

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# کارگاه جوش (۲)

رشته تأسیسات

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای

شماره درس ۱۸۵۷

بهرام زادگان، ناصر	۶۳۹
کارگاه جوش (۲)/ مؤلف : ناصر بهرام زادگان. - تهران : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های	۳/
ک ۴۸۳ ب/ درسی ایران، ۱۳۹۴.	
۱۲۲ص. : مصور. - (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره درس ۱۸۵۷)	۱۳۹۴
متون درسی رشته تأسیسات، زمینه صنعت.	
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا : کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های	
درسی رشته تأسیسات دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش	
و پرورش.	
۱. جوشکاری - کارگاه‌ها. الف. بهرام زادگان، ناصر. ب. ایران. وزارت آموزش و	
پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته تأسیسات. ج. عنوان. د. فروست.	

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادهای و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی  
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی  
و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

info@tvoccd.sch.ir

پیام‌نگار (ایمیل)

www.tvoccd.sch.ir

وب‌گاه (وب‌سایت)

یکاهای اندازه‌گیری، علائم اختصاری و نقشه‌های موجود در این کتاب توسط کارشناسان تخصصی  
مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بررسی و به تأیید رسیده است.

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نام کتاب : کارگاه جوش (۲) - ۳۵۸/۳۶

مؤلف : ناصر بهرام‌زادگان

اعضای کمیسیون تخصصی : احمد آقازاده هریس، حشمت‌الله منصف، عباس عباسی، اصغر قدیری مقدم،

داود بیطرفان، امیر لیل‌زهر آبادی و گیتی شیروانی

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

صفحه‌آرا : فائزه محسن شیرازی

طراح جلد : محمد حسن معماری

ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

تلفن : ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۳۷۵۱۵-۱۳۹

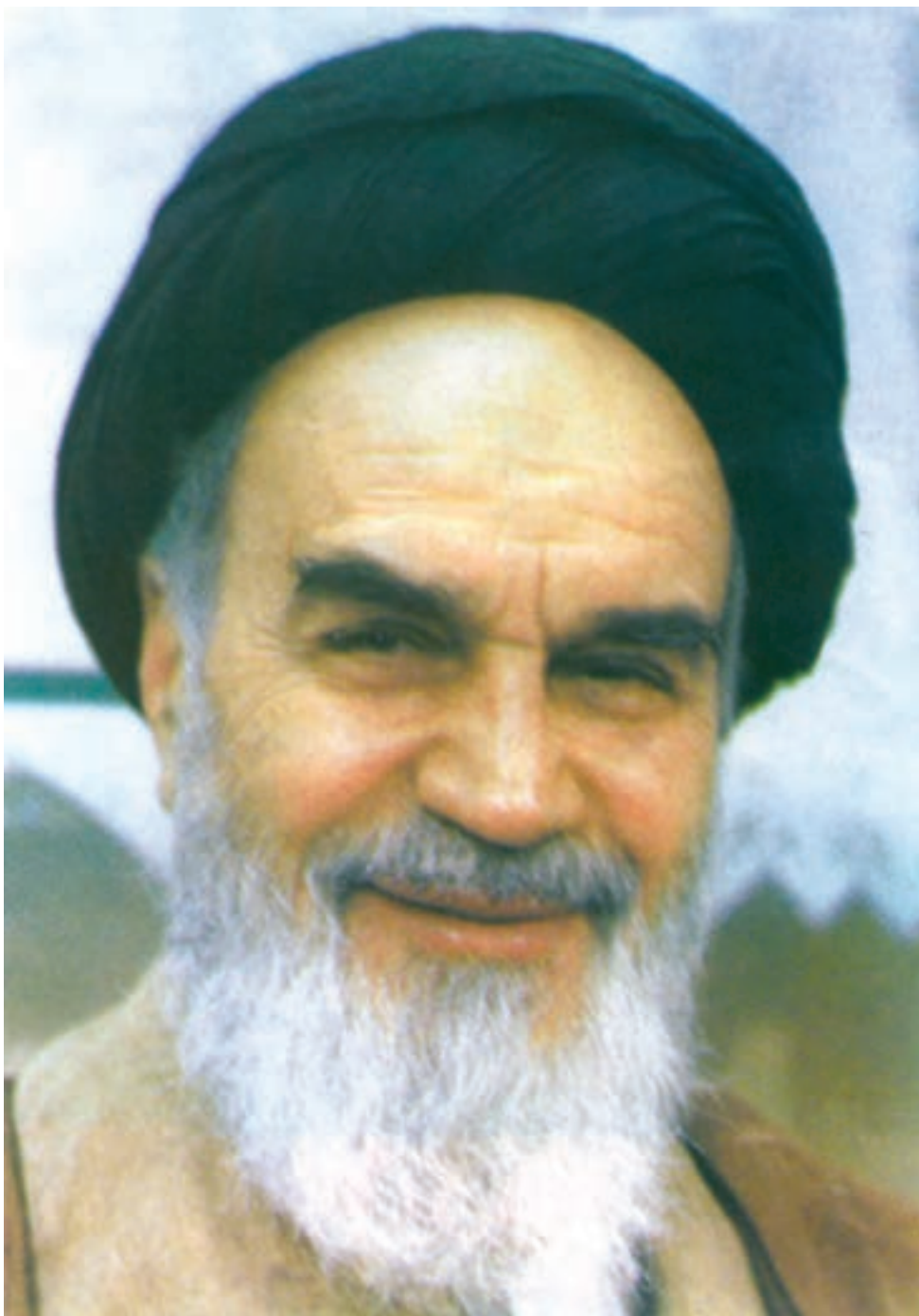
چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ پانزدهم ۱۳۹۴

حق چاپ محفوظ است.

ISBN 964-05-1099-8

شابک ۹۶۴-۰۵-۱۰۹۹-۸



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آید و احتیاجات  
کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید  
و از اتکای به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قدس سرّه الشریف»

## فهرست مطالب

۲۱	۱۲-۳-۱- ماسک جوش کاری	۳	فصل اوّل - جوش کاری با قوس الکتریکی
		۳	۱-۱- تعاریف و مقدمات
۲۴	فصل دوم - الکترودهای پوشش دار SMAW	۳	۱-۱-۱- مدار الکتریکی
۲۵	۱-۲- نگاه داری الکتروود	۴	۱-۱-۲- شدت جریان
۲۶	۲-۲- نقش فلاکس در جوش کاری	۴	۱-۱-۳- ولتاژ
	۲-۳- گروه بندی الکتروودها از لحاظ پوشش	۵	۱-۱-۴- اُفت ولتاژ
۲۶	شیمیایی		۱-۱-۵- جریان مستقیم و متناوب
۲۷	۲-۳-۱- الکترودهای اکسیدی	۵	(DC و AC)
۲۷	۲-۳-۲- الکترودهای اسیدی	۵	۱-۱-۶- فرکانس
۲۷	۲-۳-۳- الکترودهای روتایی	۷	۱-۱-۷- ولتاژ مدار باز و ولتاژ قوس
۲۷	۲-۳-۴- الکترودهای سلولزی	۷	۱-۲- ایجاد قوس الکتریکی با الکتروود دستی
۲۷	۲-۳-۵- Low hydrogen باری الکترودهای	۸	۱-۳- ماشین های جوش کاری
	۲-۴- طبقه بندی الکترودهای فولاد و آلیاژهای	۸	۱-۳-۱- ماشین های ac
۲۷	فولادی		۱-۳-۲- کنترل بازده و یک سو کردن شدت
۲۹	۲-۵- فولاد و آلیاژهای فولاد	۱۱	جریان
۳۰	۲-۵-۱- آلیاژهای فولاد	۱۲	۱-۳-۳- رکتی فایر
	۲-۵-۲- کُد یا رمز شناسایی فولادهای	۱۳	۱-۳-۴- ماشین های جوش کاری «DC»
۳۱	آلیاژی	۱۴	۱-۳-۵- رابطه ی ولت و آمپر در جوش کاری
۳۳	۲-۵-۳- شناسایی فولادها	۱۵	۱-۳-۶- قطب های جوش کاری (Polarity)
		۱۶	۱-۳-۷- مشخصات ماشین های جوش کاری
۳۶	فصل سوم - حفاظت و ایمنی	۱۷	۱-۳-۸- کابل جوش کاری
۳۶	۳-۱- ایمنی عمومی در محیط کارگاه و کارخانه	۱۹	۱-۳-۹- ترمینال های کابل جوش کاری
۳۶	۳-۲- لباس و ادوات ایمنی شخصی		۱-۳-۱۰- دستگاه و ابزار تمیز کننده ی
۳۷	۳-۳- نگاه داری محیط کارگاه	۲۰	جوش
۳۷	۳-۴- خطرات آتش سوزی		۱-۳-۱۱- انبر الکتروود یا الکتروودگیر
۳۷	۳-۵- خطرات ناشی از ماشین	۲۱	Electrode holder

- ۶۳ ۶-۱-۴- سیستم فشار در جوش مقاومتی
- ۶۴ ۶-۱-۵- ترانسفورمانور نقطه‌ی جوش مقاومتی
- ۶۵ ۶-۱-۶- تنظیم نقطه‌ی جوش
- ۶۵ ۶-۲- درز جوش مقاومتی یا جوش غلتکی (RSEW)
- ۶۷ ۶-۳- جوش واژگونه سر به سر (UW) Upset Welding
- ۶۸ ۶-۴- فلاش جوش (FW) Flash Welding

## فصل هفتم - تمرین‌های عملی جوش کاری با قوس

- ۷۰ دستی
- ۷۱ ۷-۱- کار شماره ۱ - ایجاد قوس الکتریکی و جوش دادن زنجیره‌ای کوتاه روی ورق فولاد کم کربن
- ۷۱ ۷-۱-۱- اطلاع عمومی
- ۷۱ ۷-۱-۲- تکنیک جوش کاری
- ۷۱ ۷-۱-۳- بازرسی
- ۷۴ ۷-۱-۴- نقشه و روش اجرای کار
- ۷۴ ۷-۲- کار شماره ۲- جوش دادن گرده‌ی زنجیره‌ای با طول بلند در روی ورق آهن
- ۷۴ ۷-۳- کار شماره ۳- جوش دادن گرده‌ی بافته (زیگزاگ) روی ورق صاف
- ۷۷ ۷-۴- کار شماره ۴- جوش دادن درز لبه‌ی روی هم در حالت سطحی
- ۸۰ ۷-۵- کار شماره ۵- جوش کاری درز لبه‌ای
- ۸۳ ۷-۶- کار شماره ۶- جوش دادن درز ساده‌ی بدون ینخ سر به سر
- ۸۶ (Single - Square - groove weld)
- ۸۷ ۷-۷- کار شماره ۷- جوش کاری اتصال گوشه‌ای و شکل (Corner or T-joint SMAW)
- ۸۸ ۷-۸- کار شماره ۸- جوش دادن زاویه‌ی خارجی یا درز جناغی (Outside corner) به وسیله‌ی گرده مرکب
- ۹۱

- ۳۸ ۳-۶- گرد و خاک و دود
- ۳۹ ۳-۷- بازرسی دستگاه
- ۴۰ ۳-۸- پاراوان
- ۴۰ ۳-۹- هواکش
- ۴۰ ۳-۱۰- کمر بند ایمنی
- ۴۰ ۳-۱۱- شرایط ایمنی ماشین‌های جوش کاری

## فصل چهارم - نکات فنی در جوش کاری با قوس

- ۴۲ دستی
- ۴۲ ۴-۱- انتخاب دستگاه جوش کاری
- ۴۲ ۴-۲- راه اندازی و تنظیم دستگاه جوش کاری
- ۴۴ ۴-۳- انتخاب صحیح الکترود
- ۴۴ ۴-۴- ایجاد قوس الکتریکی با الکترود دستی
- ۴۵ ۴-۵- ایجاد مهره جوش
- ۴۷ ۴-۶- تمیز کردن جوش

## فصل پنجم - روش‌های دیگر جوش کاری با قوس

- ۴۸ الکتریکی
- ۴۸ ۵-۱- جوش آرگون یا GTAW
- ۴۹ ۵-۱-۱- گازهای محافظ
- ۵۰ ۵-۱-۲- مشعل جوش کاری با گاز آرگون
- ۵۱ ۵-۱-۳- کلاهک یا نازل مشعل
- ۵۱ ۵-۲- روش جوش کاری GMAW
- ۵۱ ۵-۲-۱- گازهای مصرفی در روش GMAW
- ۵۱ ۵-۲-۲- مفتول الکترود در جوش کاری GMAW
- ۵۲

## فصل ششم - جوش مقاومتی

- ۵۸ ۶-۱- نقطه‌ی جوش
- ۵۹ ۶-۱-۱- الکترود در نقطه‌ی جوش
- ۵۹ ۶-۱-۲- پارامترهای کنترل کننده‌ی جوش مقاومتی نقطه‌ی جوش
- ۶۰ ۶-۱-۳- شدت جریان

۷-۹- کار شماره ۹- جوش کاری اتصال سر به سر

۹۳ Flat Position در حالت سطحی

۷-۱۰- کار شماره ۱۰- جوش دادن لوله روی پلیت

۹۸ صاف در وضع قائم در یک پاس

۷-۱۱- کار شماره ۱۱- جوش دادن گرده زنجیره ای

در روی ورق صاف در حالت افقی

۱۰۰ Horizontal Welding-Position

۷-۱۲- جوش کاری در وضع قائم ۱۰۳

۷-۱۳- کار شماره ۱۲- جوش دادن مهره زنجیره ای

در حالت قائم از بالا به پایین روی ورق

۱۰۵ صاف

۷-۱۴- کار شماره ۱۳- جوش دادن اتصال سپری-

اتصال لبه روی هم و اتصال سر به سر در

۱۰۷ حالت قائم از پایین به بالا

۷-۱۵- کار شماره ۱۴- جوش کاری بالای سر در

دو سطح صاف

۱۰۹ (overhead welding position)

۷-۱۶- جوش کاری لوله های فولادی با استفاده

۱۱۲ از روش SMAW

۷-۱۷- کار شماره ۱۵- جوش کاری لوله  $2\frac{1}{4}$ "

۱۱۶ در وضعیت "1G"

۷-۱۸- کار شماره ۱۶- لوله کشی گاز ۱۱۸

منابع و مآخذ

۱۲۲

## هدف کلی

ایجاد تغییرات رفتاری در دانش‌آموزان (هنرجویان) رشته تأسیسات به نحوی که قادر باشند با بهره‌گیری از اصول و فناوری روز ورقه‌های فولادی و لوله‌های فولادی را با ایجاد قوس الکتریکی به روش دستی جوشکاری نمایند.

## مقدمه

جوش کاری علاوه بر این که نقش ارزنده ای در تولید دارد، در توسعه و گسترش صنایع و مرمت قطعات نیز، اثر بسیار مطلوبی دارد. امروزه برای تولید اتومبیل های جدید، کارخانه های سازنده میلیون ها دلار صرف دستگاه و ابزارهای مدرن جوش کاری و نیز تحقیقات می نمایند.

بسیاری از پل ها، ساختمان های فلزی، کشتی ها و خطوط لوله ای ماشین های راه سازی و کشاورزی را از طریق جوش کاری می سازند و تولید می کنند. صنایع فضایی بدون استفاده از روش های مختلف جوش کاری، قادر به تولید هواپیماهای غول پیکر، راکت ها و غیره نخواهند بود. با توسعه و پیشرفت این علم در عصر حاضر، امکان جوش کاری در خارج از جو و در فضا نیز میسر شده است.

کاربرد جوش کاری در صنایع سبک هم مانند تولید تلویزیون - یخچال - کابینت های آشپزخانه - ماشین های ظرف شویی و لباس شویی و ... غیر قابل انکار است.

در حال حاضر کشورهای پیشرفته ی جهان از روش های بسیار متنوع جوش کاری مانند لیزر - الکترون بیم - اولتراسونیک - انفجاری و اصطکاکی استفاده می کنند.

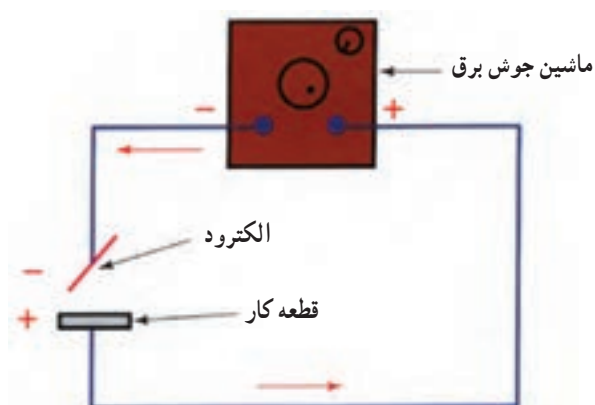


## جوش کاری با قوس الکتریکی

در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

- ۱- قوانین الکتریسیته در استفاده صحیح از دستگاه های جوش کاری را شرح دهد.
- ۲- ساختمان ماشین های جوش کاری را از نظر نوع شدت جریان برق توضیح دهد.
- ۳- ساختمان ترانسفورماتور جوش کاری را تشریح نماید.
- ۴- نحوه کنترل بازده و یکسو کردن شدت جریان را توضیح دهد.
- ۵- نحوه یکسو کردن شدت جریان را شرح دهد.
- ۶- ویژگی ژنراتور جوش کاری را از نظر وضعیت شدت جریان الکتریکی توضیح دهد.
- ۷- اصول اولیه جوش کاری با استفاده از قوس الکتریکی و الکتروود دستی و جریان الکتریکی مستقیم را تشریح کند.
- ۸- جوش کاری با قطب مستقیم و معکوس را توضیح دهد.
- ۹- ملاک هایی که در گزینش قطب (مستقیم و معکوس) جوش کاری اهمیت دارد، توضیح دهد.
- ۱۰- مشخصات ماشین های جوش کاری را توضیح دهد.
- ۱۱- مشخصات کابل جوش کاری و ترمینال های آن را توضیح دهد.
- ۱۲- مشخصات دستگاه ها و ابزار تمیزکننده جوش کاری را شرح دهد.
- ۱۳- مشخصات انبر الکتروود را شرح دهد.
- ۱۴- ویژگی ها و انواع ماسک جوش کاری و لباس ایمنی را توضیح دهد.

## ۱- جوش کاری با قوس الکتریکی



شکل ۱-۱- مدار الکتریکی ماشین جوش کاری

### ۱-۱- تعاریف و مقدمات

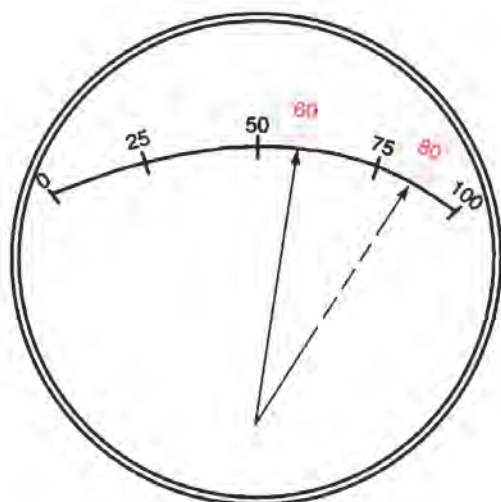
#### ۱-۱-۱- مدار الکتریکی: مدار الکتریکی مسیری

است که جریان الکتریسیته (الکترون ها) در آن جاری می شود و این مسیر از ترمینال منفی ژنراتور (جایی که شدت جریان تولید می شود) شروع شده به وسیله سیم یا کابل به طرف ترمینال مثبت هدایت می شود (شکل ۱-۱).

۱-۱-۲ شدت جریان: شدت جریان تعداد الکترون‌هایی است که در یک ثانیه از یک نقطه از مدار می‌گذرد و واحد آن آمپر است که به‌طور اختصار «amps یا amp» نوشته می‌شود. (یک آمپر یعنی  $10^8 \times 6/8$  عدد الکترون) دستگاه اندازه‌گیری آمپر «آمپر متر» (amperemeter) است.

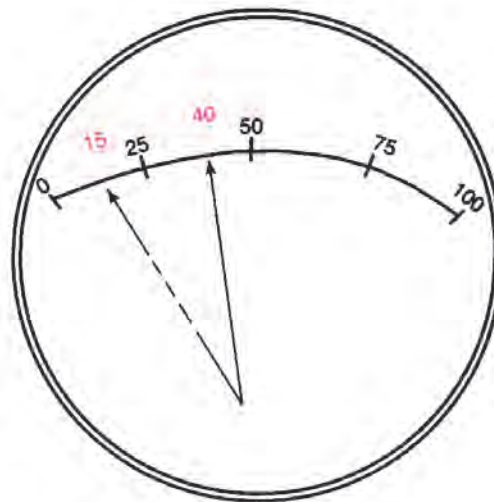
۱-۱-۳ ولتاژ: نیرویی (emf) که باعث می‌شود

الکترون‌ها در مدار جریان یابند «ولتاژ» نامیده می‌شود. این نیرو مانند فشاری است که باعث جریان آب در لوله می‌شود. در سیستم آب پمپ باعث فشار است درحالی که در مدار الکتریکی ژنراتور یا ترانسفورماتور مولد فشار است که الکترون‌ها را در سیم به حرکت وا می‌دارد واحد این فشار «ولت» است و دستگاهی که آنرا اندازه‌گیری می‌کند «ولت متر» نامیده می‌شود (شکل ۱-۲).

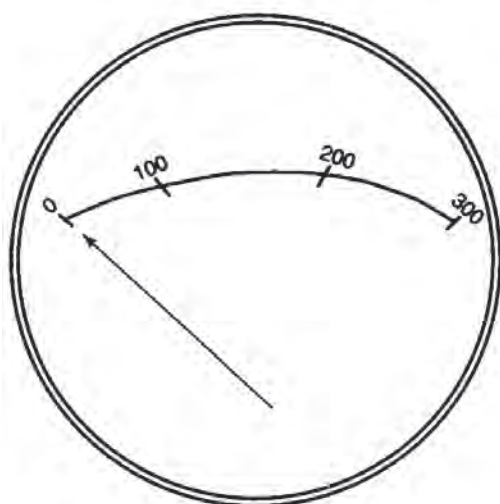


مدار باز

ولت متر

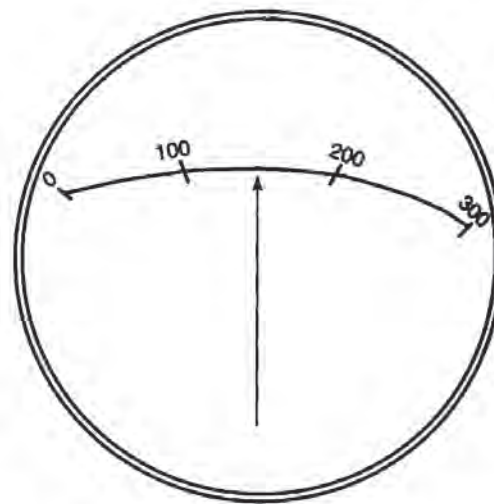


مدار بسته (در حال جوش کاری)



مدار باز

آمپر متر



مدار بسته (در حال جوش کاری)

شکل ۱-۲ ولت متر و آمپر متر در دستگاه جوش کاری

۴-۱-۱- اُفت ولتاژ: هم‌چنان که در سیستم آب هر چه طول لوله نسبت به پمپ بیش‌تر باشد فشار آب کم می‌شود در یک مدار الکتریکی هم هر چه فاصله نسبت به ژنراتور زیادتر شود ولتاژ کم‌تر می‌گردد که به آن «افت ولتاژ»<sup>۱</sup> می‌گویند.

زیاد کرد. برای مثال از این دستگاه در روش جوش کاری با گاز آرگون برای شروع ایجاد قوس الکتریکی استفاده می‌شود. هم‌چنین در روش برنج جوش القایی، در دستگاه‌های اولتراسونیک و غیره از آن استفاده می‌شود. یک سیکل کامل شدت جریان «360» است، بنابراین حداکثر ولتاژ مثبت در زاویه  $90^\circ$  و حداکثر ولتاژ منفی در زاویه  $270^\circ$  است و در زوایای  $0^\circ$  و  $180^\circ$ ، جهت ولتاژ تعویض شده، از صفر می‌گذرد (شکل ۳-۱). در جوش کاری بهتر است که یک نیم‌سیکل جریان متناوب را «DCSP»<sup>۲</sup> و نیم‌سیکل دیگر را «DCRP»<sup>۳</sup> بنامیم.

۱- افت ولتاژ در جوش کاری اهمیت خاصی دارد که در فصل‌های آینده در مورد آن بحث خواهد شد.

فرض کنید یک مقاومت الکتریکی مانند اجاق الکتریکی، که به برق ۲۲۰ ولت «d.c» وصل می‌شود، یک مقدار مشخص توان برحسب وات ایجاد می‌کند.

حال اگر همین اجاق را به برق ۲۲۰ ولت «a.c.» وصل کنیم، باز هم همان مقدار توان ایجاد خواهد شد.

منبع متناوب ۲۲۰ ولت در زیر نظام این قاعده است که : ولتاژ اسمی یک جریان «a.c»، حداکثر ولتاژ نیست بلکه

ولتاژ مؤثر آن است. ولتاژ اسمی یا ولتاژ مؤثر برابر است با

(حداکثر ولتاژ) پیک ولتاژ  $\times 0.707 =$  ولتاژ مؤثر

ولتاژ اسمی  $\times 1/414 =$  پیک ولتاژ

برای ولتاژ a-c، ۲۲۰ ولت ماکزیمم ولتاژ مثبت لازم است

و حداکثر ولتاژ منفی برابر است با

$$220 \times 1/414 = 311.7$$

از گفته‌های فوق نتیجه می‌گیریم که اگر شخصی در معرض

برق‌گرفتگی با جریان «a.c.» قرار گیرد، ۱۴۱ درصد خطرناک‌تر

از برق ۲۲۰ ولت «d.c» است؛ بنابراین عایق‌های الکتریسیته برای

جریان «a.c.» باید ۱۴۱ درصد ولتاژ مؤثر باشند.

در اکثر ماشین‌های جوش کاری «a.c.» «d.c»، جریان

مستقیم را از طریق رکتی‌فایر کردن یا یک‌سو کردن جریان متناوب

به‌دست می‌آورند؛ چنین جریان مستقیمی دارای «۱۰۰٪» سیکل

جریان مستقیم است. شکل ۴-۱ یک جریان «d.c» فول رکتی‌فایر

را نشان می‌دهد.

اگر نیم‌سیکل‌های منفی جریان «a.c.» به طرف دیگر منتقل شود چنین جریانی تبدیل به «dc» شده و آن را «نیم‌سیکل‌های یک‌سو» شده می‌نامند و دستگاهی که این عمل را انجام می‌دهد رکتی‌فایر یا یک‌سوکننده می‌نامند. دستگاه‌های جوش کاری بزرگ از یک جریان «dc» و سه فاز تغذیه می‌کنند.

سه فاز یعنی سه منبع توان که ولتاژ آن‌ها یکسان است و ولتاژ از طریق سه سیم گرفته می‌شود. سه فاز به‌طور مجزا از نقطه نظر الکتریکی «۱۲۰°» هستند. معنی فاز در الکتریسیته با معنی فاز در متالورژی با هم تفاوت دارد.

فاز در جریان الکتریسیته یعنی اگر شدت جریان و یا ولتاژ در فاز باشند با فاصله‌ولی با هم از صفر می‌گذرند و اگر خارج از فاز باشند، یکی از آن‌ها در زمان متفاوت نسبت به دیگری از صفر عبور می‌کند.

به هر حال عمل جوش کاری با دستگاه‌های سه‌فاز ساده‌تر

و ضریب قوس یک‌نواخت‌تر است. رکتی‌فایر (یک‌سوکننده)

سیستمی است که جریان «a.c.» را به «d.c» تبدیل می‌کند.

به‌طور کلی دستگاه‌های جوش کاری «DC» را برای سه فاکتور

مهم طراحی می‌کنند :

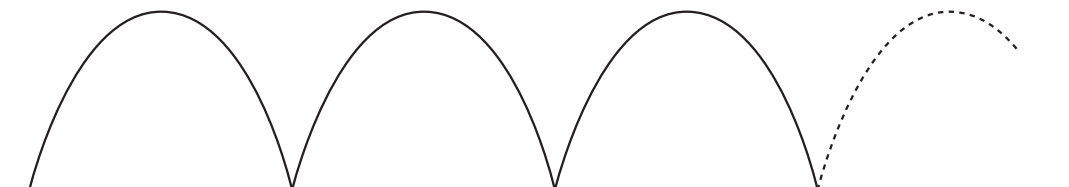
۱- تولید یک رنج وسیع شدت جریان برای جوش کاری

ضخامت‌های مختلف در آلیاژها ؛

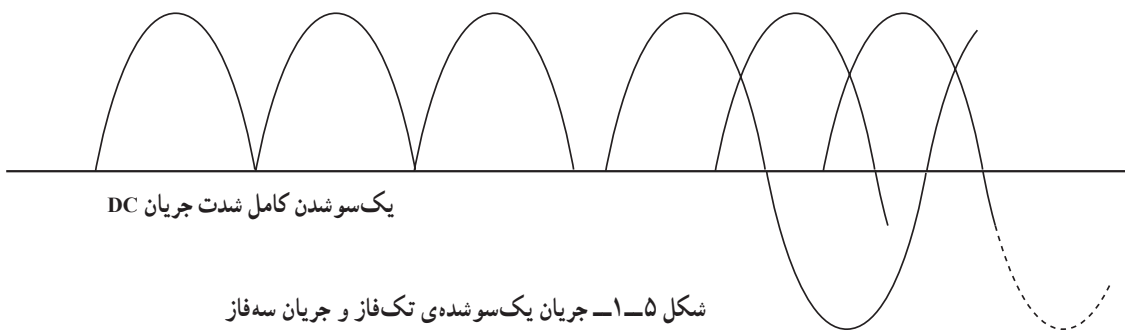
۲- ثابت نگه‌داشتن خصوصیات ولت - آمپر ؛

۳- تغییر یافتن ولتاژ در زمان بسیار کوتاه، برای ولتاژ مورد

نیاز قوس.



شکل ۴-۱- جریان یک‌سو شده

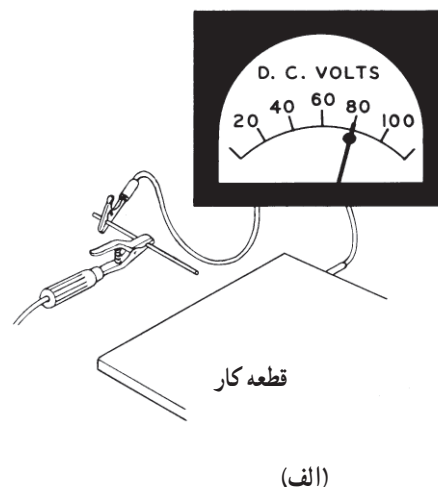
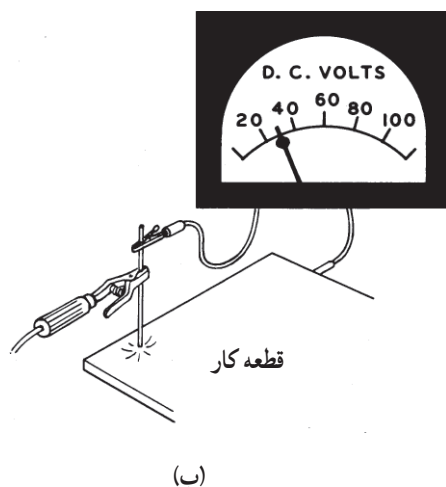


شکل ۵-۱- جریان یک‌سو شده‌ی تک‌فاز و جریان سه‌فاز

جریان سه‌فاز «AC»

۷-۱-۱- ولتاژ مدار باز و ولتاژ قوس: ولتاژ مدار باز ولتاژی است که در موقع کار کردن ماشین جوش کاری وجود دارد بدون این که عمل جوش کاری صورت گیرد. تغییرات این ولتاژ در سیستم ماشین متفاوت و در حدود ۵۰ تا ۱۰۰ ولت است. بعد از این که قوس ایجاد شد، مقدار ولتاژ افت کرده،

اندازه‌ی آن به حدود ۱۸ تا ۳۶ ولت می‌رسد. (شکل ۶-۱) و این ولتاژ را ولتاژ «قوس» یا «ولتاژ کاری» می‌نامند. امروزه در دستگاه‌های جدید، مقدار افت ولتاژ فرق می‌کند در صفحات بعد به آن اشاره می‌شود.



شکل ۶-۱- الف- ولتاژ مدار باز ب- ولتاژ کار (قوس)

## ۲-۱- ایجاد قوس الکتریکی با الکتروستاتی

اگر بتوانیم جریان الکتریکی را از دو الکتروست که نسبت به هم فاصله‌ی کوتاهی دارند عبور دهیم، قوس الکتریکی ایجاد خواهد شد.

اولاً باید به فاصله‌ی بین دو الکتروست یعنی فضای موجود یا هوای بین آن‌ها توجه کرد. ثانیاً هم چنان که می‌دانیم هوا عایق است و رسانا نیست.

حال اگر بخواهیم الکترون‌ها را از فضای مابین الکتروست‌ها که عایق است عبور دهیم، می‌توانیم ولتاژ را زیاد کنیم اما، ولتاژ زیاد می‌تواند برای جوش کار خطرناک باشد و یا به عبارت دیگر، در روش‌های متداول جوش کاری، نمی‌توان از ولتاژ زیاد استفاده کرد مگر در شرایط خاصی مانند شروع قوس در روش جوش

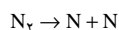
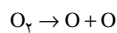
آرگون؛

بنابراین باید روش دیگری انتخاب شود که بتوان الکترون‌ها را از این فاصله که عایق است عبور داد.

روشی که می‌توان اتخاذ نمود این است که هوا را از حالت عایق بودن خارج کرده، آن را رسانا کنیم. هم چنان که می‌دانیم هوا مخلوطی است از اکسیژن و ازت که باید آن‌ها را یونیزه کرد.

پس از آن دو مرتبه اتم‌ها را به یون و الکترون تجزیه کنیم. در این صورت الکترون می‌تواند از فاصله‌ی بین الکتروست‌ها (فضای رسانا شده) عبور کند و چون مقاومت هوای رسانا شده زیاد است، به ناچار الکترون انرژی خود را تبدیل به انرژی حرارتی می‌کند. برای انجام این عمل لازم است که نوک الکتروست را برای یک لحظه یا زمان بسیار کوتاه به پلیت یا قطعه‌ی کار تماس داد و سپس

۱- یونیزه کردن یعنی مولکول‌های اکسیژن و ازت را تجزیه کرده، تبدیل به اتم اکسیژن و اتم ازت می‌نماییم.



آن را به اندازه‌ی ۳ تا ۴ میلی متر از سطح قطعه کار دور کرد. هنگامی که الکتروود تماس پیدا می کند، الکترون ها جریان پیدا می کنند و وقتی که نوک الکتروود نسبت به سطح فلز فاصله پیدا می کند، شدت جریان به طور مداوم از این فاصله ی کم به صورت جرقه می گذرد و باعث یونیزه شدن یا به اصطلاح رساناشدن فضا می شود. قوس به وسیله ی الکترون ها تولید می شود و جهت آن ها از قطب «-Ve» به قطب «+Ve» است و انرژی الکتریکی به انرژی حرارتی و نور تبدیل می شود.

تقریباً  $\frac{2}{3}$  از حرارت در نزدیکی قطب مثبت به وجود می آید که به شکل دهانه ی آتشفشان می سوزد و درجه حرارت در مجاورت این دهانه در حدود C ۶۰۰۰ تا C ۷۰۰۰ است و  $\frac{1}{3}$  از کل حرارت در نزدیک قطب منفی ایجاد می شود، در نتیجه اگر الکتروود به قطب مثبت وصل شود، سرعت ذوب آن پنجاه درصد بیش تر از این است که الکتروود به قطب منفی وصل شود.

بر اساس مقدار حرارت تولید شده در قطب ها، می توان نتیجه گرفت که اگر ضخامت پوشش الکتروودی در حد متوسط باشد، باید آن را به قطب منفی وصل نمود تا به سرعت ذوب نشود. الکتروودهایی که دارای پوسته ی ضخیم هستند، چون نیاز به حرارت بیش تری دارند، می توان آن ها را به قطب مثبت وصل کرد.

هنگامی که از جریان متناوب استفاده می شود، مقدار حرارتی که در قطعه کار و الکتروود ایجاد می شود، مساوی است زیرا قطعه کار و الکتروود قطب های خود را متناسب با فرکانس برق تغییر می دهند.

اگر از یک مفتول به جای الکتروود استفاده کنیم، مشاهده می شود که کنترل قوس مشکل می گردد و هاله ی قوس ملتهب شده، بر روی مذاب به این سو و آن سو کشیده می شود.

در هنگامی که ذرات مذاب از مفتول جدا شده، به طرف قطعه ی کار می روند، در تماس با آتمسفر می باشند؛ از این رو اکسیژن و ازت هوا را جذب کرده، تولید اکسید آهن و نیتريت آهن می کنند؛ در نتیجه جوشی که از مفتول بدون پوشش ایجاد می شود، شکننده و ترد شده و متخلخل

خواهد بود.

### ۳-۱- ماشین های جوش کاری

دستگاه های جوش کاری که به آن ها ماشین های جوش کاری هم گفته می شود، ممکن است به یکی از سه صورت «ac» - «dc» یا ترکیب «ac/dc» باشد. این دستگاه ها طوری طراحی می شوند که در آن ها یا شدت جریان ثابت است و یا ولتاژ.

سیستم ماشین های «ac» ممکن است به یکی از صورت های زیر باشد:

۱- ترانسفورماتور؛

۲- موتور آلترناتور (موتور الکتریکی)؛

۳- اینجین<sup>۱</sup> آلترناتور (اینجین دیزلی یا بنزینی)؛

۴- اینورتر<sup>۲</sup> (معکوس کننده ها).

سیستم دستگاه های «dc» ممکن است به یکی از صورت های زیر باشد:

۱- ترانسفورماتور همراه با یک سو کننده ی «dc»؛

۲- موتور ژنراتور (موتور الکتریکی)؛

۳- اینجین ژنراتور (موتورهای گازوئیلی یا بنزینی)؛

۴- رکتی فایر؛

۵- اینورتر

- سیستم دستگاه های «ac/dc» به صورت زیر است:

۱- ترانسفورماتور با یک سو کننده ی «dc»؛

۲- موتور آلترناتور<sup>۲</sup> با رکتی فایر<sup>۳</sup> «dc» (موتور الکتریکی)؛

۳- اینجین آلترناتور با رکتی فایر «dc» (موتور بنزینی یا گازوئیلی)؛

۴- اینورتر (معکوس کننده).

۳-۱-۱- ماشین های ac: دستگاه های «ac» یا به صورت ترانسفورماتور (شکل ۷-۱) و یا به شکل آلترناتور (شکل ۸-۱) هستند.

هدف از کاربرد ترانسفورماتور در جوش کاری تغییر دادن ولتاژ زیاد و شدت جریان کم، به ولتاژ کم و شدت جریان زیاد





شکل ۱-۷- یک دستگاه ترانسفورماتور با ظرفیت جوش  $230^{\circ}A$

است که به نام ترانسفورماتور کاهنده (Step - down transformer) نامیده می شود. (شکل ۱-۷)

ترانسفورماتور محتوی سه سیستم الکتریکی است :

۱- سیم پیچ اولیه ؛

۲- سیم پیچ ثانویه ؛

۳- هسته ی آهنی .



(ب)



(الف)

شکل ۱-۸- (الف) دستگاه جوش کاری سیار سیستم آلترناتور ac/dc (ب) موتور ژنراتور

آن حوزه ی مغناطیسی تشکیل می شود و وقتی که شدت جریان در سیم متوقف شود، حوزه ی مغناطیسی متلاشی می شود.

در ماشین های جوش کاری کاهنده، تعداد حلقه در سیم پیچ اولیه زیاد است و به همین علت حوزه ی مغناطیسی نیز در آن بسیار قوی می باشد و سیم پیچ ثانویه با تعداد حلقه های کم در

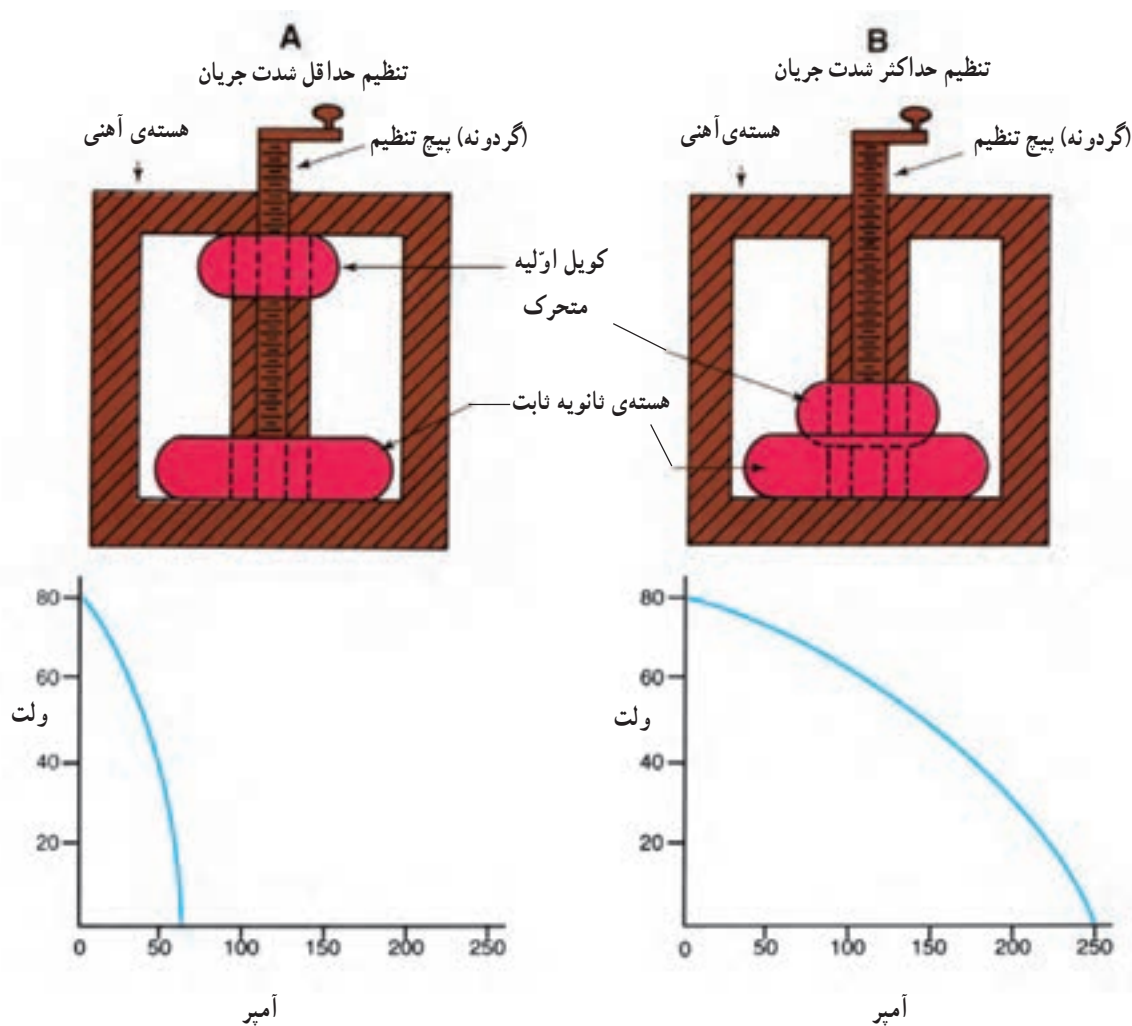
قطر سیم، سیم پیچ اولیه نسبت به سیم پیچ ثانویه کوچک تر است زیرا سیم پیچ اولیه، شدت جریان کمی را از خود عبور می دهد و تعداد حلقه ها در سیم پیچ اولیه نیز نسبت به سیم پیچ ثانویه خیلی بیش تر است.

هنگامی که شدت جریان از یک سیم عبور کند، در اطراف

و در نتیجه یک شدت جریان متناوب تشکیل شود. لایه‌های هسته‌ی آهنی که مابین دو سیم پیچ قرار دارد به دو سیم پیچ اولیه و ثانویه، مرکزیت می‌دهد و هدف از وجود آن، نگهداری و ثبات حوزه‌ی مغناطیسی است. اگر سیم پیچ اولیه و ثانویه از یک‌دیگر دور شوند، مقدار شدت جریانی که در سیم پیچ ثانویه القا می‌شود کاهش می‌یابد زیرا حوزه‌ی مغناطیسی ضعیف‌تری، سیم پیچ ثانویه را قطع می‌کند (شکل ۹-۱).

نزدیکی سیم پیچ اولیه قرار دارد چون در سیم پیچ اولیه، جریان متناوب است، در مواقعی که جهت جریان عوض می‌شود، حوزه‌ی مغناطیسی در سیم پیچ ثانویه القا می‌گردد و شدت جریان در یک جهت جاری می‌شود و وقتی که جهت شدت جریان در سیم پیچ اولیه تغییر جهت داد، دوباره در سیم پیچ ثانویه حوزه‌ی مغناطیسی القا شده، جهت جریان برخلاف جهت جریان قبل در سیم پیچ اولیه به راه می‌افتد.

