین فلزپرکننده درزجوش

۱-۵-۱۰-۲. وظایف روکش الکترود

۱- پایدارکننده قوس

۲- ایجاد اتمسفر گازی وسرباره محافظ و جلوگیری از نفوذ گازهای مزاحم

نظیر N_2 , O_2 به حوضچه مذاب

۳-انجام واکنش‌های سرباره، فلز مذاب و گاز، عمل تصفیه یا اضافه‌کردن

عناصر آلیاژی به حوضچه جوش

۴- تأمین شکل گردهٔ جوش بصورت برآمده و صافی مورد نظر با استفاده

از خاصیت ویسکوزیته و کشش سطحی سرباره

۵- کاهش سرعت سرد شدن حوضچه جوش

۶- پایین آوردن نقطه ذوب و خارج کردن ناخالصی‌ها از حوضچه جوش

۱-۵-۱۰-۳. تقسیم بندی الکترودها

الکترودها بر اساس نوع روکش ، جنس مفتول و ضخامت روکش طبقه بندی می شوند.

الف. طبقه بندی الکترودها بر اساس جنس مفتول

- الکترودهای بامفتول فولاد زنگ نزن (مخصوص جوشکاری فولادهای زنگ نزن)
- الکترودهای بامفتول فولاد کم کربن (مخصوص جوشکاری فولادهای ساختمانی و کم آلیاژ)
- الکترودهای بامفتول نیکل (مخصوص جوشکاری چدن ها، آلیاژهای پایه نیکل و فولادهایی با کربن زیاد)
- الکترودها ی بامفتول آلومینیم (مخصوص جوشکاری آلومینیوم و آلیاژهای آن)
- الکترودهای با مفتول مس (مخصوص جوشکاری مس و آلیاژهای آن)

ب. طبقه بندی الکترودها بر اساس نوع روکش

- الکترودهای با روکش روتیلی
- الکترودهای با روکش روتیلی پودر آهن دار
- الکترودها با روکش سلولزی
- الکترودهای با روکش قلیایی

- روتیلی :
نام تجاری دی اکسید تیتانیوم می باشد . (مانند : E6013)

- روتیلی پودر آهن دار :
مناسب برای جوشکاری فلزات ضخیم (مانند : E7024)

- روکش سلولزی : (نفوذی - زود جوش)
مناسب برای پاس اولیه جوش شیاری (مانند : E6010)
مناسب برای جوشکاری سقفی چون مواد مذاب سریع به حالت جامد می رسند.

- قلیایی (کم هیدروژن) :
(مانند : E7018)

استفاده از الکترود پرجوش و کم هیدروژنه
برای پاس اول جوش شیاری ممنوع می باشد

- با طول قوس کوتاه به راحتی کار می کند،
- میزان رسوب زیاد و پاک کردن سرباره جوش به راحتی انجام می‌شود،
- بریدگی کنار جوش کم است،
- عمق نفوذ زیاد نیست،
- ظاهر جوش بسیار صاف و سطح جوش تخت تا کمی محدب است،
- این الکترودها با کدهای EXXX4, EXXX7, EXXX8 مشخص می‌شوند.نظیر E7024
- این الکترودها با انواع جریان متناوب یا مستقیم قابلیت جوشکاری دارند.

ج.الکترودهای سلولزی

- دارای قابلیت انجماد سریع فلز جوش است،
- دارای قوس قوی و نفوذی است،
- سرباره کم و خط جوش تخت است،
- الکترود EXXX0 با جریان DC والکترود EXXX1 با هردوجریان AC یا DC با قطبیت معکوس بکار می‌رود.

د.الکترودهای کم هیدروژن (قلیایی)

- الکترودهای کم هیدروژن حداقل هیدروژن را در فلز جوش باقی می گذارد.
- با کدهای 5 یا 6 یا EXXX8 مشخص می شوند،
- الزامات خاص نگهداری و استفاده در مجاورت هوای آزاد می بایست رعایت شود.
- کاربرد این نوع الکترودها برای فولادهای پر کربن، فولاد کم آلیاژ و فولاد سختی پذیر است. درصورت وجود بار دینامیکی و ضخامت بیش از ۲۵ میلیمتراستفاده از این نوع الکترود، توصیه می شود.

- **راههای ورود هیدروژن به جوش :**

۱- رطوبت جذب شده در روکش الکترود،

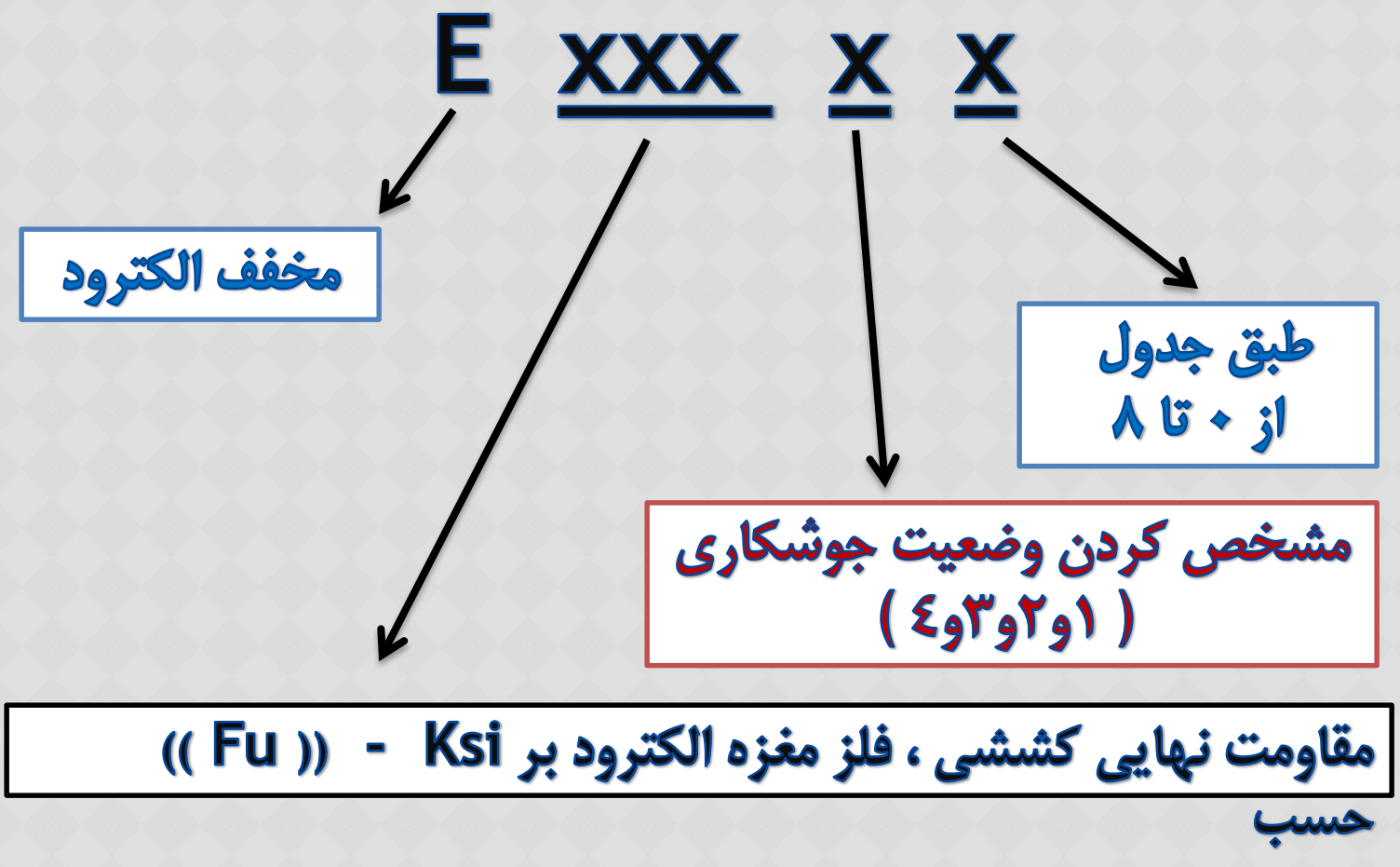
۲- آب موجود در مواد چسبنده تشکیل دهنده روکش،

۳- تجزیه ترکیبات اورگانیکی که همراه با آب یا هیدروژن در ترکیباتی نظیر سلولز وجود دارد،

۴- آب تبلور همراه کریستال ها.

۵- سطح قطعه مرطوب یا آلوده به چربی یا رنگ باشد.

روش شناسایی الکترود بر مبنای AWS :



ج. طبقه بندی الکترودها بر اساس ضخامت روکش

- الکترودهای با روکش نازک
- الکترودهای با روکش متوسط
- الکترودهای با روکش ضخیم
- الکترودهای با روکش خیلی ضخیم

۱-۵-۱۰-٤. شناسایی الکترودها

الکترودها به دو طریق شناسایی می شوند :

الف. سیستم رنگ در ته مفتول با استفاده از مشخصات سازندگان الکترود

ب. استفاده از روش نام گذاری یک آیین نامه شامل چند عدد و حرف که با توجه به نوع استاندارد مورد نظر، روش شناسایی متفاوت است.

۱-۵-۱۰-۵. روش شناسایی الکترودها در آیین نامه AWS A5.1

الف. حرف E قبل از یک عدد چهار یا پنج رقمی EXXXXX منظور الکترود است که در روش جوشکاری با قوس الکتریکی مورد استفاده قرار می گیرد.

ب.عدد دو یا سه رقمی بعد از حرف E مشخص کننده حداقل استحکام کششی فلزجوش برحسب کیلو پوند بر اینچ مربع است.

ج. دومین عدد از سمت راست مشخص کننده وضعیت مجاز جوشکاری است که الکترود برای آن وضعیت طراحی شده است. بطور مثال الکترود کد EXX1X برای تمام وضعیت های جوشکاری قابل استفاده است.

منظور از عدد 1	الکترود در همه وضعیت ها قابل استفاده است.	EXX1X
منظور از عدد 2	الکترود فقط در وضعیت های تخت و افقی قابل استفاده است.	EXX2X
منظور از عدد 3	الکترود فقط در وضعیت تخت قابل استفاده است.	EXX3X
منظور از عدد 4	الکترود در همه وضعیت ها به جز عمودی سر بالا قابل استفاده است.	EXX4X

د. عدد آخر سمت راست مشخص کننده چندین عامل نظیر نوع جریان و قطبیت مورد استفاده (AC-DCSP-DCRP) وهمچنین نوع ترکیبات روکش الکترود است.

طبقه بندی الکترودها مطابق آیین نامه AWS A5.1

رقم	نوع روپوش	نوع برق
۰	سلولز، سدیم- اکسید آهن (سلولزی)	DCRP
۱	سلولز- پتاسیم (سلولزی)	DCRP,AC
۲	تیتان- سدیم (روتیلی)	DCSP,AC
۳	تیتان- پتاسیم (روتیلی)	DCSP,DCRP,AC
۴	پودر آهن- تیتان (روتیلی با پودرآهن)	DCSP,DCRP,AC
۵	کم هیدروژن- سدیم (قلیایی)	DCRP
۶	کم هیدروژن- پتاسیم (قلیایی)	DCRP,AC
۷	پودر آهن- اکسید آهن (اکسیدی با پودرآهن)	DCSP,AC
۸	پودر آهن- کم هیدروژن (قلیایی با پودرآهن)	DCRP,AC

الکترود روکشدار برای جوشکاری قوس الکتریکی دستی

۱-۵-۱۰-۶. مشخصات انواع الکترودها

الف. الکترودهای روتیلی معمولی

- قوس ملایم، قدرت نفوذ متوسط، شدت جریان و حرارت ورودی کم، مشکلات سوختگی و سوراخ شدن کمتر است.
- برای مصارف عمومی، برای جوشکاری ورق های نازک فولادی با کدهای EXXX3, EXXX2 به کار می روند.نظیر E6013
- این الکترودها با انواع جریان متناوب یا مستقیم قابلیت جوشکاری دارند.

ب.الکترودهای روتیلی پودر آهن دار

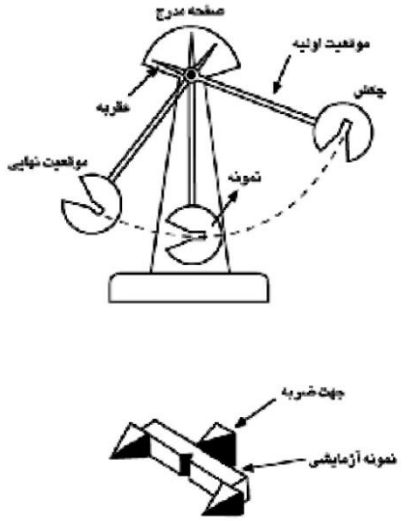
- دارای روکش ضخیم محتوی پودر آهن است،
- کاربرد در جوشکاری گوشه و پاس های پر کننده درجوش شیاری ورق های ضخیم است،

چقرمگی (طاقت - تافنس) : Toughness

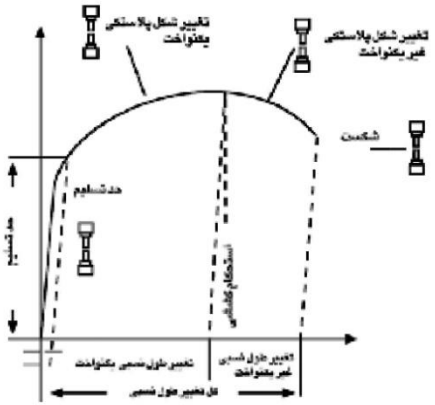
دانسیته انرژی کرنشی ذخیره شده در جسم در لحظه زوال

۱-۵-۱۰-۸. خواص مکانیکی فلزجوش

مهمترین مشخصه های مکانیکی فلز جوش ، مقاومت کششی، استحکام تسلیم و درصد ازدیاد طول است که با انجام آزمایش کشش بر روی نمونه آزمایشی از مغز جوش مطابق شکل۱-۸ قابل تعیین است. یکی دیگر از مشخصه های مکانیکی فلز جوش تعیین مقاومت به ضربه (چقرمگی) است که با انجام آزمایش تعیین طاقت ضربه شیاری مطابق شکل ۱-۷ تعیین می شود.