پرونده‌ی القا شدن حوزه‌ی مغناطیسی باعث می‌شود که در سیم پیچ ثانویه شدت جریان با نرخ  $100^\circ$  مرتبه در ثانیه القا شود



شکل ۹-۱- کویل متحرک یک ترانسفورماتور

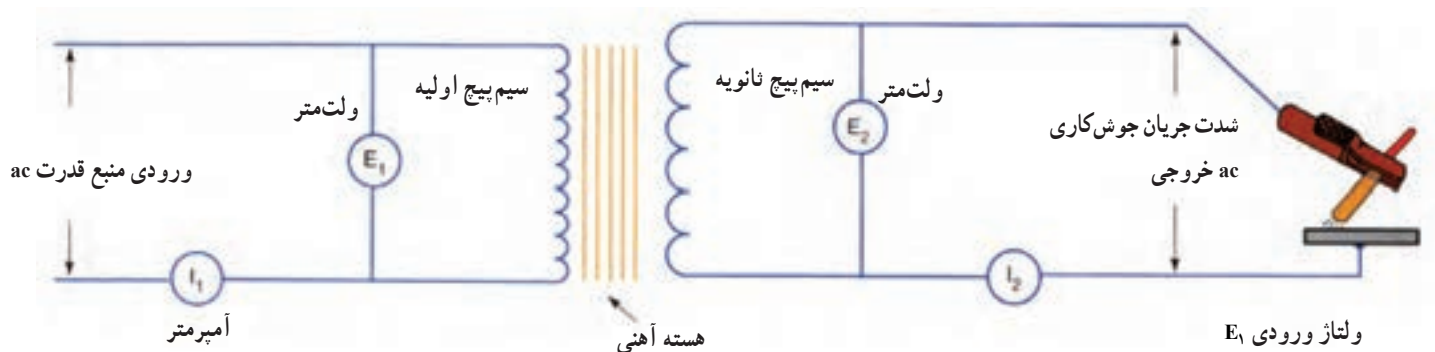
A - تنظیم شدت جریان برای حداقل آمپر

B - تنظیم شدت جریان برای حداکثر آمپر



۵۵° ولت است یعنی ۱° برابر ولتاژ خروجی ماشین. از رابطه‌ی زیر می‌توان تعداد حلقه‌های سیم‌پیچ اولیه و سیم‌پیچ ثانویه را به‌دست آورد.

$$\frac{\text{تعداد حلقه در سیم‌پیچ اولیه}}{\text{تعداد حلقه در سیم‌پیچ ثانویه}} = \frac{\text{ولتاژ در سیم‌پیچ اولیه}}{\text{ولتاژ در سیم‌پیچ ثانویه}}$$

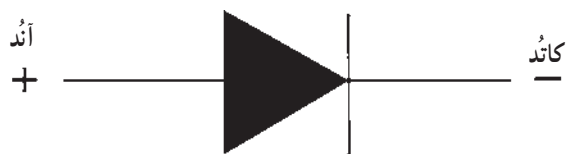


شکل ۱-۱- مدار الکتریکی یک ترانسفورماتور جوش کاری

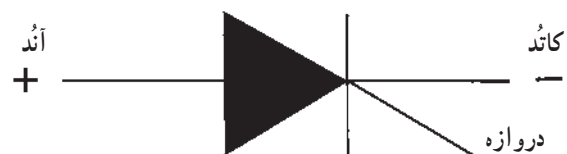
ولتاژ ورودی  $E_1$   
شدت جریان اولیه  $I_1$   
ولتاژ ثانویه  $E_2$   
شدت جریان ثانویه  $I_2$

باز شود.

در شکل (۱-۱۱- ب) دیاگرام یک «دیود» و «SCR» نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۱- الف - دیاگرام یک دیود



شکل ۱-۱۱- ب - دیاگرام یک SCR با دروازه

در شکل ۱-۱- مدارهای الکتریکی یک ترانسفورماتور «ac» نشان داده شده است.

فرض کنیم لازم است که کویل‌های یک ترانسفورمر جوش کاری برای ولتاژ خروجی مدار باز ۵۵ ولت سیم‌پیچی شود (۵۵ ولت برای سهولت محاسبه در نظر گرفته شده) و ولتاژ ورودی

## ۲-۳-۱- کنترل بازده و یک‌سو کردن شدت جریان:

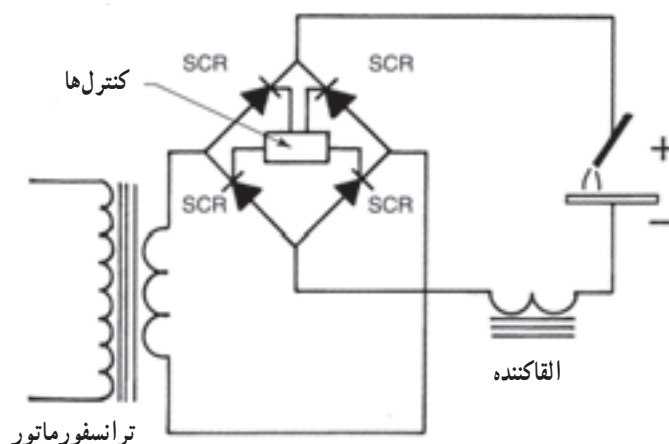
برای کنترل کردن کارایی شدت جریان در دستگاه‌های جوش کاری از شیوه‌های متفاوتی (مانند کویل‌های متحرک، حوزه‌ی مغناطیسی و غیره) برای مقدار شدت جریان خروجی استفاده می‌کنند، اما امروزه در ماشین‌های جدید جوش کاری از روش‌های الکترونیکی استفاده می‌نمایند. «دیود» (diode) وسیله‌ای است که فقط در یک جهت، شدت جریان داشته باشد و در جهت مخالف نمی‌تواند جاری گردد. از «دیود» برای تبدیل جریان متناوب به مستقیم استفاده می‌شود (شکل ۱-۱۱- الف).

«SCR»<sup>۱</sup> مانند دیود است و اختلاف آن‌ها در این است که دیود مانند یک خیابان یک طرفه است که در آن شدت جریان فقط می‌تواند در یک جهت از «آند» (+) به طرف «کاتد» (-) برود. در «SCR» شدت جریان مانند دیود می‌تواند در یک جهت جاری شود اما مشروط بر این که این مسیر به وسیله‌ی یک دروازه (gate)

نیم سیکل شدت جریان، در یک لحظه‌ی بسیار کوتاه، مسیر را باز می‌کند و اگر به شدت جریان کم نیاز باشد «SCR» در هر نیم سیکل مسیر را دیرتر باز می‌کند؛ یعنی شدت جریان خروجی به صورت الکترونیکی کنترل می‌شود. به این ترتیب لزوم حرکت کردن سیم پیچ‌های اولیه و ثانویه از بین می‌رود (شکل ۱۲-۱).

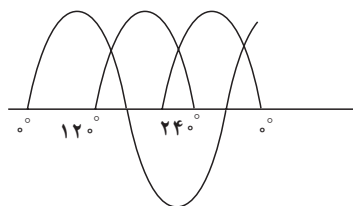
دروازه یا gate در «SCR» یک کلید است که در هنگام چرخش مسیر صحیح و درست جاری شدن شدت جریان را باز می‌کند و اگر مسیر شدت جریان بخواهد تغییر کند، «SCR» شدت جریان را متوقف می‌کند.

کاربرد «SCR» در مدار ثانویه ماشین‌های جوش کاری است و هر موقع که نیاز به شدت جریان زیاد باشد، «SCR» در هر



شکل ۱۲-۱-۲ دی‌اگرام یک ماشین «dc» تک فاز (رکتی‌فایر) که در آن از «SCR» استفاده شده است.

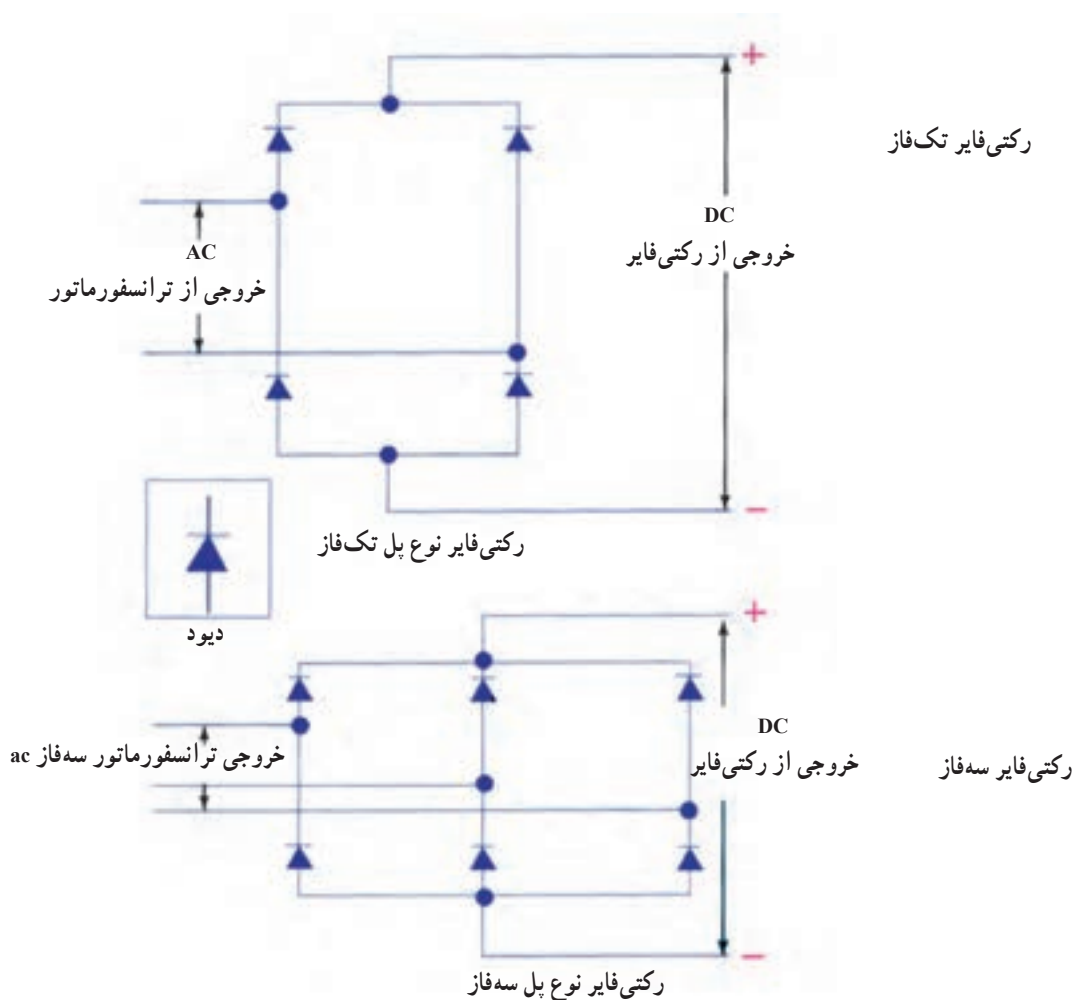
۳-۳-۱-۲ رکتی‌فایر: در اکثر ماشین‌های جوش کاری، «ac/dc» شدت جریان مستقیم را از طریق جریان متناوب ایجاد می‌کنند این نوع شدت جریان، دارای « $10^\circ$ » سیکل جریان مستقیم است.



شکل ۱۳-۱-۳ جریان سه فاز یک سوسوده.

این شدت جریان را «فول dc» می‌نامند و اگر نیم سیکل‌های منفی شدت جریان به وسیله‌ی رکتی‌فایر شدن متوقف گردند، چنین شدت جریانی را «نیم سیکل‌های یک سو» می‌نامند. در ماشین‌های جوش کاری بزرگ (ظرفیت بالا)، جریان سه فاز «ac» تبدیل به «dc» می‌شود. قوس الکتریکی در جریان‌های سه فاز نرم‌تر و ضریب آن کم‌تر از تک فاز می‌باشد؛ زیرا در جریان سه فاز، نیم سیکل‌ها روی هم قرار می‌گیرند و از رسیدن نیم سیکل‌های شدت جریان و ولتاژ به صفر جلوگیری می‌شود (شکل ۱۳-۱).

در شکل ۱۴-۱ مدارهای رکتی فایر یک فاز و سه فاز نشان داده شده است.



شکل ۱۴-۱-۱ دیگرام رکتی فایر تک فاز و سه فاز با استفاده از دیودها فقط جهت جریان را با علامت پیکان نشان می دهند. AC تبدیل به DC می گردد.

دیزلی در مکان هایی استفاده می شود که جریان الکتریسیته وجود نداشته باشد.

طرح ژنراتور جوش کاری بر مبنای سه فاکتور مهم است :

۱- تولید شدت جریان در یک رنج (دامنه) وسیع برای

جوش کاری ضخامت های مختلف ؛

۲- تولید شدت جریان و یا ولتاژ در حد تقریباً ثابت ؛

۳- تغییر شدت جریان در یک لحظه ی بسیار کوتاه برای

قوس الکتریکی<sup>۱</sup>.

۴-۳-۱ ماشین های جوش کاری «DC»: دستگاه های

جوش کاری جریان مستقیم، بیش تر از نوع ژنراتور یا رکتی فایر است.

ژنراتور مولد شدت جریان برای جوش کاری است مانند

دینام اتومبیل که شدت جریان را برای جرقه زدن سر شمع ها و روشنایی تولید می کند.

ژنراتور به وسیله ی یک موتور الکتریکی یا به وسیله ی یک

موتور بنزینی یا دیزلی (محرک) می چرخد از موتورهای بنزینی یا

۱- سومین فاکتور در جوش کاری اهمیت بسیار زیادی دارد.

یک عدم ثبات برخوردار می‌شود از این رو لازم است که ولتاژ ژنراتور با ولتاژ قوس هم‌آهنگ باشد.

### ۵-۳-۱- رابطه‌ی ولت و آمپر در جوش‌کاری:

دستگاه‌های «DC» هنگامی که دستگاه روشن است ولی جوش‌کاری انجام نمی‌شود (مدار باز) ولتاژ در حدود ۶۰ ولت یا ۸۰ ولت است و شدت جریان مساوی ۰ آمپر است در هنگام بسته‌شدن مدار (ایجاد قوس) شدت جریان از صفر شروع به افزایش می‌کند و ولتاژ برعکس کاهش می‌یابد. و به حدود ۴۰-۱۵ می‌رسد (ولتاژ بیش از ۴۰V خطرناک است)

در هنگام جوش‌کاری گلوله یا ذرات فلز مذاب از نوک الکترود جدا شده، پشت سرهم به طرف قطعه‌ی کار، رها می‌شوند و یک مدار بسته را ایجاد می‌کند. به محض شکل گرفتن مدار بسته تغییرات ولتاژ هم وسیع می‌شود. تغییرات ولتاژ در حدّ بالا اثرات نامطلوبی در جوش‌کاری دارد.

اگر تغییر در جهت افزایش ولتاژ باشد شدت جریان هم زیاد شده در این صورت اولاً کنترل مذاب مشکل‌تر می‌گردد و در ثانی جرقه‌های بسیار زیادی شکل می‌گیرد. اگر ولتاژ در جهت کم شدن باشد شدت جریان هم کم شده در این صورت قوس از



شکل ۱۵-۱- ب- ماشین جوش‌کاری «ac/dc»



شکل ۱۵-۱- الف- ماشین جوش‌کاری اینورتر با توان زیاد و سبک (۲۶cm × ۴۳cm × ۴۹cm)

در ماشین‌های جوش‌کاری با شدت جریان ثابت (شکل ۱۵-۱) تنظیم‌کننده‌ای که روی ماشین تعبیه می‌کنند، فقط برای تنظیم شدت جریان است.

اگر فاصله‌ی الکترود نسبت به سطح کار ثابت نگه داشته شود، یعنی اندازه‌ی مقاومت (R) ثابت باشد، از رابطه‌ی  $V = IR$  می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش ولتاژ، شدت جریان هم زیاد می‌شود.

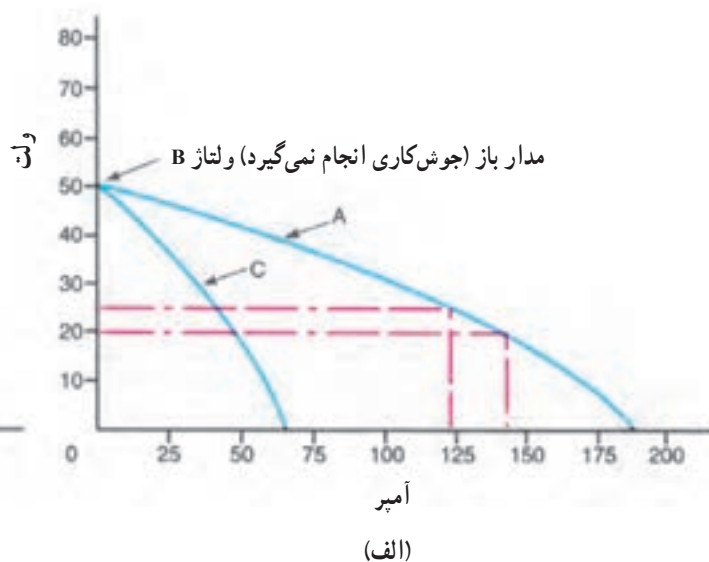
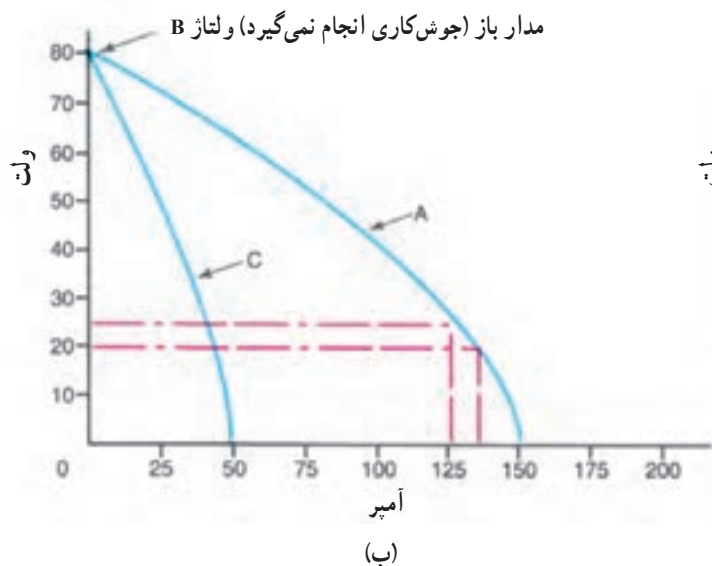
قانون اهم در الکتریسیته نشان می‌دهد که مقدار ولتاژ در یک مدار بسته رابطه‌ی ثابتی نسبت به شدت جریان و مقاومت دارد.

$$V = I.R$$

$$V = \text{ولتاژ}$$

$$I = \text{شدت جریان}$$

$$R = \text{مقاومت}$$



شکل ۱۶-۱- رابطه‌ی ولت - آمپر در ماشین‌های شدت جریان ثابت

دستی است (SMAW). در دیاگرام سمت راست (شکل ۱۵-۱ الف) ولتاژ مدار باز ۵۰ ولت است اگر مقدار ولتاژ از ۲۰ ولت به ۲۵ ولت در مدار بسته برسد، شدت جریان از ۱۴۳A به ۱۲۴A می‌رسد، یعنی در برابر ۲۵٪ تغییر ولتاژ، تغییرات شدت جریان ۱۳/۳٪ است؛ در این صورت نوع ماشین از گروه ماشین‌های با شدت جریان ثابت نیست اما کنترل مذاب و نرخ مذاب الکتروود در جوش کاری افقی - قائم و بالای سر با این نوع ماشین بهتر انجام می‌شود.

۱-۳-۶- قطب‌های جوش کاری (Polarity): در جریان مستقیم نوع قطب نشان می‌دهد که جهت جریان در مدار چگونه می‌باشد اگر الکتروود به ترمینال منفی ماشین و قطعه‌ی کار یا فلز مبنا به ترمینال مثبت، وصل شود، جهت عبور الکترون‌ها از الکتروود به طرف قطعه‌ی کار است و «قطب مستقیم» نامیده می‌شود (DCSP)<sup>۱</sup>. اگر برعکس الکتروود به ترمینال مثبت و قطعه‌ی کار به ترمینال منفی وصل شود، جهت عبور الکترون‌ها (شدت جریان) از قطعه‌ی کار به سمت الکتروود است که آنرا «قطب معکوس» می‌نامند (DCRP)<sup>۲</sup>.

بازده توان یا راندمان در ماشین‌های جوش کاری به این صورت است که در آن‌ها یا ولتاژ ثابت است و یا شدت جریان و بازده توان خروجی از روی مقدار شدت جریان و ولتاژ به کار رفته تعیین می‌شود؛ این نوع ماشین‌ها را «drooper» می‌نامند.

ولتاژ قوس متناسب با طول قوس تغییر می‌کند. در دیاگرام شکل ۱۶-۱ ب مشاهده می‌شود که ولتاژ مدار باز ۸۰ ولت است. در موقع جوش کاری مدار بسته شده، اندازه‌ی ولتاژ به ۲۰ ولت می‌رسد. اگر جوش کار طول قوس را زیاد کند، به فرض ولتاژ از ۲۰ به ۲۵ ولت برسد، مشاهده می‌شود که شدت جریان ۱۳۵A به ۱۲۶ آمپر می‌رسد یعنی با افزایش ۲۵٪ ولتاژ قوس، فقط ۶/۷٪ شدت جریان تغییر می‌کند.

این مقدار کم تغییرات در اندازه‌ی شدت جریان (۶/۷٪) را، شدت جریان ثابت می‌نامند.

$$\frac{25-20}{20} \times 100 = 25\% \text{ درصد تغییرات ولتاژ}$$

$$\frac{-126+135}{135} \times 100 = 6.66 \sim 6.7\% \text{ درصد تغییرات شدت جریان}$$

طرح ماشین‌های با جریان ثابت، برای جوش کاری با الکتروود

۱- DCSP: Direct- Current Straight Polarity

۲- DCRP: Direct -Current Reverse Polarity

انتخاب نوع قطب در جوش کاری اولاً در ارتباط با نوع الکترودی است که به کار برده می شود و در ثانی باید با شرایط متالورژیکی قطعه کار هم آهنگ باشد.

در کارهای تولیدی انتخاب نوع الکترو و نوع قطب را در «WPS»<sup>۱</sup> تعیین می کنند.

قطب های «DCSP» و «DCRP» با موارد زیر ارتباط دارند :

۱- عمق و نفوذ جوش ؛

۲- مقدار مذاب الکترو در واحد زمان ؛

۳- نوع درز یا شیار و پنخ ؛

۴- ضخامت فلز جوش دادنی ؛

۵- جنس قطعه کار.

۷-۳-۱- مشخصات ماشین های جوش کاری: یک

ماشین جوشکاری براساس مشخصات زیر تعریف می شود :

۱- حداکثر ظرفیت ماشین برحسب شدت جریان ؛

۲- توان خروجی ماشین ؛

۳- سیکل کاری ماشین.

حداکثر ظرفیت ماشین: ظرفیت ماکزیم برحسب شدت

جریان، مقدار جریانی است که دستگاه می تواند تولید کند، بدون این که درجه حرارت درون ماشین از حد طراحی شده تجاوز کند.

توان خروجی: توان خروجی یا بازده ماشین براساس شدت

جریان برحسب آمپر است که دستگاه می تواند با یک ولتاژ مشخص تولید کند.

برای مثال اگر ظرفیت ماکزیم دستگاه ۳۰۰ Amp باشد،

مقدار ولتاژی که تولید می شود ۳۲ ولت است (اندازه ی ولتاژ براساس محاسبه، مشخص می شود) بنابراین توان خروجی دستگاه برابر است با :

$$300A \times 32V = 9600W$$

حال اگر همین ماشین با ۲۰۰ Amp کار کند، مقدار ولتاژی

که تولید می شود ۲۸ V است در نتیجه توان برابر است با :

$$200A \times 28V = 5600W$$

سیکل کاری (Duty Cycle) : همه ی ماشین های

جوش کاری با یک مقدار ماکزیم شدت جریان و یک سیکل کاری مشخص می توانند بدون هیچ عارضه ای کار کنند. کارخانه های تولیدکننده، این نوع ماشین را برای مشخصات فوق تضمین و گارانتی می نمایند.

سیکل کاری برای این اساس است که ماشین بتواند در پریودهای ۱۰ دقیقه ای، زمانی را برحسب دقیقه با حداکثر بار، کار کند و بقیه ی دقایق از این پریود را بدون بار باشد و یا خاموش شود.

برای مثال اگر ظرفیت ماکزیم یک دستگاه A ۳۰۰ با سیکل کاری ۶۰٪ باشد، ماشین می تواند ۶ دقیقه را با ظرفیت کامل A ۳۰۰ کار کند و ۴ دقیقه را بدون بار یا خاموش باشد و مجدداً ۶ دقیقه را با A ۳۰۰ و ۴ دقیقه را بدون بار کار کند.

بنابراین ماشین می تواند برای یک زمان طولانی، به همین نحو کار کند بدون این که دمای درون ماشین از حد معین تجاوز کند.

واضح است که ماشین هایی با سیکل کاری ۳۰٪ و یا ۴۰٪ و یا ۵۰٪ و ۶۰٪ از لحاظ طراحی - جنس قطعات الکتریکی و الکترونیکی - وزن حجم و غیره با یک دیگر متفاوت می باشند.

در دستگاه های اتومات، لازم است که سیکل کاری ماشین ۱۰۰٪ باشد (در ماشین های غیر اتومات نیاز به ۱۰۰٪ سیکل کاری نیست). از طرفی برای ذوب کردن یک الکترو دستی، به ۶ دقیقه وقت نیاز نیست ؛ به مثال های زیر توجه شود.

مثال ۱: می خواهیم از یک ماشین جوش کاری A ۳۰۰ و ۶۰٪ سیکل کاری در برش کاری لوله برای یک زمان تقریباً طولانی، به طور مداوم استفاده نماییم، حداکثر شدت جریانی را که می توان از دستگاه گرفت محاسبه کنید :

حل: چون انجام کار مداوم می باشد، پس سیکل کاری باید از ۶۰٪ به ۱۰۰٪ برسد.

برای محاسبه می توان از رابطه ی زیر استفاده نمود :

$$\frac{t_r}{t_n} = \frac{(I_n)^2}{(I_r)^2}$$

سیکل کاری ماشین  $t_r$



دهند. کابل های جوش کاری به علت قطر زیادی که دارند باید از خاصیت انعطاف پذیری خوبی برخوردار باشند. کابلی که از ماشین به الکتروود وصل می شود به نام Electrode Lead و کابلی که از ماشین به کار وصل می شود، به نام ground Lead معروف است.

کابل های جوش کاری به بهترین وجه عایق می شوند. رشته های فلزی کابل با لاستیک عایق می شود و برای تقویت عایق از یک نوع کف دریایی به نام Woven استفاده کرده، آن را به صورت زیگزاگ بر روی عایق می پیچند؛ سپس روی آن را با ماده ای به نام نیوپرن Neoprene می پوشانند (شکل ۱۷-۱).

چون کابل ها به طور قابل ملاحظه ای در معرض اصطکاک قرار می گیرند، لازم است در زمان های متفاوت از آن ها بازدید به عمل آید تا اگر در عایق ها شکاف ایجاد شده باشد، تعویض شوند و لتهائی که این کابل ها از خود عبور می دهند، زیاد نیست و بین ۸-۱۴ ولت است اما در عوض مقادیر زیادی شدت جریان از آن ها عبور می کند.

کلفتی کابل براساس شماره نشان داده می شود و هرچه شماره کوچک تر باشد، قطر کابل زیادتر است جدول ۱-۱ اندازه ی کابل - طول و شدت جریان را نشان می دهد.

کابل باید کاملاً انعطاف پذیر باشد تا اولاً جوش کار بتواند به سهولت کار کند و در ثانی عمل عایق بندی به خوبی صورت گیرد. اگر عایق کردن کابل به خوبی انجام نشود، در قوس الکتریکی اثر خواهد داشت.

$t_n$  = سیکل کاری جدید

$I_r$  = ماکزیم شدت جریان

$I_n$  = شدت جریان جدید

با استفاده از رابطه ی فوق، می توان نوشت:

$$\frac{60}{100} = \frac{(I_n)^2}{300^2} \Rightarrow I_n = 232 \text{ Amp}$$

از دستگاه فوق می توان به طور مداوم استفاده کرد مشروط بر این که حداکثر شدت جریان از ۲۳۲ آمپر تجاوز نکند.

مثال ۲: در شرایط خاص، لازم است از یک دستگاه جوش کاری با ظرفیت ماکزیم ۲۰۰ A و سیکل کاری ۶۰٪ مقدار زیادتری شدت جریان، یعنی ۲۷۵ آمپر استفاده کنیم.

تعیین کنید سیکل کاری دستگاه در این شرایط چقدر است؟

$$\frac{60}{t_n} = \frac{275^2}{300^2} \Rightarrow t_n = 31\%$$

مقدار فوق نشان می دهد که ماشین می تواند برای مدت زمان تقریباً ۳ دقیقه با ۲۷۵ آمپر کار کند و ۷ دقیقه را بدون بار طی کند.

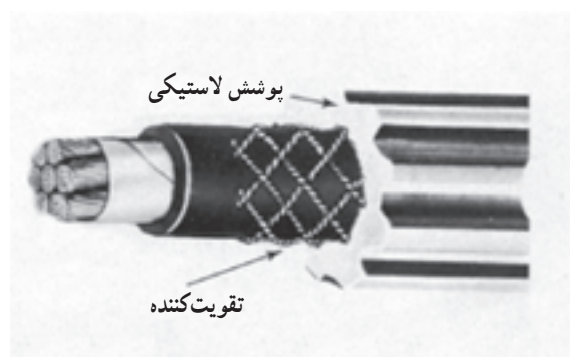
افزایش حرارت در ماشین جوش کاری با توان دوم شدت جریان متناسب است.

$$Q = I^2 R$$

۸-۳-۱- کابل جوش کاری: کابل های جوش کاری باید شدت جریان را از ماشین به کار و برعکس از کار به ماشین عبور



ب- کابل با تعداد زیاد رشته سیم های ظریف



الف- کابل با پوشش از لاستیک مضرس

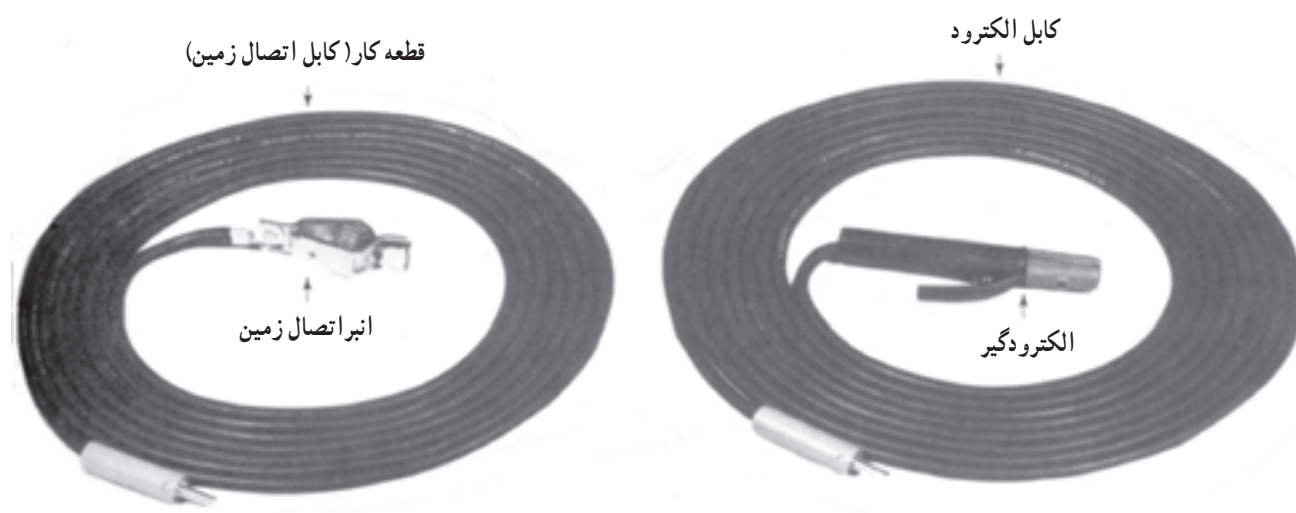
شکل ۱۷-۱- کابل جوش کاری

هر دو کابل از لحاظ قطر یکسان و مطابق با قاعده باشند. عدم انتخاب صحیح کابل اولاً در شرایط کار کردن مؤثر است و در ثانی باعث کوتاه شدن عمر ماشین می شود.

اگر جنس فلز کابل، آلومینیوم باشد، ظرفیت شدت جریان آن ۶۱٪ کابل مسی خواهد بود.

برای انعطاف پذیری کابل جوش کاری لازم است که تعداد رشته های سیم زیاد باشد و معمولاً تعداد رشته ها بین ۸۰۰ تا ۲۵۰۰ رشته سیم است.

برخلاف روشی که در بین جوش کاران عمومیت یافته که کابل انبر الکتروود را نازک تر انتخاب می کنند، در حقیقت باید



جدول ۱-۱- طول، قطر و شدت جریان کابل

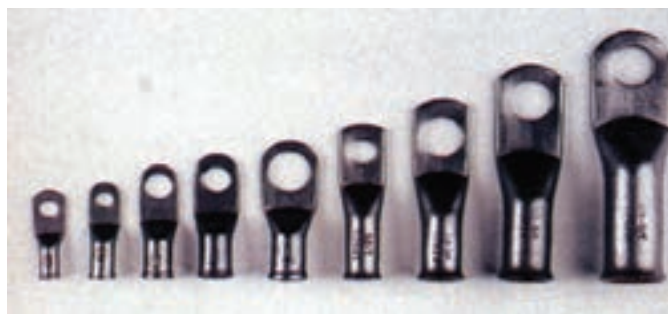
شدت جریان بر حسب آمپر طول بر حسب فوت و متر					
نمره کابل	قطر کابل		طول ۵۰-۰ ft ۱۵/۲-۰ m	طول ۵۰-۱۰۰ ft ۱۵/۴-۳۰/۵ m	طول ۱۰۰-۲۵۰ ft ۳۰/۵-۷۶/۲ m
	in	mm	آمپر	آمپر	آمپر
۴/۰	.۹۵۹	۲۴/۴	۶۰۰	۶۰۰	۴۰۰
۳/۰	.۸۲۷	۲۱/۰	۵۰۰	۴۰۰	۳۰۰
۲/۰	.۷۵۴	۱۹/۲	۴۰۰	۳۵۰	۳۰۰
۱/۰	.۷۲۰	۱۸/۳	۳۰۰	۳۰۰	۲۰۰
۱	.۶۴۴	۱۶/۴	۲۵۰	۲۰۰	۱۷۵
۲	.۶۰۴	۱۵/۳	۲۰۰	۱۹۵	۱۵۰
۳	.۵۶۸	۱۴/۴	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰
۴	.۵۳۱	۱۳/۵	۱۲۵	۱۰۰	۷۵
توجه: طول های داده شده برای جمع طول کابل های الکتروود و قطعه کار است.					



### ۹-۳-۱- ترمینال‌های کابل جوش کاری: چون

قسمت‌هایی از متعلقات ماشین جوش کاری در مدار قرار می‌گیرند و باید شدت جریان زیادی را از خود عبور دهند، لازم است که در طراحی ساختن و استفاده‌ی صحیح از آن‌ها دقت شود. کابل‌های مسی و یا آلومینیومی به وسیله‌ی ترمینال‌های عایق شده، یا بدون عایق به دستگاه متصل می‌شوند. (شکل ۱۸-۱).

ترمینال‌های بدون عایق که آن‌ها را «Lug» می‌نامند، به صورت مکانیکی به کابل و ماشین وصل می‌شوند. علاوه بر این که ترمینال باید بادوام باشد، از لحاظ الکتریکی نیز باید هادی یا رسانای قوی‌ای باشد. اگر اتصال ترمینال به کابل و یا ماشین درست انجام نشود، (شُل باشد) علاوه بر این که عبور شدت جریان از کابل را کم می‌کند، در محل اتصال نیز درجه‌ی حرارت



الف - انواع ترمینال‌های بدون عایق



ب - ترمینال عایق‌دار

شکل ۱۸-۱- انواع ترمینال اتصال سریع<sup>۱</sup>

به شدت زیاد می‌شود.

ترمینال‌های عایق شده یا کنکتور در طرح‌های متفاوتی ساخته می‌شوند و نوع اروپایی آن‌ها را «DIN Connector» می‌نامند (شکل ۱۹-۱).

ترمینال ممکن است به یکی از سه روش زیر به کابل وصل

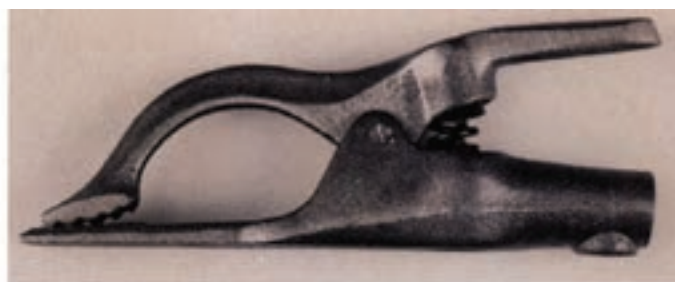
شود:

۱- مکانیکی؛

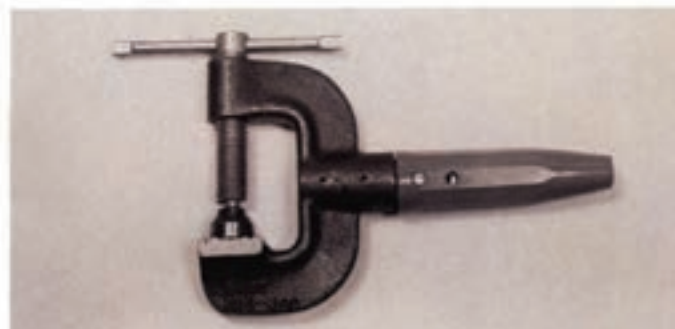
۲- لحیم؛



ب- ترمینال‌های امریکایی و اروپایی از نوع اتصال سریع

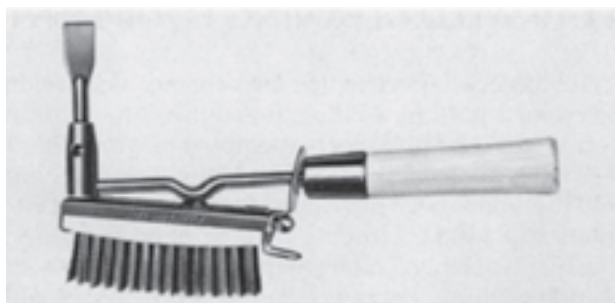


الف- انبر فنی اتصال زمین



پ- گیره اتصال زمین از نوع AC برای کابل قطعه کار

شکل ۱۹-۱- انواع ترمینال



شکل ۲۰-۱- تمیزکننده ترکیبی، برس سیمی و چکش سرباره  
یا چکش جوش کاری

در تولید انبوه تمیز می کنند.

سرباره ای که در روی جوش شکل می گیرد، باید قبل از این که پاس دوم روی آن جوش داده شود، به وسیله ی چکش جوش تمیز گردد (شکل های ۲۰-۱ و ۲۱-۱).

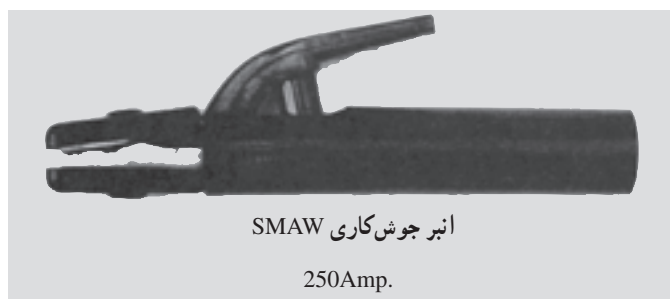
سرباره ی آخرین پاس جوش، باید قبل از آزمایش و یا رنگ زدن به خوبی تمیز شود. در همه ی موارد برای تمیز کردن سرباره و یا زدودن جرم، لازم است که از وسیله های ایمنی مانند ماسک شفاف استفاده شود.

### ۳- بریزنگ یا لحیم سخت.

در دستگاه های جدید جوش کاری شرایط به گونه ای است که لازم است از ترمینال های عایق شده استفاده کرد. اندازه و مقاومت الکتریکی ترمینال باید متناسب با ظرفیت و سیکل کاری ماشین باشد.

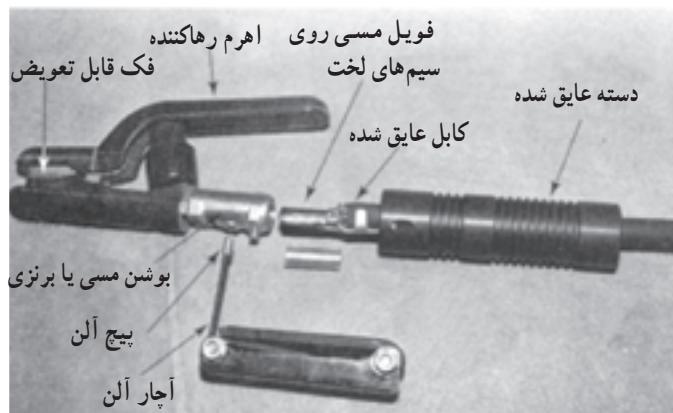
۱-۳-۱- دستگاه و ابزار تمیزکننده ی جوش: شاید نکته ای که کمتر به آن توجه می شود، عمل تمیز کردن فلز مبنا برای جوش کاری است. سطوحی که محتوی جرم های متفاوت از قبیل گرد و خاک، روغن، رنگ، لایه های اکسید، علایم ماژیک و غیره باشد و تمیز نشوند، در مقطع جوش معایبی ایجاد می کنند که شاید در بعضی مواقع قابل جبران نباشد.

تعداد زیادی دستگاه و ابزار برای تمیز کردن سطوح فلز قبل و بعد از جوش کاری ساخته شده است. تمیز کردن فلز و آماده نمودن آن برای جوش کاری ممکن است از طریق ماشین «سند بلاست» یا «برس های گردان سیمی» انجام شود و یا از طریق ابزارهایی مانند تیزبر، چکش جوش، برس سیمی و غیره باشد. فلزات غیر آهنی را بیش تر از طریق شیمیایی (به خصوص



انبر جوش کاری SMAW

250Amp.



شکل باز شده ی انبر جوش کاری SMAW دسته ی عایق و قسمت هایی که برای اتصال لازم است.

شکل ۱-۲۲- انبر الکتروود

### ۱-۳-۱۲- ماسک جوش کاری: جوش کاری با قوس

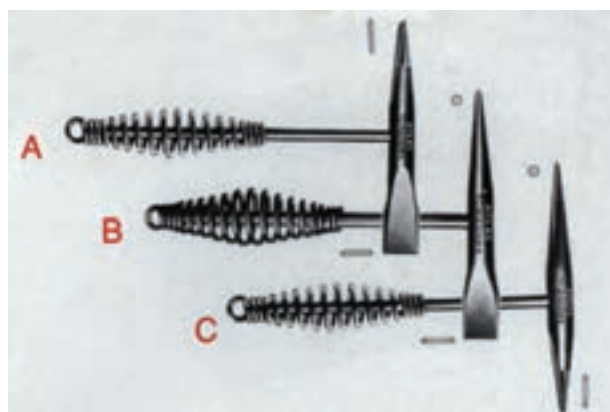
الکتریکی لزوم حفاظت پوست و چشم را در برابر تشعشعات ناشی از قوس ایجاد می کند. حفاظت صورت و چشم با وسیله ای به نام ماسک صورت می پذیرد (شکل ۱-۲۳). ماسک می تواند فقط صورت و چشم را محافظت کند و برای حفاظت دست و بدن می توان از دست کش و لباس های مخصوص جوش کاری استفاده کرد. ماسک در دو نوع ساخته می شود:

الف - ماسک کلاهی؛

ب - ماسک دستی.

ماسک کلاهی روی سر قرار می گیرد و دارای یک باند تنظیم کننده است که به وسیله ی یک دکمه جمع یا باز می شود تا راحت روی سر قرار گیرد.

ماسک دستی بیش تر مورد استفاده ی افراد بازدید کننده، مهندسین جوش کاری، بازرسان فنی و سرکارگران است (شکل ۱-۲۳).



شکل ۱-۲۱- انواع چکش جوش کاری یا چکش سرباره

A - تیغه های این نوع چکش جوش ۹۰° نسبت به هم قابل چرخش هستند. B و C در چکش جوش که دارای یک تیغه و یک سمبه است جهت تیغه ها در هر کدام فرق می کند.

### ۱-۳-۱۱- انبر الکتروود یا الکتروودگیر Electrode holder:

الکتروودگیر قسمتی دیگر از متعلقات جوش کاری با قوس الکتریکی و الکتروود دستی است (شکل ۱-۲۲). انبر الکتروود در موقع جوش کاری در دست اپراتور قرار می گیرد بنابراین کار کردن با آن نباید مشکلی ایجاد کند.