شکل۱-۷ . شکل شماتیک دستگاه آزمایش ضربه روش شارپی



شکل ۱-۸. نمودار تنش- کرنش

۳-۳-۲-۵. بازرسی نحوه استفاده از الکترودهای با روپوش قلیا ئی (کم هیدروژن)

الکترودهای جوشکاری باید از آلوده شدن به رطوبت و روغن مصون بمانند .همچنین بر خلاف عادت مرسوم بسیاری از جوشکاران ، الکترود نبایددرطول خم شود. این کار باعث شکستن روکش الکترود و ایجاد عیوب در فلز جوش هنگام جوشکاری می شود.

شرایط انبار داری باید بصورتی باشد که اولاًرطوبت نسبی هوای انبار حد اکثر ۶۰٪ و درجه حرارت انبار بیش از ۱۸ درجه سانتیگراد باشد. قفسه ها و طبقات نگهداری الکترود باید نسبت به دیوار و کف انبار فاصله داشته باشد و هنگام حمل ضربه نخورد.

الکترودهای روتیلی مثل (E6013) و سلولزی مثل (E6010) قبل از جوشکاری نیاز به خشک کردن روکش ندارند ولی در مورد الکترودهای قلیایی به دلیل جاذب الرطوبت بودن روکش این نوع الکترودها باید قبل از مصرف در دمای بین ۲۶۰–۴۳۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲ ساعت خشک شوند. البته این شرایط مطابق استاندارد می باشد ولی سازندگان مواد مصرفی جوش دستورالعمل مشخصی برای خشک کردن الکترود ارائه می کنند که قابل قبول است و می توان مطابق آن عمل کرد. ضمناً الکترودهای قلیایی را پس از خشک کردن حد اکثر بیش از ۴ ساعت نمی توان در هوای محیط بصورت باز نگهداشت و در صورت جذب رطوبت ، مجاز به دوباره خشک کردن نیستیم . بنابراین توصیه می شود پس ازخشک کردن دردمای فوق الکترودها را در داخل خشک کن تحت دمای ۱۵۰–۱۲۰ درجه سانتیگراد در حین مصرف نگهداری نمود. حداکثر مدت زمان مجاز تماس الکترودهای کم هیدروژن با اتمسفر هوا در جدول ۳-۱ توصیه شده است.

۳-۳-۲-۶. بررسی وضعیت جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری

بازرس مجاز است که اگر جوشکاری قبلاً درتست اولیه صلاحیت وی تائید شده باشد ولی در حین کار اصول کیفیتی جوش را رعایت نکند یا کیفیت جوشکاری او مورد تائید نباشد از ادامه کار وی جلوگیری بعمل آورد. معمولاً جوشکاری که تائید صلاحیت شده است اگر بیش از ۶ ماه در حالت پذیرفته شده جوشکاری نکند باید مجدداً از وی تست صلاحیت گرفته شود.

۳-۳-۲-۷. بازرسی پیشگرمایش و حفظ درجه حرارت بین پاسی

جوشکاران مطابق دستورالعمل جوشکاری ارائه شده ملزم به رعایت دمای پیشگرمی وحفظ این دما بین پاسهای جوشکاری می باشند . جوشکاری به صورت پیوسته و داغ روی پاس های جوش و عدم رعایت دمای بین پاس، باعث سوختن عناصر آلیاژ فلز جوش شده و خواص مکانیکی اتصال جوش کاهش می یابد و اگر دمای پیشگرم (در صورت ضرورت داشتن) رعایت نگردد منجر به ایجاد ترک در فصل مشترک بین جوش و ورق خواهد شد، معمولاً عملیا ت پیشــگرمی به ترکیب شیمیایی فولاد و ضخامت ورق بستگی دارد. درجدول ۳-۲ دمای پیشگرم برای فولادهای مختلف و ضخامت متفاوت آمده است. اصولاً مطابق استاندارد ورقهایی که

۱-۵-۱۰-۹. ترکیبات شیمیایی فلز جوش

بخشی از اطلاعاتی که سازندگان الکترود در اختیار می گذارند ، آنالیز شیمیائی فلز جوش است . با دانستن اثر هر نوع عنصر در خواص فلز جوش می توان خواص یک الکترود را با الکترود دیگر مقایسه کرد.خواص عناصر اصلی در فولادهای کم کربن به شرح زیر است :

کربن (C)

با افزایش کربن مقدار استحکام کششی و سختی افزایش اما مقدار چقرمگی کاهش می یابد.

گوگرد (S)

گوگرد یک ناخالصی طبیعی است و تا آنجائی که ممکن است باید مقدار آن کم باشد.افزایش گوگرد می تواند باعث شکنندگی گرم شود.

فسفر (P)

فسفر یک ناخالصی طبیعی است تا آنجائی که ممکن است باید مقدار آن کم باشد ، با افزایش مقدار فسفر تردی جوش افزایش ، مقاومت به شوک کاهش ومیل به ترک بالا می رود.

منگنز (Mn)

با افزایش منگنز استحکام کششی ، سختی ، مقاومت به سایش افزایش و میل به شکنندگی گرم کاهش می یابد.

سیلیسیم (Si)

با افزایش سیلیسیم ، استحکام کششی افزایش می یابد ولی ممکن است میل به ترک خوردن هم افزایش یابد.

کروم (Cr)

با افزایش کروم استحکام کششی ، سختی و مقاومت به خوردگی افزایش می یابد ، البته همراه با مقداری کاهش در چقرمگی است.

نیکل (Ni)

با افزایش نیکل استحکام کششی ، چقرمگی و مقاومت به خوردگی افزایش می یابد.

مولیبدن (Mo)

با افزایش مولیبدن استحکام کششی در حرارت بالا و مقاومت به خوردگی افزایش می یابد.

۱-۵-۱۰-۱۰. عوامل مؤثر درانتخاب الکترود

عواملی که درانتخاب الکترود باید در نظر گرفته شود عبارتند از :

الف. استحکام فلزپایه

در اتصالات جوشی ، الکترود انتخابی باید دارای استحکام جوش مساوی یا بیشتر از فلز پایه باشد.

ب.ترکیب شیمیایی فلزپایه

هماهنگی ترکیب شیمیایی فلز جوش با فلز پایه نیز باید درنظر گرفته شود. در فولادهای با مقادیر زیاد کربن، به منظور پیشگیری از ایجاد ترک، استفاده از الکترودهای کم هیدروژن با روکش قلیایی نظیر E7018 توصیه می شود.

راندمان الکترود :

$$\text{راندمان الکترود} = \frac{\text{وزن فلز جوش ایجاد شه توسط الکترود}}{\text{وزن مغزه فلزی الکترود}} \times 100$$

وضعیت پیش پذیرفته :

آزمونهای مخرب : Destructive Test

آزمون های غیر مخرب : None Destructive Test

ج.سرعت جوشکاری

جهت بالا بردن سرعت جوشکاری، کاهش زمان ساخت و افزایش بازدهی می توان از الکترودهایی که در روکش آنها پودر آهن وجود دارد استفاده کرد. نظیر الکترود E7024 .

د.ضخامت ورق

درجوشکاری ورق های ضخیم (معمولاً بیش از ۲۵ میلیمتر) در سازه های تحت بار دینامیکی، توصیه می شود از الکترودهای قلیایی استفاده شود.

ه. پیشگرمایش

در شرایط محیطی معمولی ، عملیات پیشگرمایش برای ورقهای با ضخامت بیش از ۲۰ میلیمتر در سازه های فولادی، ضروری است و در صورت عدم وجود امکانات پیشگرمایش می توان با الکترود قلیایی نظیرالکترود E7018 تا ضخامت ۴۰ میلیمتر را بدون نیاز به پیشگرمایش جوشکاری کرد.

و.طرح اتصال

نوع اتصال در انتخاب الکترود می تواند مؤثر باشد. به عنوان مثال در جوش های شیاری با نفوذ کامل در اتصالات بدون پشت بند و نیز بدون امکان جوشکاری از پشت شیار، جهت دستیابی به نفوذ کامل می توان از الکترودهای سلولزی نظیر E6010 استفاده کرد.

ز.وضعیت جوشکاری

از آنجا که از تمام الکترودها در تمام وضعیت های جوشکاری نمی توان استفاده کرد.لذا باید در انتخاب الکترود به امکان کاربرد الکترود در آن وضعیت خاص جوشکاری توجه کرد.

ح. دستگاه جوش و جریان برق مصرفی

هر نوع الکترود باید باجریان متناوب یا مستقیم و یا قطبیت مشخصی استفاده شود.لذا هنگام انتخاب الکترود، تناسب نوع جریان و قطبیت و هماهنگی آن با دستگاه جوش موجود در کارگاه را باید درنظر گرفت.

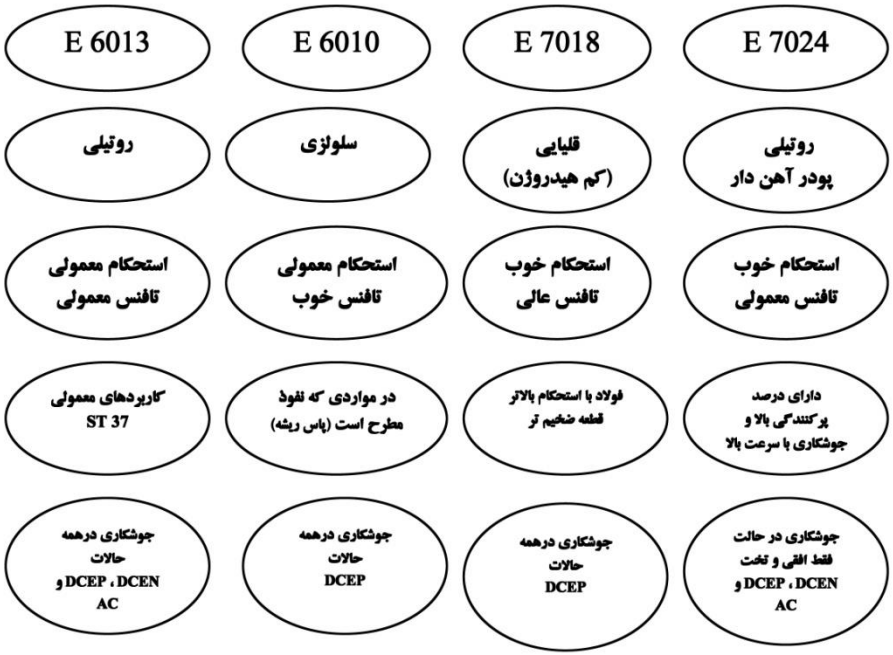
ط.شرایط کاری و بهره برداری از سازه

سازه های جوشکاری شده ممکن است در شرایط کاری تحت حرارت بالا یا در محیط با اتمسفر خورنده و نیز ممکن است در محیط با سرمای زیاد مورد بهره برداری قرار گیرند. لذا الکترود انتخابی باید از نظر خواص مکانیکی (استحکام کششی، مقاومت به خزش، مقاومت به خوردگی، یا خاصیت چقرمگی) متناسب با شرایط کاری و بهره برداری سازه باشد.

۱-۵-۱۰-۱۱.الکترودهای رایج ساختمانی

- رایج ترین الکترود ساختمانی الکترود E6013 است.
- از الکترودهای E6010 ، E7024 ، و الکترود E7018 نیز در سازه های خاص استفاده می شود.

خواص و کاربرد الکترودهای رایج در جوشکاری سازه های فولادی



۱-۵-۱۱. عوامل مؤثر در جوشکاری

در جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود روکشدار، چهار عامل مهم وجود دارد که تاثیر زیادی در کیفیت جوش دارند و برای اینکه جوش خوبی بدست آید، لازم است هریک از آنها با نوع کار و وسایل مورد استفاده هماهنگ شوند.

این چهار عامل متغیر عبارتند از :

۱. شدت جریان
۲. طول قوس
۳. سرعت پیشروی
۴. زاویه الکترود

۱-۷-۱.ویژگی های روش جوشکاری تحت حفاظت گاز(GMAW)

- قوس الکتریکی بین مفتول فلزی با قطعه کار تحت حفاظت گاز محافظ نظیر آرگون و یا دی اکسیدکربن انجام می شود.
- جوشکاری بصورت نیمه اتوماتیک واتوماتیک قابل انجام است .
- به علت عدم وجود گل جوش ، عیب حبس سرباره را نخواهیم داشت .
- برای جوشکاری ورقهای نازک مناسب است .
- جوشکاری میتواند بصورت ممتد صورت گیرد ، لذا کیفیت جوش بالاتر خواهد بود و بازدهی جوشکاری نیز افزایش می یابد.
- جوشکاری در وضعیت های مختلف تخت ، افقی ، عمودی و سقفی امکان پذیر است.
- مولد جوشکاری مورد استفاده از نوع رکتیفایر با سیستم ولتاژ ثابت و نوع قطبیت DCEP است.

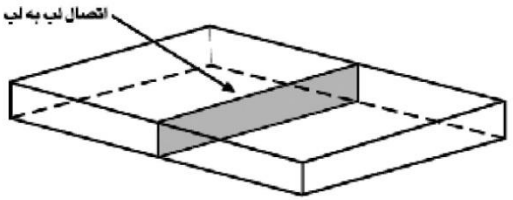
۱-۷-۲. معایب روش جوشکاری تحت حفاظت گاز (GMAW)

- جوشکاری اغلب در محیط های بسته قابل انجام است .
- امکان جوشکاری در فواصل دور از دستگاه جوش وجود ندارد .
- هزینه تجهیزات بالاتر است .
- برای جوشکاری ورق های خیلی ضخیم مناسب نیست.