انبر الکتروود در مدل ها و اشکال متفاوتی ساخته می شود ولی همه ی آنها باید خصوصیات یکسانی داشته باشند. اتصال انبر الکتروود به کابل جوش کاری به صورت مکانیکی است. یک بوشن برنجی یا مسی در داخل دسته وجود دارد که رشته های سیم کابل در آن قرار می گیرند. اطراف رشته های سیم کابل به وسیله ی یک فویل مسی (لاتون مسی) پوشیده می شود تا اولاً رشته های سیم را به هم فشرده نگه دارد و در ثانی حالت شل بودن بین کابل و بوشن از بین برود تا افت شدت جریان به وجود نیاید. قسمت روی انبر از مواد عایق درست شده که در برابر حرارت و جریان الکتریسیته، مقاومت زیادی دارد. فرم انبر باید به گونه ای باشد که تعادل خوبی را در دست جوش کاری برای حالات مختلف جوش داشته باشد. انبر الکتروود در اندازه های متفاوت متناسب با قطر الکتروود و مقدار شدت جریان ساخته می شود.

ترکیب کلاه ایمنی و ماسک کلاهی که به تازگی ساخته می‌شود، استفاده می‌کنند.

سازمان «OSHA»<sup>۱</sup> استفاده از کلاه ایمنی همراه با ماسک کلاهی را برای مراکز تولیدی اجباری کرده، از این رو امروزه از



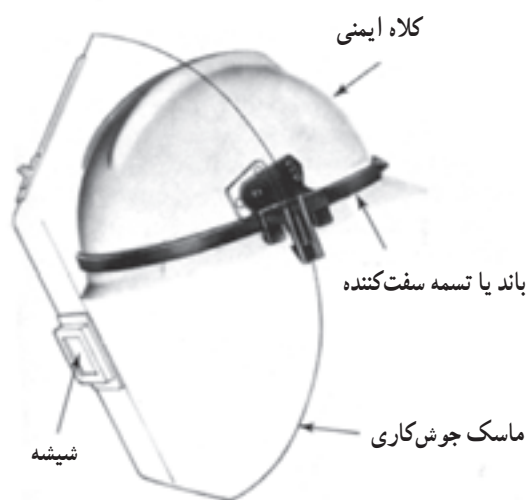
ماسک کلاهی با لنز بزرگ



ماسک دستی



ماسک کلاهی متداول



شکل ۲۳-۱- انواع ماسک‌های جوش کاری

جنس ماسک از فیبر فشرده، پلاستیک یا پشم شیشه است. شکل آن به گونه‌ای است که می‌تواند نیمه‌ی کامل جلوسر را بپوشاند. در ماسک به موازات چشم، دریچه‌ای برای تعبیه کردن شیشه وجود دارد، اندازه‌ی این دریچه  $108 \times 51$  میلی‌متر است و حداقل با دو شیشه‌ی مات و روشن پوشیده می‌شود. گروهی از ماسک‌های کلاهی دارای شیشه‌های بزرگ‌تر از حدّ متداول هستند. اندازه‌ی شیشه‌ی این نوع ماسک‌ها  $114 \times 133$  میلی‌متر است. استفاده از این ماسک برای جوش‌کارانی است که از عینک‌های طبی استفاده می‌کنند. شیشه‌ی سیاه ماسک با دو شیشه‌ی شفاف پوشیده می‌شود

تا در برابر جرقه، محفوظ باشد. برای نگهداری شیشه‌ها از فنر فُرم‌دار تسمه‌ای و گیره مخصوص استفاده می‌شود. حفاظت جوش‌کار با استفاده از شیشه‌های نوع مرغوب در برابر اشعه‌ی مادون قرمز  $99/5\%$  و در برابر اشعه‌ی ماورای بنفش  $99/75\%$  است. جدول ۱-۲ شماره‌ی شیشه را برای روش‌های متفاوت قوس الکتریکی تعیین می‌کند. اگر چشم در برابر اشعه‌ی ماورای بنفش درست محافظت نشود، چشم درد شدیدی عارض فرد شده که زمان آن طولانی و بین ۸ تا ۱۸ ساعت خواهد بود.

جدول ۱-۲- شماره‌ی شیشه‌ی ماسک

شماره‌ی شیشه	قوس الکتریکی جوش آرگون GTAW	قوس الکتریکی GMAW(CO <sub>2</sub> )	قوس الکتریکی یا الکترو دستی SMAW
۱۰	—	—	تا ۴ میلی‌متر قطر الکترود
۱۲	—	—	از ۴ تا ۶ میلی‌متر قطر
۱۴	—	—	بزرگ‌تر از ۶ میلی‌متر
۱۱	—	برای فلزات غیر آهنی تا ضخامت ۴ میلی‌متر	—
۱۲	—	برای فلزات آهنی تا ۴ میلی‌متر	—
۱۰-۱۴	برای ضخامت‌های مختلف	—	—



## الکترودهای پوشش دار SMAW

- در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :
- ۱- ساختمان فیزیکی الکترودها را شرح دهد.
  - ۲- مشخصات و ترکیب شیمیایی فلز الکترودها را بیان کند.
  - ۳- نقش پوشش شیمیایی الکترودها (فلاکس) را در جوش کاری توضیح دهد.
  - ۴- الکترودها را از لحاظ پوشش گروه بندی کرده و توضیح دهد.
  - ۵- نحوه ی مراقبت از الکترودها را مختصراً توضیح دهد.
  - ۶- مفتول فلزی الکترودهای فولادی و آلیاژهای فولادی را با توجه به استانداردهای آن طبقه بندی کرده و شرح دهد.
  - ۷- خواص فولاد و آلیاژهای فولاد را با توجه به نوع و مقدار ترکیب های شیمیایی آن توضیح دهد.
  - ۸- روش های آزمایش و تشخیص نوع فولاد را شرح دهد.

## ۲- الکترودهای پوشش دار SMAW

جدول ۲-۱- طول و قطر الکترودها

طول الکترودها		قطر فلز الکترودها	
mm	in	mm	in
360	14	1.6	1/16
360	14	2.3	3/32
360	14	3.2	1/8
360	14	4.0	5/32
460	18	5.6	7/32
460	18	6.4	1/4

در روش جوش کاری قوس الکتریکی با الکترودهای دستی (SMAW) مابین الکترودها و سطح کار، یک قوس الکتریکی ایجاد می شود که از حرارت آن برای عمل ذوب استفاده می کنند.

الکترودها از یک مفتول فلزی که در اطراف آن پوشش شیمیایی (Flux) است، ساخته می شود.

الکترودها به وسیله قطر فلز آن و یک سری حروف و اعداد معرفی می شود. قطر فلز اندازه الکترودها حروف و اعداد نوع آلیاژ و روش کاربرد الکترودها را نشان می دهد.

الکترودها زیر پوشش استانداردهای معتبر معرفی می شوند و معتبرترین استاندارد جهان، استاندارد «ANSI/AWSA5...» است.

جدول ۲-۱ قطر و طول الکترودها را نشان می دهد.

## ۲-۱- نگه‌داری الکترو

پوشش الکترو همراه با فلز درون آن ذوب شده، وارد حوضچه‌ی مذاب جوش می‌شود. اگر رطوبت به پوشش سرایت کند، اثرات نامطلوبی مانند ترک خوردن نواحی مجاور جوش (HAZ) تُرد شدن جوش را ایجاد می‌کند.

هیدروژن از طریق رطوبت، وارد قوس شده، به اتم هیدروژن و سپس به یون و الکترون تبدیل می‌شود. الکترون هیدروژن وارد مرز دانه‌های فلز شده، به هنگام تبدیل مجدد به اتم هیدروژن، فشار زیادی تولید می‌کند؛ این فشار ترک‌هایی را در فلز ایجاد می‌کند. در بسیاری از جوش‌کاری‌ها لازم می‌شود که الکترو را قبل از استفاده کردن، به وسیله‌ی کوره‌های الکتریکی خشک کنند. علاوه بر این که درکارخانه‌ها، کوره‌ی الکتریکی ثابت وجود دارد، کوره‌های الکتریکی قابل حمل و نقل نیز موجود است مانند (شکل ۲-۱).

الکترو را ممکن است در جعبه‌های مقوایی و یا در قوطی‌های فلزی (برای جلوگیری از تماس الکترو با هوا) به بازار عرضه نمایند.

جنس فلز الکترو از آلیاژهای مختلف است و باید با شرایط فلز جوش‌دانی هم‌آهنگ باشد.

۱- کربن استیل؛

۲- فولادهای آلیاژی با درصد کم؛

۳- فولادهای مقاوم به خورده شدن و زنگ زدن؛

۴- چدن؛

۵- آلومینیوم و آلیاژهای آن؛

۶- مس و آلیاژهای آن؛

۷- نیکل و آلیاژهای آن؛

۸- فولادهای مقاوم به حرارت.



شکل ۲-۱- دو نوع الکترو خشک‌کن قابل حمل و نقل - شکل خاکستری رنگ وسط برای کارگاه می‌باشد که گنجایش ۱۶۰ کیلوگرم الکترو دارد. الکترو خشک‌کن‌های با رنگ زرد قابل حمل و نقل اند و جوش‌کار می‌تواند آن را به کمر ببندد.

۲-۲) یا کوره، به اندازه‌ی مصرف، باید دقت نمود. عدم توجه به حمل و نقل الکتروها، امکان ریختن پوسته‌ها یا ترک خوردن آن‌ها را افزایش می‌دهد. در بسیاری از «WPS» هایی که نوشته می‌شود، اجازه‌ی مصرف کردن الکترویی که پوسته‌ی آن کمی ریخته و یا ترک برداشته باشد، داده نمی‌شود.

زمانی که برای رطوبت‌زدایی الکترو لازم است، بین ۳۰ دقیقه تا ۴ ساعت است و به نوع پوشش بستگی دارد. در کارخانه‌های تولیدی، زمان رطوبت‌زدایی برای الکتروهای متفاوت، شناخته شده است و به همین دلیل جوش‌کاران به اندازه‌ی الکترو از کوره برمی‌دارند که مصرف کنند.

در حمل و نقل الکتروها و برداشتن آن‌ها از جعبه (شکل



در شکل جوش کار با جعبه‌ی الکترود که به کمر بسته می‌شود، نشان داده شده است.

عایق آتمسفریک قابل ارتجاع



جعبه‌ی الکترود قابل حمل و نقل با در عایق رطوبت

شکل ۲-۲- جعبه‌ی الکترود

## ۲-۲- نقش فلاکس در جوش کاری

پوشش الکترود نقش‌های بسیار ارزنده‌ای را هم در حین عمل جوش کاری و هم پس از اتمام آن ایفا می‌کند که به تعدادی از آن‌ها به‌طور خلاصه اشاره می‌شود.

الف - تولید گازهای محافظ مانند « $CO_2$ » و « $H_2$ » در اطراف هاله‌ی قوس؛

ب - تغییرات پی‌درپی عناصر فلاکس و هم‌آهنگ شدن با شرایط قوس؛

ج - اکسیدزدایی و نیتريت‌زدایی؛

د - ایجاد سرباره در روی سطح جوش، که فلز جوش آهسته سرد گردد؛

هـ - ایجاد سرباره در روی سطح جوش که فلز جوش با

اکسیژن و ازت هوا در تماس نباشد؛

و - جلوگیری از عدم ثبات قوس الکتریکی؛

ز - رساندن عناصر آلیاژی مورد نیاز فلز جوش؛

ح - ایجاد انرژی حرارتی علاوه بر انرژی حرارتی قوس؛

ط - ایجاد یون در زمانی که شدت جریان در ترانسفورماتورها به صفر می‌رسد.

## ۲-۳- گروه‌بندی الکترودها از لحاظ پوشش

### شیمیایی

پوشش شیمیایی الکترودها بسیار متنوع است اما می‌توان آن‌ها را به پنج گروه اصلی تقسیم کرد. گروه‌بندی آن‌ها براساس مواد شیمیایی و نوع سرباره‌ای است که شکل می‌گیرد.



۱-۲-۳ الکترودهای اکسیدی: مواد اصلی این نوع الکترود از اختلاط اکسید آهن و سیلیکات‌های طبیعی است که می‌تواند همراه با مواد اکسیژن‌زدا و یا بدون آن باشد.

سرباره‌ای که از این نوع پوشش شیمیایی شکل می‌گیرد، سیستم آن « $\text{FeO} - \text{SiO}_2$ » است. نقطه‌ی ذوب و انجماد سرباره یکی است (آتکتیک) و در حدود  $1200^\circ\text{C}$  می‌باشد. این الکترودها از نوع الکترودهای معمولی هستند با خواص مکانیکی کم؛ اما ظاهر بسیار خوبی را در جوش‌های ماهیچه‌ای دارند.

۲-۳-۲ الکترودهای اسیدی: مواد اصلی این الکترودها شامل اکسید آهن، سیلیکات‌های طبیعی فرومگاز، فروسیلیکون و فروتیتانیوم است. سیستم سرباره  $\text{SiO}_2 - \text{FeO} - \text{MnO}$  است که دارای واکنش اسیدی است و می‌تواند اکسیدهای بازی را در خود حل کند.

به علت وجود مگاز در سرباره، ویسکوزیته‌ی آن کم است از این رو الکترود را می‌توان در جوش کاری بالای سر، افقی و قائم به کار برد.

۳-۲-۳ الکترودهای روتاییلی: ماده‌ی اصلی این پوشش شیمیایی درصد بالایی از اکسید تیتانیوم است همراه با سیلیکات‌های طبیعی و فرومگاز. سیستم سرباره « $\text{FeO} - \text{MnO} - \text{TiO}_2$ » است. واکنش سرباره نیز اسیدی است. جوش حاصل از این نوع پوشش شیمیایی علاوه بر ظاهر بسیار خوب خواص مکانیکی بسیار مطلوبی نیز دارد.

۴-۲-۳ الکترودهای سلولزی: درصد عمده‌ی این نوع پوشش، «سلولز» است همراه با سیلیکات‌های طبیعی، فروسیلیکون و فرومگاز. سرباره‌ی این پوشش شیمیایی نسبت به انواع دیگر بسیار کم است. سلولز در قوس الکتریکی انرژی حرارتی ایجاد می‌کند که با انرژی حاصل از قوس، قدر مطلق انرژی را زیاد می‌کند. کاربرد این الکترود در پاس اول لوله، برای نفوذ زیاد آن است. این الکترود هم‌چنین در حالت‌های متفاوت جوش کاری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵-۲-۳ الکترودهای بازی Low hydrogen: درصد عمده‌ی این نوع پوشش، «کربنات کلسیم» یا «کربنات منیزیم»

است. نقطه‌ی ذوب پوشش، بسیار بالا و در حدود  $2000^\circ\text{C}$  است و برای پایین آوردن آن از فلورورها استفاده می‌کنند. سرباره دارای واکنش بازی است. کاربرد آن به‌خصوص در پاس اول جوش برای نفوذ خوب و زیاد آن است.

## ۴-۲- طبقه‌بندی الکترودهای فولاد و آلیاژهای فولادی

الکترودهای فولادی و نیز آلیاژهای فولاد در رنج بسیار وسیعی ساخته می‌شوند و برای شناسایی آن‌ها علائمی به‌صورت حرف و عدد استاندارد شده است. در حال حاضر معتبرترین استاندارد، استاندارد «AWS»<sup>۱</sup> است. برای مثال اگر یک کشور اروپایی سازنده‌ی الکترود بخواهد صادرات داشته باشد، لازم است که علاوه بر استاندارد خاص کشور خود، الکترود را با استاندارد «AWS» نیز معرفی کند. علت این امر در این است که سهولت شناسایی الکترود با استاندارد «AWS» بیش‌تر است. در استاندارد «AWS» مفتول فلزی الکترود که از جنس فولاد است در سری استانداردهای «E - 60XX» و «E - 70XX» معرفی می‌شود.

حرف E که قبل از ۴ یا ۵ عدد دیگر قرار می‌گیرد، معرف الکترودی است که در قوس الکتریکی به کار می‌رود. دو عدد اول از سمت چپ و بعد از حرف E حداقل مقاومت کششی جوشی را که از این نوع الکترود حاصل می‌شود، نشان می‌دهد. مقاومت کششی الکترودهای سری ۶۰ برابر است با:  $414 \text{ Mpa}$  یا  $60000 \text{ Psi} = 60 \times 1000$

و حداقل مقاومت کششی سری ۷۰ مساوی است با:  $483 \text{ Mpa}$  یا  $70000 \text{ Psi} = 70 \times 1000$

هر کارخانه‌ی سازنده‌ی الکترود، برای ترکیب شیمیایی پوشش الکترود، از فرمول خاص خود استفاده می‌کند و ممکن است ترکیب شیمیایی دو الکترود از سری «E - 60XX» از دو کارخانه‌ی سازنده، یکسان نباشد ولی اثر آن‌ها در جوش، تقریباً مشابه است. (لازم به یادآوری است که بیش‌ترین درصد ترکیب شیمیایی پوشش الکترود، سری است).

عدد چهارم از سمت چپ نوع جریان (DCSP و AC - DCSP) و نوع ترکیب شیمیایی پوشش و نیز درصد پودر آهن را نشان می‌دهد. برای این منظور، لازم است که دو عدد آخر را با هم نگاه کرد. (به جدول ۲-۲ توجه شود)

جدول ۲-۲- مشخصات الکترودهای مختلف

EXX10	درصد زیاد سلولز - سدیم
EXX11	درصد زیاد سلولز - پتاسیم
EXX12	درصد زیاد بی اکسید تیتانیوم - سدیم
EXX13	درصد زیاد بی اکسید تیتانیوم - پتاسیم
EXX14	پودر آهن - بی اکسید تیتانیوم
EXX15	Low - hydrogen - سدیم
EXX16	Low - hydrogen - پتاسیم
EXX18	پودر آهن - Low - hydrogen - پتاسیم
EXX20	درصد زیاد اکسید آهن
EXX48	پودر آهن - Low - hydrogen - پتاسیم

سومین عدد از سمت چپ «E-XX1X» معرف حالت‌های جوش کاری است؛ برای مثال عدد (۱) نشان می‌دهد که از این الکترود می‌توان برای تمام حالت‌های جوش کاری استفاده کرد. (سطحی - افقی - قائم - بالای سر)

عدد (۲) نشان می‌دهد که از الکترود می‌توان فقط در حالت سطحی یا افقی استفاده کرد؛ مثل الکترود E-XX2X. عدد (۴) یا «E-XX4X» نشان دهنده‌ی این است که می‌توان از الکترود در حالت‌های سطحی، افقی، بالای سر، از بالا به پایین (down hille welding) استفاده کرد. در شکل ۲-۳ چند نوع مختلف الکترود با اعداد مشخص کننده‌ی آن‌ها نشان داده شده است.

تذکر: در تولید و تعمیرات سعی می‌کنند که از روش جوش کاری قائم از بالا به پایین استفاده نکنند زیرا احتمال باقی ماندن سرباره در مقطع جوش زیاد است اما اگر الزام به وجود آید، الکترود سری «E-XX4X» مناسب‌تر است.



شکل ۲-۳- چند نوع مختلف الکترود است که اعداد نشان داده شده، معرف آن‌ها است.

جدول ۲-۳- مقدار آمپر لازم برای الکترودها یا پوشش مواد بازی

تنظیم جریان برای الکترودهای کم هیدروژن			
ولت	آمپر (قائم و بالاسری)	آمپر (تخت)	قطر الکترود
۲۲-۲۶	۱۲۰-۱۴۰	۱۴۰-۱۵۰	۱/۸"
۲۲-۲۶	۱۶۰-۱۸۰	۱۷۰-۱۹۰	۵/۳۲"
۲۲-۲۶	۲۰۰-۲۲۰	۱۹۰-۲۵۰	۳/۱۶"
۲۴-۲۷		۲۶۰-۳۲۰	۷/۳۲"
۲۴-۲۷		۲۸۰-۳۵۰	۱/۴"
۲۶-۲۹		۳۶۰-۴۵۰	۵/۱۶"

جدول ۲-۳ انتخاب آمپر جهت الکترودهای با قطر متفاوت است که نوع پوشش شیمیایی آن‌ها Low-hydrogen (کم هیدروژن) است.

جدول ۲-۴ مشخصات مکانیکی الکترودهای بازی

نقطه‌ی روانی	60000 psi (414 MPa)
کشش	70000 psi (480 MPa)
ازدیاد طول	22%
مقاومت ضربه	20 ft. lb. (27.1 Nm)

خصوصیات مکانیکی (مقاومت نقطه‌ی روانی جوش، مقاومت حداکثر جوش، ازدیاد طول به ازای ۲" و مقاومت به ضربه در منهای ۲۰ F) الکترودهای بازی در جدول ۲-۴ داده شده است.

در جدول ۲-۵ کاربرد چند نمونه الکترودهای بازی نشان داده شده است.

## ۲-۵ فولاد و آلیاژهای فولاد

اولین مرحله‌ای که برای تولید فولاد انجام می‌شود، خارج کردن ناخالصی‌ها و کربن است (البته همه‌ی کربن موجود را خارج نمی‌کنند) بنابراین اختلاط آهن و کربن را فولاد می‌نامند.

مقدار کربن در فولاد بسیار کم است ولی همین مقدار کم کربن می‌تواند خواص فولاد را کاملاً تغییر دهد و آن را به نام فولاد کربنی یا کاربن استیل معرفی کند. اگر مقدار کربن خیلی کم باشد، «mild steel» گفته می‌شود و تولید آن نسبت به سایر فولادها انبوه‌تر است.

فولادهایی که درصد کربن در آن‌ها کم باشد، چکش‌خور هستند و به سهولت جوش کاری و ماشین کاری می‌شوند. کربن استیل براساس درصد کربن گروه‌بندی می‌شود.

۱- فولاد کم کربن C (mild steel) - ۰/۳ - ۰/۰۸

۲- فولاد با کربن متوسط C - ۰/۵۵ - ۰/۳۱

۳- فولاد پرکربن C High - Carbon steel - ۱/۵ - ۰/۵۶

۴- چدن بیش از ۲ درصد کربن

فولاد کم کربن را برای ساختن پل، کشتی، مخازن، لوله،

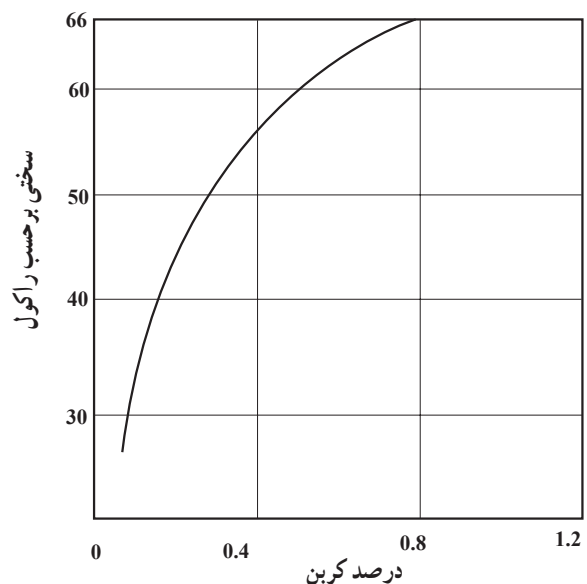
جدول ۲-۵ ترکیب و کاربرد چند الکترودهای بازی

کاربرد	ترکیب پوشش الکتروده	رقم سمت راست
این الکتروده برای فولاد کربنی کم آلیاژ مانند ماشین‌های راه‌سازی است. نوع قطب به کار رفته باید DCRP باشد.	کم هیدروژن نوع سدیم	5 E - 7015
پوشش این الکتروده مانند الکتروده فوق است به جز این که می‌توان آن را با قطب «DCRP» به کار برد و نیز می‌توان از جریان ac استفاده کرد.	بودر آهن (کم هیدروژن)	6 E-7016
این الکتروده از گروه «L.H.» است و در فولادهای کم کربن ضخامت زیاد الکتروده در سرعت زیادتر الکتروده مؤثر است	فقط وضعیت افقی	8 E - 7028
نوع قطب آن «DCRP» و «ac» است.	بودر آهن به علاوه کم هیدروژن پوشش سدیم	E - 7018

بدنه‌ی اتومبیل و غیره به کار می‌برند. با افزایش کربن به فولاد خواص آن به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌کند:

- ۱- نقطه‌ی ذوب فولاد کاهش می‌یابد؛
  - ۲- فولاد سخت‌تر می‌شود؛
  - ۳- مقاومت فولاد افزایش می‌یابد؛
  - ۴- ترد و شکننده‌تر می‌شود؛
  - ۵- مقاومت فولاد در برابر خورده‌شدگی افزایش می‌یابد؛
  - ۶- جوش کاری فولاد مشکل‌تر می‌شود؛
  - ۷- ماشین کاری فولاد سخت می‌شود؛
  - ۸- سهولت عملیات حرارتی فولاد افزایش می‌یابد؛
  - ۹- مدول الاستیسیته‌ی فولاد تغییر نمی‌کند؛
- ۱۰- قیمت و هزینه‌ی تولید بالا می‌رود.

هم‌چنان که اشاره شد، کربن در نقطه‌ی ذوب فولاد تأثیر زیادی دارد؛ برای مثال نقطه‌ی ذوب آهن خالص  $1537^{\circ}\text{C}$  است و اگر درصد کربن در فولاد به  $4/3$  برسد نقطه‌ی ذوب آن به  $1130^{\circ}\text{C}$  می‌رسد و نیز با افزایش کربن سختی فولاد زیاد می‌شود. شکل ۲-۴ نشان می‌دهد که با افزایش کربن، سختی فولاد تا  $0.8\%$  درصد کربن زیاد می‌شود. فولاد را نیز می‌توان از طریق عملیات حرارتی سخت و یا نرم (چکش خور) کرد.



شکل ۲-۴- ارتباط درصد کربن و سختی فلز

شکل ۲-۴ نشان می‌دهد که سختی فولاد تا  $0.8\%$  درصد زیاد می‌شود بنابراین این سؤال به وجود می‌آید که چرا اندازه‌ی کربن در فولاد از این حدّ هم ممکن است بیش‌تر گردد؟ قبلاً اشاره شد که با افزایش کربن، مقاومت فولاد هم در برابر خورده‌شدگی زیاد می‌شود.

از این رو در خیلی از ابزار و ادوات، مقدار کربن از  $0.8\%$  درصد بیش‌تر است مانند تیغه‌ی چاقوی جیبی، تیغه‌های رنده و ماشین‌های درودگری، زنجیرها و غیره.

لازم است بدانیم که ترکیب کربن با آهن جسم جدیدی را به وجود می‌آورد که «کاربید آهن» یا «سمانتیت» نامیده می‌شود. ( $\text{Fe}_3\text{C}$ )

سمانتیت یا کاربید آهن در بین ذرات آهن خالص پراکنده می‌شوند (مانند دانه شن دربتون) و هرچه درصد سمانتیت در مقطع فولاد بیش‌تر باشد، سختی و مقاومت آن زیادتر می‌شود. در زیر به صورت فهرست‌وار، به اثرات مطلوب و یا نامطلوب افزایش کربن اشاره می‌شود:

با افزایش کربن در فولاد

- ۱- فولاد سخت‌تر می‌شود پارامتر مطلوب
  - ۲- مقاومت در برابر خورده‌شدگی افزایش می‌یابد پارامتر مطلوب
  - ۳- نقطه‌ی ذوب کاهش می‌یابد پارامتر مطلوب
  - ۴- مقاومت افزایش می‌یابد پارامتر مطلوب
  - ۵- فولاد ترد و شکننده‌تر می‌شود پارامتر نامطلوب
- مشاهده می‌شود که افزایش کربن در فولاد، بسیاری از پارامترهای مطلوب را به همراه دارد اما متأسفانه همیشه این پارامترهای خوب یک پارامتر بد را نیز با خود دارند (تردی و شکنندگی).

حال برای این که دامنه یا وسعت پارامترهای خوب، گسترش یابد و پارامتر نامطلوب محدود شود، از عناصر دیگر کمک می‌گیرند و آن‌ها را به فولاد اضافه می‌کنند. (آلیاژهای فولاد)

۱-۲-۵- آلیاژهای فولاد: قبل از وارد شدن به بحث آلیاژها، لازم است اشاره شود که دو عنصر دیگر همیشه در فولادها وجود دارند، یکی از این دو عنصر «گوگرد» و دیگری «فسفر» است و تأثیر هر دو آن‌ها در بیش‌تر مواقع، در جهت منفی است، به همین دلیل در تولید فولادها سعی می‌کنند که آن‌ها

را در حداقل اندازه، نگه دارند.

از طرف دیگر اگر بخواهید که این دو عنصر نام برده شده اصلاً در فولادها وجود نداشته باشند، قیمت و هزینه‌ی تولید بسیار بالا می‌رود و به اجبار درصد آن‌ها را در حد بسیار کم نگه می‌دارند.

فولاد آلیاژی فولادی است که غیر از کربن، یک یا چند عنصر دیگر را به همراه داشته باشد مانند: آلومینیوم، سیلیکون، کرم، نیکل، منگاز، مولیبدنیم، تیتانیوم، کبالت، تنگستن، وانادیوم و ...

با افزایش عناصر نام برده شده در فولاد، خصوصیات آلیاژ تغییر می‌کند.

**کرم:** اگر کرم به فولاد اضافه گردد فولاد سخت‌تر شده، مقاومت آن در برابر فرسایش زیاد می‌شود، علاوه بر این ظرفیت کردن در اندازه‌ی ذرات فولاد، مؤثر است. کرم ممکن است به تنهایی یا همراه با عناصر دیگر، مانند «نیکل» به فولاد اضافه شود (فولاد ضدزنگ)

**منگاز:** افزایش منگاز به فولاد، باعث ریزدانه شدن فولاد می‌شود که این حالت در چکش خوردن و تافنس اثر دارد.

**مولیبدن:** مولیبدن عنصری است که در سختی فولاد (بعد از کربن) مؤثر است و از طرفی جلوی بزرگ شدن دانه بندی فلز را می‌گیرد. این عنصر بیش‌تر همراه فلزات دیگر مانند کرم یا نیکل و یا هردوی آن‌ها در آلیاژها وجود دارد.

**نیکل:** نیکل در فولاد باعث افزایش مقاومت آلیاژ شده، بدون این که تافنس کم‌شود. اگر مقدار درصد نیکل در فولاد زیاد باشد، (۳۵-۲۵٪) علاوه بر این که تافنس<sup>۱</sup> کاهش می‌یابد، باعث می‌شود که فولاد در برابر خورده شدگی و ضربه مقاوم گردد. **وانادیوم:** افزایش وانادیوم به فولاد، از رشد دانه‌ها در حرارت‌های بحرانی، مانند عملیات حرارتی و جوش‌کاری، جلوگیری می‌کند علاوه بر این باعث افزایش مقاومت فولاد می‌شود. **تنگستن:** افزایش تنگستن به فولاد اغلب برای ابزارهای

برنده است. فولادهایی که در آن‌ها تنگستن وجود داشته باشد، سخت، تاف و مقاوم در برابر فرسایش خواهند بود.

**کبالت:** تأثیر کبالت در فولاد، حفظ کردن مقاومت فولاد در دماهای پایین است و اگر کبالت همراه با تنگستن باشد، فولاد در درجه حرارت‌های بالا (حرارت قرمز) مقاوم خواهد بود.

آلیاژهای فولاد به گروه‌های متفاوتی، مانند فولاد آلیاژی با درصد کم، تقسیم می‌شوند (فولاد کم آلیاژ). این فولادها فولادهایی هستند که مقدار درصد عنصر آلیاژی در آن‌ها از ۵٪ بیش‌تر نشود و یا این که حاصل جمع عناصر آلیاژی از ۵٪ چندان زیادتر نشود.

۲-۵-۲ کد یا رمزشناسایی فولادهای آلیاژی:

دو سیستم اصلی برای طبقه‌بندی فولاد آلیاژی به کار می‌رود: این دو سیستم کد «SAE»<sup>۲</sup> و کد «AISI»<sup>۳</sup> هستند. (جدول ۲-۶ و ۲-۷) حروف و شماره‌ها، روش تولید و نیز ترکیب شیمیایی فولاد را نشان می‌دهند، مانند 1XXX عدد (۱) معرف فولادهای کربنی است و در «2XXX»، عدد (۲) معرف نیکل است و در «3XXX» عدد (۳) معرف نیکل - کرم است.

جدول ۲-۶ روش کدبندی فولادهای آلیاژی

10XX	فولاد کربن‌دار
2XXX	فولاد نیکل دار با درصد کم نیکل
3XXX	فولاد نیکل - کرم
40XX	فولاد مولیبدنیم
41XX	فولاد کرم - مولیبدنیم
43XX	فولاد نیکل - کرم - مولیبدنیم
5XXX	فولاد کرم دار
6XXX	فولاد کرم - وانادیوم
7XXX	فولاد تنگستن دار
8XXX	فولاد نیکل - کرم - مولیبدنیم
9XXX	فولاد منگاز- سیلیکون - نیکل - کرم - مولیبدنیم

۱- تافنس toughness خاصیتی است که فلز قادر باشد در برابر فشارهای ناگهانی ایستادگی کند بدون این که شکسته شود یا ترک بخورد، به عبارت دیگر، ظرفیت یک فلز که

بتواند تنش‌های سخت و ناگهانی را جذب کند.

۲- SAE = Society of Automotive Engineers

۳- AISI = American Iron and Steel Institute

مثال: فولاد ۲۵۱۲

فولاد آلیاژی فوق محتوی ۵٪ نیکل است و کربن آن در  
حدود ۰/۱۲ درصد می‌باشد. (توجه شود که اعداد معرف کربن،  
باید بر ۱۰۰ تقسیم شوند)

درصد کربن ۱۲  
درصد نیکل ۵  
فولاد نیکل دار ۲

جدول ۷-۲- کُبدندی فولادهای آلیاژی

مقدار عناصر موجود در فولادهای آلیاژی در استانداردهای آمریکایی SAE و AISI					
SAE	AISI	حدود کربن	حدود منگنز	فسفر (حداکثر)	گوگرد (حداکثر)
۱۰۱۰	C ۱۰۱۰	۰/۰۸ - ۰/۱۸	۰/۳۰ - ۰/۶۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۱۵	C ۱۰۱۵	۰/۱۳ - ۰/۱۸	۰/۳۰ - ۰/۶۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۲۰	C ۱۰۲۰	۰/۱۸ - ۰/۲۳	۰/۳۰ - ۰/۶۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۲۵	C ۱۰۲۵	۰/۲۲ - ۰/۲۸	۰/۳۰ - ۰/۶۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۳۰	C ۱۰۳۰	۰/۲۸ - ۰/۳۴	۰/۶۰ - ۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۳۵	C ۱۰۳۵	۰/۳۲ - ۰/۳۸	۰/۶۰ - ۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۴۰	C ۱۰۴۰	۰/۳۷ - ۰/۴۴	۰/۶۰ - ۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۴۵	C ۱۰۴۵	۰/۴۳ - ۰/۵۰	۰/۶۰ - ۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۵۰	C ۱۰۵۰	۰/۴۸ - ۰/۵۵	۰/۶۰ - ۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۵۵	C ۱۰۵۵	۰/۵۰ - ۰/۶۰	۰/۶۰ - ۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۶۰	C ۱۰۶۰	۰/۵۵ - ۰/۶۵	۰/۶۰ - ۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۶۵	C ۱۰۶۵	۰/۶۰ - ۰/۷۰	۰/۶۰ - ۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۷۰	C ۱۰۷۰	۰/۶۵ - ۰/۷۵	۰/۶۰ - ۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۷۵	C ۱۰۷۵	۰/۷۰ - ۰/۸۰	۰/۴۰ - ۰/۷۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۸۰	C ۱۰۸۰	۰/۷۵ - ۰/۸۸	۰/۶۰ - ۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۸۵	C ۱۰۸۵	۰/۸۰ - ۰/۹۳	۰/۷۰ - ۱/۰۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۹۰	C ۱۰۹۰	۰/۸۵ - ۰/۹۸	۰/۶۰ - ۰/۹۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰
۱۰۹۵	C ۱۰۹۵	۰/۹۰ - ۱/۰۳	۰/۳۰ - ۰/۵۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰

کربن آلیاژی گوگرددار

SAE	AISI	حدود کربن	حدود منگنز	فسفر (حداکثر)	گوگرد (حداکثر)
۱۱۱۵	C ۱۱۱۵	۰/۱۳ - ۰/۱۸	۰/۶۰ - ۰/۹۰	۰/۰۴۰Max	۰/۰۸ - ۰/۱۳
۱۱۲۰	C ۱۱۲۰	۰/۱۸ - ۰/۲۳	۰/۷۰ - ۱/۰۰	۰/۰۴۰Max	۰/۰۸ - ۰/۱۳
۱۱۲۵	C ۱۱۲۵	۰/۲۲ - ۰/۲۸	۰/۶۰ - ۰/۹۰	۰/۰۴۰Max	۰/۰۸ - ۰/۱۳
۱۱۴۰	C ۱۱۴۰	۰/۳۷ - ۰/۴۴	۰/۷۰ - ۱/۰۰	۰/۰۴۰Max	۰/۰۸ - ۰/۱۳

### ۳-۵-۲- شناسایی فولادها: لازم است که هر

جوش کار ماهر بتواند با یک یا چند روش تست‌های عملی ترکیب شیمیایی فولاد را به دست آورد.

گاهی اوقات آنالیز فولاد یا در دسترس نمی باشد و یا وصول به آن مشکل و وقت گیر است. در کارخانه و یا کارگاه و یا در سایت‌های متفاوت لازم است که نوع فولاد به سرعت مشخص شود؛ از این رو می توان آزمایش را با روش‌های زیر انجام داد:

۱- آزمایش جرقه به وسیله سنگ سمباده؛

۲- آزمایش با شعله‌ی اکسی استیلن؛

۳- آزمایش از طریق انفصال فلز؛

۴- آزمایش رنگ؛

۵- آزمایش صدا؛

۶- آزمایش از طریق وزن مخصوص؛

۷- آزمایش از طریق آهنربا.

**آزمایش جرقه:** یکی از طرق تعیین ترکیب شیمیایی فولاد، آزمایش جرقه است. برای این منظور می توان از یک سنگ سمباده استفاده کرد. (قبل از آزمایش باید سنگ سمباده را بررسی کرد تا در شرایط مناسبی باشد و از وسیله‌های ایمنی مانند عینک نیز باید استفاده شود)

برای آزمایش فولاد مورد نظر، کافی است که آن را به سنگ یا چرخ سمباده تماس دهیم، در اثر تماس و اصطکاک بین فلز و سنگ سمباده، جرقه‌هایی تولید و پرتاب خواهد شد.

با نحوه‌ی پرتاب شدن، رنگ جرقه، طول جرقه و تعداد انفجار در جرقه، می توان نوع فولاد را تشخیص داد. هرچه فشار بین فلز و سنگ سمباده کم تر باشد، تعیین هویت فولاد بهتر انجام می شود. (شکل ۵-۲).

تئوری این نوع آزمایش بر مبنای این است که:

هنگامی که فولاد گرم می شود، تمایل زیادی برای جذب اکسیژن دارد و قسمت‌های مختلف از فلز با نرخ‌های متفاوتی اکسید می شوند که رنگ اکسید هر ماده متفاوت است؛ برای مثال اگر آهن خالص را با سنگ سمباده تماس دهیم، در اثر گرما، آهن به سرعت اکسید نمی شود، از این رو جرقه‌هایی که از آهن خالص پرتاب می شود کم رنگ یا سفیدرنگ بوده، طول آن‌ها زیاد است و به سرعت از بین می روند.

دمای جهش جرقه برای فولاد با ترکیب‌های متفاوت فرق می کند. چهار فاکتور در جرقه وجود دارد که از روی آن‌ها می توان به ترکیب شیمیایی فلز پی برد:

۱- رنگ جرقه؛

۲- طول جرقه؛

۳- تعداد انفجار در طول جرقه؛

۴- شکل انفجار.

برای مثال، اگر یک فولاد با ۲٪ درصد کربن را با سنگ سمباده تماس دهیم، طول جهش جرقه‌های آن در حدود ۱/۸ متر است و رنگ آن روشن و سفیدرنگ است. تعدادی از این جرقه‌ها به طور ناگهانی منفجر می شوند و تشکیل جرقه‌های کوچک تری می دهند این جرقه‌های کوچک، نسبت به جرقه‌های اولیه، یک زاویه‌ی ۴۵ می سازند.

اگر بخواهیم یک فولاد ساده‌ی کربنی را با ۳٪ درصد کربن آزمایش کنیم، فوران جرقه مانند فولاد قبل است با این تفاوت که در امتداد جرقه‌ها تعداد انفجار بیش تر می شود و طول پرتاب جرقه کمی کوتاه تر می گردد.

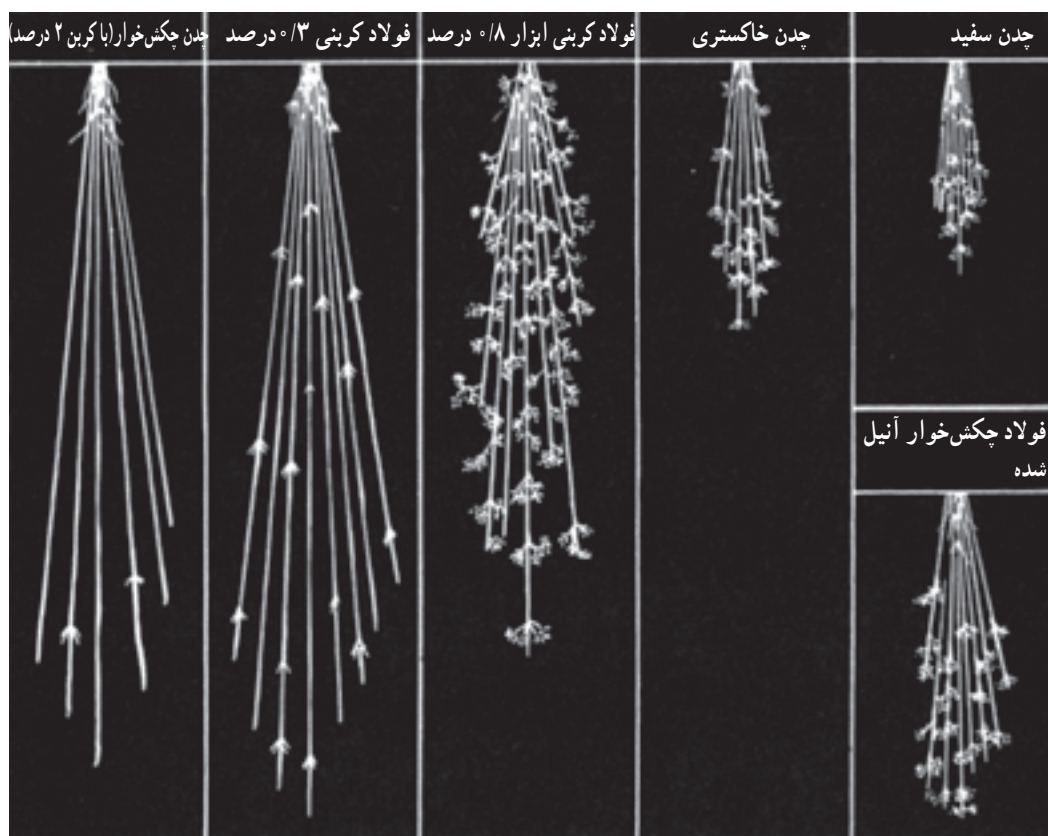
اگر یک فولاد با ۸٪ درصد کربن را با سنگ سمباده تماس دهیم، مشاهده خواهد شد که طول فوران جرقه‌ها کوتاه و تعداد انفجار در مسیر هر جرقه زیادتر می شود.

عملیات حرارتی که بر روی فولاد انجام می شود، در آزمایش جرقه‌ی فولاد اثر می گذارد؛ برای مثال در جرقه‌های چدن خاکستری که از محل تماس با چرخ سمباده فوران می کنند، رنگ آن‌ها قرمز تیره و طول جرقه‌های پرتاب شده کوتاه و در حدود ۴۴-۵۰ سانتی متر است. در مقایسه با این حالت، رنگ جرقه‌های یک فولاد با ۱/۳ درصد کربن در هنگام فوران از سنگ، سفید و طول جرقه‌های آن کمی بلندتر از چدن خاکستری است.

**آزمایش با شعله‌ی اکسی استیلن:** به عنوان مقدمه باید گفت، حتی اگر در مورد ترکیب شیمیایی یک فولاد آگاهی داشته باشیم، باز لازم است بدانیم که آیا فلز خاصیت جوش پذیری خوبی دارد یا خیر.

برای مثال ورق‌های آهنی که نورد می شوند ممکن است خواص شیمیایی و فیزیکی خوبی را برای جوش کاری داشته

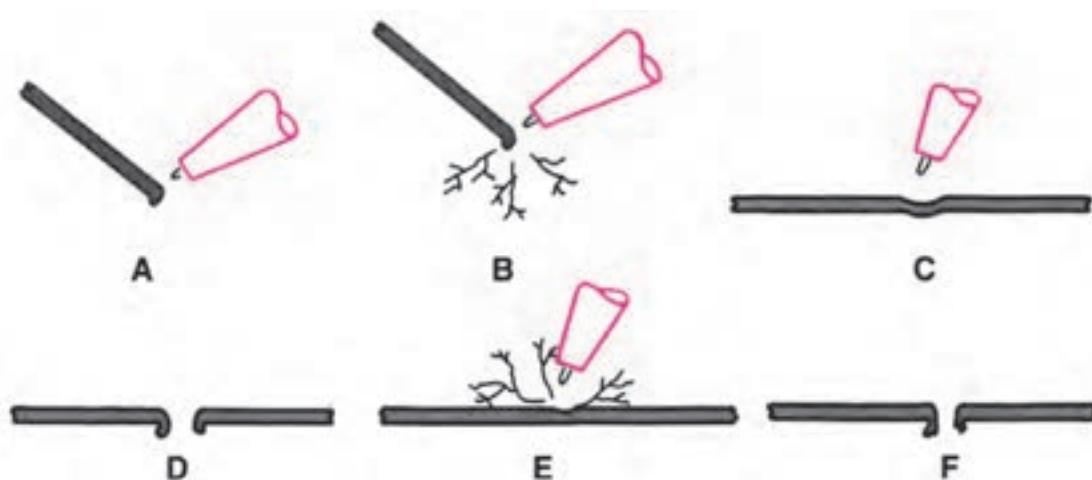




شکل ۲-۵- جرقه‌های ایجاد شده به وسیله فولادهای مختلف

فسفر و گوگرد آن‌ها زیاد شود؛ به این جهت برای فرد جوش کار لازم است شرایط جوش‌پذیری فولاد را تشخیص دهد.

باشند اما ممکن است تعدادی از این ورق‌ها در حین نورد، اجزایی را که در روی سطح غلطک وجود دارد (سرباره‌ی جرم و کثافت روی غلطک) در اثر فشار، جذب خود کنند و یا این که درصد

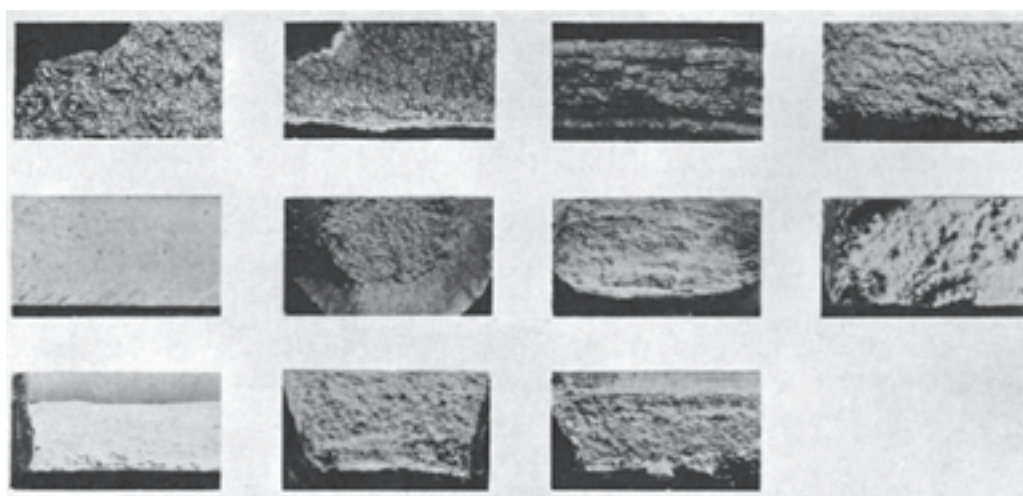


شکل ۲-۶- آزمایش با شعله اکسی استیلن



داشته باشد. لبه‌ی حوضچه پس از انجماد، مضرّس نباشد و در حین منجمد شدن رنگ حوضچه، درخشان باشد در این صورت خاصیت جوش‌پذیری فولاد، بسیار خوب است. اگر رنگ مذاب در حین انجماد تیره باشد و لبه‌ی حوضچه پس از انجماد مضرّس باشد، جوش‌پذیری فولاد خوب نیست.

برای انجام آزمایش، فقط کافی است که یک حوضچه‌ی مذاب با شعله‌ی اکسی‌استیلن و شعله‌ی خنثی در سطح فلز ایجاد کنیم، در صورت نازک بودن، فرصت دهیم که فلز سوراخ شود. از حوضچه‌ی مذاب نباید جرقه‌ی زیادی خارج شود و یا جوشش داشته باشد. مذاب باید روانی و کشش سطحی خوبی



شکل ۲-۷- نداشتن خاصیت جوش‌پذیری

### حفاظت و ایمنی

در پایان این فصل هرجو باید بتواند :

- ۱- عوامل فردی که شخص را از خطرات حفاظت می‌کند، توضیح دهد.
- ۲- ایمنی عمومی محیط کارگاه را شرح دهد.
- ۳- وسایل و لوازم حفاظت فردی از حوادث را توضیح دهد.
- ۴- راه‌های پیشگیری از آتش‌سوزی و برق‌گرفتگی را شرح دهد.
- ۵- راه‌های حفاظت و ایمنی وسایل کار و ماشین‌ها را توضیح دهد.

### ۳- حفاظت و ایمنی

سن: آمار نشان داده است که تصادف و مرگ در بین افراد ۱۸ سال بیش از سنین دیگر است.

#### ۱-۳- ایمنی عمومی در محیط کارگاه و کارخانه

همه‌ی افراد شاغل در کارگاه یا کارخانه، اعم از افراد اداری، ویزیتور، کارگر، کارفرما، مهندسین و طراحان، باید از عینک‌های ایمنی و یا ماسک طلّقی همراه با کلاه ایمنی استفاده کنند.

حرارت، جرقه، بخار ناشی از فلزات مذاب، تشعشع ناشی از جوش کاری، ولتاژ برق، فلز داغ، وسایل نقلیه‌ی کارگاهی مانند لیفت‌تراک، جرثقیل‌های سقفی و باری می‌توانند برای کارگران یا افرادی که رفت و آمد می‌کنند، خطرآفرین باشند؛ ولی با کمی دقت و رعایت اصول ایمنی همه‌ی این خطرات قابل کنترل می‌باشند.

#### ۲-۳- لباس و ادوات ایمنی شخصی

کارگران به‌خصوص جوش‌کاران باید از لباس مخصوص استفاده کنند که اولاً از جنس مواد پلاستیکی نباشد و درثانی جیب

متخصصین معتقدند که در محیط‌های کارگری بسیاری از فاکتورهای ایمنی، فیزیکی و شخصی است. فاکتورهای فیزیکی شخصی گاهی اوقات خطرآفرین هستند که باید به آن‌ها توجه شود مانند :

تنش: افرادی که زیر فشارهای عصبی ناشی از کار و یا هر عامل دیگری هستند بیش‌تر در معرض خطرات ناشی از محیط کار قرار دارند.

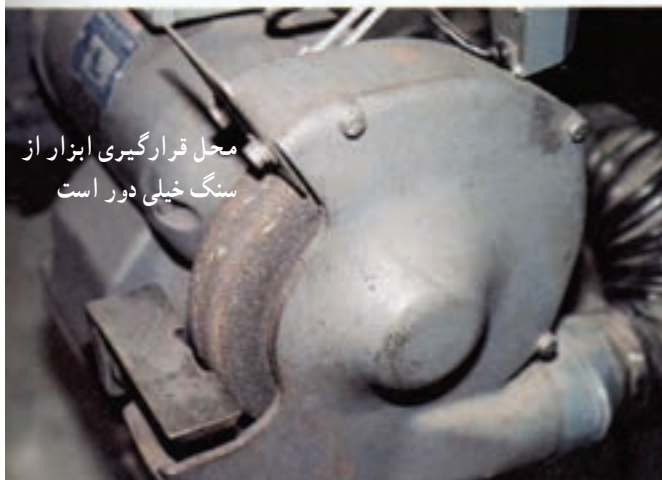
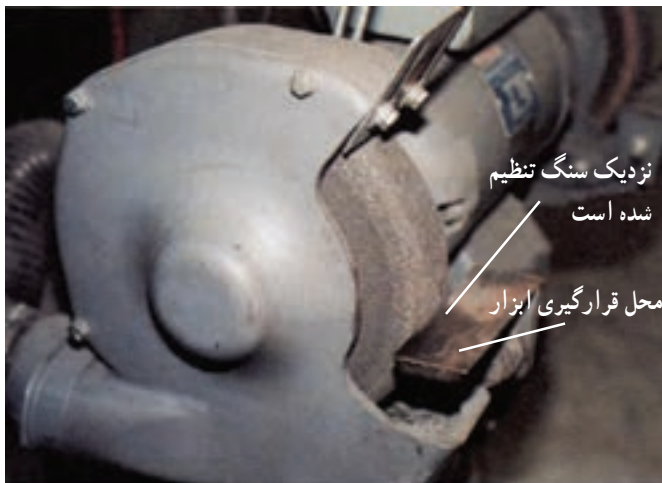
کسالت و مریضی: فرد مریض ممکن است در محیط کار نتواند همه یا تعدادی از کارهای محوله را انجام دهد. چنین فردی بیش از سایرین آسیب‌پذیر است.

خستگی: اگر انسان به هر علتی، به اندازه‌ی کافی ن خوابد و یا استراحت نداشته باشد، قادر به انجام کار به‌نحو عالی نخواهد بود و از طرفی در اثر خستگی بیش‌تر از سایرین در معرض خطر قرار می‌گیرد.

عدم آگاهی: در محیط‌های کار بیش‌تر افراد بدون آموزش دیدن، مشغول به انجام کارهای تخصصی هستند، این افراد همیشه بیش از افراد آموزش دیده در معرض خطرات ناشی از کار قرار دارند.

### ۳-۵- خطرات ناشی از ماشین

افرادی که با ماشین کار می کنند، باید قبلاً آموزش چگونگی کار کردن با وسایل ایمنی مربوط به آن ها را فرا گرفته باشند و بی محابا از کنار مسایل حتی اگر کوچک باشند رد نشوند؛ برای مثال دستگاه سنگ سمباده برای آماده کردن قطعات اتصال جوش کاری مورد استفاده ی جوش کار است. تکیه گاه صفحه ای سنگ باید مطابق شکل (۳-۱) بسته شود و سطح آن باید کمی بالاتر از مرکز ثقل سنگ قرار گیرد.



شکل ۳-۱- ماشین سنگ سمباده

پیراهن، لباس کار و شلوار باید سر جیب و دکمه دار باشد. برای جلوگیری از صدمات فلز داغ، تیزی لبه ی فلز و پلیسه، پوشیدن دستکش الزامی است. پوشیدن کفش ایمنی با داشتن دماغه ی فلزی برای جوش کار و سایر کارگران الزامی است. جوش کارانی که با قوس الکتریکی کار می کنند، باید از ماسک با لنزی که درجه ی تاری مناسب داشته باشد، استفاده کنند (ر.ک. به جدول ۲-۱ شیشه ی ماسک ص ۲۳).

### ۳-۳- نگه داری محیط کارگاه

یکی از فاکتورهای بسیار مهم ایمنی به خصوص در جوش کاری، تمیز نگه داشتن محیط کارگاه است. تمیز نگه داشتن سطح زمین و میز کار، بسیار ضروری است زیرا گرد و خاک می تواند منبعی برای دریافت کربن مذاب جوش باشد. ذرات فلز، گریس، روغن و اشیای دیگر و مواد قابل اشتعال مانند چوب، کاغذ، نفت، پارچه و سرنخ و غیره نباید در محیط کارگاه جوش کاری وجود داشته باشند. از پراکندگی کابل جوش کاری و یا انبر الکتروود و نیز الکتروود باید پرهیز کرد.

### ۳-۴- خطرات آتش سوزی

روغن، رنگ، مواد تمیزکننده ی شیمیایی و اشیای دیگر که احتمال مشتعل شدن دارند، باید در کابینت های فولادی نگه داشته شوند. پیش بینی راه خروج اضطراری، برای کارگاه ضروری است.

کارگاه باید مجهز به کپسول خاموش کننده ی آتش باشد، هم چنین برای جلوگیری از گسترش آتش، نگه داری پتوهای مخصوص این کار ضروری است.

نگه داری اشیایی که برای جلوگیری از گسترش آتش به کار می روند، باید در محلی باشد که با رنگ قرمز روشن مشخص شده باشد (که به سرعت جلب توجه کند).

جوش کاران باید طرز استفاده از کپسول های خاموش کننده ی آتش را بدانند و آن ها را در فواصل زمانی مشخص بررسی کنند.

### ۳-۶- گرد و خاک و دود

تنفس در محیط‌های آلوده به گرد و خاک و یا دود، برای سلامتی انسان مضر است، از این رو کارگاه باید شرایط مناسبی برای کار کردن داشته باشد. حجم فضای کارگاه، باید به اندازه‌ای باشد تا جابه‌جایی هوا به راحتی انجام گیرد.

همه‌ی روش‌های جوش کاری و نیز برش کاری باید در محیطی انجام شود که اولاً فضای کافی برای تهویه وجود داشته باشد. درتانی قبل از جوش کاری و در زمان جوش کاری و نیز پس از آن، سیستم تهویه کار کند. بعضی از آلیاژها در موقع

جوش کاری حاوی بخارات سمی هستند، لذا سیستم تهویه، باید بالاتر از سطح میز کار قرار گیرد به طوری که عمل تهویه کمی پایین‌تر از دماغ و دهن جوش کار انجام شود. این سیستم تهویه ممکن است ثابت و یا پرتابل باشد (شکل ۳-۲).

بخارات سمی، ناشی از جوش کاری آلیاژهایی است که محتوی «کادمیوم، کرم، سرب، روی و برلیوم» می‌باشند، هم‌چنین در اثر داغ شدن بعضی از فلاکس‌ها، بخارات مضرّی متصاعد می‌گردد.



شکل ۳-۲- دستگاه تهویه



جوش کارانی که در مخازن بسته و یا محیط‌های کوچک کار می‌کنند، اگر از گازهایی غیر از هوا استنشاق کنند، دچار حادثه خواهند شد. به‌طور کلی گازهایی که سنگین‌تر یا سبک‌تر از هوا باشند، می‌توانند خطر آفرین باشند، «آرگون» و «بی‌اکسیدکربن» نمونه‌هایی از گازهای سنگین‌تر از هوا و «هلیوم» نمونه‌ی گازی سبک‌تر از هوا است؛ برای مثال گاز آرگون می‌تواند در هفت ثانیه فرد را دچار خفگی کند.

محیط کار جوش کارانی که با گاز آرگون و یا «CO<sub>2</sub>» کار می‌کنند باید مجهز به سیستم تهویه‌ی انفرادی باشد.

### ۳-۷- بازرسی دستگاه

بازرسی متعلقات جوش کاری جهت مسائل ایمنی در محیط جوش کاری با قوس الکتریکی، معمولاً باید به‌وسیله‌ی فرد جوش کار و هنگامی که دستگاه خاموش است، انجام شود.

#### ۳-۷-۱- بررسی کابل‌های جوش کاری: کابل‌های

جوش کاری باید از لحاظ ترک خوردن، بیرون بودن رشته‌ی سیم از زیر پوشش لاستیکی، بررسی شوند تا اگر عایق کابل ترک

داشته باشد یا رشته‌ی سیم بیرون زده باشد، قسمت خراب، تعویض شود. از پوشش دادن کابل به‌وسیله‌ی نوارچسب، باید پرهیز کرد زیرا درصد عایق‌های کابل یک پارامتر حساب شده برای میزان شدت جریان مشخصی است. باید از محکم بودن ترمینال‌ها و اتصالات انبر جوش کاری اطمینان حاصل نمود. گیره‌ی الکتروگیر انبر، پس از جوش کاری، باید تمیز شود و در صورت خورده شدگی، فلز آن باید عوض شود.

برای اجتناب از شوک‌های الکتریکی، هیچ‌گاه نباید از دستکش مرطوب و یا لباس مرطوب استفاده کرد.

جوش کاری در روی زمین مرطوب شوک ایجاد می‌کند. اگر برحسب ضرورت کار جوش کاری باید در محیطی که کف زمین آن مرطوب است انجام شود، باید از یک سطح عایق (استفاده از تخته) که حداقل ۳۰cm از کف زمین ارتفاع داشته باشد، استفاده کرد.

جنس لباس کار جوش کارانی که در حالت نشسته و یا دراز کشیده جوش کاری می‌کنند، باید عایق باشد، یا این که جسم عایقی را در زیر بدن خود پهن کنند (شکل ۳-۳).



شکل ۳-۳- لباس کار جوش کارانی که در حالت نشسته یا دراز کشیده جوش کاری می‌کنند، باید عایق باشد یا این که جسم عایقی را در زیر بدن خود پهن کنند.

در محیط‌های جوش کاری لازم است متن زیر با خط درشت نوشته و برای اطلاع عموم به دیوار نصب گردد.

#### توجه

از خود و دیگران محافظت کنید. بخوانید و به‌خاطر بسپارید :  
بخار ناشی از جوش کاری، دود، گرد و غبار برای سلامتی شما زیان‌آور است.  
تشعشعات قوس الکتریکی می‌تواند به پوست و چشم شما صدمه بزند.  
شوک‌های الکتریکی می‌توانند مرگ‌آفرین باشد.  
از دست زدن به سیم و یا قطعات الکتریکی رها شده، اجتناب کنید.  
اتصالات جوش کاری شده‌ی داغ را با دست کش بلند نکنید.  
همیشه از لباس کار مناسب جوش کاری، عینک و ماسک استفاده کنید.  
مواد چربی و اشتعال‌زا مانند چوب و کاغذ را از محیط جوش کاری دور کنید.  
از سیستم تهویه استفاده کنید.

#### ۸-۳- پاراوان

وقتی که جوش کاری در کارگاهی ثابت انجام می‌گیرد و افراد دیگر مشغول انجام دادن کار دیگری هستند، باید به‌وسیله‌ی «پاراوان» مخصوصی کارگران مزبور را در مقابل اشعه‌ی قوس الکتریکی حفاظت نمود. اگر کارگاه دائمی باشد، می‌توان غرفه‌ی مخصوصی برای این منظور تعبیه کرد که دیوارهای آن از مواد نسوز باشد. این غرفه باید مجهز به سیستم تهویه باشد.  
اگر محل جوش کاری متغیر است، باید از دیوارهای قابل حمل و نقل استفاده نمود که از مصالح نسوز تهیه و با رنگ مخصوص اندوده شده باشد.

وقتی که جوش کاری در سطح زمین انجام می‌شود، ارتفاع دیوارهای غرفه، باید بیش از ۱/۵ متر باشد و در صورت بلندتر بودن قطعات مورد جوش کاری واقع شده، لازم است که ارتفاع دیوارها بلندتر باشد.

#### ۹-۳- هواکش

اگر جوش کاری داخل مخزن یا محیط‌های کوچک انجام می‌شود که احتمال انباشته شدن دود و گازهای مضر دیگر وجود

داشته باشد، باید از هواکش مناسبی برای تخلیه‌ی دود و تهویه‌ی محل جوش کاری استفاده شود.

#### ۱۰-۳- کمر بند ایمنی

این کمر بند از یک طرف به کمر جوش کار و از طرف دیگر به واسطه‌ی طنابی به قسمتی از کار که جوش کار روی آن کار می‌کند، بسته می‌شود. طناب کمر بند و محلی که انتهای کمر بند به آن بسته شده، باید قدرت نگهداری وزن جوش کار را در صورت بروز حادثه، داشته باشد.

#### ۱۱-۳- شرایط ایمنی ماشین‌های جوش کاری

ماشین‌های جوش کاری در مقایسه با سایر انواع ماشین‌های الکتریکی در شرایط نامناسب‌تری کار کرده، کم‌تر تحت نظارت یک متخصص قرار دارند.

کارگر جوش کار باید با توجه به نکته‌ی فوق، همیشه مراقبت کند که دستگاه جوش کاری در مقابل اتصالاتی‌های اتفاقی محافظت شده باشد.

جوش کار نباید هرگز سعی کند نصب و یا تعمیر ماشین



جوش کاری را خود انجام دهد، بلکه باید این کار توسط یک تکنسین ورزیده صورت گیرد و در هر حال تعمیر ماشین، باید پس از قطع کامل جریان برق انجام شود.

در اغلب موارد ماشین جوش کاری از یک محل به محل دیگر برده می شود بنابراین، باید پریزهای مناسبی در تمام کارگاه و یا محل ساختمان پیش بینی شده باشد.

اگر ماشین جوش کاری با موتور بنزینی یا دیزلی کار می کند، باید توجه داشت که ممکن است جمع شدن دود ناشی از موتور

باعث خفگی گردد.

ترانسفورماتورهای جوش کاری معمولاً با هوا، سرد می شوند؛ (سیستم فن) لذا باید مراقب بود که فن ترانسفورماتور، همیشه در موقع استفاده کار کند.

ترانسفورماتورها نباید به مدار روشنایی متصل گردند زیرا، علی رغم وجود تنظیم کننده، باعث تغییرات شدید در ولتاژ و کم نور و پر نور شدن چراغ ها می شوند.

### نکات فنی در جوش کاری با قوس دستی

در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

- ۱- نحوه انتخاب نوع دستگاه جوش کاری را شرح دهد.
- ۲- نحوه راه اندازی و تنظیم دستگاه جوش کاری را توضیح دهد.
- ۳- نکات مهم در انتخاب صحیح الکتروود را بیان کند.
- ۴- نحوه ایجاد قوس الکتریکی با الکتروود دستی را به دو روش متناوب اجمالی و جهشی قائم تشریح نماید.
- ۵- نحوه ایجاد مهره جوش به روش زنجیره‌ای و زیگزاگ را شرح دهد.

### ۴- نکات فنی در جوش کاری با قوس دستی

#### ۴-۱- انتخاب دستگاه جوش کاری

در تصمیم‌گیری برای خریدن یک ماشین جوش کاری dc یا ac و یا استفاده‌ی از آن لازم است : ابتدا به محاسن و معایب ماشین برای شرایط متفاوت جوش کاری توجه شود.

##### ۴-۱-۱- مزایای یک ماشین جوش کاری DC و

جریان ثابت

۱- امکان استفاده از قطب‌های مستقیم و معکوس

(DCSP-DCRP) ؛ (شکل ۴-۱)

۲- جوش کاری در حالات مختلف بیش‌تر با قطب مستقیم

یا معکوس اجرا می‌شود ؛

۳- الکترودهایی که برای جوش کاری نیکل - آلومینیوم و

مس طراحی می‌شوند، بیش‌تر با قطب معکوس جوش کاری می‌شوند.

۴- الکترودهایی مانند Exx2x، (که در پوشش آن‌ها پود

آهن به کار رفته) (نرخ زیاد مذاب جوش در واحد زمان) بهتر است جوش کاری بیش‌تر با قطب معکوس یا مستقیم انجام شود.

##### ۴-۱-۲- معایب ماشین جوش کاری «DC» و جریان

ثابت: قیمت این نوع ماشین نسبت به ماشین‌های ac که رنج آمپر

و سیکل کاری در هر دو یکسان باشد، بیش‌تر است.

##### ۴-۱-۳- مزایای یک ماشین جوش کاری «ac» و

شدت جریان ثابت:

۱- ارزش یک دستگاه ac نسبت به «dc» که رنج شدت

جریان و سیکل کاری آن‌ها یکسان است، کم‌تر می‌باشد.

۲- در شدت جریان‌های زیاد، برای جلوگیری از دمش

قوس در جوش‌های ماهیچه‌ای، بهتر است از دستگاه «ac» استفاده شود.

#### ۴-۲- راه اندازی و تنظیم دستگاه جوش کاری

۱- قبل از اقدام به جوش کاری، لازم است کلیه‌ی وسایل

و ملزومات مانند ترمینال‌ها، کابل، انبر الکتروود و غیره بررسی شوند ؛

۲- هیچ‌گاه ماشین جوش کاری را که در زیر بار است،

خاموش یا روشن نکنید (مدار بسته) ؛

۳- از قرار دادن انبر الکتروود در روی میز کار یا قطعه‌ی

کار پرهیز کنید ؛

۴- راه اندازی ماشین‌های «ac» بسیار ساده است و می‌توان

با یک کلید، آن‌ها را روشن یا خاموش کرد؛

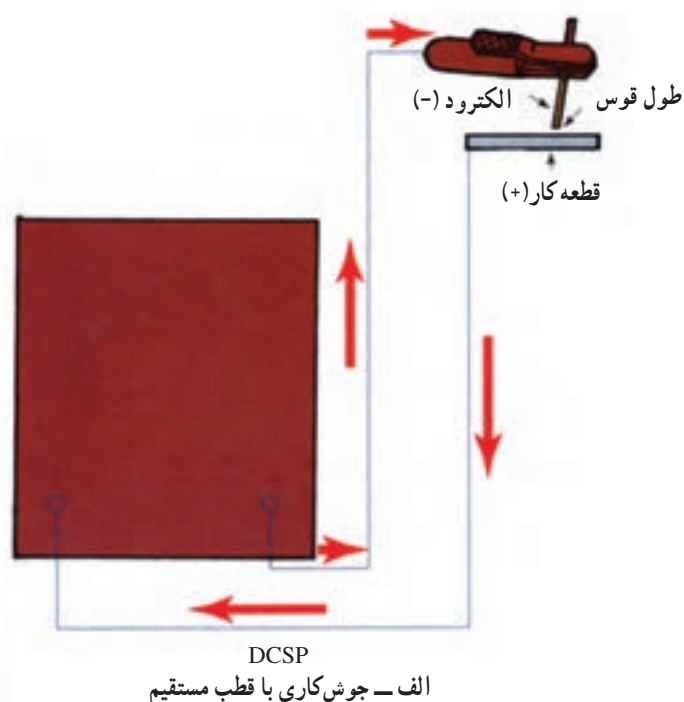
۵- دستگاه‌های جوش سیار، (دیزلی یا بنزینی) به استارت مجهزند، یعنی با زدن استارت، موتور روشن می‌شود اما باید لحظه‌ای صبر کرده تا به دور ماکزیمم برسد، سپس می‌توان به وسیله‌ی کلید شدت، جریان را از دستگاه گرفت.

۶- ماشین‌های نوع جریان ثابت برای جوش کاری یا قوس و الکتروود دستی مناسب‌تر هستند. در این نوع دستگاه،

تنظیم‌کننده‌ی شدت جریان قرار داده شده، ولی برای ولتاژ، تنظیم‌کننده‌ای وجود ندارد، زیرا ولتاژ با تغییر مقاومت در مدار، تغییر می‌کند (مانند طول قوس)؛

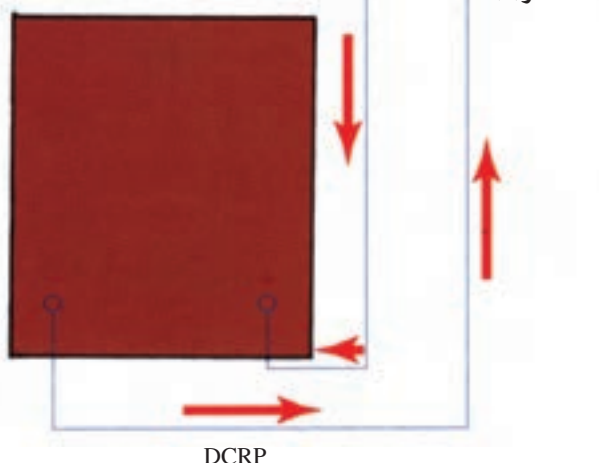
۷- تمام اتصالات و ترمینال‌ها باید محکم باشند تا بتوان با طول قوس، مقاومت مدار را کنترل کرد. با کنترل مقاومت مدار اندازه‌ی ولتاژ کنترل می‌شود.

انبر جوش کاری



انبر الکتروود

طول قوس  
الکتروود (+)  
قطعه کار (-)



DCRP

ب - جوش کاری با قطب معکوس

شکل ۱-۴- نمای ساده جوش کاری با ژنراتور

### ۳-۴- انتخاب صحیح الکترو

در جوش کاری یکی از فاکتورهای بسیار مهم این است که : ترکیب شیمیایی الکترو با قطعه کار، هم‌آهنگ باشد. براین اساس، لازم است به نکات زیر توجه شود :

- ۱- طرح شیار یا پخ ؛
- ۲- مقاومت کششی فلز جوش ؛
- ۳- ترکیب شیمیایی قطعه کار ؛
- ۴- حالت جوش کاری (سطحی، قائم، افقی و بالای سر) ؛
- ۵- مقدار مذاب جوش ؛
- ۶- نوع شدت جریان ؛
- ۷- اندازه‌ی نفوذ جوش ؛
- ۸- ضخامت قطعه کار ؛
- ۹- مهارت جوش کار ؛
- ۱۰- کُدا و استاندارد.

اگر اتصال دارای پخ باشد و حداقل فاصله بین دو قطعه کار<sup>۲</sup> مطابق با کُدا و استاندارد کم باشد، پاس اول را باید از الکترو با قطر کم استفاده کرد تا نفوذ کامل شود (مانور الکترو با طول قوس صحیح) در پاس‌های بعدی نیز، قطر الکترو را باید صحیح انتخاب کرد.

برای مقاومت کششی جوش، باید به دو عدد سمت چپ بعد از حرف «F» توجه نمود مانند :

الکتروهای E60xx-E70xx-E80xx-E90xx-E100xx

ترکیب شیمیایی فلز مبنا نیز، تعیین‌کننده‌ی الکترو است و باید بین الکترو و فلز مبنا از لحاظ شیمیایی و فیزیکی هماهنگی باشد.

### ۴-۴- ایجاد قوس الکتریکی با الکترو دستی

یکی از عمده‌ترین دروس اولیه‌ی مهارت در جوش کاری، ایجاد کردن قوس الکتریکی مابین الکترو و قطعه کار است. برای ایجاد قوس، لازم است ابتدا الکترو به سطح فلز

تماس پیدا کند و سپس نوک الکترو آرام و سریع از محل تماس جدا شود تا به اندازه‌ی فاصله‌ی صحیح برسد.

در کار افراد مبتدی، در مراحل اولیه‌ی ایجاد قوس، امکان چسبیدن الکترو به سطح کار زیاد است.

اگر الکترو به سطح کار چسبید، برای جدا کردن آن‌ها از یک‌دیگر، می‌توان از روش‌های زیر استفاده کرد :

الف- اگر قطعه کار کوچک باشد، می‌توان انبر الکترو را بلند کرده، بدون این‌که الکترو از انبر آزاد شود. این عمل قطعه کار را از مدار خارج می‌کند.

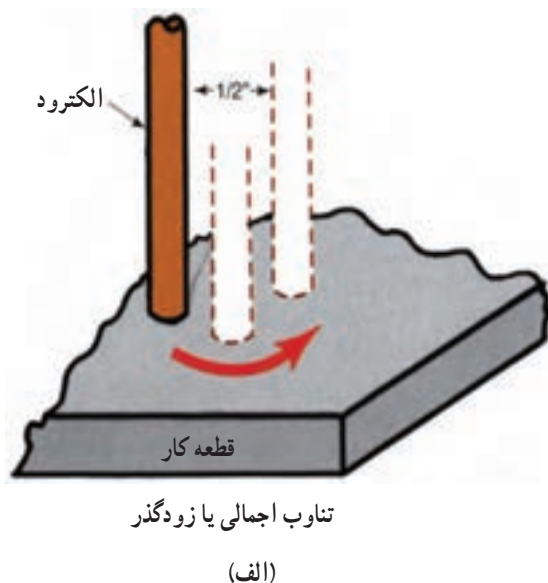
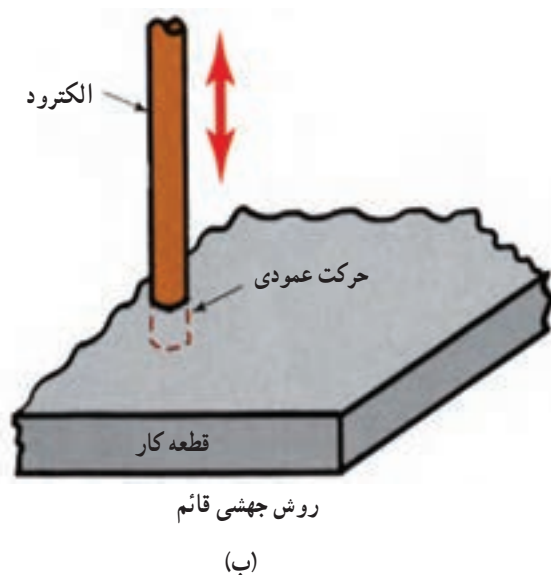
ب- اگر قطعه کار بزرگ باشد، روش قبل را نمی‌توان اجرا کرد ؛ ولی باید به دسته‌ی انبر الکترو فشار وارد کرد تا دهن انبر باز شود و آن را به سرعت به طرف بالا کشید. با این عمل، مدار باز شده، الکترو به سطح کار می‌چسبد، بعد از آن می‌توان الکترو را با انبردست از سطح کار جدا کرد. بعد از جدا شدن الکترو، گیره‌ی انبر الکترو را باید مورد بازرسی قرار داد تا در صورت خراب شدن، تعویض شود.

مشکل دیگری که برای افراد مبتدی وجود دارد، دور کردن بیش از حد الکترو از نقطه‌ی تماس است که در این صورت برای نگهداری قوس، به ولتاژ خیلی زیاد نیاز خواهد بود و چون عملاً این اندازه ولتاژ وجود ندارد، قوس قطع می‌شود.

دو روش متفاوت برای شکل‌گیری قوس، متداول است :

۱- تناوب اجمالی یا زودگذر<sup>۳</sup>: در این روش باید نوک الکترو را به سطح فلز تماس داده، بدون نگهداری آن در روی سطح، از فلز دور کرد و سپس فاصله را به اندازه‌ی درست طول قوس رسانید (شکل ۲-۴- الف).

۲- جهشی قائم<sup>۴</sup>: در این روش لازم است پس از تماس به سطح کار، آن را در جهت قائم بالا آورد. به اندازه‌ای که قوس قطع نشود، سپس فاصله یا طول قوس را به حد صحیح رسانید (شکل ۲-۴- ب).



شکل ۲-۴- روش شکل‌گیری قوس

#### ۴-۵- ایجاد مهره جوش

در صورت مشاهده‌ی ذرات انجماد یا جرقه در روی سطح فلز، باید بدانیم که طول قوس بلند است و قسمت زیادی از الکتروود به صورت جرقه به اطراف پراکنده می‌شود.

دو نوع مهره‌ی جوش در جوش کاری شکل می‌گیرد:

۱- مهره‌ی زنجیره‌ای (Stringer bead)؛

۲- مهره‌های زیگزاگ (Weaving bead).

به محض این‌که قوس ایجاد شد و ثبات پیدا کرد، حوضچه‌ی مذاب شروع به شکل‌گیری می‌کند و با حرکت دادن الکتروود از این نقطه، «مهره جوش» درست می‌شود.

برای کسب مهارت جوش کاری در هر نوع اتصال و هر نوع حالت، اولین نکته‌ای که جوش کار باید به آن توجه کند، شکل‌گیری مهره‌های جوش است.

برای ایجاد کردن مهره‌های جوش خوب، لازم است فاکتورهای زیر با دست جوش کار کنترل شود:

۱- کنترل طول قوس<sup>۱</sup>؛

۲- سرعت پیش‌روی؛

۳- عرض مهره‌ی جوش؛

۴- زاویه‌ی الکتروود.

طول قوس باید با قطر الکتروود متناسب باشد. برای الکتروودهای پوشش‌دار، طول قوس بین ۳-۴ mm است.

جوش کار باید عادت کند که فقط با یک دست کار کند و با دست دیگر قطعات را برای خال جوش زدن نگه دارد.

برای تشخیص صحیح فاصله یا طول قوس، می‌توان از صدای<sup>۲</sup> قوس الکتریکی استفاده کرد.



شکل ۳-۴- تشکیل مهره جوش

۱- Arc Gap

۲- منظور از صدا، صدای چیز چیز کردن قوس است.

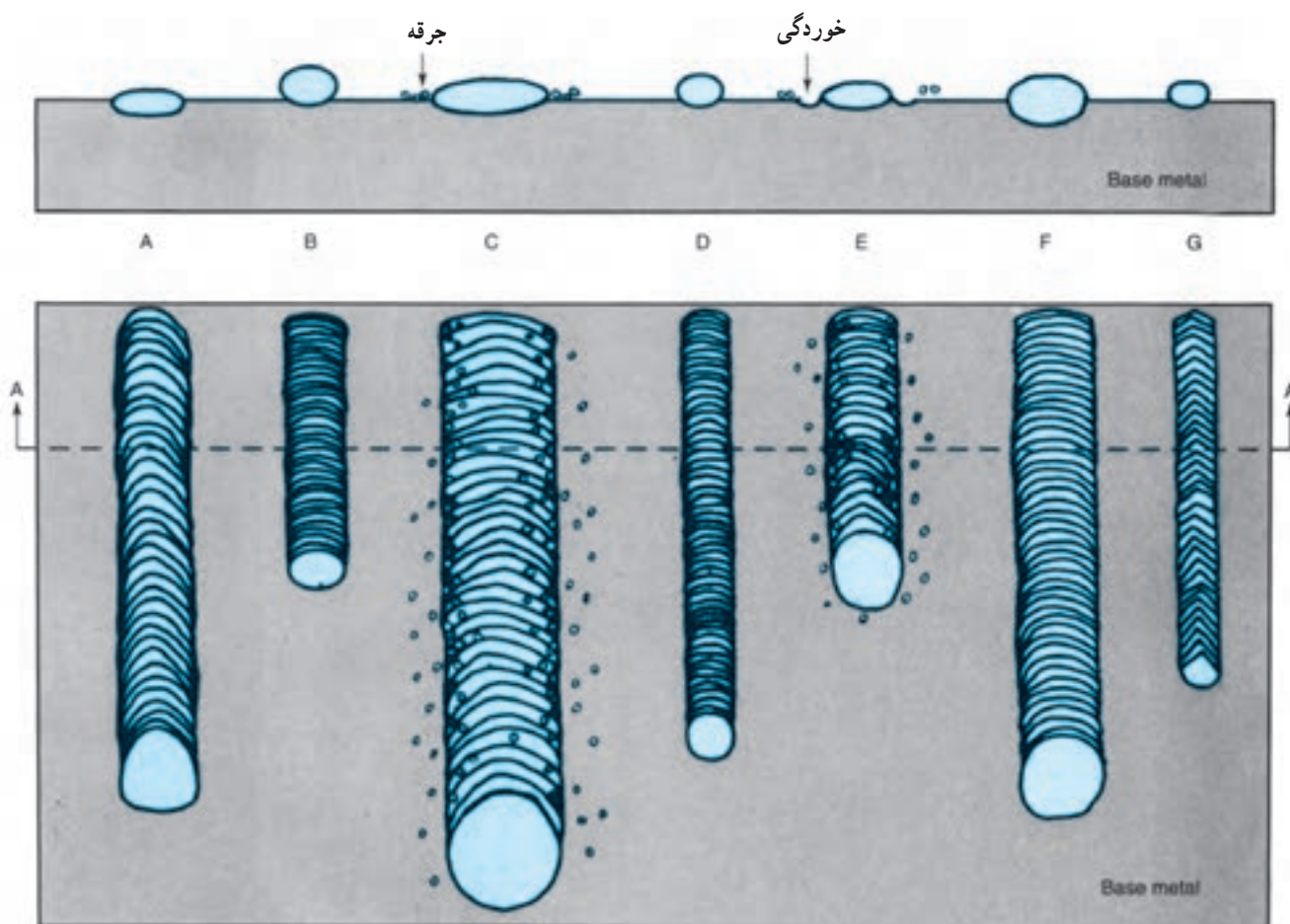
برابر قطر الکتروود زیادتر شود؛ برای مثال اگر با الکتروود  $3/2\text{ mm}$  جوش کاری می‌شود، حداکثر عرض جوش نباید از  $14/2\text{ mm}$  زیادتر شود.

۱-۴-۵- زاویه‌ی الکتروود: اگر الکتروود نسبت به سطح اتصال، قائم نگه داشته شود، فقط به اندازه‌ی  $20^\circ$  تا  $30^\circ$  در جهت پیش‌روی جوش، باید کج شود ( $60^\circ$  و  $70^\circ$ ). و از دو طرف دیگر، زاویه‌ی الکتروود  $90^\circ$  است. زاویه‌ی  $20^\circ$  یا  $30^\circ$  باعث می‌شود که فشار قوس، مواد مذاب را کمی به طرف عقب حوضچه براند تا موج‌های ظریف و یک‌نواخت مهره پدیدار گردد.

برای ایجاد مهره‌های زنجیره‌ای، لازم است که الکتروود فقط به طرف جلو حرکت کند. عرض جوش باید در حدود ۲ تا ۳ برابر قطر الکتروود باشد؛ برای مثال اگر با الکتروود  $3/25\text{ mm}$  جوش کاری می‌شود، عرض طبیعی بین  $6/4\text{ mm}$  تا  $9/6\text{ mm}$  است.

برای ایجاد مهره‌های زیگزاگ علاوه بر این که الکتروود در امتداد طول درز اتصال به جلو حرکت می‌کند، لازم است که یک حرکت عرضی هم به سمت راست و چپ داشته باشد.

با چنین حرکتی، می‌توان پهنای جوش را نسبت به مهره‌های زنجیره‌ای زیادتر گردانید. در این روش عرض جوش، نباید از ۶



شکل ۴-۴- تأثیر جریان، طول قوس و سرعت پیش‌روی روی مهره‌ی جوش

A- جریان و سرعت پیش‌روی صحیح      B- شدت جریان خیلی کم      C- شدت جریان خیلی زیاد      D- طول قوس خیلی کوتاه  
E- طول قوس خیلی زیاد و سرعت پیش‌روی خیلی آهسته      F- سرعت پیش‌روی کم      G- سرعت پیش‌روی خیلی زیاد



جوش، بسیار مهم است و اگر شدت جریان، طول قوس و سرعت پیش‌روی هماهنگ باشند، شکل سطح مقطع جوش مانند شکل (۴-۴-A) خواهد بود.

#### ۴-۶- تمیز کردن جوش

وقتی از الکترودهای پوشش‌دار در جوش‌کاری استفاده می‌شود، روی سطح مذاب یک سرباره تشکیل می‌شود. این سرباره باید برای دوام و شروع مجدد، جوش برداشته، سطح فلز جوش تمیز گردد، هم‌چنین هنگام استفاده از پاس‌های متعدد جوش‌کاری، لایه‌ی زیرین باید به‌طور کامل تمیز شود.

اگر سرباره به‌سهولت کنده نشود، در مقطع جوش، ناخالصی وجود خواهد داشت. ناخالصی سرباره، ذرات کوچکی از سرباره است که از مذاب بیرون کشیده نشده و داخل جوش، محبوس مانده است. سرباره معمولاً با ابزارهای دستی مانند چکش جوش، برس سیمی و گاهی نیز با وسایل مکانیکی برداشته می‌شود.

هنگامی که عرض جوش زنجیره‌ای به حد مطلوب رسید، باید الکترود را کمی به جلو حرکت داد و به حوضچه نگاه کرد و رشد مذاب را از نظر اندازه و شکل بررسی کرد. این عمل باید دو مرتبه تکرار شود تا از این طریق یک حرکت یک‌نواخت پدیدار شود، ضمن این‌که عرض جوش نیز کنترل می‌شود. سرعت پیش‌روی الکترود را می‌توان با دو فاکتور تعیین کرد:

۱- عرض جوش؛

۲- شکل گرفتن یک دماغه‌ی مخروطی شکل در موج‌های نزدیک به لبه‌ی جوش.

اگر سرعت حرکت پیش‌روی درست باشد، موج‌های قسمت عقب حوضچه، یا دنباله‌ی مذاب نیز، دارای یک دماغه‌ی مخروطی می‌شوند.

ارتفاع مهره‌ی جوش نیز به عرض جوش بستگی دارد. ارتفاع یا ارتفاع گرده‌ی جوش، باید در حدود  $\frac{1}{4}$  عرض آن باشد. تنظیم شدت جریان درست برای کیفیت و شکل مهره‌های

### روش‌های دیگر جوش کاری با قوس الکتریکی

در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

- ۱- نحوه جوش کاری آرگون و کاربرد آن را توضیح دهد.
- ۲- اجزای دستگاه جوش کاری با آرگون را تشریح کند.
- ۳- نقش گازهای محافظ در جوش کاری را توضیح دهد.
- ۴- اجزای مشعل جوش کاری با گاز آرگون را به تفصیل توضیح دهد.
- ۵- نحوه جوش کاری قوس الکتریکی مابین یک الکترود و قطعه کار را با توجه به ویژگی دستگاه جوش مربوطه و گازهای مصرفی و مفتول الکترود تشریح نماید.
- ۶- روش جوش کاری زیر پودری را به تفصیل تشریح کند.
- ۷- روش کار در جوش پلاسما را توضیح دهد.

### ۵- روش‌های دیگر جوش کاری با قوس الکتریکی

#### ۱-۵- جوش آرگون یا GTAW

در جوش کاری با قوس الکتریکی و گاز آرگون، حرارت را از طریق یک قوس الکتریکی (که مابین الکترودی از جنس آلیاژ تنگستن و قطعه کار شکل می‌گیرد) به دست می‌آورند و برای پر کردن درز یا شیار بین دو قطعه، اتصال از یک مفتول جداگانه به نام سیم جوش استفاده می‌کنند.