۱-۸ انواع اتصال

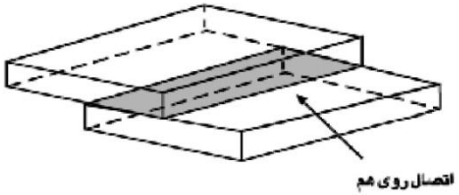
در ساخت سازه های فولادی جوشی ، اتصالات مختلفی وجود دارد که از نظر شکل اتصال می توان آنها را به انواع زیر تقسیم بندی کرد:

الف. اتصال لب به لب (Butt joint)



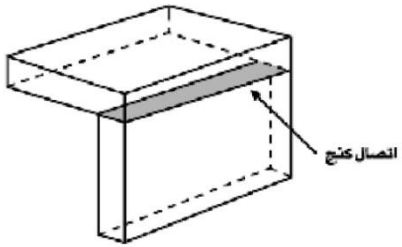
شکل ۱-۱۲. اتصال لب به لب

ب. اتصال روی هم (Lap joint)



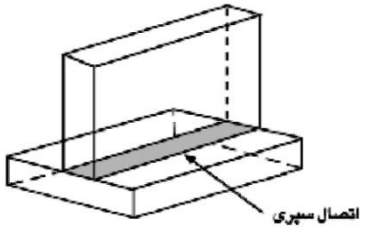
شکل ۱-۱۳. اتصال روی هم

ج. اتصال کنج (Corner joint)



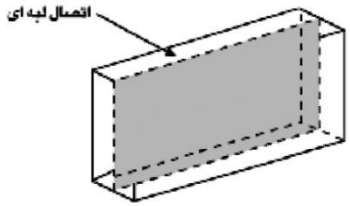
شکل ۱-۱٤. اتصال کنج

د. اتصال سپری (Tee joint)



شکل ۱-۱۵. اتصال سپری

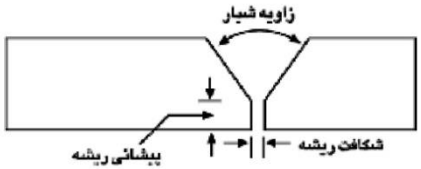
ه. اتصال لبه ای یا پیشانی (Edge joint)



شکل ۱-۱٦. اتصال لبه ای

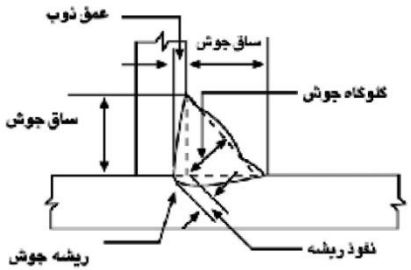
۱-۹. انواع جوش

الف. جوش شیاری (Groove Weld)



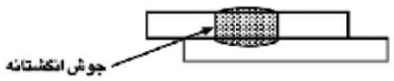
شکل ۱-۱۷. ساختار جوش شیاری در اتصال لب به لب

ب. جوش گوشه (Fillet Weld)



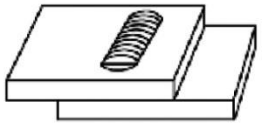
شکل ۱-۱۸. ساختار جوش گوشه در اتصال سپری

ج.جوش انگشتانه (Plug Weld)



شکل ۱-۱۹. جوش انگشتانه در اتصال روی هم

د. جوش کام (Slot Weld)



شکل ۱-۲۰. جوش کام در اتصال روی هم

۱-۱۰. آماده سازی لبه ها

بخشی از اتصالات جوشی سازه فولادی با استفاده ازجوش های شیاری با نفوذ کامل انجام می شود. جهت تامین جوش های شیاری با نفوذ کامل بسته به نوع اتصال، باید لبه های ورق های اتصال آماده سازی شود. آماده سازی لبه ها بر اساس نوع ساختار اتصال است که تابع موارد زیر است :

۱. فرایند جوشکاری به کار گرفته شده،
۲. هزینه آماده سازی و هزینه های دیگر،
۳. خواص فلز مبنا،
۴. مقادیر مجاز انقباض و پیچیدگی در مدت سرد شدن جوش،
۵. عمق لازم نفوذ جوش ،
۶. الزامات خستگی،
۷. کاهش تمرکز تنش،
۸. کاهش تنش های پس ماند،
۹. دسترسی برای انجام جوشکاری،
۱۰. حساسیت به خوردگی،
۱۱. نوع بارگذاری .

ج) جوش انگشتانه و کام

۱. حداقل قطر سوراخ جوش انگشتانه نباید کمتر از ضخامت ورق بعلاوه ۸ میلیمتر باشد. حداکثر قطر مساوی حداقل قطر بعلاوه ۳ میلیمتر است.

۲.حداقل فاصله مرکز به مرکز سوراخهای جوش انگشتانه ۴ برابر قطر سوراخ می باشد.

۳.طول شکاف جوش کام نباید بیش از ۱۰ برابر ضخامت ورقی باشد که در آن ایجاد می شود. عرض شکاف نباید کمتر از ضخامت ورق بعلاوه ۸ میلیمتر باشد. حداکثر عرض مساوی ، حداقل عرض بعلاوه ۳ میلیمتر است.

۴.انتهای شکاف باید بصورت نیم دایره و یا در صورت گوشه دار بودن، دارای گردی با شعاع حداقل ضخامت ورق باشد.

۵.حداقل فاصله محور به محور شکاف ها در امتداد عرضی ، چهار برابر عرض شکاف و حداقل فاصله مرکز به مرکز شکاف ها در امتداد طولی ، مساوی دو برابر طول شکاف است.

۶.در صورتیکه ضخامت ورق مساوی و یا کوچکتر از ۱۶ میلیمتر باشد تمام ضخامت سوراخ و یا شکاف باید با جوش پر شود. در صورتیکه ضخامت ورق بزرگتر از ۱۶ میلیمتر باشد ضخامت جوش مساوی نصف ضخامت ورق و یا ۱۶ میلیمتر (هر کدام که بزرگتر است) می باشد.

۳-٦. بازرسی پیچیدگی و تغییر شکل های ناشی از جوشکاری

یکی از موارد بازرسی بعد از جوشکاری کنترل میزان پیچیدگی در سازه مورد نظر است که باید پیچیدگی چه در طول یا عرض و یا پیچیدگی های زاویه در حد مجاز طبق استاندارد AWS D1.1 باشد.

۳-۷. بازرسی عملیات پسگرم کردن و تنش زدائی

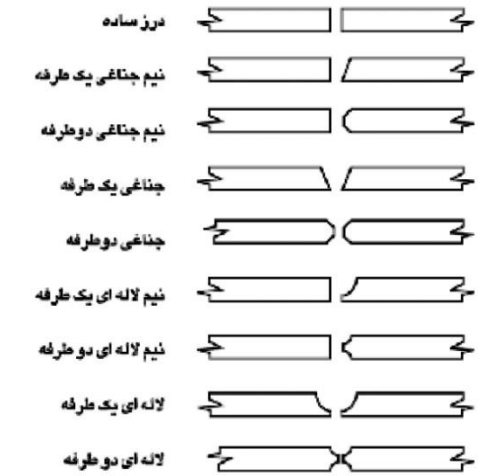
در صورتیکه در دستورالعمل جوشکاری انجام عملیات حرارتی الزام شده باشد بازرس باید درجه حرارت و زمان عملیات حرارتی ونحوه سرد شدن و نتایج پس از عملیات حرارتی را بر روی اتصال کنترل و ثبت نماید .