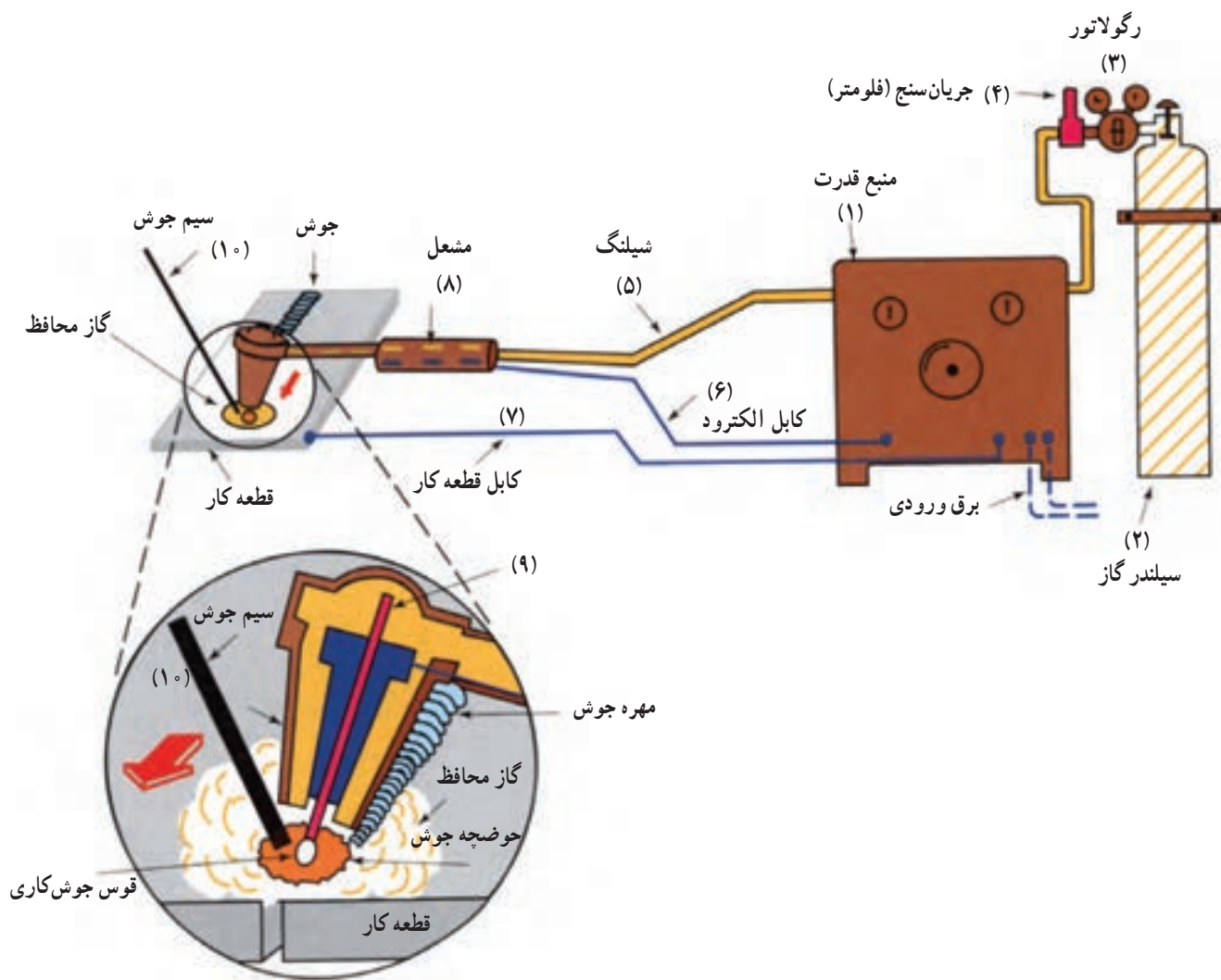
در این روش از یک گاز محافظ مانند «آرگون» یا «هلیوم» برای محافظت ناحیه‌ی مذاب استفاده می‌شود. در تمام روش‌های جوش کاری، اصولی‌ترین تکنیک حفاظت فلز مذاب - الکترود یا سیم جوش و نیز حوضچه‌ی مذاب روی سطح قطعه کار است. روش محافظت در هر سیستم متفاوت است و در جوش کاری آرگون عمل حفاظت به وسیله‌ی گاز آرگون یا هلیوم و یا اختلاط آن‌ها صورت می‌گیرد.

کاربرد این نوع جوش کاری در فلزاتی مانند آلومینیوم و

آلیاژهای آن، منیزیم و آلیاژهای آن، تیتانیوم و آلیاژهای آن، انواع فولادهای ضدزنگ، فلزات رنگین و آلیاژهای آن‌ها است. اسم دیگر و متداول این روش «TIG» است که از سه کلمه‌ی Tungsten Inert Gas گرفته شده است. منابع قدرت در جوش کاری با قوس الکتریکی و گاز آرگون (GTAW) ماشین‌های «ac» یا «dc» و یا «ac/dc» (در یک ماشین) هستند.

نوع متداول ماشین جوش کاری برای این روش بیش‌تر ترانسفورماتور - رکتی‌فایر است. سیستم منابع قدرت باید از نوع شدت جریان ثابت باشد. در شکل ۱-۵ سیستم کامل یک دستگاه جوش کاری «TIG» نشان داده شده است. اجزای این دستگاه به صورت زیر است :

۱- یک منبع قدرت قوس جوش کاری «ac» یا «dc» و یا «ac/dc» :



شکل ۱-۵- دستگاه جوش کاری TIG

فلزات و گازها وارد واکنش نمی‌شود. از گازهای محافظ برای جلوگیری از ورود اکسیژن و ازت هوا به ناحیه قوس استفاده می‌کنند.

برای عمل حفاظت از آرگون - هلیوم - اختلاط آرگون و هلیوم - آرگون هیدروژن استفاده می‌کنند.

گاز آرگون (Ar) با وزن اتمی ۴۰ و وزن مخصوص ۱/۷۸ gr/L از جمله گازهای سنگین است. گاز آرگون را مانند اکسیژن در سیلندر (کپسول)های فولادی ذخیره می‌کنند. حجم کپسول‌های معمولی و متداول  $9/34 \text{ m}^3$  مترمکعب است. درجه خلوص گاز آرگون برای جوش کاری باید ۹۹/۹۹٪ باشد.

۲- سیلندر گاز محافظ (هم به صورت مایع و هم به صورت گاز موجود است)؛

۳- رگلاتور گاز محافظ؛

۴- فلومتر گاز محافظ؛

۵- شیلنگ و فیتینگ‌های گاز محافظ؛

۶- کابل الکترود تنگستن؛

۷- کابل اتصال زمینی؛

۸- مشعل جوش کاری (torch)؛

۹- الکترود تنگستن؛

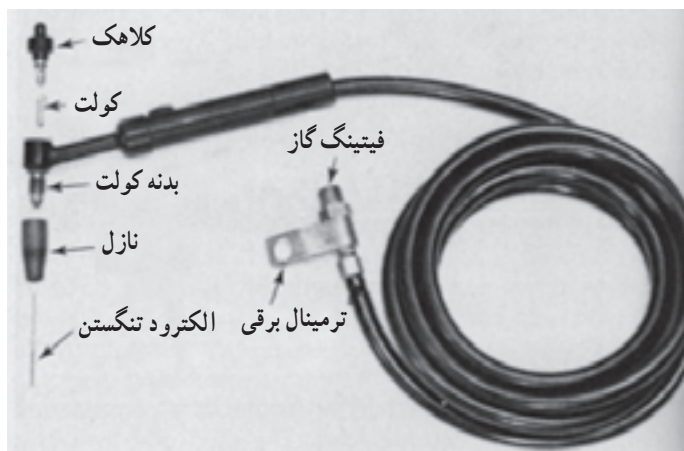
۱۰- سیم جوش.

۱-۵- گازهای محافظ: گاز محافظ گازیست که با

۱- استفاده از گاز آرگون مایع ارزان تر است.

جوش کاری و آمپر کم به کار می روند، معمولاً گاز محافظ است (گاز محافظی که مصرف می گردد) حداکثر ظرفیت این مشعل ها در حدود ۲۰۰ آمپر است.

۲-۱-۵- مشعل جوش کاری با گاز آرگون:  
مشعل های جوش کاری با گاز آرگون، در طرح و اندازه های متفاوت با ظرفیت هایی برحسب «آمپر» ساخته می شوند (شکل ۲-۵). سیستم خنک کننده ی مشعل هایی که برای کارهای سبک



شکل ۲-۵- مشعل جوش کاری با گاز آرگون

سیستم خنک کننده‌ی مشعل‌هایی که بزرگ‌ترند برای ظرفیت زیاده‌تر آمپر ساخته می‌شوند، یا این که به‌طور مداوم از آن‌ها استفاده می‌شود، آب است.

**۳-۱-۵- کلاهک یا نازل مشعل:** نازل برای هدایت مستقیم گاز محافظ بر روی الکترود تنگستن و نیز پوشش دادن اطراف قوس و ناحیه‌ی مذاب به کار می‌رود. چون نازل‌ها در مجاورت قوس الکتریکی قرار دارند باید در برابر حرارت زیاد مقاوم باشند.

جنس نازل از مواد سرامیکی و کوارتز است. یک سر نازل، باید در قسمت سر مشعل قرار گرفته، محکم باشد. قسمت خروجی گاز نازل استاندارد است و برحسب شماره معرفی می‌شود و هر شماره  $1/6$  mm را نشان می‌دهد؛ برای مثال قطر دهانه‌ی خروجی نازل شماره ۶،  $9/6$  میلی‌متر است.

$6. 1/6. 9/6$  mm

یا قطر نازل شماره ۸، مساوی  $12/8$  میلی‌متر است.

$8. 1/6. 12/8$  mm

## ۲-۵- روش جوش کاری GMAW<sup>۱</sup>

در این روش جوش کاری قوس الکتریکی مابین یک الکترود (الکترود به صورت مفتول بدون پوشش است که مانند کلاف پیچیده شده) و قطعه کار ایجاد می‌شود. الکترود به وسیله‌ی یک سیستم مکانیکی به‌طور مداوم وارد حوضچه‌ی مذاب می‌شود و حفاظت قوس به وسیله‌ی یک گاز انجام می‌گیرد.

در شکل ۳-۵ یک سیستم کامل جوش کاری «GMAW» نشان داده شده است. گازهای مصرفی  $CO_2$  - آرگون - هلیوم است. کابل علاوه بر هدایت جریان الکتریسیته به مشعل، گاز را نیز به مشعل و از مشعل به قوس الکتریکی می‌رساند.

مشعل، مجهز به یک کلید دستی است که برای شروع قوس و حرکت الکترود و یا توقف آن‌ها به کار می‌رود. نوع ماشین «dc» با ولتاژ ثابت است و در روی ماشین، تنظیم کننده‌ای برای ولتاژ وجود دارد.

تغییرات در شدت جریان به وسیله‌ی سرعت حرکت الکترود انجام می‌شود. کنترل سرعت الکترود، به وسیله‌ی یک دستگاه

خودکار صورت می‌گیرد.

نوع گاز مصرفی متناسب با جنس قطعه کار است.

متعلقات یک سیستم «GMAW» (شکل ۵-۴) به قرار زیر

است:

۱- یک منبع قدرت با ولتاژ ثابت «dc»؛

۲- یک سیستم تغذیه کننده‌ی سیم الکترود؛

۳- کپسول گاز محافظ؛

۴- رگلاتور گاز؛

۵- جریان سنج گاز محافظ؛

۶- شیلنگ گاز - کابل الکترود - کابل اتصال زمین؛

۷- مشعل جوش کاری؛

۸- مفتول الکترود؛

۹- سیستم خنک کننده؛

۱۰- کنترل از راه دور.

## ۱-۲-۵- گازهای مصرفی در روش GMAW:

گازهای محافظی که در این سیستم به کار برده می‌شود، ممکن است گاز خنثی مانند «هلیوم و آرگون» یا گازهای فعال مانند « $CO_2$ » باشند.

گازهای فعالی که در این سیستم استفاده می‌شوند عبارت‌اند از: بی‌اکسید کربن ( $CO_2$ )، اکسیژن ( $O_2$ )، هیدروژن ( $H$ ) و ازت ( $N_2$ ). استفاده از گازهای فعال در شرایط خیلی تخصصی مانند کنترل بهتر مذاب و نفوذ زیاده‌تر است. در بعضی از آلیاژها هیدروژن و ازت موجب بروز تردی می‌شوند.

با توجه به نوع فلز و انتقال قوس از اختلاط آرگون - هلیوم، آرگون - اکسیژن، آرگون - بی‌اکسید کربن، یا آرگون - هلیوم - بی‌اکسید کربن در جوش کاری استفاده می‌شود. استفاده از آرگون و هلیوم بیش‌تر در جوش کاری فلزات غیر آهنی (رنگین) است.

**گاز بی‌اکسید کربن:** از گاز  $CO_2$  فقط برای جوش کاری فولادهای کربنی و آلیاژهای با درصد کم استفاده می‌شود. گاز  $CO_2$  در اثر حرارت زیاد قوس، به  $CO$  و  $O_2$  تجزیه می‌گردد. و در اثر سرد شدن، مجدداً به  $CO_2$  تبدیل می‌شود. گاز بی‌اکسید کربن یک گاز خنثی نیست و با قطعه کار وارد واکنش می‌شود و تولید اکسید می‌کند. از این رو در مواقع استفاده از گاز

<sup>۱</sup> - Gas Metal Arc welding





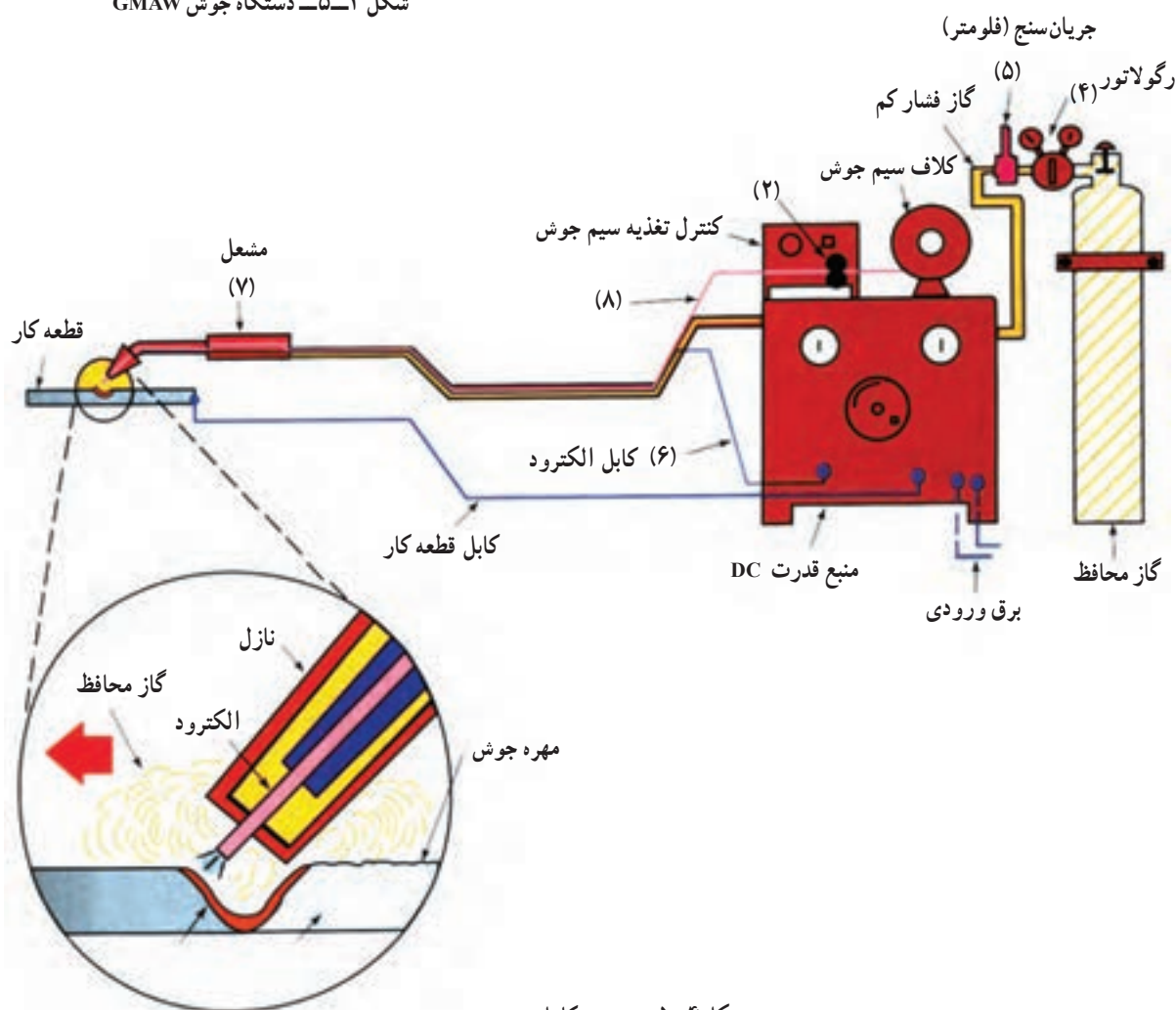
شکل ۳-۵- دستگاه جوش GMAW

$CO_2$  باید جنس مفتول الکتروود از آلیاژی انتخاب شود که بتواند اکسیدهای فلزی را خارج کند.

گاز  $CO_2$ ، ۵۰ درصد سنگین تر از هوا است و قبل از استفاده باید رطوبت آن گرفته شود. در غیر این صورت رطوبت گاز در قوس ایجاد هیدروژن کرده، فلز جوش را ترد و شکننده می کند و در بطن جوش آخال شکل می گیرد. گاز  $CO_2$  به خوبی قادر به محافظت قوس الکتریکی است.

## ۲-۲-۵- مفتول الکتروود در جوش کاری GMAW:

قطر مفتول الکتروود در این روش زیاد نیست و رنج آن بین ۱/۸-۳/۵ میلی متر است. اندازه‌ی متداولی که مصرف آن زیادتر است مربوط به قطرهای ۱/۱۴-۱/۹۰-۱/۷۵ میلی متر است. این الکتروودها را یا به صورت وزن یا به صورت متر و یا کلافی می فروشند و هر کلاف محتوی چندین هزار متر مفتول الکتروود است.



شکل ۴-۵- سیستم کامل جوش GMAW



الکترو استفاده شود، مقدار آمپر نیز افزایش خواهد یافت. در جوش زیر پودری می توان از ماشین های «AC» و یا «DC» و معمولاً با ولتاژ ثابت (CV)<sup>۲</sup> استفاده کرد. در مواقعی که از مفتول الکترو با قطر بزرگ تر استفاده می کنند، نوع شدت جریان ثابت (C.C)<sup>۴</sup> در جوش کاری بهتر است. در شکل ۵-۵ یک دستگاه جوش زیر پودری و در شکل ۵-۶ یک قطعه کار در حال جوش نشان داده شده است.

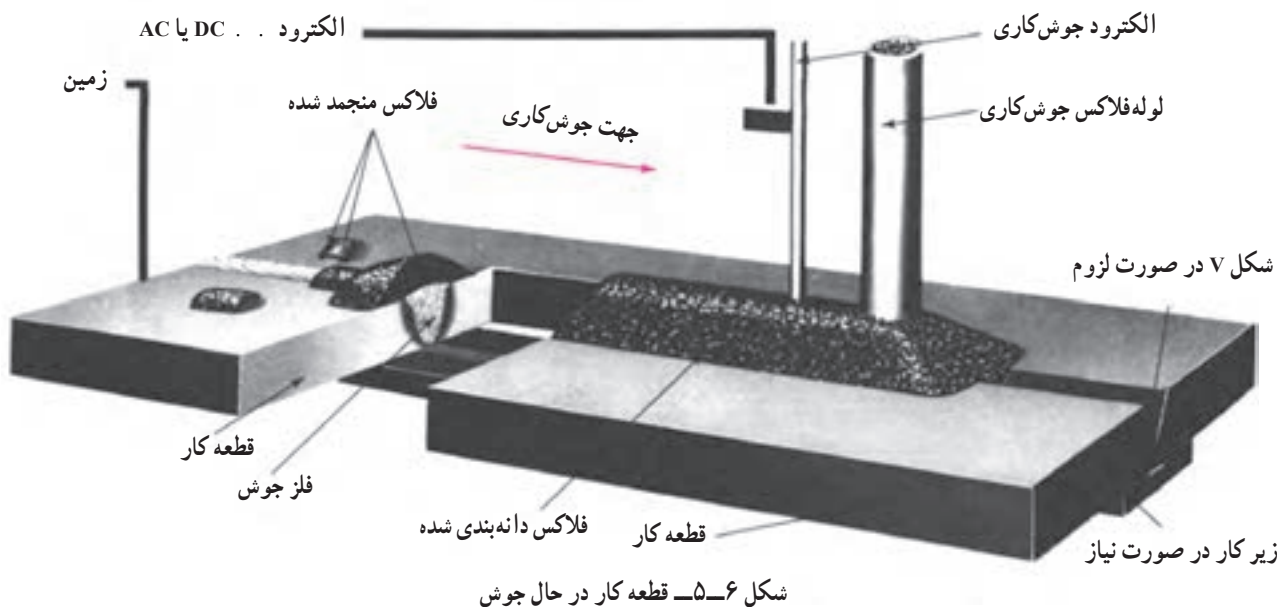


شکل ۵-۵ دستگاه جوش زیر پودری

ترکیب شیمیایی مفتول الکترو بسیار متنوع است و مواد اکسید زدا<sup>۱</sup> نیز به این مفتول ها اضافه می شوند تا از ایجاد آخال درون جوش جلوگیری کنند.

**جوش زیر پودری یا SAW<sup>۲</sup>:** جوش زیر پودری به چند دلیل به سرعت در خط تولید گسترش می یابد، مهم ترین این دلایل عبارت اند از:

- ۱- سرعت جوش کاری در این سیستم زیاد است؛
  - ۲- قوس الکتریکی رؤیت نمی شود؛
  - ۳- بدون جرقه است؛
  - ۴- فلز جوش از کیفیت خوبی برخوردار است.
- در جوش زیر پودری، قوس الکتریکی مابین یک مفتول الکترو ذوب شدنی و قطعه کار، در زیر پودر شیمیایی شکل می گیرد. جنس پودر بیش تر از «تیتانیا» (اکسید تیتانیوم) است. بعضی از ماشین های زیر پودری قادرند تا ضخامت ۷۵ mm را با یک پاس در اتصال سربه سر جوش دهند. ضخامت مفتول الکترو در رنج ۵/۵ - ۲ mm است. شدت جریان متداول در این روش ۱۰۰۰ آمپر در دستگاه های اتومات با الکترو منفرد است و اگر بیش از یک



۱- مواد اکسیدزدا با اکسیژن ازت و هیدروژن وارد واکنش می شوند و باعث می گردند که حباب های این گازها درون جوش، شکل نگیرد.

۲ SAW=Submerged Arc Welding

۳ Constant Voltage

۴ Constant Current

یک موتور یونیورسال برای کنترل سرعت در دستگاه تعبیه شده است و می‌تواند سرعت را از  $3 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$  تا  $90 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$  کنترل کند.

هنگامی که قوس در زیر پودر غوطه‌ور می‌شود و برای جوش کار قابل رؤیت نیست، تنظیم صحیح آن به وسیله‌ی یک «آم‌تر» و یک «ولت‌تر» کنترل می‌شود.

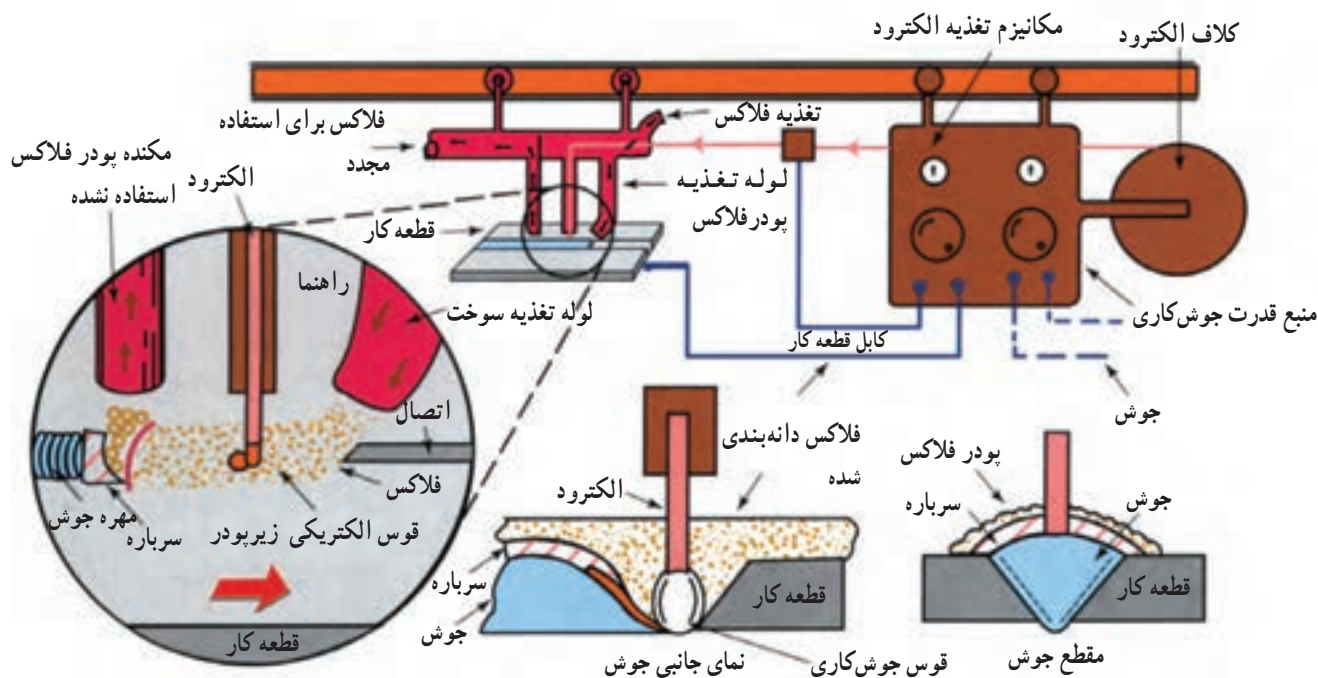
جوش زیر پودری برای ساخت کشتی — پل — کاربرد زیادی دارد.

در شکل ۵-۷ یک دستگاه جوش زیر پودری خودکار، در شکل ۵-۸ برش قطعات جوش داده شده و در شکل ۵-۹ یک جوش کار را در حال انجام جوش کاری نشان می‌دهد.

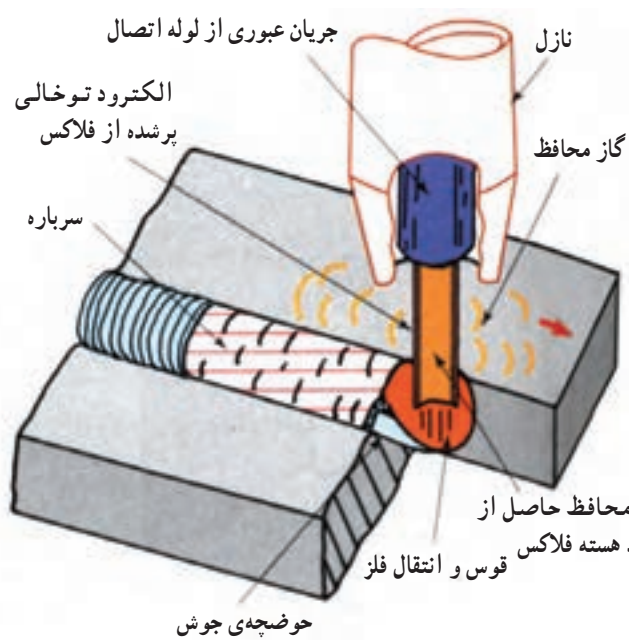
دستگاه‌های جوش زیر پودری یا به‌طور خودکار و یا نیمه خودکار عمل می‌کنند و الکتروود نیز به صورت خودکار وارد ناحیه‌ی قوس می‌شود.

از طریق یک سیستم تغذیه‌کننده‌ی مکانیکی، پودر (فلاکس) بر روی ناحیه‌ی جوش ریخته می‌شود و از طرفی به وسیله‌ی یک دستگاه، پودرهای ذوب نشده، برای استفاده‌ی مجدد مکیده می‌شوند.

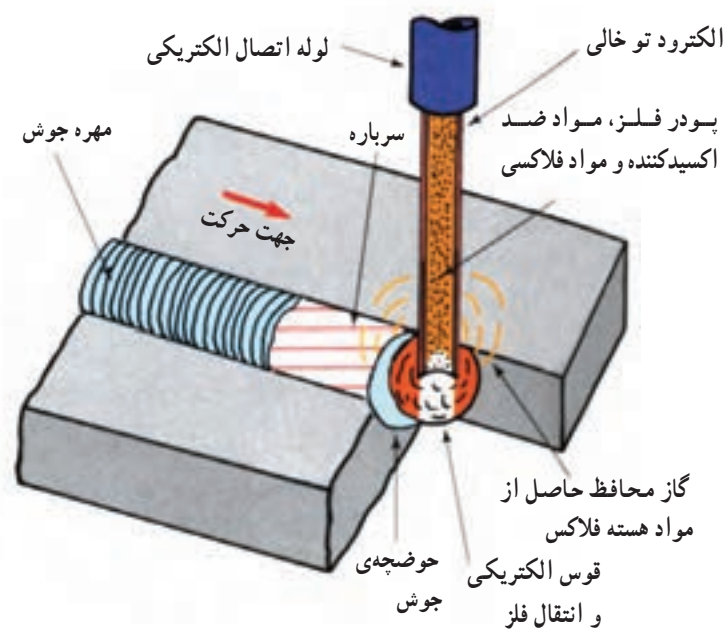
ترکیب شیمیایی پودر، در کیفیت جوش تأثیر زیادی دارد و کمبود عناصر آلیاژی در مذاب جوش به وسیله پودر یا فلاکس تأمین می‌شود. پودرهای ذوب شده بر روی سطح جوش کشیده شده، تشکیل یک سرباره می‌دهند و به این وسیله تماس بین فلز جوش و هوای مجاور قطع می‌شود و از طرفی در آهسته سرد شدن جوش مؤثر هستند.



شکل ۵-۷- یک دستگاه جوش زیر پودری



ب — دارای هسته گاز محافظ



الف — الکترود با هسته فلاکس محافظ بدون نازل گاز محافظ

شکل ۸-۵ — قطعات کار جوش داده شده

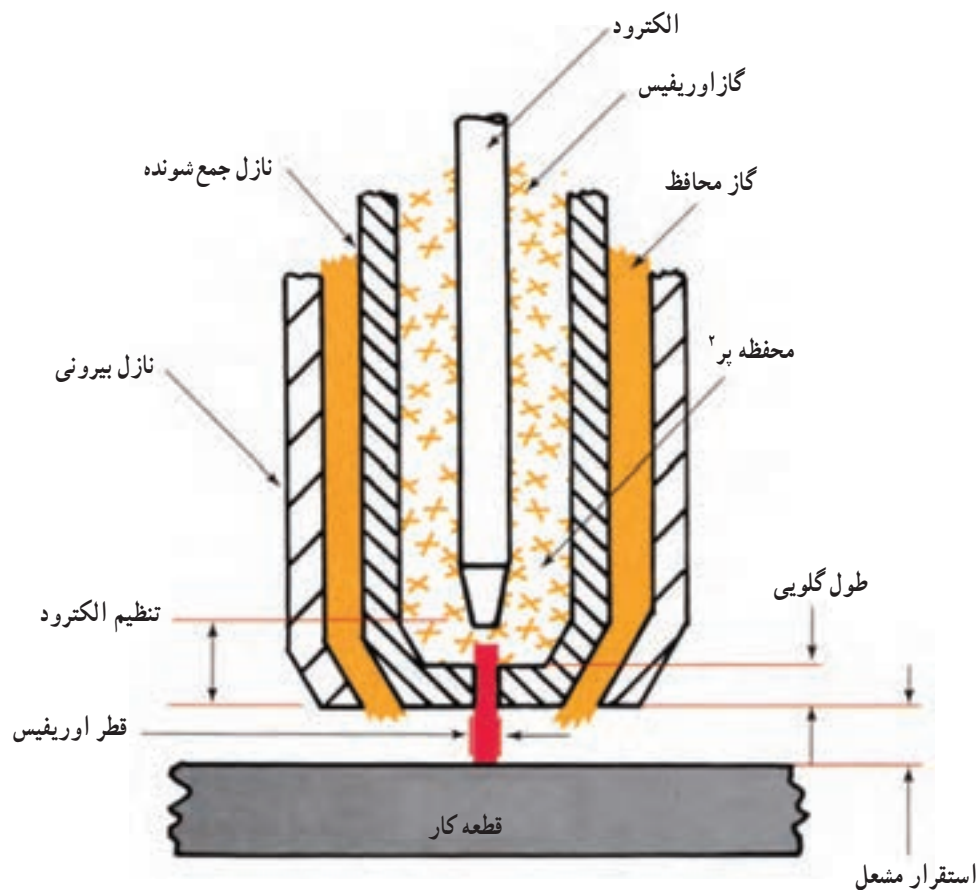


شکل ۹-۵ — یک جوشکار در حال جوشکاری



مسیری است که مابین نازل جمع شونده (Constricting nozzle) و نازل بیرونی قرار دارد. گاز از این مسیر خارج شده، در اطراف پلاسما عمل حفاظت را انجام می‌دهد.

جوش پلاسما PAW<sup>۱</sup>: در شکل ۵-۱ سطح مقطع یک مشعل جوش کاری با قوس پلاسما نشان داده شده است. این شکل سطوح فرم و اندازه‌های بحرانی را معرفی می‌کند. گاز از دو مسیر جداگانه در مشعل عبور می‌کند؛ مسیر اول،



شکل ۵-۱- برش یک مشعل جوش کاری پلاسما

گازی که تبدیل به پلاسما می‌شود، نسبت به شرایط جوش کاری بین  $0.24 \frac{\text{lit}}{\text{min}}$  تا  $4.8 \frac{\text{lit}}{\text{min}}$  است. نوع گاز معمولاً آرگون - هیدروژن (Ar - H) است و امکان استفاده از اختلاط گازهای آرگون و هلیوم نیز وجود دارد. برای عمل حفاظت، از گاز  $\text{CO}_2$  و یا آرگون  $\text{CO}_2$  (Ar -  $\text{CO}_2$ ) استفاده می‌کنند و مصرف گاز برای عمل حفاظت در حدود  $1 \frac{\text{lit}}{\text{min}}$  است.

مسیر دوم، مسیری است که بین الکتروود تنگستن و نازل جمع شونده قرار دارد. در این مسیر، گاز از داخل یک قوس الکتریکی عبور می‌کند و به دمای  $14000^\circ\text{C}$  می‌رسد. (حالت چهارم ماده) و در اثر دمای بیش از حد، به پلاسما تبدیل می‌شود (گاز یونیزه شده). چون درجه حرارت گاز بیش از حد است، لذا منبسط شده و در اثر انبساط تحت فشار زیادی قرار می‌گیرد و با سرعت فوق العاده زیاد از دهانه‌ی نازل خارج شده، به سطح فلز برخورد می‌کند و یک حوضچه‌ی مذاب را به وجود می‌آورد.

جنس الکترود از تنگستن خالص و یا آلیاژ تنگستن – توریم است.

نوع جریان DCSP و CC است.

مزایای این روش جوش کاری به طور خلاصه عبارت است از :

۱- تمرکز زیاد شدت جریان در ستون قوس ؛

۲- حداقل حرارت ورودی (heat input) ؛

۳- ثبات قوس در طول قوس های بلند ؛

۴- سرعت عمل زیاد جوش کاری و برش کاری.

قوس پلاسما ممکن است به دو صورت انتقالی و یا غیرانتقالی باشد.

در قوس انتقالی الکترود تنگستن به ترمینال منفی و قطعه ی کار به ترمینال مثبت وصل می شود (DCSP). قوس غیرانتقالی قوسی است که در آن الکترود تنگستن، به ترمینال منفی وصل می شود و نازل جمع شونده به ترمینال مثبت. بنابراین در قوس

غیرانتقالی قطعه ی کار در مدار الکتریکی قرار نمی گیرد و در این روش نفوذ جوش زیادتر است.

برای جوش کاری با قوس انتقالی، مقدار آمپر از  $1^\circ A$  تا

$5^\circ A$  است که به جنس فلز و ضخامت آن بستگی دارد.

از قوس های غیرانتقالی برای جوش کاری و برش کاری

اجسامی استفاده می شود که هادی جریان الکتریسیته نباشند (شکل ۵-۱۰).

افزایش سیم جوش به حوضچه ی مذاب به وسیله ی یک

دستگاه مکانیکی انجام می شود. با این روش می توان فولادهای

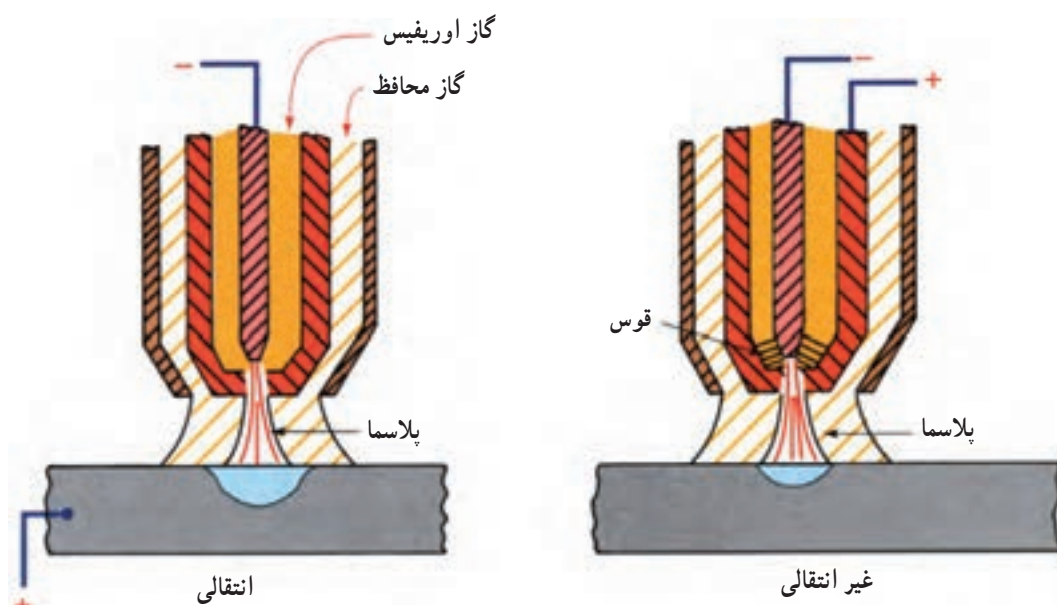
ضدزنگ با ضخامت  $6/5mm$  و آلیاژهای تیتانیوم را تا ضخامت

$12mm$  با یک پالس عمل جوش کاری، کامل کرد. مقدار ولتاژ

در حدود  $217V$  برای ضخامت های کم و  $387V$  برای ضخامت های

زیادتر است و رنج شدت جریان بین  $12^\circ A$  تا  $275A$  و سرعت

جوش کاری در حدود  $13 \frac{mm}{sec}$  است.



شکل ۵-۱۱- قوس پلاسما

## جوش مقاومتی

در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

- ۱- انواع مختلف جوش کاری مقاومتی را نام ببرد.
- ۲- نحوه‌ی جوش کاری مقاومتی نقطه‌ای را به‌طور کامل تشریح کند.
- ۳- عوامل کنترل کننده جوش مقاومتی نقطه‌ای را توضیح دهد.
- ۴- سیستم فشار در جوش مقاومتی را نام برده و توضیح دهد.
- ۵- ساختمان و طرز کار ترانسفورماتور نقطه جوش مقاومتی را توضیح دهد.
- ۶- نحوه‌ی تنظیم نقطه جوش را با توجه به متغیرهای مربوط به آن تشریح کند.
- ۷- ویژگی جوش کاری زائده‌ای و موارد استفاده آن را توضیح دهد.
- ۸- ویژگی‌ها، موارد استفاده و روش کار جوش غلتکی را توضیح دهد.
- ۹- روش کار و کاربرد جوش واژگونه سربه‌سر را تشریح کند.
- ۱۰- روش کار در فلاش جوش را توضیح دهد.

## ۶- جوش مقاومتی

- ۲- درز جوش یا جوش غلطکی (Seam welding) ؛
- ۳- جوش زائده‌ای (Projection welding) ؛
- ۴- جوش سر به سر واژگونه (Upset butt welding) ؛
- ۵- فلاش جوش (Flash welding) ؛

جوش مقاومتی به گروهی از روش‌های جوش کاری اطلاق می‌شود که در آن‌ها از شدت جریان زیاد و فشار استفاده می‌شود. تولید حرارت از طریق مقاومت الکتریکی (مشابه اجاق الکتریکی) است. روش‌های جوش مقاومتی، براساس سه پارامتر عمده یعنی شدت جریان - فشار و زمان است.

### ۱-۶- نقطه‌ی جوش

نقطه‌ی جوش یکی از متداول‌ترین و ساده‌ترین روش‌های جوش مقاومتی است. در این روش شدت جریان از الکتروده فلزی که جوش می‌خورد و از فلز به الکتروده دیگر، جریان می‌یابد. ایجاد مقاومت در مدار شدت جریان، ایجاد حرارت می‌کند.

در این روش از سیم جوش یا الکتروده ذوب‌شدنی استفاده نمی‌شود. روش‌های جوش مقاومتی به چند گروه اصلی تقسیم می‌شوند :

- ۱- نقطه‌ی جوش (Spot welding) یا (RSW) <sup>۱</sup> ؛



داشته باشد. الکترودهایی که برای جوش کاری پلیت‌های نازک به کار می‌روند، با هوا خنک می‌شوند و الکترودهایی که در ضخامت‌های بیش‌تر به کار می‌روند با آب، خنک می‌شوند.

سیستم کنترل در جوش مقاومتی، مقدار شدت جریان - فشار الکترودها و مدت زمانی است که شدت جریان عبور می‌کند.

### ۱-۱-۶ الکترودها در نقطه‌ی جوش: الکترودها

نقطه‌ی جوش شدت جریان را به سطح فلز جوش دادن هدایت می‌کند و لازم است که دارای چندین شرط باشد:

۱- رسانای بسیار خوبی برای عبور شدت جریان باشد؛

۲- هدایت حرارتی آن خوب باشد؛

۳- مقاوم و سخت باشد؛

۴- در اثر تماس و فشار و حرارت با فلز جوش دادن

آلیاژ نگردد؛ (ذراتی از الکترودها نپاشد و به کار نچسبد)

مس خالص هادی بسیار خوبی است هم برای جریان

الکتریسیته و هم برای حرارت؛ اما در برابر فشار مقاوم نیست و

از طرفی، در موقع حرارت دیدن نرم‌تر می‌شود، از این‌رو الکترودها

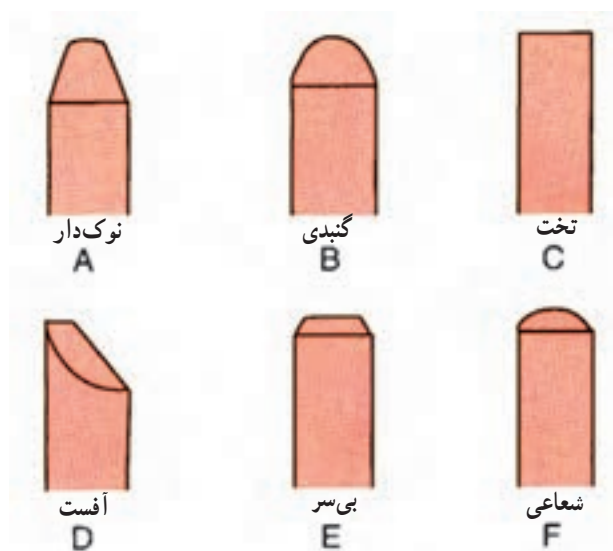
را از آلیاژ مس ساخته و به کار می‌برند.

هر الکترودها دارای یک سطح و یک ساق یا بدنه است.

سطح الکترودها: سطح الکترودها قسمتی از الکترودها است

که با فلز جوش دادن تماس پیدا می‌کند. سطح الکترودها در

طرح‌های متفاوتی ساخته می‌شود. (شکل ۲-۶)



شکل ۲-۶ انواع سطوح الکترودها

در نقطه‌ی جوش، دو پلیت مابین الکترودها روی هم قرار می‌گیرد و به وسیله‌ی فشار الکترودها و عبور شدت جریان در محل تماس، مقاومت ایجاد شده، انرژی الکتریکی به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود. در اثر حرارت و فشار در یک نقطه، دو فلز به هم جوش می‌خورند. نکته‌ی اساسی این است که مقاومت الکتریکی فلز جوش دادن و حرارت تولید شده، ناشی از این مقاومت و مقاومت‌های دیگر است.

مطابق شکل (۱-۶) در اثر فشار الکترودها، سطح دو فلز

مورد جوش به هم می‌چسبد و فاصله‌ی خالی بین آن‌ها کم می‌شود.

با کم شدن فضای خالی، مقاومت لایه‌ی بین دو فلز نیز کاهش می‌یابد.

به‌طور کلی حرارت تولید شده در ارتباط با مقاومت «۵»

سطح تماس داده شده با یک دیگر است:

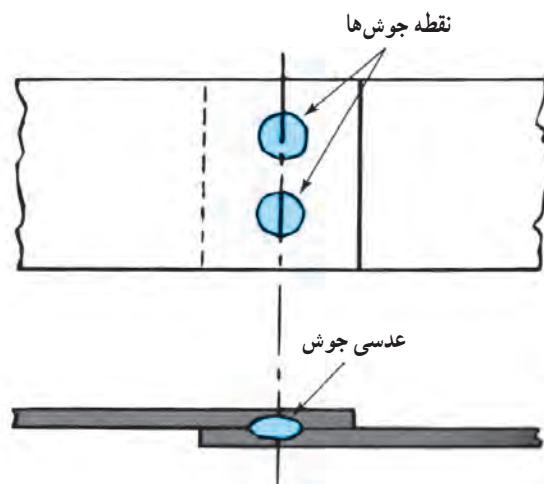
۱- مقاومت سطح تماس بین الکترودها متحرک و فلز؛

۲- مقاومت سطح تماس بین الکترودها ثابت و فلز؛

۳- مقاومت فلز رویی؛

۴- مقاومت فلز زیرین؛

۵- مقاومت بین لایه‌ی دو فلز.



شکل ۱-۶ اتصال دو قطعه فلز به وسیله‌ی جوش مقاومتی

سیستم ماشین ترانسفورماتور، کاهنده است که در آن ولتاژ

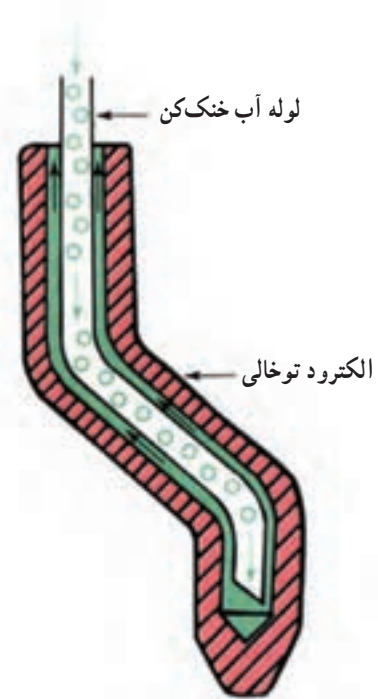
زیاد و شدت جریان کم به ولتاژ کم و شدت جریان زیاد تبدیل

می‌شود. جنس الکترودها از آلیاژهای مس است که باید از لحاظ

فیزیکی بسیار مقاوم باشد تا بتواند در برابر فشار و حرارت دوام

**ساق الکتروود:** ساق یا بدنه‌ی الکتروود باید به اندازه‌ای باشد که بتواند در برابر فشار مقاوم و در برابر حرارت و جریان الکتریسته، رسانای خوبی باشد.

ساق الکتروود را ممکن است برای کارهای مشخصی فرم‌دار ساخته، به کار ببرند. (شکل ۶-۳) الکتروودها بیش‌تر از دو قسمت ساخته می‌شوند:

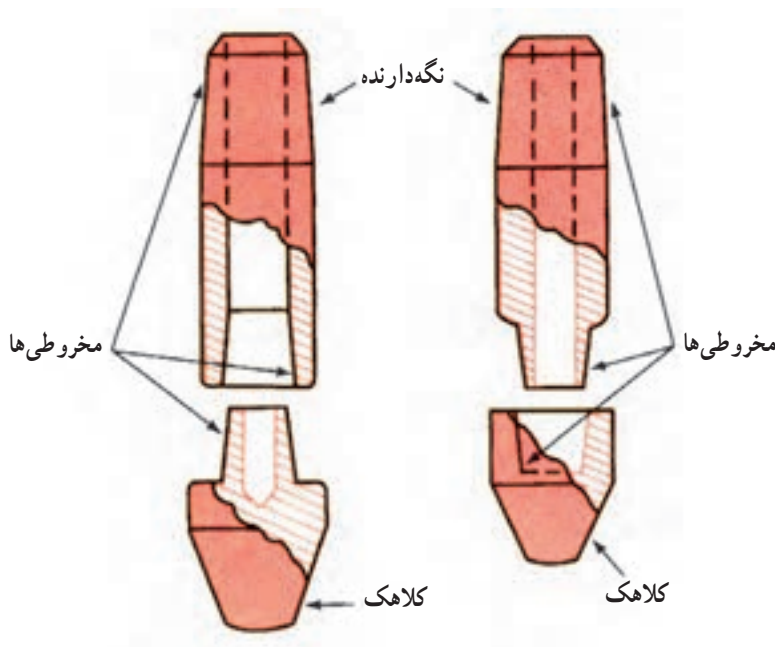


شکل ۶-۳ ساق الکتروود و مجرای عبور آب

۱- قسمت کلاهک الکتروود؛

۲- قسمت نگه‌دارنده یا «adaptor».

کلاهک و نگه‌دارنده را ممکن است به صورت نر و ماده بسازند و برای متصل کردن این دو قسمت به هم نر و مادگی را به شکل مخروط می‌تراشند تا پس از وصل شدن آب‌بندی گردند. (شکل ۶-۴)



شکل ۶-۴ کلاهک و نگه‌دارنده

۲-۱-۶ پارامترهای کنترل‌کننده‌ی جوش مقاومتی نقطه‌ی جوش: یکی از روش‌های اتصال فلزات به یک‌دیگر این است که در آن‌ها سوراخ ایجاد کرده، سپس به وسیله‌ی پرچ یا پیچ آن‌ها را به هم متصل می‌کنند. طریق دیگر اتصال، این است که قطعات را مانند پیچ در نقاطی به هم جوش داده، متصل می‌کنند. اما اختلاف بین این گونه اتصالات از لحاظ فیزیکی و مکانیکی بسیار زیاد است.

در سیستم جوش‌کاری پنج متغیر وجود دارد که باید آن‌ها را به‌طور دقیق کنترل کرد و این پنج متغیر عبارت‌اند از:

a - زمان؛

b - شدت جریان؛

c - فشار؛

d - سطح تماس الکتروودها؛

e - نوع و سیستم ماشین.

a - زمان: زمانی که برای جوش دادن یک نقطه از فلز لازم است، خود به سه دوره تقسیم می‌شود:

۱- زمان فشردگی

۲- زمان جوش‌کاری

۳- زمان نگه‌داری



شکل ۵-۶- یک دستگاه جوش مقاومتی

تغییر دادن شدت جریان به یکی از دو راه زیر ممکن است :  
الف - تغییر دادن tap یا پانل که در روی ماشین تعبیه شده است ؛

ب - تغییر دادن سلکتور (درصد حرارت) که در روی ماشین موجود است (شکل ۵-۶).

در شکل (۶-۶) قسمت‌های مختلف مکانیکی یک دستگاه نقطه جوش مقاومتی و در شکل (۶-۷) قسمت‌های الکتریکی آن نشان داده شده است.

با تغییر دادن هر پله از tap یا پانل، شدت جریان در یک رنج تغییر می‌کند و با تغییر دادن سلکتور نیز، مقدار زیادی حرارت (که ناشی از شدت جریان است) تغییر می‌کند.

برای مثال ممکن است با انتخاب یک پله از پانل، رنج تغییرات شدت جریان از ۴۰۰۰ A تا ۱۰,۰۰۰ A باشد.

زمان فشردگی: زمانی است که الکترودها دو ورق را در بین خود فشار می‌دهند.

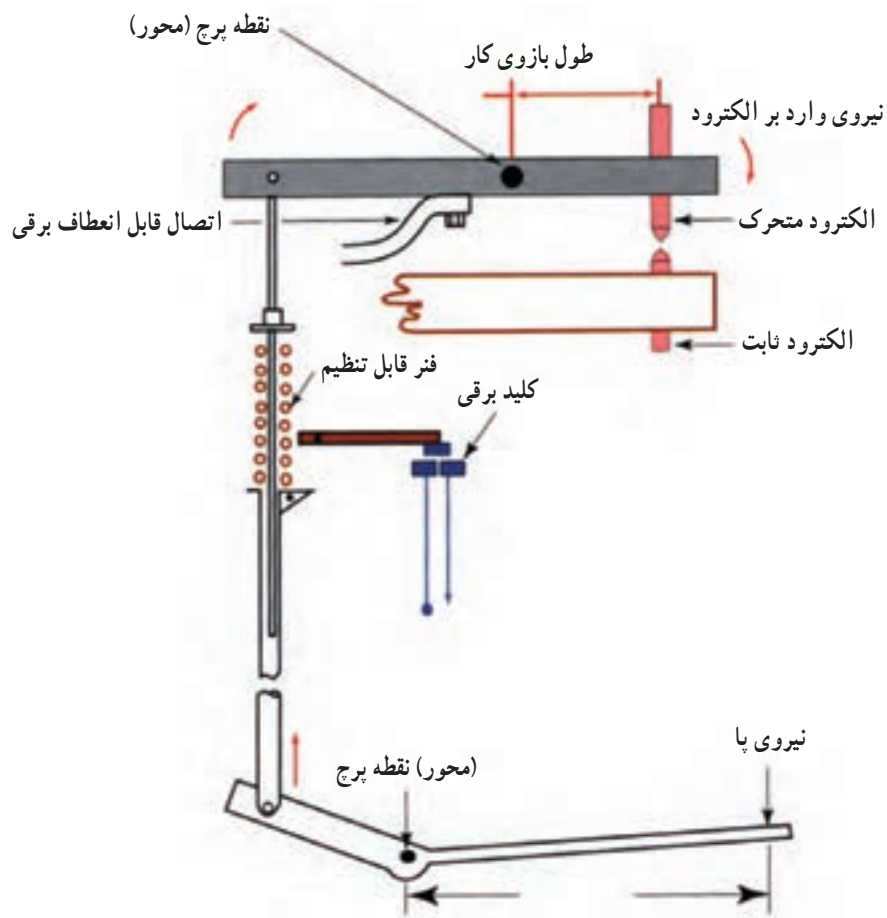
زمان جوش کاری: زمانی است که شدت جریان از الکترودها متحرک به فلز و از فلز به الکترودها ثابت جریان می‌یابد و در اثر مقاومت ایجاد شده، فلز به نقطه‌ی ذوب می‌رسد.

زمان نگهداری: زمانی است که پس از توقف شدت جریان، فشار الکترودها تا منجمد شدن جوش، اعمال می‌شود.

این سه دوره‌ی زمانی، یک توالی جوش کاری است و هر سه زمان به وسیله‌ی پانل که بر روی ماشین است، کنترل می‌شوند.

زمان برحسب سیکل و یا هرتس یعنی  $\frac{1}{5}$  ثانیه است.

۳-۱-۶- شدت جریان: شاید بتوان گفت که شدت جریان یکی از عمده‌ترین متغیرها در سیستم جوش مقاومتی است.

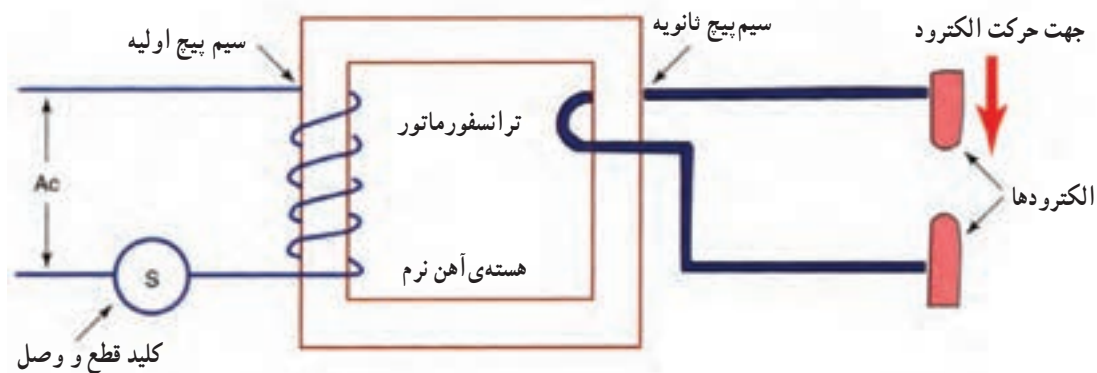


شکل ۶-۶ - قسمت‌های مختلف مکانیکی یک دستگاه نقطه جوش

پس شدت جریانی که از دستگاه گرفته می‌شود تا عمل جوش کاری انجام شود،  $۸۵۰۰\text{A}$  است.

و اگر سلکتور را روی ۷۵٪ تنظیم کنیم، شدت جریان برای جوش کاری برابر است با:

$۴۰۰۰\text{A}$  .  $[(۰/۷۵) \text{ (رِنج شدت جریان)}]$  .  $۱۰,۰۰۰\text{A}$  .  $۴۰۰۰\text{A}$  .  $۶۰۰۰\text{A}$  . رنج شدت جریان

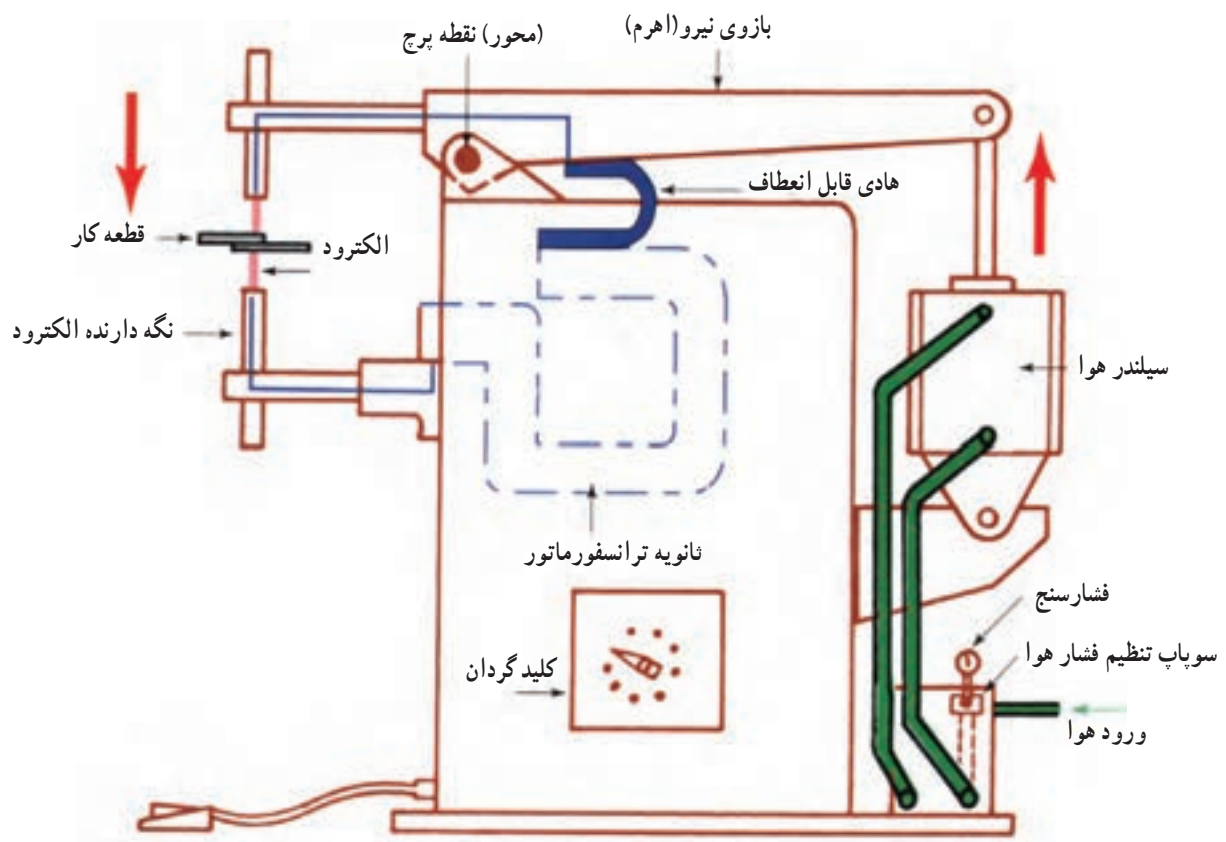


شکل ۶-۷ - قسمت‌های الکتریکی یک دستگاه نقطه جوش

۴-۱-۶- سیستم فشار در جوش مقاومتی: چهار روش متفاوت برای اعمال فشار به وسیله ی الکترودها متداول است:

- ۱- استفاده از سیستم مگنت (مغناطیس)؛
- ۲- استفاده از سیستم پنوماتیک (هوا)؛
- ۳- استفاده از سیستم هیدرولیک (مایعات)؛
- ۴- استفاده از سیستم مکانیکی (اهرم).

در اغلب ماشین ها به علت ارزان بودن سیلندر پنوماتیک نسبت به سیلندر هیدرولیکی، از سیستم پنوماتیک استفاده می کنند. (شکل ۸-۶) ولی در سیستم های هیدرولیکی علاوه بر این که قادر است فشارهای زیادی اعمال کند، عمل اعمال فشار نیز سریع تر صورت می گیرد. به هر حال، سیستم فشار به ظرفیت ماشین و نوع فلزی که باید جوش داده شود، بستگی دارد.

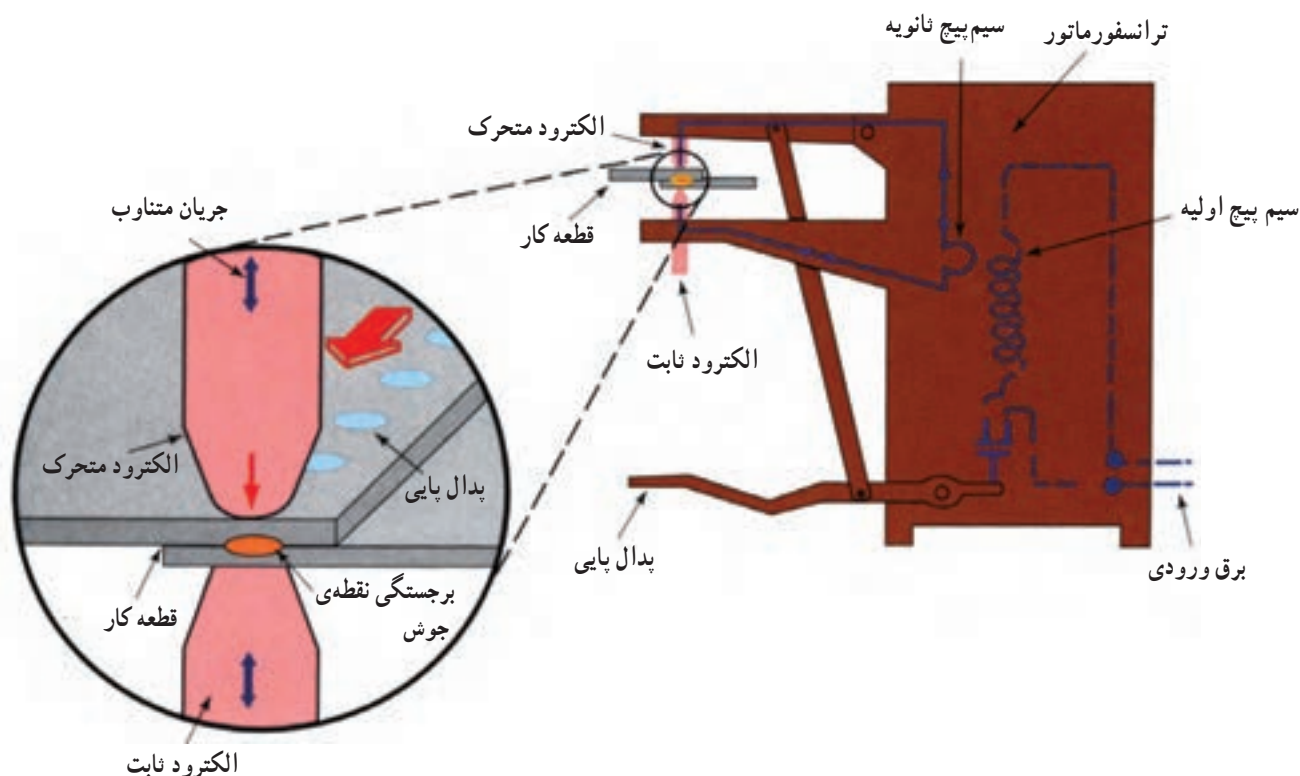


شکل ۸-۶- دستگاه جوش مقاومتی، استفاده از هوا



انجام می‌شود. (شکل ۹-۶).

در ماشین‌های با ظرفیت کم، فشار از طریق یک پدال پایی و یک بازوی اهرم و یک فنر که متصل به بازوی الکتروستات،



شکل ۹-۶- دستگاه جوش مقاومتی استفاده از سیستم مکانیکی

trans step down است.

برای مثال اگر یک ترانسفورماتور ۵۰ آمپر و ۲۳۰ ولت را به ۱۰۰ آمپر و ۱۱۵ ولت تبدیل کند، یا به ۱۰۰۰ آمپر و ۱۱/۵ ولت و یا این که به ۱۰,۰۰۰ آمپر و ۱/۱۵ ولت تبدیل کند، در هر سه حالت مقدار توان برحسب وات ۱۱۵۰۰W خواهد بود.

$$۱۰۰A \cdot ۱۱۵V \cdot ۱۱۵۰۰W$$

$$۱۰۰۰A \cdot ۱۱/۵V \cdot ۱۱۵۰۰W$$

$$۱۰,۰۰۰A \cdot ۱/۱۵V \cdot ۱۱۵۰۰W$$

معمولاً ترانسفورماتور جوش مقاومتی، از طریق مدار ثانویه

باید «۵۰۰۰A» تا «۱۰,۰۰۰A» برای کارهای متداول تأمین شود لذا با توجه به مثال فوق می‌توان نتیجه گرفت که مقدار ولتاژ باید بسیار کم باشد. مقدار ولتاژ برای مدار باز حدوداً ۱۰ ولت

در سیستم پنوماتیک فشار از طریق یک پدال پایی و یک سیلندر هوا (که به بازوی متحرک الکتروستات وصل است) اعمال می‌شود (شکل ۸-۶).

هم‌چنان که گفته شد، سیستم فشار تا حدودی به نوع فلز جوش دادن بستگی دارد. برای مثال در جوش آلومینیم یک دوره‌ی فشار اضافی، نسبت به فولاد لازم است که آن را فشار آهنگری می‌نامند. این فشار در زمانی به الکتروستات اعمال می‌شود که شدت جریان قطع شده، اما هنوز سطح جوش، مذاب و یا خمیری شکل است فشار در این هنگام اعمال می‌شود تا ذرات فلز در هم رفته، سرد و منجمد شوند.

#### ۵-۶-۱- ترانسفورماتور نقطه‌ی جوش مقاومتی:

در سیستم جوش مقاومتی نیاز به شدت جریان خیلی زیاد ولتاژ کم است. نوع ماشین بیش‌تر به صورت ترانسفورماتور کاهنده یا



است و در هنگام جوش کاری (مدار بسته) این مقدار به کم تر از ۱ ولت می رسد.

دوره ی کاری ۵۰٪ نشان می دهد که ماشین می تواند به طور اطمینان بخش، ۳۰ ثانیه از یک دقیقه را جوش کاری کند.

۶-۱-۶- تنظیم نقطه ی جوش: بنابر آن چه گفته شد، پنج متغیر در سیستم نقطه ی جوش مقاومتی وجود دارد که باید به آن ها توجه نمود:

زمان- شدت جریان- فشار الکترود- سطح تماس الکترود و نوع ماشین.

انتخاب نوع ماشین، به شرایط کار بستگی دارد. از طرفی جوش کار به اطلاعاتی نیاز دارد که می تواند دستگاه را به طور صحیح تنظیم کند؛ برای مثال لازم است بدانند چه نوع فلزی را و با چه ضخامتی باید جوش بدهد.

به عنوان نمونه در جوش کاری فولاد کم کربن، جوش کار باید بداند که سطح تماس الکترود چه اندازه باید باشد و یا زمان جوش کاری و هم چنین اندازه ی شدت جریان و یا فشار الکترود، چقدر باید باشد روابط تجربی و تقریبی زیر می تواند راه گشای جوش کار باشد:

فرض کنید لازم است دو قطعه فلز، هر کدام به ضخامت ۱/۵ میلی متر را، جوش کاری کرد.

دوره ی زمانی و مقدار شدت جریان، را حساب کنید.

$$\text{زمان برحسب دوره} = (TT) \cdot \sqrt{\frac{4}{73}} \cdot \text{محاسبه ی زمان} \\ \#4/73 \cdot (2 \cdot 1/5 \text{ mm}) \cdot 14/19$$

زمان جوش کاری برحسب دوره یا هرتس

$$\text{شدت جریان برحسب آمپر} = (TT) \cdot \sqrt{4935} \cdot \text{محاسبه ی شدت} \\ \text{شدت جریان} = 14805 \cdot (2 \cdot 1/5) \cdot \#4935 \cdot \text{جریان برحسب آمپر}$$

$$\text{قطر سطح تماس الکترود} = (TT) \cdot \sqrt{4/54} \cdot \text{محاسبه ی اندازه ی} \\ \text{قطر سطح} = 7/54 \text{ mm} \cdot (2 \cdot 1/5) \cdot \#4/54 \cdot \text{نوک الکترود} \\ \text{تماس الکترود}$$

$$\text{فشار الکترود برحسب نیوتن} = (TT) \cdot \sqrt{1500} \cdot \text{محاسبه ی فشار} \\ \#1500 \cdot (2 \cdot 1/5) \cdot 4500 \text{ N}$$

## ۶-۲- درز جوش مقاومتی یا جوش غلتکی (RSEW)<sup>۲</sup>

درز جوش مقاومتی یک روش مخصوص نقطه جوش است. کاربرد این روش بیش تر برای جوش کاری درز قوطی های مواد غذایی است که باید آب بندی باشند و یا این که هوا نتواند داخل قوطی گردد.

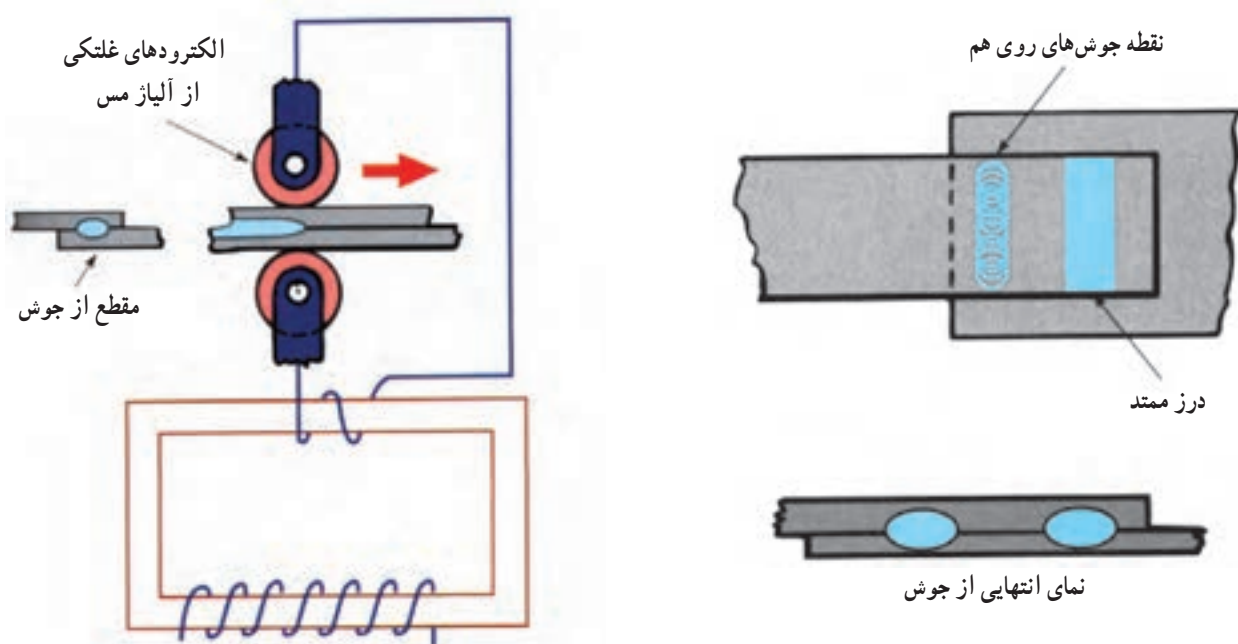
الکترودهای این روش به صورت غلتک است یعنی قطعه ی کار در زیر فشار غلتک ها حرکت می کند. روی این ماشین ها یک دستگاه تایمر دقیق وجود دارد که به وسیله ی آن می توان جوش را به صورت یک خط مستقیم و یا به صورت تناوبی انجام داد. ماشین های درز جوش خودکار هستند.

عمل جوش کاری نزدیک به لبه ی دو فلزی که روی هم قرار می گیرند، انجام می شود. جوش کاری در این روش، به دو صورت است:

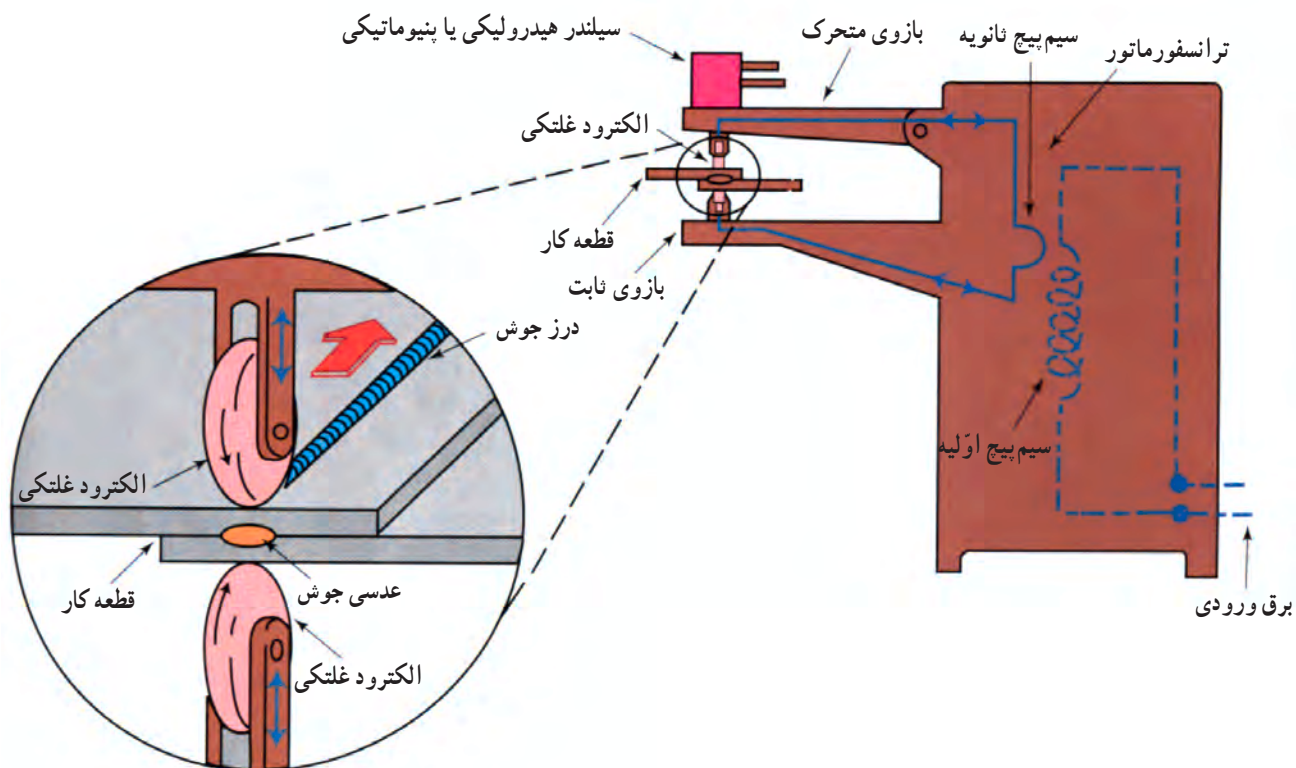
۱- قطعه ی کار ثابت و غلتک ها در طول درز حرکت می کنند؛ (شکل ۶-۱۰).

۲- غلتک ها ثابت و قطعه ی کار در زیر فشار الکترودها حرکت می کند (شکل ۶-۱۱).

نوع دیگر این روش که «butt seam welding» نامیده می شود، برای جوش کاری درزهای طولانی مانند جوش درز لوله به کار می رود. قبل از این که لوله از بین دو غلتک عبور کند، لبه های فلز به وسیله ی شدت جریان به دمای ذوب می رسد و غلتک ها لبه های درز سر به سر را به هم فشار داده، لوله جوش می خورد.



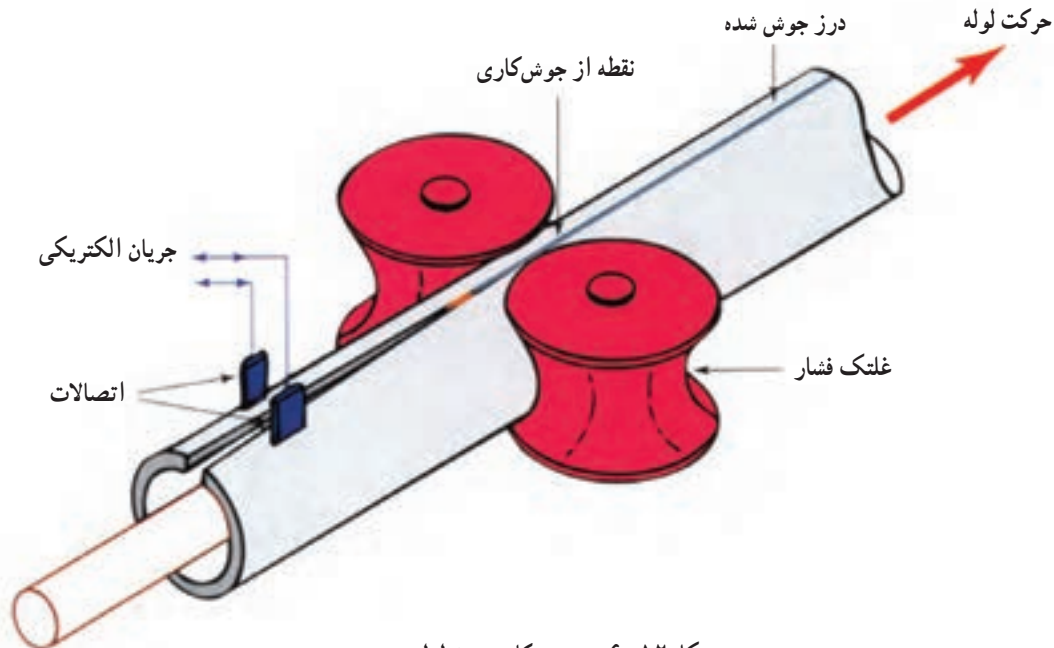
شکل ۶-۱۰ - جوش کاری مقاومتی درز جوش با غلتک‌های متحرک



شکل ۶-۱۱ - جوش کاری مقاومتی درز جوش با قطعه کار متحرک

داشت (شکل ۶-۱۲).

پس از جوش خوردن لبه‌های لوله، تا زمانی که لبه‌های ذوب شده منجمد گردند، در زیر فشار الکترودها قرار خواهند

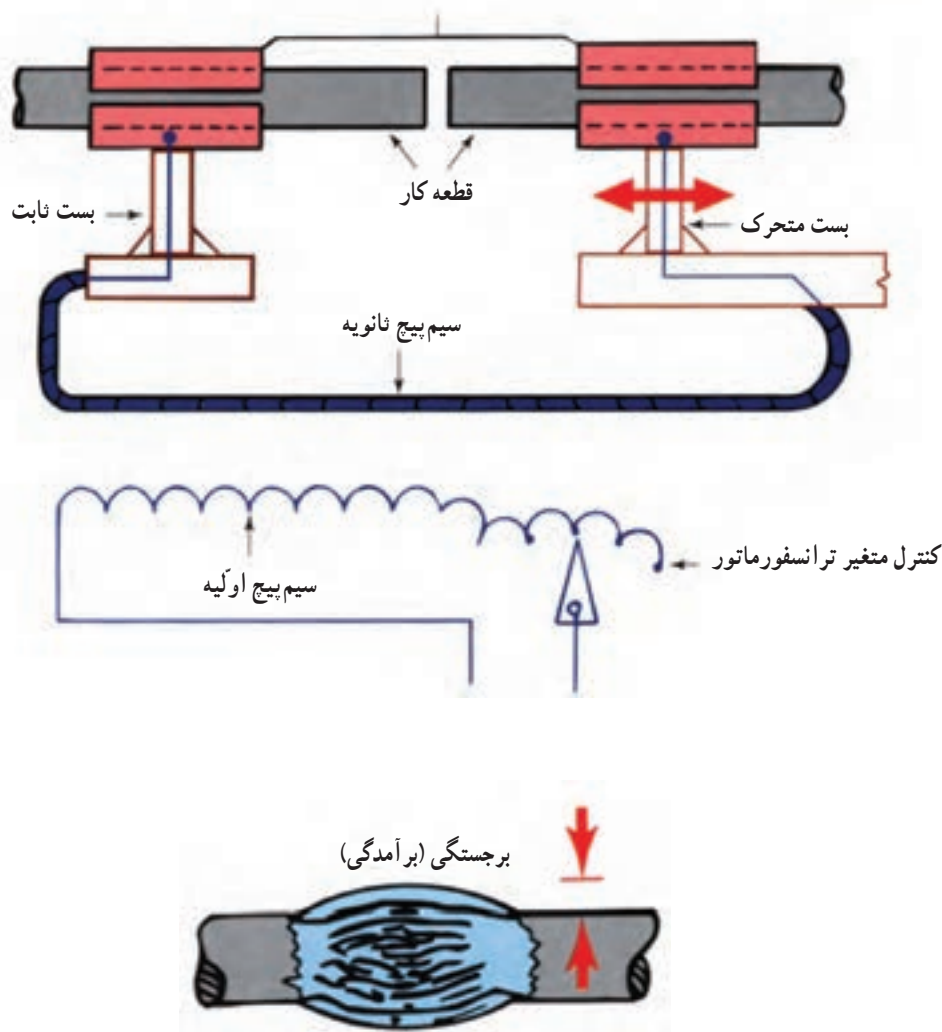


شکل ۶-۱۲ - جوش کاری درز لوله

به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود و ناحیه‌ی به هم جفت شده، به صورت خمیری شکل درآمده، در اثر فشار فک‌ها دو قسمت به یک‌دیگر جوش می‌خورند. این برآمدگی در زمانی شکل می‌گیرد که شدت جریان عبور می‌کند و بعد از این که شدت جریان متوقف گردید، دو فلز به هم جوش خورده، پس از یک زمان بسیار کوتاه، به یک قطعه‌ی یک پارچه تبدیل می‌شوند و پس از آن، فشار از روی فک‌ها برداشته می‌شود. کاربرد این روش در قطعات ضخیم است مانند جوش لوله به‌طور سربه‌سر - مفتول‌ها - میله - تسمه بادامک‌های زنجیر - میل لنگ و غیره.

### ۶-۳ - جوش واژگونه سربه‌سر (UW) Upset Welding

در این روش دو قطعه‌ای را که می‌خواهند به‌طور سربه‌سر جوش دهند، در دو فک ماشین قرارداده، محکم می‌کنند. یکی از فک‌های ماشین ثابت و دیگری متحرک است (شکل ۶-۱۳). سطح مقطع فلزهای مورد جوش کاری واقع شده، باید کاملاً تمیز باشد و دقیقاً در یک راستا قرار گیرند. به وسیله‌ی فک‌ها هر دو قطعه به‌طور سربه‌سر به هم فشرده می‌شوند و شدت جریان زیادی از یک فک به فک دیگر، انتقال می‌یابد و چون بین سطوح دو قطعه، مقاومت وجود دارد، لذا در این قسمت انرژی الکتریکی



شکل ۶-۱۳ - جوش واژگونه سربه سر

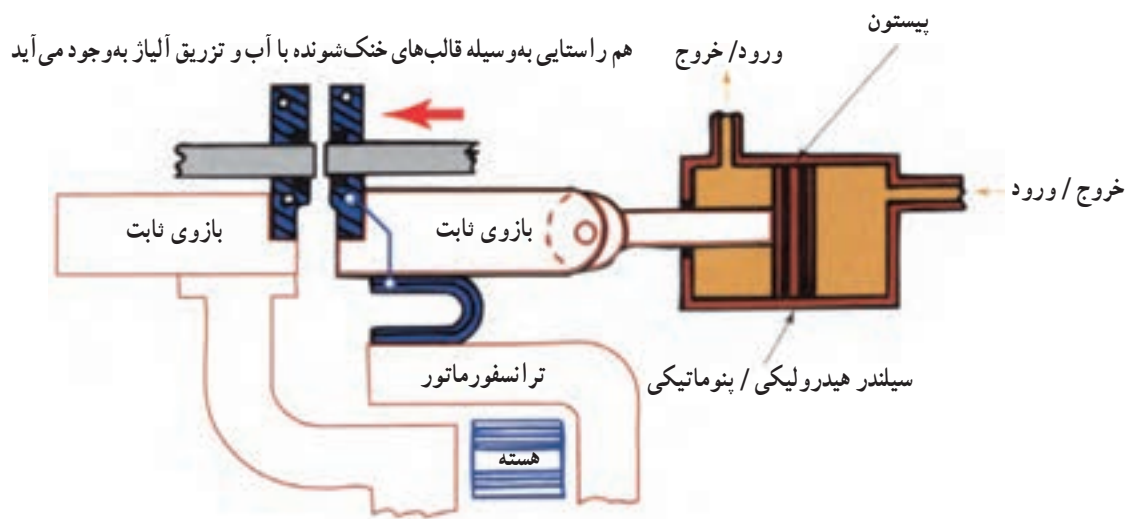
ایجاد می شود و مابین دو سطح فلز، حرارت تولید می گردد. در اثر خشن بودن و ناهمواری دو سطح یک قوس بین آن ها ایجاد می شود که این روش را، «فلاش جوش» می نامند. این قوس کوچک حرارت نیز حرارت را به دو سطح می دهد. در زمانی که قوس برقرار است، دو قطعه را به طور آهسته به طرف یکدیگر حرکت می دهند (با فشار کم) و هنگامی که سطح دو فلز به نقطه ذوب رسید، شدت جریان قطع می شود و هم زمان، فشار خیلی زیادی به دو قطعه اعمال می شود. معمولاً فشار به وسیله سیلندرهای پنوماتیکی یا هیدرولیکی مطابق شکل ۶-۱۴ و گاهی اوقات از طریق یک موتور و بادامک اعمال می شود (شکل ۶-۱۵).

#### ۶-۴ - فلاش جوش (Flash Welding (FW)

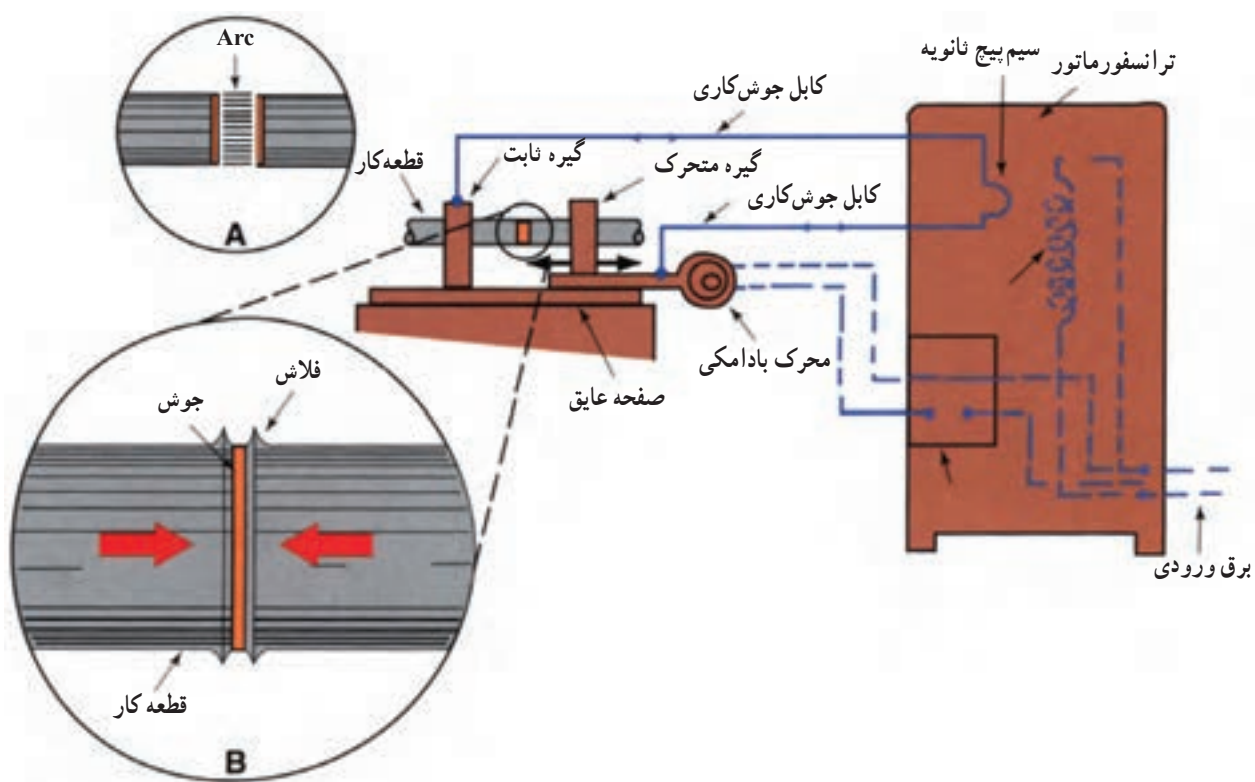
فلاش جوش یکی از انواع روش های جوش مقاومتی است که کاربرد آن در جوش کاری فلزات به صورت سربه سر مانند روش جوش واژگونه است.

در این روش انتهای دو فلزی که باید به هم جوش بخورند، نیاز به تمیز کردن و یا ماشین کردن ندارد.