۳-۸. آزمایش های غیرمخرب

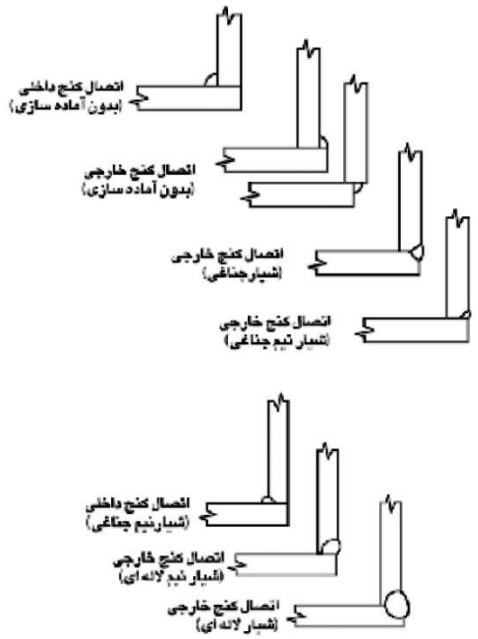
این بازرسی ها پس از اتمام جوشکاری علاوه بر بازرسی چشمی صورت می گیرد که شامل آزمایش مایع نافذ PT، ذرات مغناطیسی MT، فراصوتی UT و پرتونگاری RT است که بطور خلاصه کاربرد و ویژگی هرکدام از روش های فوق در زیر آمده است :

الف) بازرسی چشمی (VT)

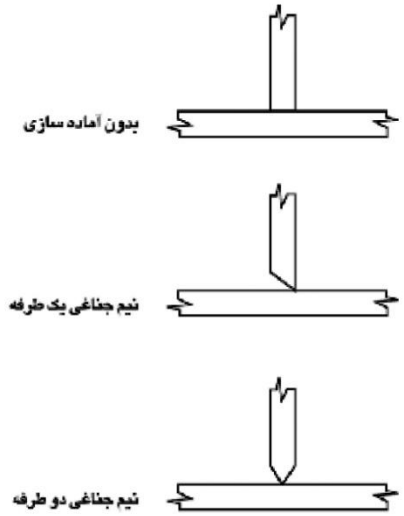
ب) آزمایش مایع نافذ (PT)



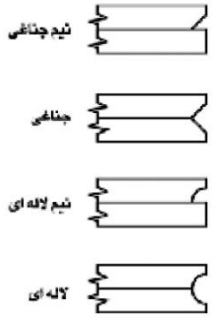
شکل ۱-۲۱. انواع آماده سازی لبه ها در اتصال لب به لب



شکل ۱-۲۲. انواع آماده سازی لبه ها در اتصال کنج



شکل ۱-۲۳. انواع آماده سازی لبه ها در اتصال سپری



شکل ۱-۲۴. انواع آماده سازی لبه ها در اتصال لبه ای

۱-۱۱.ساختار جوش

بیشتر قسمتهای مختلف یک اتصال جوشی درشکل ۱-۲۵ مشخص شده است. هریک از خط های جوش، برابر یک پاس از فلز جوش است. پاس های جوش در یک ردیف، یک لایه جوش را تشکیل می دهند و لایه های جوش روی هم قرار گرفته و نهایتاً کل ضخامت جوش را کامل می کنند. توالی و اندازه هرکدام از

جدول ٤-٣. شرایط ابعادی جوش ها در جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود روکشدار در وضعیت پیش پذیرفته

متغیرها	وضعیت جوشکاری	نوع جوش	مقدار به میلیمتر
حداکثر اندازه قطر الکترود	تخت	گوشه (تذکر۱)	۸
		شیاری (تذکر۱)	۶
		پاس ریشه	۵
	افقی	گوشه	۶
		شیاری	۵
	عمودی	همه جوش ها	۵ (تذکر۲)
	سقفی	همه جوش ها	۵ (تذکر۲)
حداکثر ضخامت پاس ریشه	تخت	همه جوش ها	۱۰
	افقی		۸
	عمودی		۱۲
	سقفی		۸
حداکثر ضخامت پاس های پرکننده	همه وضعیت ها	همه جوش ها	۵
حداکثر اندازه (ساق) جوش گوشه یک پاسه	تخت	گوشه	۱۰
	افقی		۸
	عمودی		۱۲
	سقفی		۸

تذکرات :

۱- به غیر از پاس های ریشه.

۲- برای الکترودهای EXX14 و الکترودهای کم هیدروژن ۴ میلیمتر است.

جدول ٤-٨ وضعیت های مورد تایید در ارزیابی جوشکاران ورق

نوع جوش	وضعیت نمونه آزمایشی	شماره وضعیت	وضعیت ارزیابی شده	
			شیاری	گوشه
شیاری	تخت	1G	F	F,H
	افقی	2G	F,H	F,H
	عمودی	3G	F,H,V	F,H,V
	سقفی	4G	F,OH	F,H,OH
	عمودی و سقفی	3G,4G	همه وضعیت ها	همه وضعیت ها
گوشه	تخت	1F	-	F
	افقی	2F	-	F,H
	عمودی	3F	-	F,H,V
	سقفی	4F	-	F,H,OH
	عمودی و سقفی	3F,4F	-	همه وضعیت ها

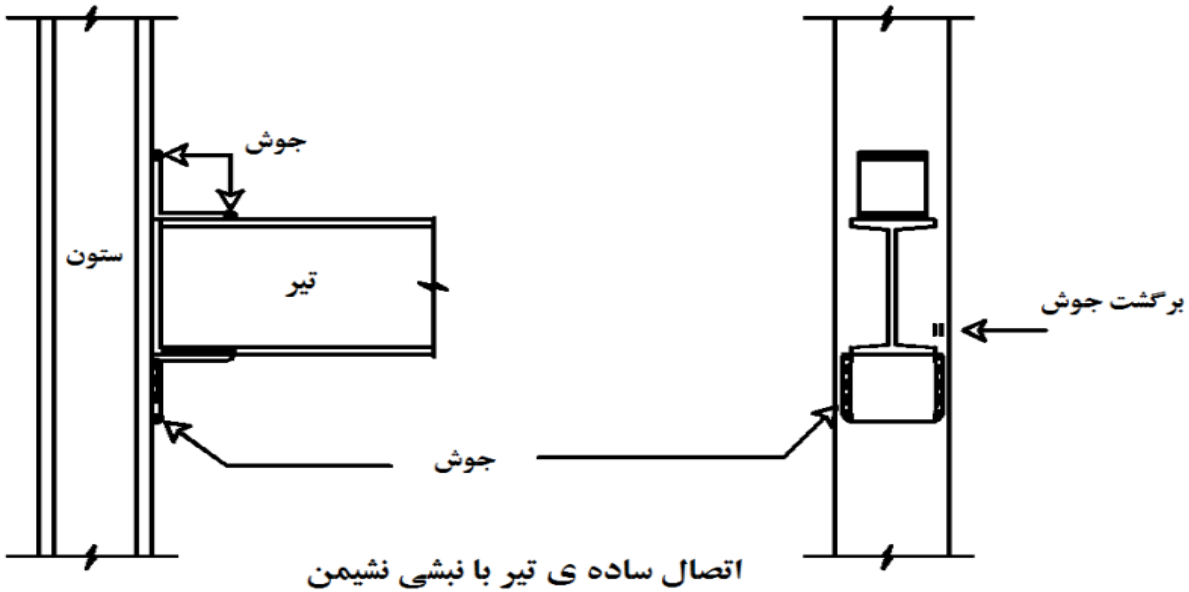
F= تخت، H= افقی، V= عمودی، OH= بالاسری (سقفی)