قطعات را در دو فک دستگاه قرار می دهند. یکی از فک ها متحرک و دیگری ثابت است. به هنگام شروع جوش کاری، دو قطعه را به طور بسیار مختصر به هم تماس می دهند. حرارت مورد نیاز جوش کاری وقتی ایجاد می شود که شدت جریان زیادی از یک قطعه به قطعه دیگر برود. در اثر ناهمواری سطوح دو قطعه (که به طور مختصر با هم تماس دارند)، مقاومت بسیار زیادی



شکل ۱۴-۶ - یک دستگاه فلاش جوش پنوماتیکی



شکل ۱۵-۶ - یک دستگاه فلاش جوش موتور و بادامکی



### تمرین‌های عملی جوش کاری با قوس دستی

در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

- ۱- نحوه‌ی ایجاد قوس الکتریکی و جوش دادن گرده زنجیره‌ای کوتاه روی ورق فولاد کم کربن را تشریح نماید.
- ۲- با استفاده از دستور کار، قوس الکتریکی و جوش کاری گرده زنجیره‌ای کوتاه را اجرا نماید.
- ۳- نحوه‌ی جوش دادن گرده زنجیره‌ای با طول بلند بر روی ورق آهن را توضیح دهد.
- ۴- با استفاده از دستورکار جوش کاری گرده زنجیره‌ای با طول بلند را اجرا نماید.
- ۵- نحوه‌ی جوش دادن گرده بافته (زیگزاگ) روی ورق صاف را تشریح نماید.
- ۶- با استفاده از دستور کار جوش کاری زیگزاگ را اجرا نماید.
- ۷- نحوه‌ی جوش دادن درز لبه روی هم در حالت سطحی را توضیح دهد.
- ۸- با استفاده از دستورکار جوش کاری درز لبه روی هم در حالت سطحی را اجرا نماید.
- ۹- روش جوش کاری درز لبه‌ای در حالت سطحی را توضیح دهد.
- ۱۰- با استفاده از دستورکار جوش کاری درز لبه‌ای در حالت سطحی را اجرا نماید.
- ۱۱- نحوه‌ی جوش دادن درز ساده بدون پخ سربه‌سر را تشریح نماید.
- ۱۲- با استفاده از دستورکار جوش کاری به روش درز ساده بدون پخ سربه‌سر را اجرا نماید.
- ۱۳- روش جوش کاری اتصال گوشه‌ای و T شکل را توضیح دهد.
- ۱۴- با استفاده از دستورکار جوش کاری اتصال گوشه‌ای و T شکل را انجام دهد.
- ۱۵- نحوه‌ی جوش کاری زاویه خارجی را توضیح دهد.
- ۱۶- با استفاده از دستورکار جوش کاری زاویه خارجی را اجرا نماید.
- ۱۷- نحوه‌ی جوش کاری اتصال سربه‌سر در حالت سطحی را توضیح دهد.
- ۱۸- با استفاده از دستورکار جوش کاری اتصال سربه‌سر در حالت سطحی را انجام دهد.
- ۱۹- نحوه‌ی جوش دادن لوله روی پلیت صاف را در وضع قائم توضیح دهد.
- ۲۰- با استفاده از دستورکار جوش دادن لوله روی پلیت صاف را در وضع قائم انجام دهد.
- ۲۱- نحوه‌ی جوش دادن گرده زنجیره‌ای در روی ورق صاف در حالت افقی را توضیح دهد.
- ۲۲- با استفاده از دستورکار جوش کاری گرده زنجیره‌ای در روی ورق صاف در حالت افقی را اجرا نماید.
- ۲۳- جوش کاری در وضع قائم را توضیح دهد.
- ۲۴- حرکت الکترود به شکل فلیپ Flip را در جوش کاری وضع قائم توضیح دهد.
- ۲۵- نحوه‌ی جوش دادن مهره زنجیره‌ای در حالت قائم از بالا به پایین روی ورق صاف را توضیح دهد.



۲۶- با استفاده از دستورکار جوش دادن مهره زنجیره‌ای در حالت قائم از بالا به پایین را روی ورق صاف اجرا نماید.

۲۷- نحوه‌ی جوش دادن اتصال سپری، اتصال لبه روی هم و اتصال سر به سر را در حالت قائم از پایین به بالا را توضیح دهد.

۲۸- با استفاده از دستورکار جوش کاری اتصال سپری، لبه روی هم و سر به سر در وضع قائم از پایین به بالا را انجام دهد.

۲۹- نحوه‌ی جوش کاری بالای سر را توضیح دهد.

۳۰- با استفاده از دستورکار جوش کاری بالاسر را انجام دهد.

۳۱- نحوه‌ی جوش کاری لوله‌های فولادی با استفاده از روش SMAW را توضیح دهد.

۳۲- جوش کاری لوله‌های فولادی با استفاده از روش SMAW را انجام دهد.

۳۳- نحوه‌ی جوش کاری و لوله‌کشی گاز خانگی را توضیح دهد.

۳۴- با استفاده از دستورکار لوله‌کشی گاز خانگی را اجرا نماید.

## ۷- تمرین‌های عملی جوش کاری با قوس دستی

خواهد چسبید.

نحوه‌ی ایجاد قوس را می‌توان به وسیله‌ی پایین و بالا بردن الکترود (شبیه نوک زدن پرندگان) (جهشی قائم) (شکل ۷-۱) یا به وسیله‌ی کشیدن الکترود روی کار (تناوب اجمالی) انجام داد. همیشه روشی به کار برید که سهولت آن برای شما بیش‌تر باشد. پس از آموختن تکنیک ایجاد قوس، به جوش دادن گرده‌ی زنجیره‌ای کوتاه بپردازید. الکترود باید برای مدت کوتاهی در نقطه‌ی مبدأ نگه داشته شود تا مهره‌ی جوش شکل بگیرد. الکترود را با سرعت یک‌نواخت در امتداد خطی که می‌خواهید جوش بدهید، حرکت دهید و به نسبت آن که الکترود کوتاه و ذوب می‌شود، تدریجاً آن را پایین بیاورید.

انتخاب صحیح فاصله‌ی الکترود از کار یا طول قوس ثابت بسیار اهمیت دارد. صدای جیز جیز آشکار و حرکت آرام مذاب و فقدان جرقه، از علائم انتخاب صحیح طول قوس است.

۷-۱-۳- بازرسی: پهنا و ارتفاع گرده‌ی جوش در تمام طول آن باید یک‌نواخت باشد.

شکل ظاهری گرده‌ی جوش باید اندکی محدب و دارای

۷-۱- کار شماره ۱- ایجاد قوس الکتریکی و جوش دادن زنجیره‌ای کوتاه روی ورق فولاد کم کربن

حالت جوش کاری - جوش کاری در حالت سطحی

(Flat Position)

نوع الکترود E۶۰۱۳

قطر الکترود ۳/۲۵ میلی‌متر

۷-۱-۱- اطلاع عمومی: ایجاد قوس اساس تمام

عملیات جوش کاری است و هر بار که جوش کار الکترود را تعویض می‌کند، باید این عمل را مجدداً انجام دهد.

۷-۱-۲- تکنیک جوش کاری: قوس به وسیله‌ی تماس

سریع و ملایم الکترود به سطح ورق و عقب کشیدن آن ایجاد می‌شود. به مجرد تماس الکترود با سطح ورق، شدت جریان عبور می‌کند. اگر پس از عقب کشیدن الکترود فاصله‌ی آن با سطح فلز بیش از اندازه نشود، قوس به وجود آمده، برقرار خواهد ماند.

حرارت، قوس الکترود و سطح ورق را هم‌زمان ذوب می‌کند و با به هم آمیختن ذرات مذاب آن‌ها عمل جوش کاری صورت می‌گیرد. اگر الکترود را با سرعت کافی عقب نکشید به سطح ورق

موج‌های ظریف و یک‌نواختی باشد.

در کنارهای جوش فرورفتگی نداشته باشد (under cut).

لبه‌های مهره‌ها خوب به هم آمیخته باشد. لبه‌های گرده،

گود یا برگشته نباشد.

ابتدا و انتهای گرده به اندازه‌ی کامل باشد. حفره‌ها پر

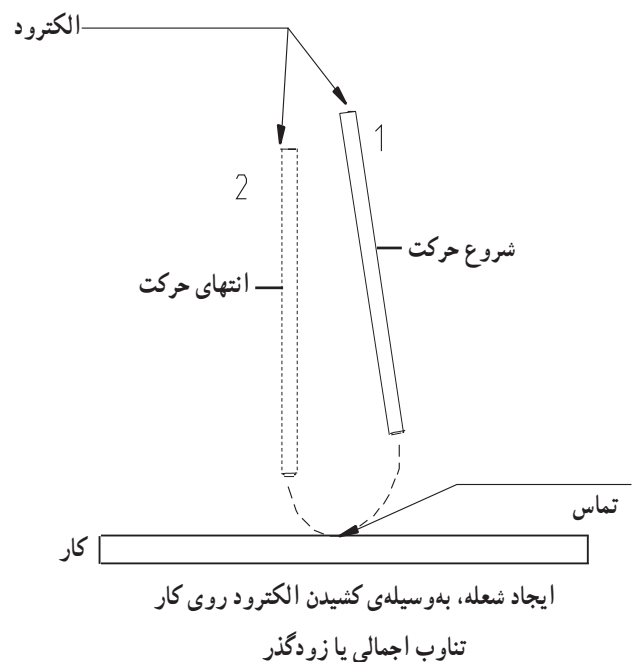
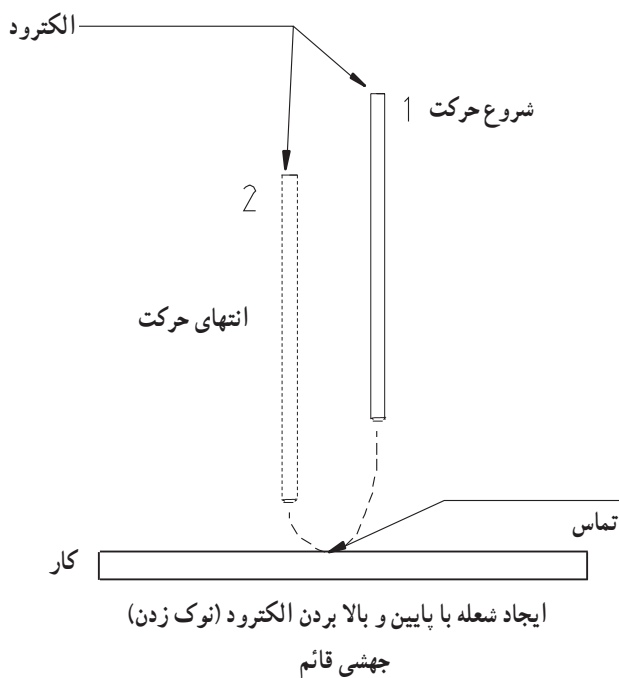
شده باشد.

گرده به سطح ورق نفوذ کرده، خوب با آن درآمیخته باشد.

در اطراف گرده و روی ورق جرقه و سرباره نچسبیده باشد.

ورق‌های تمام شده را باید به صندوق قطعات اسقاط

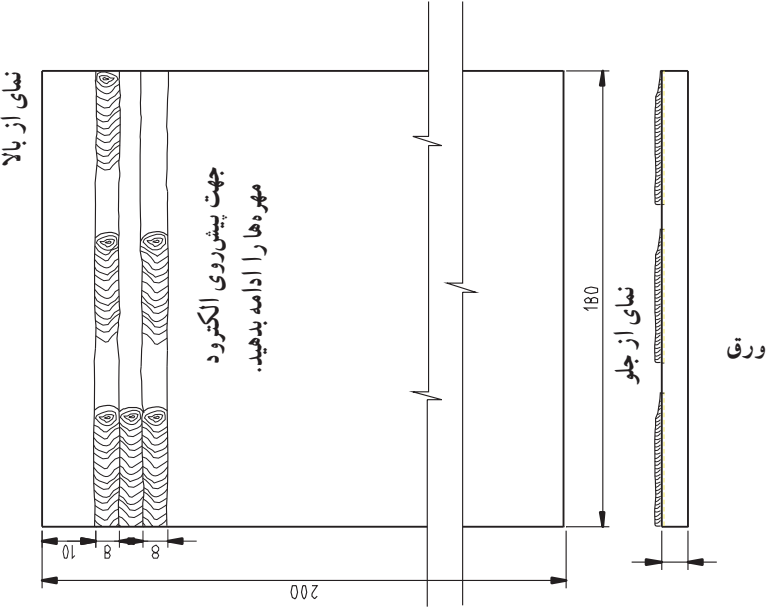
انداخت. هر دو طرف ورق باید از مهره‌های جوش پر شده باشد.



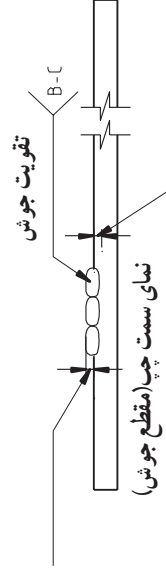
شکل ۷-۱- روش‌های ایجاد قوس الکتریکی

شکل ۷-۲- قطعه کار شماره ۱ (قوس الکتریکی)

نمای از بالا



تقویت جوش



A- هر دو طرف صفحه جوش کاری شود

B- جوش کاری در حالت تخت (سطحی)

شماره قطعه	مقیاس	نوع استاندارد	نام قطعه		الکترودهای جوش کاری	قطب مستقیم	فولاد	نرم
			شماره قطعه	نام				
				صفحه		5 × 200 × 180	فولاد	نرم
				تقویت جوش		ابعاد	فولاد	نرم
				تقویت جوش		ابعاد	فولاد	نرم

#### ۴-۱-۷- نقشه و روش اجرای کار:

۱- ورق فولادی ای از جنس کاربن استیل مطابق نقشه ۷-۲ تهیه کنید.

۲- از انبار، وسائل جوش کاری به اضافه ی گونیا، سوزن، خط کش و سمبیه ی نشان بگیرید.

۳- طبق نقشه خطوط موازی روی ورق بکشید.

۴- خطوط را با سمبیه ی نشان علامت گذاری کنید.

۵- ده عدد الکترو «E ۶۰۱۳» از انبار بگیرید.

۶- به قسمت لخت الکترو توجه کنید، در صورت لزوم این قسمت را با کاغذ سمباده، تمیز کنید.

۷- به گیره ی انبر الکترو (فک الکترو) نگاه کنید. فلز گیره باید تمیز و سالم باشد.

۸- ترانسفورماتور یا ژنراتور (برای قطب مستقیم) را روی شدت جریان «A ۱۵۰-۱۴۰» آمپر تنظیم کنید.

۹- ولتاژ مدار بسته باید بین ۲۶-۲۲ ولت باشد.

۱۰- برای انتخاب وضع صحیح الکترو، به شکل توجه کنید.

۱۱- ورق آهن را در وضع افقی روی میز جوش کاری که پاک و هموار است، بگذارد.

۱۲- ایجاد قوس را تمرین کنید و مهره هایی طبق نقشه روی ورق جوش بدهید.

۱۳- مهره های جوش را با بُرُس (چُتْکه) کاملاً تمیز کنید.

۱۴- جوش دادن مهره های زنجیره ای کوتاه را آن قدر تمرین کنید تا بتوانید آزادانه در هر نقطه ی مطلوب بدون چسبیدن الکترو قوس را ایجاد کنید.

#### ۲-۷- کار شماره ۲- جوش دادن گرده ی زنجیره ای با طول بلند در روی ورق آهن

حالت جوش کاری - جوش کاری در حالت سطحی

(Flat Position)

نوع الکترو «E ۶۰۱۳»

قطر الکترو «۳/۲۵ mm»

نوع جریان «DCSP» یا «ac»

۱-۲-۷- اطلاع عمومی: جوش زنجیره ای با طول

بلند شبیه به جوش کاری گرده ی کوتاه (تمرین اول) است. جز آن که در این جا طول زیادتر شده است. نگهداری قوس در تمام طول، کمی دشوارتر است؛ در نتیجه در مراحل اولیه، گرده ی جوش ناهموار و کج خواهد شد، اما تمرین و عمل این دشواری را از بین می برد.

#### ۲-۲-۷- تکنیک جوش کاری: وضع الکترو باید

مطابق شکل ۷-۳ باشد به زاویه و فاصله ی الکترو (طول قوس) توجه کنید. با استفاده از خط راهنمایی که روی قطعه ی کار کشیده اید، گرده ی طولی را در عرض ورق، جوش بدهید. به خاطر داشته باشید که طول قوس ثابت باشد و سرعت پیش روی الکترو به اندازه ای باشد که گرده ی جوش را با ارتفاع و پهنای یک نواخت ایجاد کند.

اگر سرعت پیش روی الکترو زیاد باشد، گرده ی جوش باریک و موج های آن خشن خواهد شد و اگر پیش روی الکترو آهسته باشد، گرده ی جوش پهن می شود.

اگر به هر علت قوس قطع گردید، به نکات زیر توجه کنید تا عمل جوش کاری مجدداً به خوبی آغاز شود. در ابتدا سرباره ی جوش را برداشته، قسمت آخر جوش را به خوبی تمیز کنید. قوس را مجدداً در لبه ی مقدم حفره ایجاد کرده، از فراز حفره به سمت عقب یعنی به طرف فلز چسبیده روی ورق عقب ببرید و سپس دوباره در جهت جوش کاری پیش روی کنید. در غیر این صورت میان نقطه ی توقف و نقطه ی شروع مجدداً یک تو رفتگی پیدا خواهد شد و اگر الکترو را بیش از اندازه ی لازم عقب بیاورید، در این محل برجستگی روی گرده ی جوش پدیدار خواهد شد.

#### ۳-۲-۷- بازرسی: گرده ی جوش را از لحاظ

مشخصات زیر آزمایش کنید:

ظاهر گرده ی جوش باید اندکی خشن و ناهموار و موج باشد و در آن فرو رفتگی و برآمدگی دیده نشود. برای اندازه به نقشه مراجعه کنید.

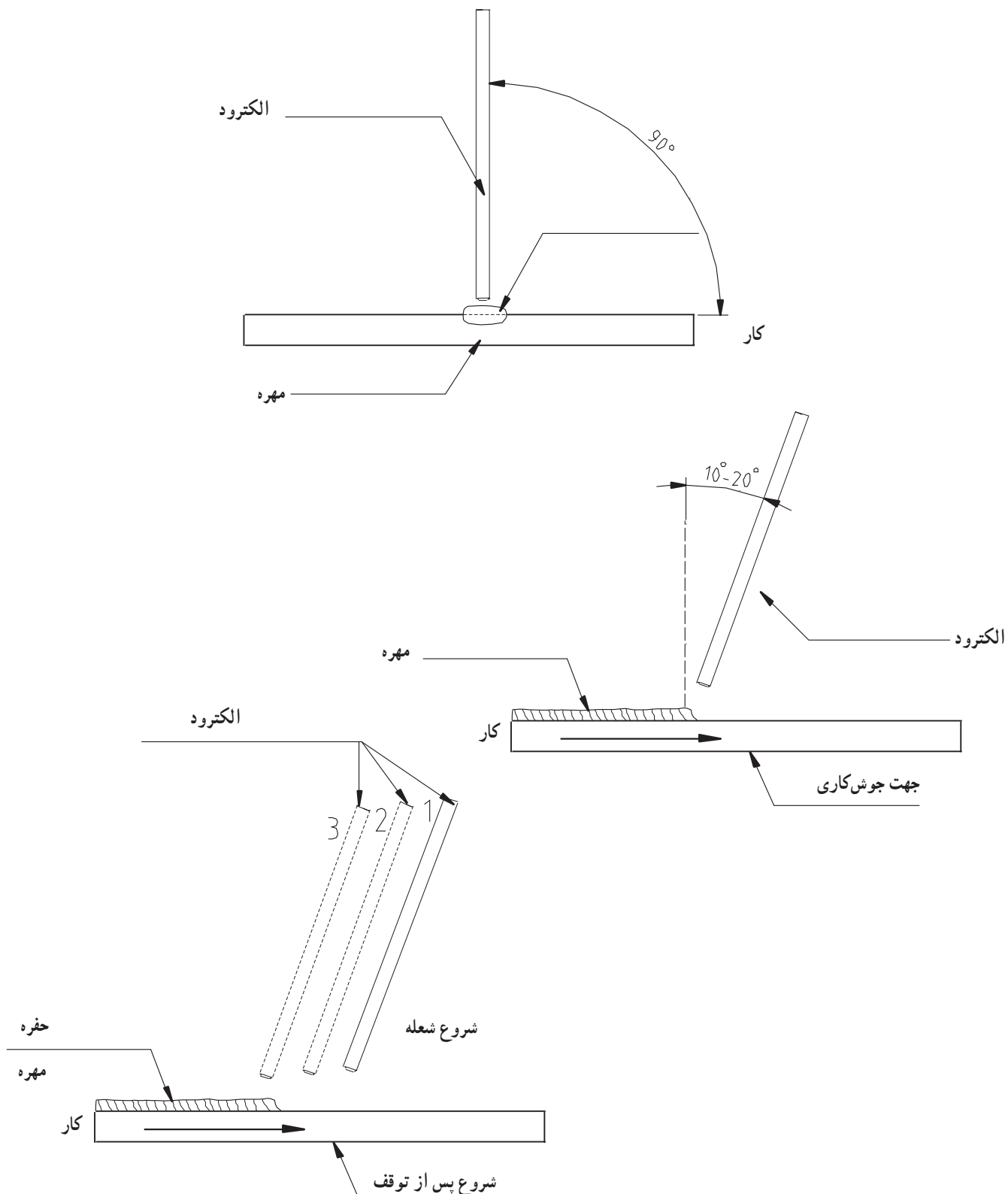
سطح گرده ی جوش باید اندکی محدب باشد.

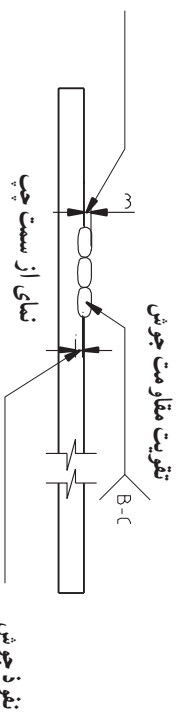
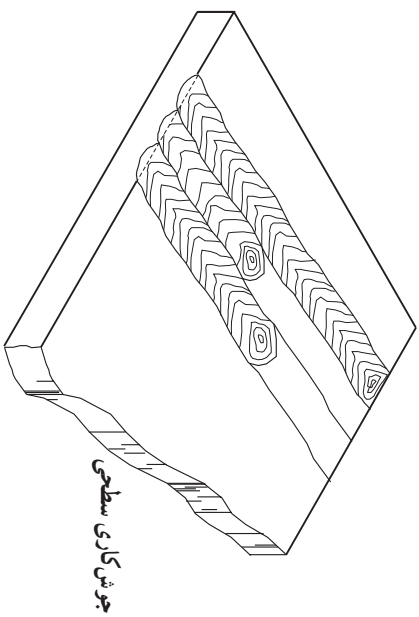
لبه های گرده نباید گود یا برگشته باشد.

ابتدا و انتهای گرده باید به اندازه ی کامل بوده، تمام حفره ها

پر باشد.

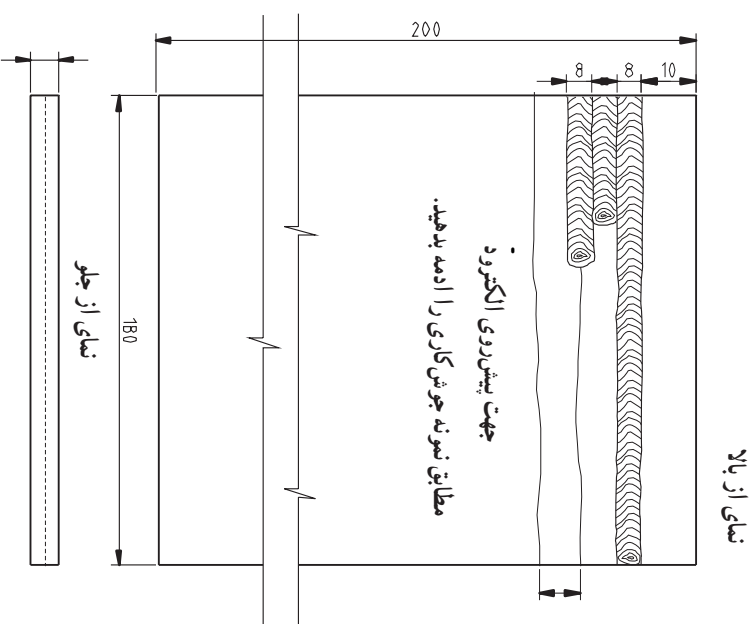
هر یک از مهره‌های گرده‌ی جوش به ورق و به مهره‌های مجاور در آمیخته و با آن متصل باشد. ورق‌های تمام شده را باید به انبار اسقاط برد. هردو طرف در اطراف گرده، روی ورق، جرقه و ذرات سرباره نجسبیده ورق را باید از گرده‌ی جوش پر کرد.





B - هر دو طرف صفحه جوش کاری شود

C - جوش کاری سطحی



		الکترودهای جوش کاری	قطر - قطب مستقیم	فولاد	نرم E4511
		صفحه	$5 \times 200 \times 180$	فولاد	نرم
	نمود قطعه	نام	ابعاد	مواد	کیفیت
صفحه مسطح			نام قطعه		
مقیاس		استاندارد	شماره قطعه		

شکل ۴-۷- نقشه کار شماره ۲



#### ۴-۲-۷- روش اجرای کار:

۱- ورقی از جنس فولاد کم کربن مطابق با اندازه‌ی شکل ۷-۴ تهیه کنید.

۲- از انبار، وسایل جوش کاری به اضافه‌ی گچ صابونی (گچ جوش کاری) بگیرید.

۳- طبق نقشه خطوط موازی را با گچ صابونی روی ورق بکشید.

۴- ده عدد الکتروود «E۶۰۱۳» از انبار بگیرید.

۵- برای وضع صحیح الکتروود به شکل ۷-۳ مراجعه کنید.

۶- قبل از شروع انبر الکتروود - ترمینال‌ها - کابل را بررسی کنید.

۷- ورق را در وضع افقی در روی میز کار و در وسط آن قرار دهید - سطح میز باید کاملاً پاک باشد.

۸- ژنراتور را برای شدت جریان ۱۵۰-۱۴۰ آمپر تنظیم کنید.

۹- اگر از ترانسفورماتور استفاده می‌کنید، شدت جریان را در همین رنج تنظیم کنید.

۱۰- اگر نوع دستگاه «DC» می‌باشد، از روش «DCSP» استفاده کنید.

۱۱- در صورت استفاده از جریان «DC» به پوشش ته الکتروود توجه کنید که آیا نسبت به فلز بیرون تراست و یا برعکس می‌باشد. در این مورد در کار شماره ۳ نیز بررسی انجام دهید.

#### ۳-۷- کار شماره ۳- جوش دادن گرده‌ی بافته (زیگزاگ) روی ورق صاف

حالت جوش کاری - جوش کاری در حالت سطحی (Flat Position)

نوع الکتروود «E۶۰۱۳»

قطر الکتروود  $\frac{1}{8}$  . ۳/۲۵ mm

نوع جریان DCSP یا ac

۱-۳-۷- اطلاع عمومی: اغلب اوقات ضرورت ایجاب

می‌کند که عرض جوش بیش از عرض مهره‌های زنجیره‌ای باشد. معمولاً این روش در درزهای جناغی در پاس دوم به بعد اجرا می‌شود (گردهای چند لایه).

۲-۳-۷- تکنیک جوش کاری: الکتروود را در وضع صحیح نگه دارید. به شکل ۷-۵ مراجعه شود. الکتروود علاوه بر این که در امتداد یک خط مستقیم باید پیش‌روی کند، لازم است که یک حرکت عرضی نسبت به محور جوش داشته باشد. این حرکت به صورت زیگزاگ قوسی شکل است و عرض جوش متناسب با دامنه‌ی این قوس‌ها می‌باشد. هر چه دامنه‌ی قوس‌ها بیش‌تر باشد، عرض جوش زیادتر می‌شود. حداکثر دامنه‌ی نوسان قوس‌ها متناسب با قطر الکتروود است. (رجوع شود به فصل چهارم ایجاد مهره جوش)

مسلّم است که سطح حوضچه‌ی مذاب بزرگ‌تر است. مذاب را از لحاظ ارتفاع - پهنا - شکل و طریقه‌ی حرکت به دقت مورد مطالعه قرار دهید. شکل هندسی حوضچه از لحاظ فیزیکی - متالورژیکی اهمیت بسیار زیادی دارد.

پیش‌روی الکتروود نباید سریع باشد در ابتدا و انتهای هر نوسان لحظه‌ای مکث کنید. (در شکل ۷-۵ با دایره کوچک مشخص شده است) دامنه‌ی نوسان الکتروود باید اندکی کم‌تر از پهنای موردنظر گرده‌ی جوش باشد. در هر دو طرف قطعه‌ی کار جوش کاری کنید.

۳-۳-۷- بازرسی: گرده‌ی جوش را از لحاظ مشخصات زیر بررسی کنید.

۱- اگر نمونه‌ی کار موجود است، با آن مقایسه کنید.

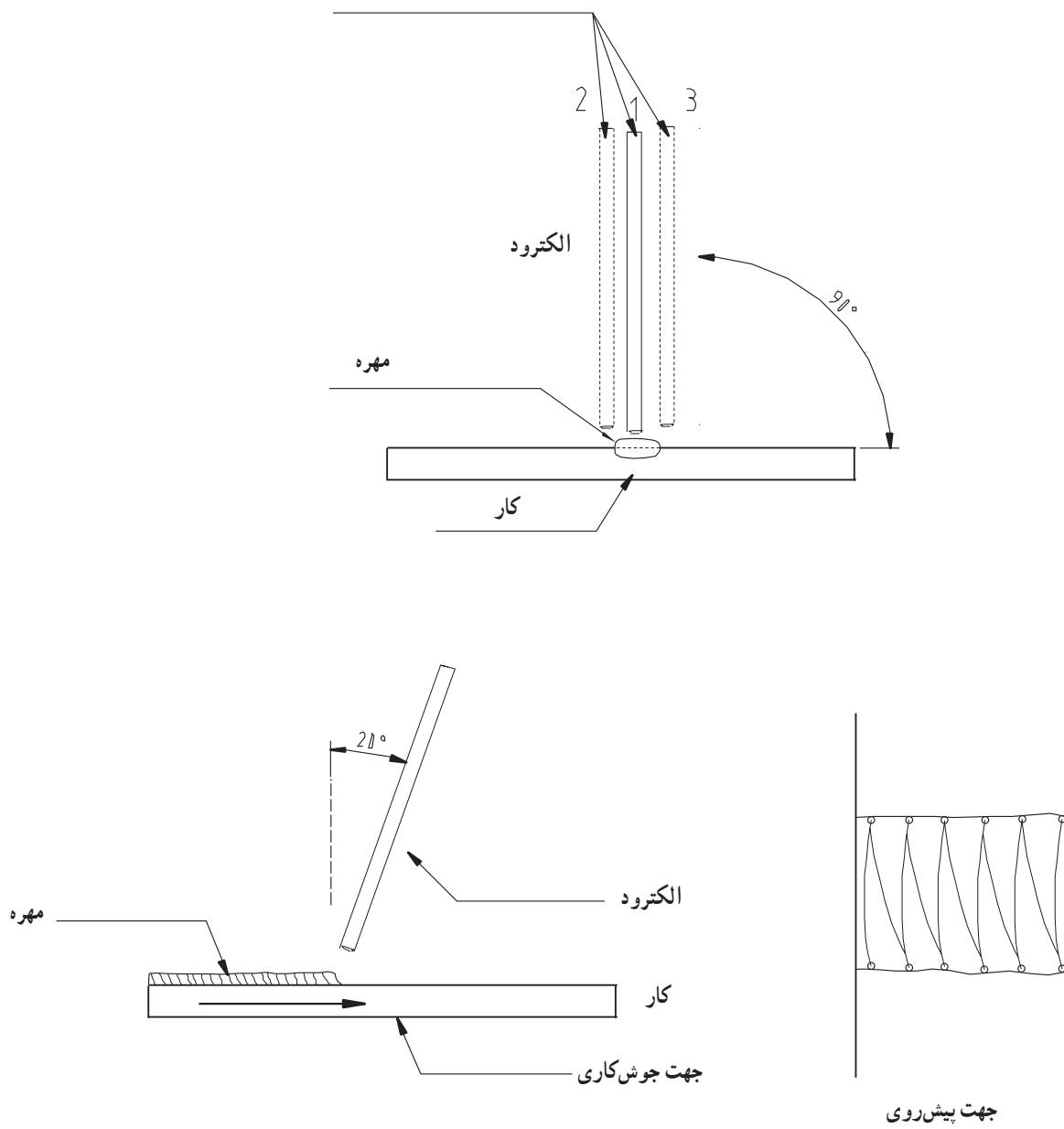
۲- ابعاد جوش را با فیلر جوش کاری اندازه‌گیری کنید و آن را با اندازه‌ی نقشه‌ی کار مقایسه کنید.

۳- در کناره‌ی جوش تورفتگی یا خوردگی وجود نداشته باشد. (under cut)

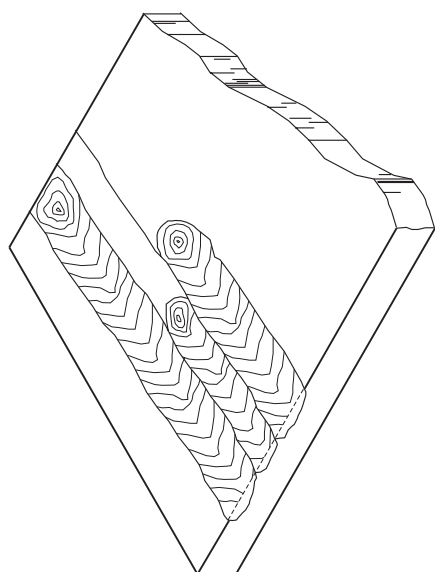
۴- نقاط توقف و شروع مجدد را بررسی کنید که صاف و هموار باشند.

۵- جوش باید موج‌های ظریف و یک‌نواختی داشته باشد.

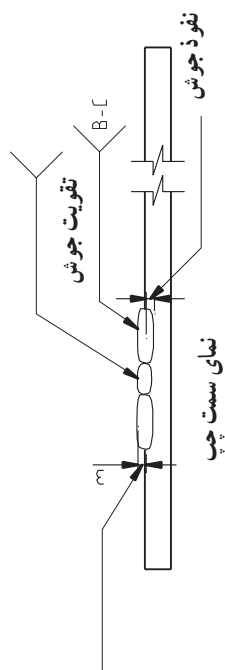
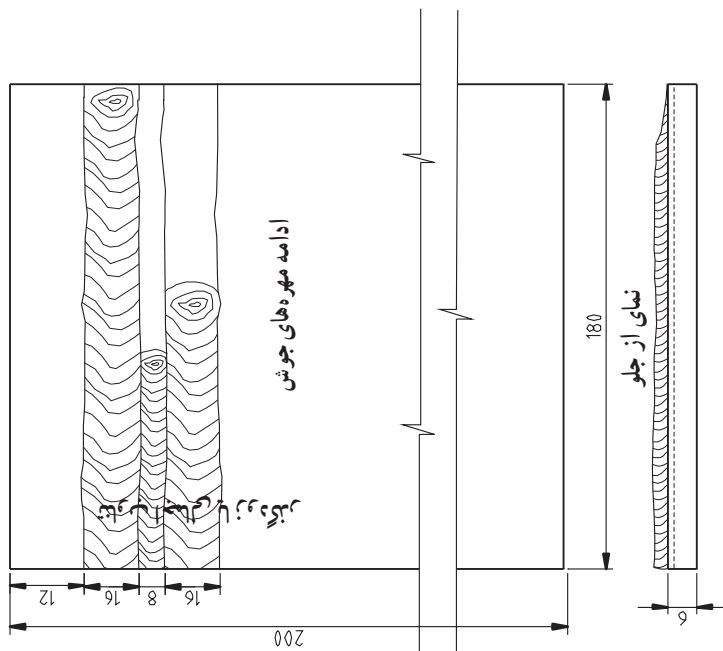
۶- در اطراف گرده‌ی جوش جرقه نچسبیده باشد.



شکل ۵-۷- وضعیت قرارگیری و جهت پیش روی الکترود



نمای از بالا



B- هر دو طرف صفحه جوش کاری شود

C- حالت سطحی

		الکترودهای جوش کاری	- ۵/۳۲	قطر الکترو قطب مستقیم	فولاد	E4511
		صفحه		۶×۱۸۰×۲۰۰	فولاد	نرم
	شماره قطعه	نام		ابعاد	مواد	کیفیت
جوش سطحی						
نام قطعه						
مقیاس	نرم		شماره قطعه			

## ۴-۳-۷- روش اجرای کار:

۱- ورقی از جنس فولاد کم کربن تهیه کنید. برای کنترل اندازه، به نقشه شکل ۷-۶ مراجعه کنید.

۲- از انبار، وسایل جوش کاری به اضافی گچ صابونی بگیرید.

۳- طبق نقشه، خطوط موازی با گچ صابونی روی ورق بکشید.

۴- ده عدد الکتروود «E۶۰۱۳» از انبار بگیرید.

۵- برای وضع صحیح الکتروود، به نقشه شکل ۷-۵ مراجعه کنید.

۶- قبل از اقدام به جوش کاری انبر الکتروود ترمینال‌ها و کابل جوش کاری را به خوبی بازرسی نمایید.

۷- قطعه‌ی کار را در وضع افقی در روی میز کار و در وسط آن قرار دهید. توجه نمایید که سطح میز کاملاً پاک و عاری از گرد و خاک و جرقه باشد.

۸- ژنراتور را برای شدت جریان «A ۱۵۰-۱۴۰» آمپر تنظیم کنید. (DCSP)

۹- در صورت استفاده از ترانسفورماتور، از همین رنج آمپر استفاده نمایید.

۱۰- در صورت استفاده از جریان مستقیم به پوشش ته الکتروود توجه کنید.

## ۴-۷- کار شماره ۴ - جوش دادن درز لبه‌ی روی هم در حالت سطحی

حالت جوش کاری - جوش کاری در حالت سطحی Flat

نوع جوش - جوش ماهیچه‌ای.

نوع الکتروود «E۶۰۱۳»

قطر الکتروود «۳/۲۵ mm» یا « $\frac{1}{8}$ ».

نوع جریان «DCSP» یا «ac» و یا «DCRP».

### ۱-۴-۷- اطلاع عمومی: - این نوع اتصال به میزان

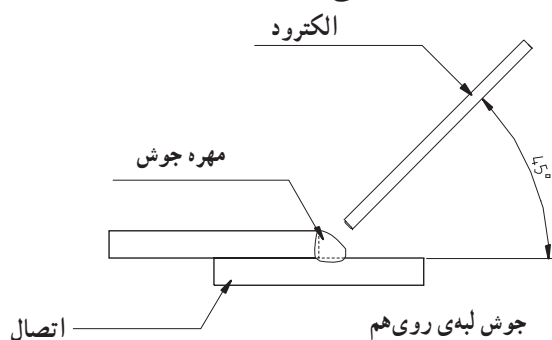
وسیعی در ساختمان‌های فولادی - در اتصال لوله و فلانچ به کار می‌رود و عالی‌ترین وسیله‌ی نشان دادن عمل ناحیه‌ی مذاب میان دو سطح عمود برهم است.

### ۲-۴-۷- تکنیک جوش کاری: الکتروود را دروضع

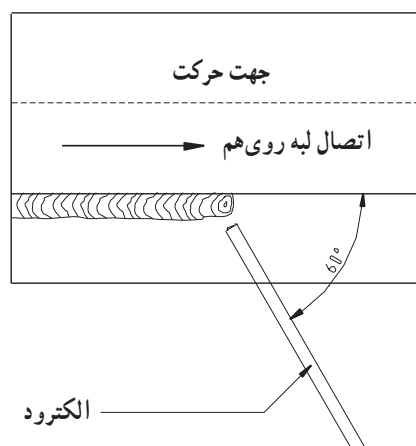
صحیح و نزدیک به ریشه‌ی جوش حرکت دهید به شکل ۷-۷ توجه کنید. در این نوع اتصال ضرورت ندارد که الکتروود در جهت عمود به درز نوسان کند. لیکن اگر الکتروود را آرام آرام به جلو و عقب در امتداد درز نوسان دهید، مفیدتر خواهد بود. به نفوذ جوش در سطح قائم و افقی درز توجه کامل نمایید. مقاومت و استحکام این نوع اتصال به اندازه‌ی استحکام جوش سربه‌سر نیست (در شرایط مساوی).

نوک الکتروود بیش‌تر باید متوجه‌ی سطوح باشد نه لبه‌ی پلست.

در این نوع جوش خوردگی، حفره - نامنظمی موج‌های جوش، ازدیاد جرقه، علائم نادرستی روش جوش کاری است. لبه‌ی جوش در روی سطح افقی باید کاملاً صاف و بدون برگشتگی باشد و نیز خوردگی در آن مشاهده نشود. نقاط شروع و توقف به‌شیوه‌ای که قبلاً شرح داده شد، خواهد بود.

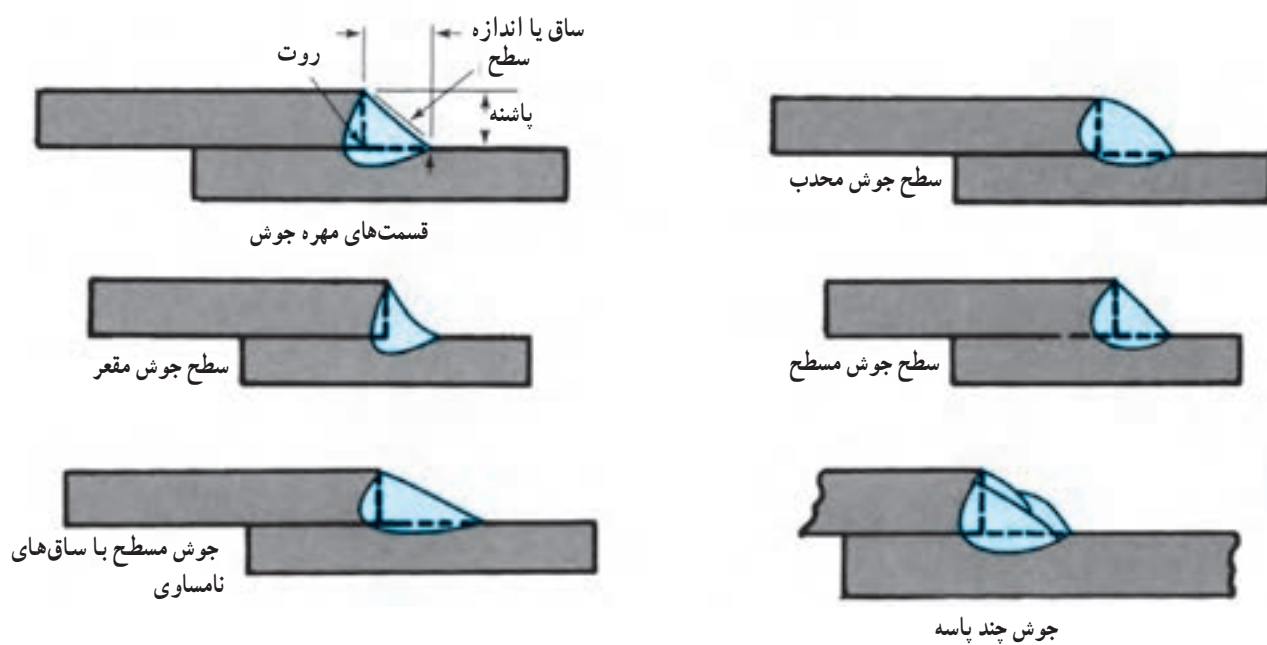


شکل ۷-۷- طرز قرارگیری و جهت پیش‌روی الکتروود

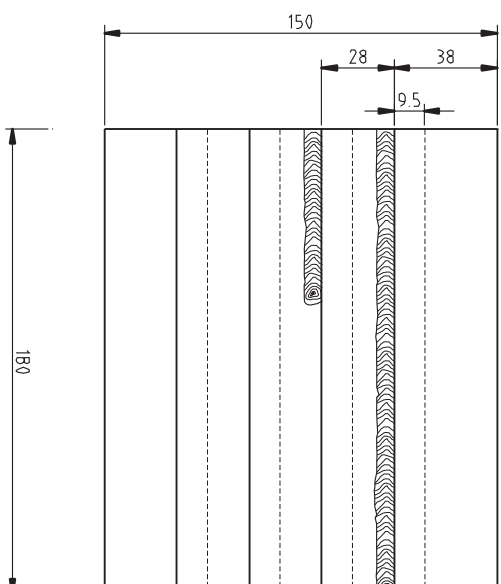
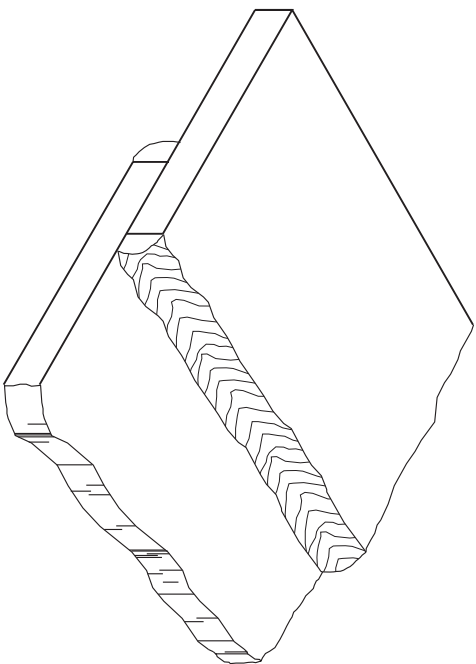


است (شکل ۸-۷).