جدول ٤-٩.گروه بندی الکترودهای جوشکاری

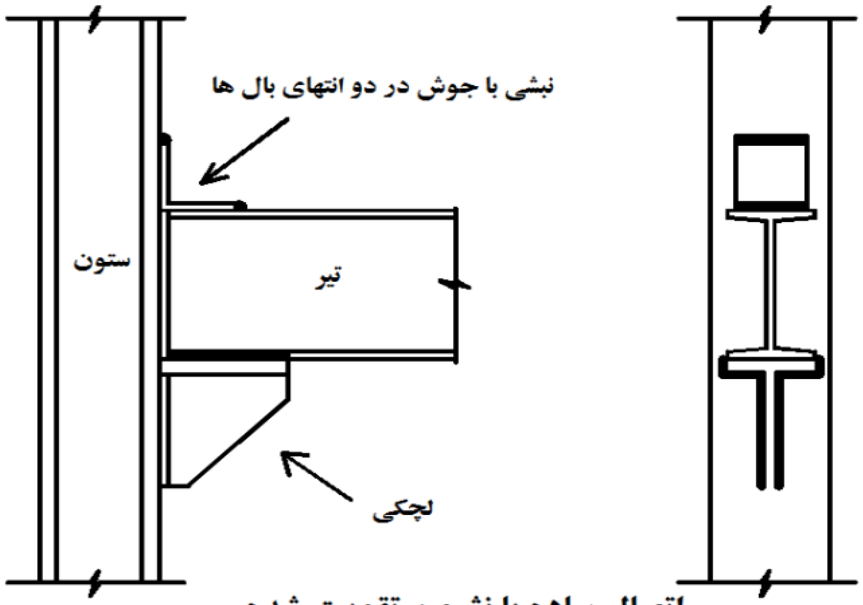
شماره گروه الکترود	نوع الکترود
F4	EXX15,EXX15-X,EXX16,EXX16-X,EXX18,EXX18-X
F3	EXX10,EXX10-X,EXX11,EXX11-X
F2	EXX12,EXX13, EXX13-X, EXX14
F1	EXX20,EXX20-X,EXX24,EXX27,EXX27-X,EXX28

حروف XX بیان کننده رده مقاومتی الکترود (۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰، ۱۱۰ و ۱۲۰) است.

اتصال نبشی نشیمن :

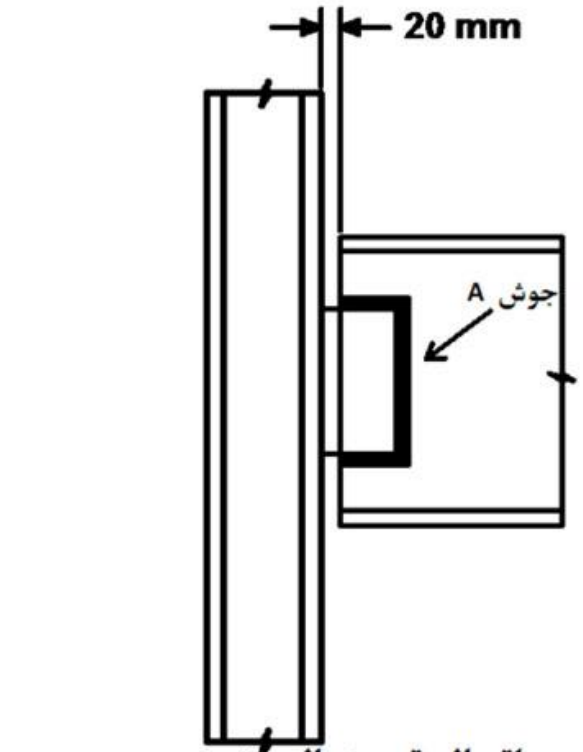


اتصال ساده ی تیر با نبشی نشیمن

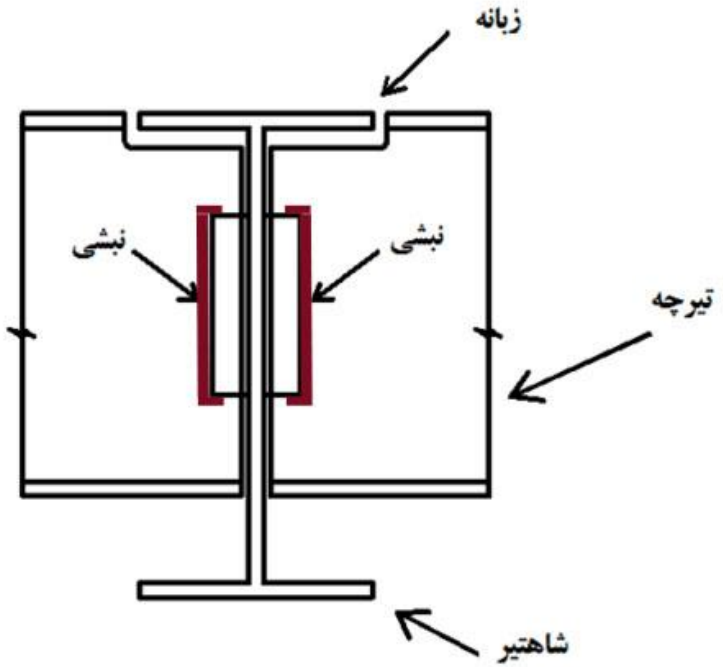


اتصال ساده با نشیمن تقویت شده

اتصال نبشی جان (در اتصال مفصلی) :

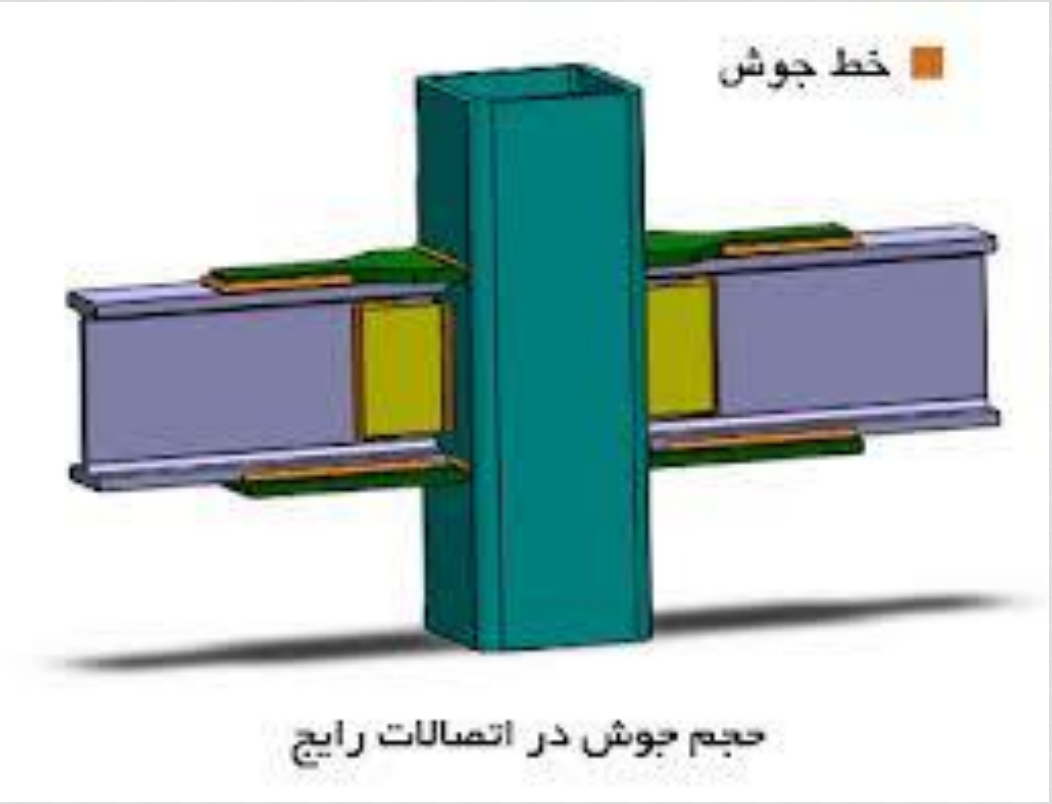


اتصال تیر به بال ستون

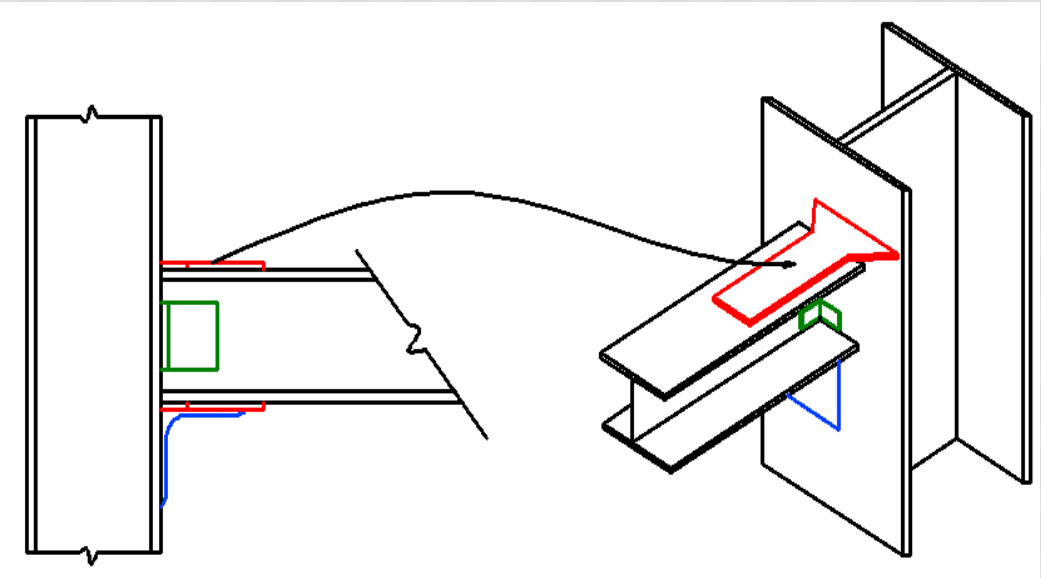


اتصال تیرچه به شاهتیر

اتصال صلب تیر به ستون :



حجم جوش در اتصالات رایج



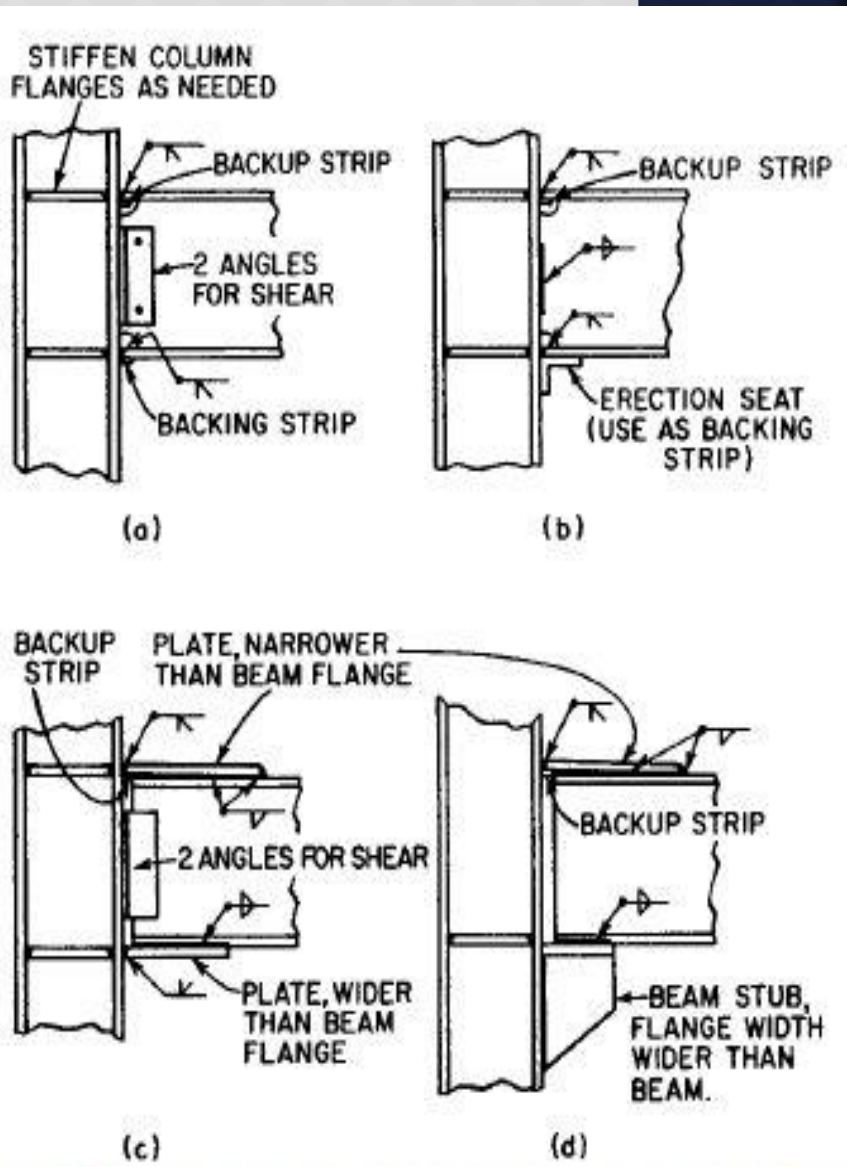


FIGURE 7.53 Methods of constructing welded rigid connections.