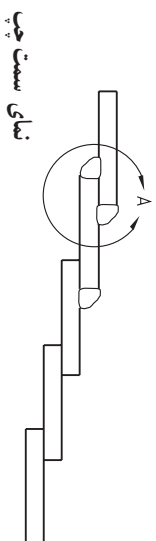
سطح جوش در این نوع اتصال ممکن است محدب – صاف و یا مقعر باشد و سطح جوش اگر کمی محدب باشد بهتر



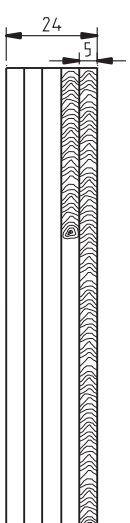
شکل ۸-۷- انواع مختلف سطح جوش



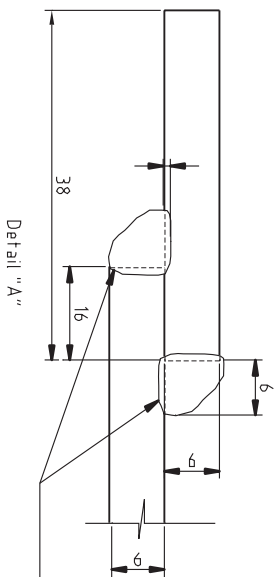
نمای از بالا



نمای سمت چپ



نمای از جلو



Detail "A"

نفوذ به ریشه و سطح  
صفحه (قطعه کار)

نرم	فر لاد	قطر قطب	الکترودهای جوش کاری	شماره قطعه
نرم	فولاد	۳/۲ - مستقیم	صفحه	
کیفیت	مواد	۶×۱۵۰×۱۸۰	نام	
اتصال لبه روی هم				نام قطعه
شماره قطعه				نرم

شکل ۹-۷- نقشه کار شماری ۴



### ۷-۴-۳- روش اجرای کار:

- ۱- پنج قطعه‌ی ورق مطابق نقشه ۷-۹ تهیه کنید.
- ۲- وسائل جوش کاری را از انبار بگیرید.
- ۳- قبل از اقدام به جوش کاری کابل‌ها - ترمینال - انبرالکترو را بررسی کنید.
- ۴- ده عدد الکترو «E۶۰۱۳» از انبار بگیرید و اگر لازم باشد قسمت لخت الکترو را تمیز کنید.
- ۵- ژنراتور یا ترانسفورماتور را برای شدت جریان ۱۴۰-۱۵۰ آمپر تنظیم کنید.
- ۶- اگر از ژنراتور استفاده می‌کنید، قطب «DCRP» را به کار ببرید (در نقشه «DCSP» پیشنهاد شده).
- ۷- در ابتدا ورق‌ها را با خال جوش سرهم کنید و ابعاد آن را با نقشه شکل ۷-۹ مطابقت دهید.
- ۸- دقت کنید که در موقع خال جوش زدن لبه‌های دو ورق که روی هم قرار می‌گیرند درز پیدا نکند.

### ۷-۵- کار شماره ۵- جوش کاری درز لبه‌ای

حالت جوش کاری - جوش کاری در حالت سطحی (Flat

Position)

نوع جریان «DCRP»

E۶۰۱۱

نوع الکترو «E۶۰۱۳» یا E۶۰۱۲

E۶۰۲۲

قطر الکترو «۳/۲۵ mm»

#### ۷-۵-۱- اطلاع عمومی: این نوع درز در ساخت

مخازنی که تحت فشار زیاد واقع نمی‌شود، به کار می‌رود. این

نوع اتصال اگر تحت تأثیر نیروی کشش یا خمش واقع شود، چندان دوامی نخواهد داشت، اما به دلیل باصرفه بودنش به کار می‌رود. برای جوش کاری این درز مقدار کمی الکترو لازم است؛ زیرا مقداری از فلز اصلی ذوب می‌شود و جای‌گزین مذاب الکترو می‌گردد و گاهی اوقات با قوس الکترو کرنی جوش داده می‌شود.

#### ۷-۵-۲- تکنیک جوش کاری: جوش کاری درز لبه‌ای

یکی از ساده‌ترین روش‌های اتصال است. وضع الکترو باید مطابق با شکل ۷-۱۰ و ۷-۱۱ باشد. در ورق‌های نازک نیاز به ایجاد پخ نیست ولی در قطعات ضخیم به وسیله‌ی برش اکسی استیلن یا گوجینگ و یا از طریق ماشین کاری، لبه‌های فلز را پخ می‌زنند. نوع پخ بستگی به طراحی دارد که در «WPS» به آن اشاره می‌شود. پخ‌هایی که به کار برده می‌شود پخ «V» یا «U» و یا «J» هستند. (شکل ۷-۱۱)

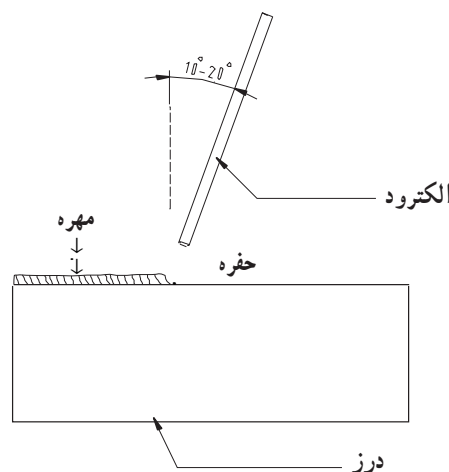
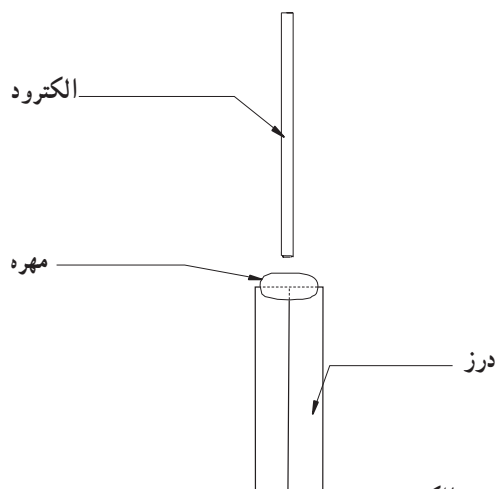
در موقع جوش کاری اگر متوجه شدید که عرض گرده‌ی زنجیره‌ای برای پر کردن دو لبه، کفایت نمی‌کند، می‌توان اندکی الکترو را در جهت عمود به درز نوسان داد. اما باید دقت کرد که دامنه‌ی نوسان الکترو به اندازه‌ای باشد که فلز مذاب از لبه‌ی ورق‌ها فرو نریزد. دقت کنید که لبه‌ی هر دو ورق خوب ذوب شده، درهم آمیزد. نقاط توقف و شروع مجدد را به همان ترتیب که گفته شد عمل نمائید.

ایجاد سرباره: سرباره باید روی گرده‌ی جوش را بپوشاند

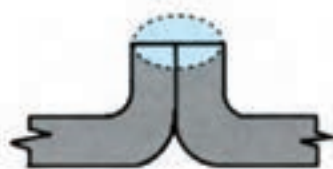
و به آسانی دور شود.

پس از جوش دادن درزهای دو ورق آن را در صندوق

اسقاط بیندازید تا هنجروی دیگری بتواند روی سطح این ورق‌ها تمرین جوش کاری مهره‌های زنجیره‌ای را انجام دهد.

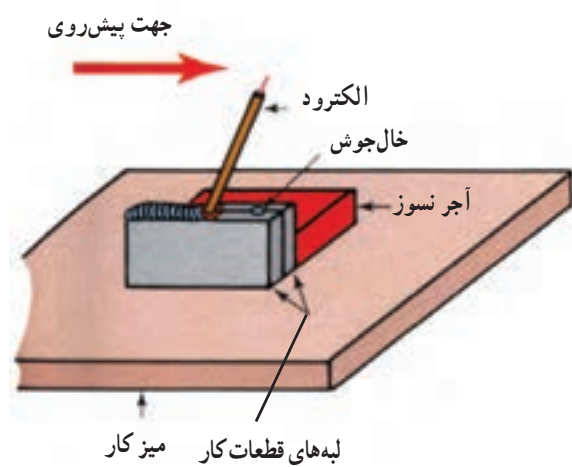


شکل ۷-۱۰- طرز قرارگیری الکترو



درز جوش لب برگردان

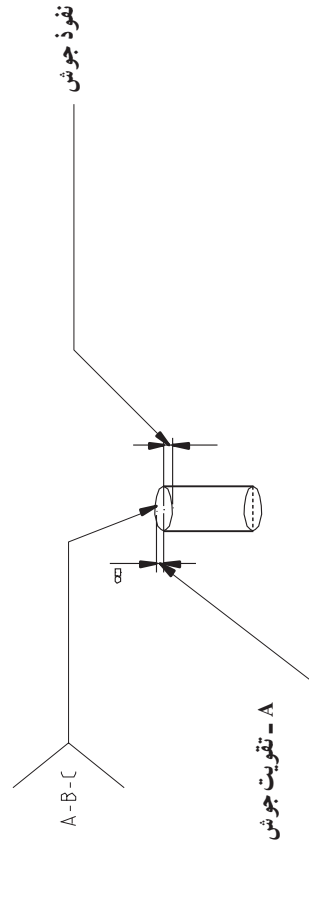
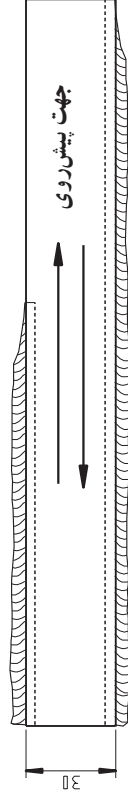
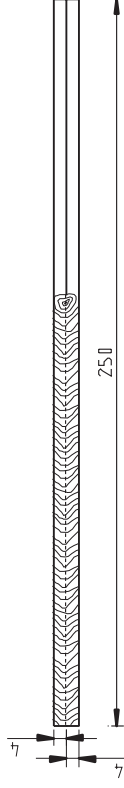
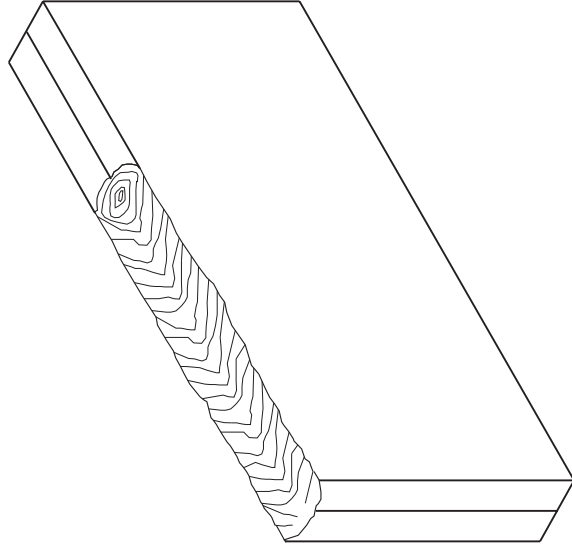
شکل ۱۱-۷- انواع مختلف درز جوش



حوضچه‌ی مذاب در زمان تشکیل قوس



شکل ۱۲-۷- طرز قرارگیری الکتروود و جهت پیشروی



نرم	فولاد	قوس دستی با قطب معکوس ۱۶ ۳	الکتروده جوش کاری		
نرم	فولاد	۴ × ۳ × ۲۵۰	صفحات		
کیفیت	مواد	ابعاد	نام	شماره قطعه	
اتصال گونبدای			نام قطعه		
شماره قطعه			استاندارد	مقیاس	

شکل ۱۳-۷- مربوط به نقشه کار شماره ۵

### ۳-۵-۷- روش اجرای کار:

۱- چهار ورق از جنس فولاد کم کربن تهیه کنید. برای کنترل اندازه به نقشه ۷-۱۳ مراجعه نمایید.

۲- ۸ عدد الکتروود با وسایل جوش کاری از انبار تحویل بگیرید.

۳- قبل از اقدام به جوش کاری میزکار - کابل ها - ترمینال ها و انبر الکتروود را بررسی کنید. در صورت مشاهده هرگونه نقص به مسئولین مراجعه نمایید.

۴- ژنراتور را برای قطب معکوس تنظیم کنید.

۵- مقدار آمپر را براساس نوع الکتروودی که استفاده می کنید، تنظیم نمایید.

۶- ورق ها را کنار هم قرار دهید و با چند خال جوش خوب به هم وصل کنید.

۷- ورق های متصل شده را در وضع افقی روی میز جوش کاری که خوب تمیز شده بگذارید.

۸- جهت جلوگیری از برگشت اتصال، از آجر نسوز مطابق شکل ۷-۱۲ استفاده کنید.

۹- در این روش اگر طول قوس صحیح باشد، با کم ترین ضربه، سر باره می ریزد.

۶-۷- کار شماره ۶- جوش دادن درز ساده ی بدون پیخ سر به سر (Single - square - groove weld)

۱-۶-۷- اطلاع عمومی: در صنعت این نوع اتصال برای کارهای معمولی زیاد استفاده می شود. لیکن در عمل اغلب

اوقات ناگزیر باید شیار را فقط از یک طرف جوش بدهند. در این صورت استحکام درز جوش با عمق نفوذ جوش که به نوبه ی خود به قطر الکتروودی که برای جوش کاری مصرف می شود و به شدت جریان و پهنای درز و ضخامت ورق ها بستگی دارد، تغییر می کند.

### ۲-۶-۷- تکنیک جوش کاری: الکتروود را مطابق

شکل ۷-۱۴ نگه داشته و در امتداد درز باید کمی نوسان داد. این حرکت نوسانی موجب گرم شدن فلز پیش از کامل شدن مهره ی جوش می شود و از طرفی از سوراخ شدن و سوختن لبه ها جلوگیری می شود و نیز سر باره را بر روی ناحیه ی مذاب می راند و نمی گذارد سر باره داخل فلز مذاب باقی بماند و آن را متخلخل کند.

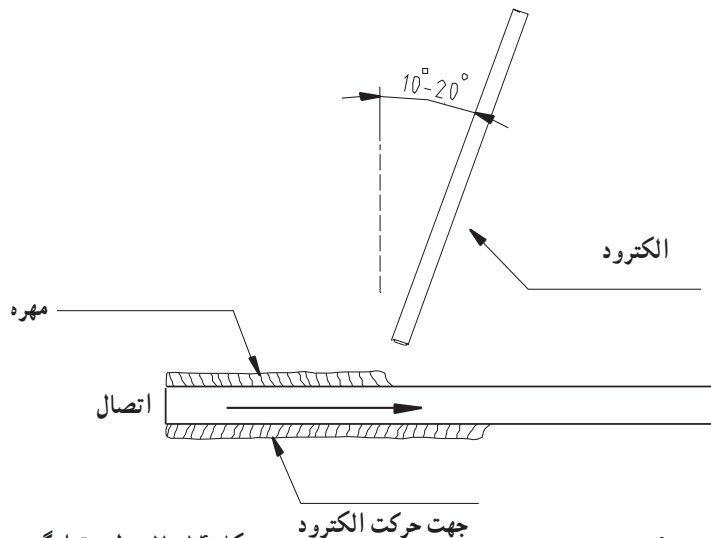
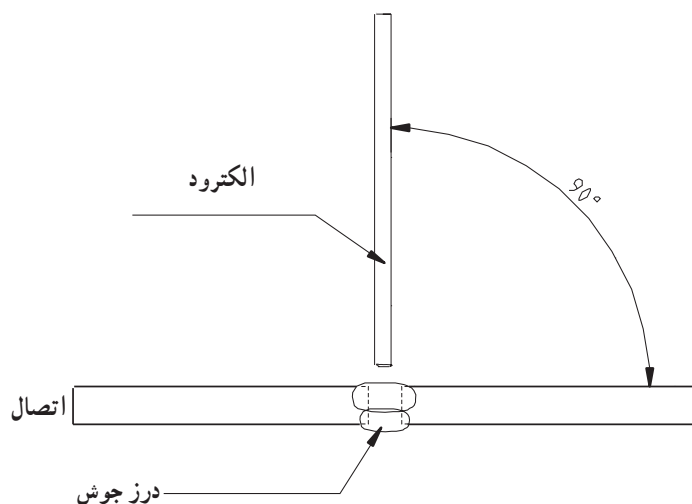
ثابت و یکنواخت بودن طول قوس و سرعت پیش روی الکتروود بسیار اهمیت دارد. عدم دقت باعث کاهش خاصیت فیزیکی درز جوش می شود.

پهنا و ارتفاع گرده باید یک نواخت باشد.

شکل ظاهری گرده ی جوش باید هموار باشد و موج های ظریفی داشته باشد.

سطح گرده ی جوش باید اندکی محدب باشد. لبه ی مهره ها باید خوب با ورق درآمیخته باشد و کناره های آن گود (Undercut) و یا برگشته نباشد.

نقاط شروع و توقف، فرورفتگی و برجستگی نداشته باشد. سر باره، باید سطح جوش را بپوشاند و به سهولت ریخته شود.



شکل ۷-۱۴- طرز قرارگیری الکتروود و جهت پیش روی آن

شکل ۱۵-۷- مربوط به کار شماره ۶

مقیاس		نرم	جوش سرد به سرد	
نام قطعه		صفحه مسطح		

### ۳-۶-۷- روش اجرای کار:

۱- پنج قطعه ورق از جنس فولاد کم کربن تهیه کنید.  
برای کنترل اندازه به نقشه ۷-۱۵ مراجعه نمایید.

۲- حالت جوش کاری - جوش کاری در حالت سطحی (Flat position)

۳- نوع جریان «DCRP»

۴- قطر الکترود «۳/۲۵» یا « $\frac{1}{8}$ »

۵- نوع الکترود «E6012» یا «E6011» یا «E6010»

۶- برای وضع الکترود، نقشه ۷-۱۴ را مطالعه کنید.

۷- قبل از اقدام به جوش کاری کابل ها - ترمینال ها - انبر الکترود و میز کار را بررسی کنید.

۸- ژنراتور را برای قطب معکوس یا «DCRP» تنظیم کنید.

۹- شدت جریان را متناسب با الکترودی که مصرف می کنید، تنظیم نمایید.

۱۰- ورق ها را کنار هم بگذارید و آن ها را با خال جوش به هم وصل کنید. دقت کنید که خال جوش ها محکم باشند.

۱۱- طبق شکل ۷-۱۵ جهت حرکت هر درز با درز مجاورش برعکس است.

۱۲- یک سطح را جوش داده، کامل کنید.

۱۳- برای جوش کاری سطح بعدی درون درز را کاملاً تمیز کنید، برس کشیده، به طوری که کاملاً از سرباره پاک شده باشد.

۱۴- سطح دوم را مطابق با روش قبلی جوش کاری کنید.

۱۵- عدم دقت در فاصله ی بین دو پلیت که آن را «Root» می نامند، باعث می شود که نفوذ خوب نباشد. (این کار نیاز به تمرین زیادتری دارد).

### ۷-۷- کار شماره ۷- جوش کاری اتصال گوشه ای T و شکل (Corner or T-Joint SMAW)

حالت جوش کاری : جوش کاری در حالت سطحی Flat

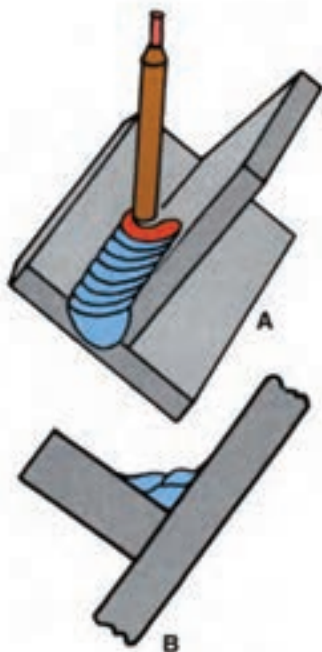
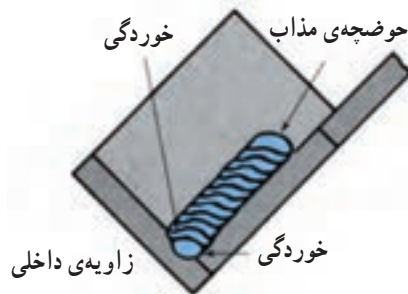
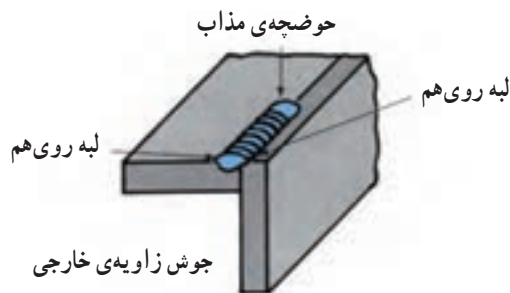
Position

نوع شدت جریان : DCRP یا ac

نوع الکترود : الکترود «E۶۰۱۳» با قطر ۳/۲۵ میلی متر.

۷-۷-۱- اطلاع عمومی: اتصال گوشه ای ممکن است

به صورت داخلی یا خارجی جوش کاری گردد. اتصال داخلی ممکن است با ایجاد پخ V یا J شکل انجام گیرد یا بدون پخ زدن پلیت ها. نوع جوش گوشه ای داخلی به صورت ماهیچه ای است (جوش هایی که سطح مقطع آن ها تقریباً مثلث باشد به نام جوش ماهیچه ای نامیده می شود). مطابق شکل (۷-۱۶)



شکل ۷-۱۶- روش های مختلف اتصال گوشه ای

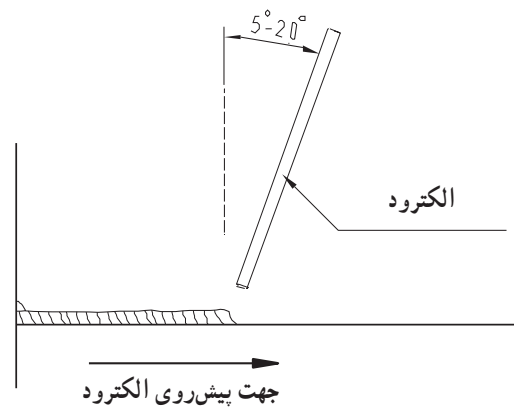
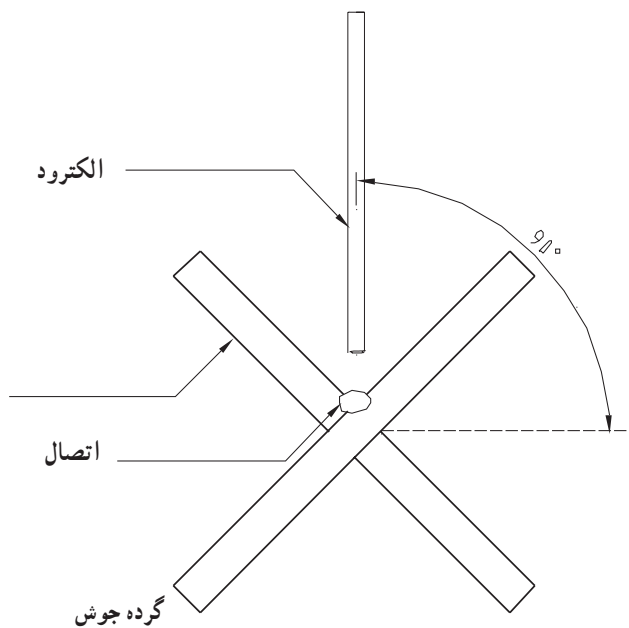


جوش گوشه‌ای خارجی را نیز ممکن است بدون پخ یا با استفاده از پخ ۷ شکل J و U شکل استفاده کنند.

### ۷-۷-۲- تکنیک جوش کاری

چه در جوش گوشه‌ای داخلی و چه خارجی مذاب تا ریشه اتصال باید نفوذ کند.

هر دو لبه گرده جوش باید با سطوح هر دو قطعه اندکی درآمیخته باشد. لبه‌های گرده جوش نباید لبه برگشته (Overlapping) یا تورفتگی داشته باشد (Undercut) جوش باید مستقیم و دارای عرض یکنواخت و موج‌های ظریف باشد.



شکل ۷-۱۷- زاویه‌ی الکتروود و جهت پیشروی آن

آمپر تنظیم کنید.

۵- ورق‌ها را با چند جوش محکم به هم وصل کنید.

۶- اتصال را در وضع افقی روی میز جوش کاری تمیز

شده قرار دهید.

۷- بعد از اتمام پاس‌های اول آن‌ها را به خوبی تمیز کرده

پاس دوم و پاس سوم را هم جوش دهید.

### ۷-۷-۳- روش اجرای کار

۱- چهار ورق شماره ۶ و ۲ و ۷ تهیه کنید. برای کنترل

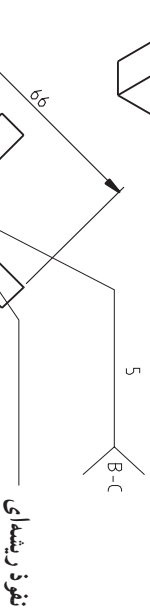
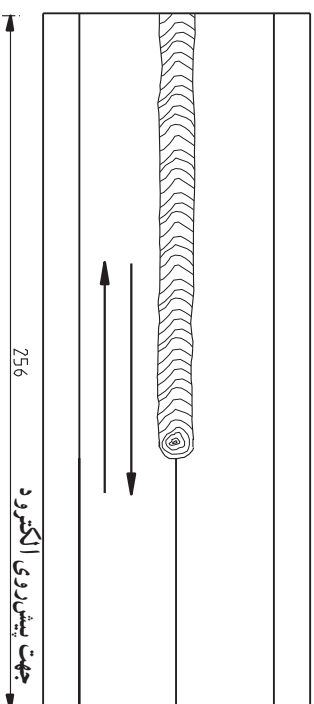
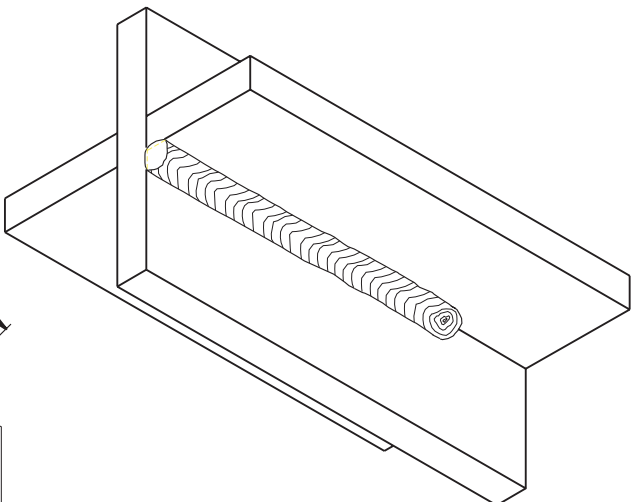
اندازه به نقشه ۷-۱۸ مراجعه کنید (برای دو کار)

۲- ده الکتروود به اندازه و نوع مناسب تهیه کنید.

۳- برای انتخاب وضع صحیح الکتروود به شکل ۷-۱۷

مراجعه کنید.

۴- ژنراتور را برای قطب معکوس و جریان تقریبی ۱۷۰A



B- هر چهار گوشه جوش کاری شود  
C- جوش سطحی

--	--	--	--

نرم	فولاد	۳ ۱ قطر - قوس دستی با قاطب مستقیم	اکترو دهای جوش کاری	
نرم	فولاد	$6 \times 30 \times 250$	نام	
کیفیت	مواد	$6 \times 66 \times 250$	صفحه	شماره قطعه
		ابعاد		
		صفحه مستطیل	نام قطعه	
شماره قطعه		نوع استاندارد		مقیاس

شکل ۱۸-۷- نقشه مربوط به کار شماره ۷

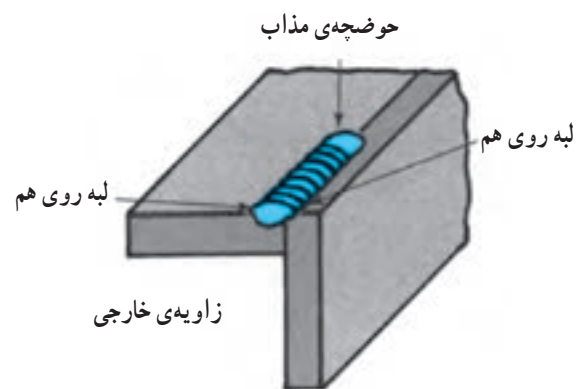
۸-۷- کار شماره ۸- جوش دادن زاویه‌ی خارجی یا درز جناغی (Outside Corner) به وسیله‌ی گرده مرکب ۸-۷-۱ اطلاع عمومی: موارد استفاده این نوع

اتصال از سایر اتصالات کمتر است ولی برای تمرین جوش کاری بسیار مطلوب است زیرا به سرعت آماده می‌شود. برای اینکه درز جوش خورده حداکثر استحکام را پیدا کند گرده جوش باید ریشه‌ای در داخل نبشی داشته باشد. به همین دلیل معمولاً یک گرده‌ای از داخل نبشی جوش می‌دهند. (شکل ۱۹-۷)

۸-۷-۲ تکنیک جوش کاری: برای جوش دادن پاس اول می‌توان از تکنیک جوش کاری مهره‌های زنجیره‌ای استفاده کرد. پاس اول باید به قسمت پشت ورق‌ها نفوذ کند و با هر دوی آن‌ها خوب درآمیزد. برای این منظور طول قوس باید کوتاه باشد و از طول قوس بلند اجتناب کنید. شدت جریان در پاس اول نباید زیاد باشد.

پاس دوم و سوم گرده جوش: قطر الکتروود برای این دو پاس جوش ۴ میلی‌متر است و باید شدت جریان را زیادتر انتخاب کرد. وضع الکتروود باید مطابق شکل باشد و از تکنیک مهره‌های بافته (زیگزاگ) می‌توان استفاده کرد.

دامنه نوسان الکتروود در پاس سوم گرده جوش باید بیش از دامنه‌ی نوسان الکتروود در پاس دوم باشد. الکتروود را در موقع نوسان از لبه ورق‌ها بیرون ببرد و برای جلوگیری از خوردگی لبه‌های جوش اندکی در طرفین آن مکث کنید. یقین حاصل کنید که هر پاس جوش با پاس قبلی و با سطح ورق‌ها خوب درآمیخته باشد. لایه‌ی سوم گرده جوش نباید زیاد بلند باشد. (به اندازه‌ی نقشه مراجعه کنید)



شکل ۱۹-۷- جوش زاویه‌ی خارجی

### ۸-۷- روش اجرای کار

۱- پنج قطعه پلیت تهیه کنید. برای کنترل اندازه به نقشه ۲۰-۷ مراجعه نمایید.

۲- وسایل جوش کاری را به اضافه الکتروود از انبار تحویل بگیرید.

۳- کابل‌های جوش کاری - ترمینال‌ها - انبر الکتروود و فک الکتروود را کاملاً بررسی کنید.

۴- در صورت لزوم قسمت لخت الکتروود را تمیز کنید.

۵- ژنراتور را برای قطب معکوس و جریان تقریبی ۹۰A آمپر تنظیم کنید.

۶- ورق‌ها را کنار هم گذاشته طبق نقشه با چند خال جوش آنها را وصل و محکم نمایید.

۷- توجه کنید که فاصله درز جناغی مطابق با نقشه باشد و زاویه‌ها را کنترل کنید.

۸- پاس اول را با الکتروود ۲/۵ میلی‌متر جوش بدهید.

۹- توجه کنید که جوش در پاس اول به‌طوری نفوذ کند که از زیر بیرون زده و به سطح هر دو ورق خوب درآمیخته باشد. ۱۰- پاس اول را به‌طور کامل تمیز کنید و اگر سرباره به‌خوبی کنده نشد بدانید که شدت جریان صحیح نبوده یا اینکه طول قوس بیش از حد است.

۱۱- ژنراتور را برای جوش کاری پاس دوم که با الکتروود ۴ میلی‌متر انجام می‌شود، تنظیم کنید.

۱۲- سرباره را از روی پاس دوم دور کنید گرده را چتکه بزنید.

نقاط شروع و توقف: فرورفتگی و برآمدگی نداشته باشد. نفوذ و درآمیختگی گرده جوش در پشت درز کامل و یکنواخت باشد.

نفوذ و درآمیختگی: هر طبقه باید با طبقات زیر و روی خود و پشت و روی ورق درآمیخته باشد.

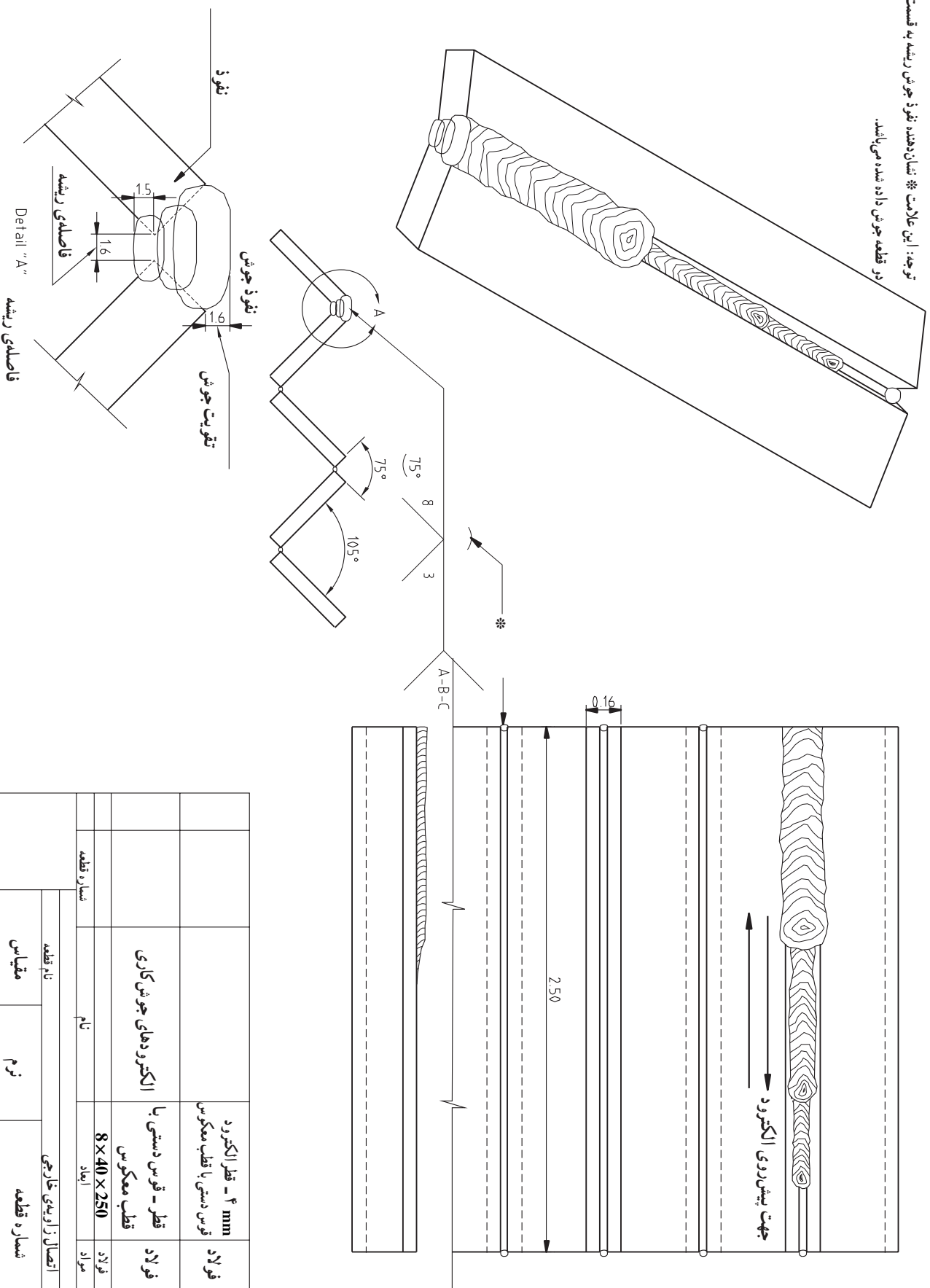
به سطح ورق در اطراف درز جوش خورده ذرات سرباره نچسبیده باشد.

ایجاد سرباره: سرباره کاملاً سطح گرده جوش را بپوشاند و به‌سهولت دور شود.

اتصال‌های تمام شده را به صندوق قراضه‌ها بیندازید تا

B- فقط یک طرف جوش کاری شود C- حالت سطحی

توجه: این علامت نشان دهنده نفوذ جوش ریشه به قسمت پشت دو قطعه جوش داده شده می باشد.

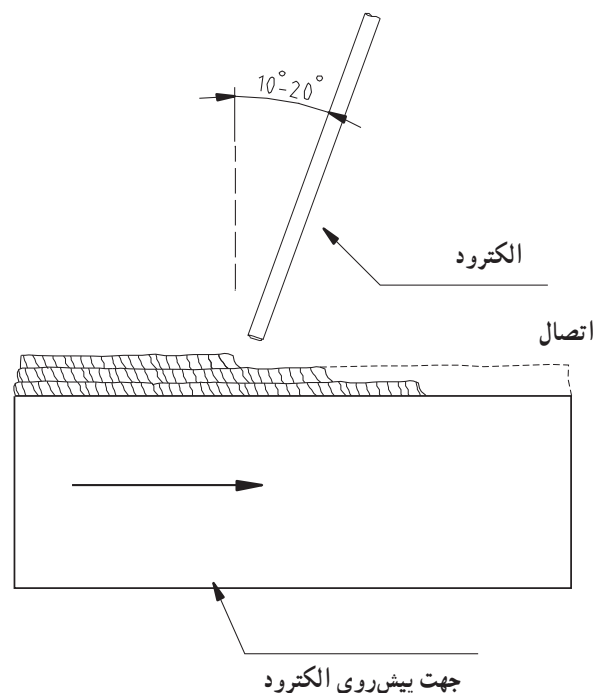
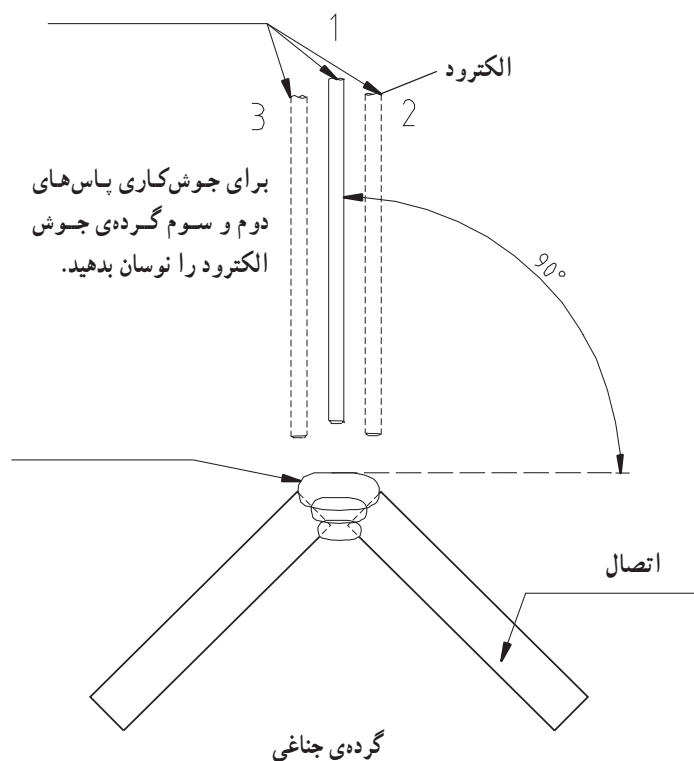


نرم	فولاد	۴ mm - قطر الکترود قوس دستی با قطب معکوس	الکترودهای جوش کاری	شماره قطعه
نرم	فولاد	قطر - قوس دستی با قطب معکوس	نام	شماره قطعه
نرم	فولاد	۸ × ۴۰ × ۲۵۰ ابعاد	نام	شماره قطعه
نرم	فولاد	مواد	نام	شماره قطعه
نرم	فولاد	مواد	نام	شماره قطعه

شکل ۲۰-۷- نقشه مربوط به کار شماره ۸

درزهای جناغی و سطح ورق‌ها را برای تمرین جوش کاری مهره‌های زنجیره‌ای یا بافته مورد استفاده قرار داد.

برای تمرینات بعد در دسترس شما باشد. داخل اتصال نبشی را می‌توان برای تمرین جوش کاری



شکل ۲۱-۷- طرز قرارگیری الکترود و جهت پیشروی آن

۱-۹-۷- اطلاع عمومی: در بسیاری از سازه‌های فولادی مانند مخازن تحت فشار - لوله و متعلقات آن - بدنه کشتی و غیره کاربرد بسیار زیادی دارد. در این روش جوش کاری دقت عمل و مهارت زیادتری نسبت به اتصالات تمرینی قبل لازم است و اگر جوش کاری به‌طور صحیح اجرا شود مقاومت ناحیه جوش حداقل مساوی فلز پایه خواهد بود. در این نوع جوش کاری با روش Keyhole آشنا می‌شوید.

۹-۷- کار شماره ۹- جوش کاری اتصال سر به سر

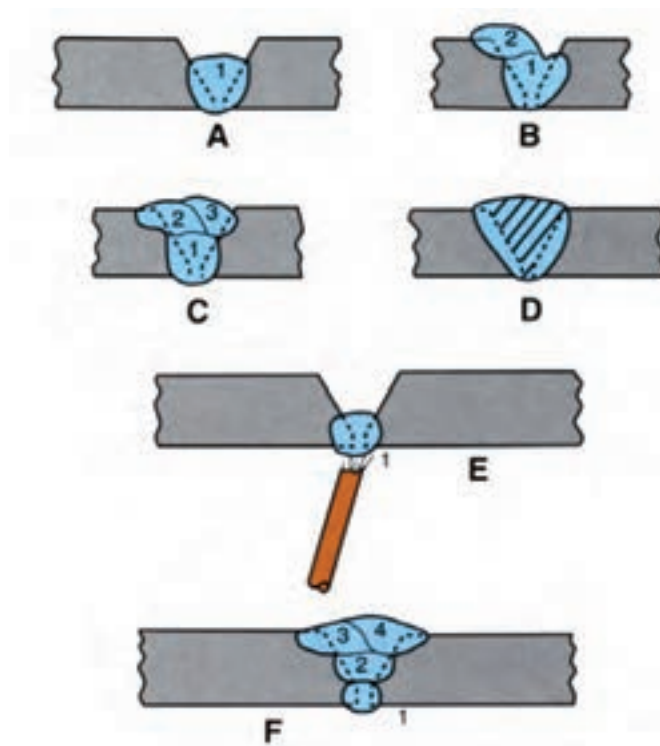
در حالت سطحی Flat Position

حالت جوش کاری - جوش کاری در حالت سطحی

نوع جریان - DCSP یا DCRP

نوع الکترود - E۶۰۱۳ یا E۶۰۱۲ یا E۶۰۱۱

قطر الکترود - ۳/۲۵ میلی‌متر یا ۱/۸"



شکل ۷-۲۲- اتصال سر به سر با پخ

## ۷-۹-۲- تکنیک جوش کاری: معمولاً جوش سر به سر

را برای آموزش دادن روی پلیت هایی به ضخامت ۶ تا ۱۰ mm از جنس فولاد کم کربن اجرا می کند، زیرا در این اندازه ضخامت یا بیشتر به ایجاد پخ برای حصول اطمینان نفوذ جوش نیاز می باشد. نوع پخ ۷ شکل است و می توان زاویه پخ را ۶۰ و ۷۰ و ۹۰ درجه اختیار کرد. در موارد خاص از زاویه های بیشتری کمتر نیز استفاده می کنند. هر چه زاویه بیشتر باشد اندازه Root کاهش می یابد و بالعکس هر چه زاویه پخ کمتر باشد اندازه Root افزایش می یابد. بعد از پخ زدن هر دو پلیت لبه های تیز ورق را با سنگ یا هر وسیله دیگر می تراشند که آن را پاشنه جوش یا Root face می نامند. در شکل ۷-۲۳ اندازه Root face و Root هر دو ۱/۶ mm است. این اندازه ها قابل تغییر است و بستگی به شرایط کار دارد. در شکل ۷-۲۶ طرز قرارگیری الکتروود و جهت پیش روی آن

نشان داده شده است.

قبلاً باید هر دو پلیت را با خال جوش محکم کرد و سطح هر دو پلیت باید در یک راستا باشد.

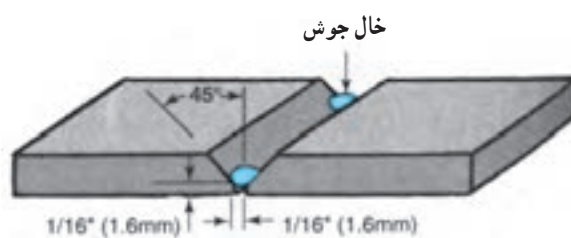
در پاس اول جوش باید هر دو پلیت را ذوب کرده تا نفوذ کامل باشد.

برای اطمینان از نفوذ کامل لازم است که در موقع جوش کاری بین دو لبه پلیت یک حفره ی کلیدی شکل ایجاد کرد (روش Keyhole). Keyhole را فقط در پاس اول یا در پاس ریشه می توان ایجاد کرد (به شکل ۷-۲۴ توجه کنید) اگر اندازه Keyhole ثابت نگه داشته شود اندازه نفوذ یکنواخت می گردد.

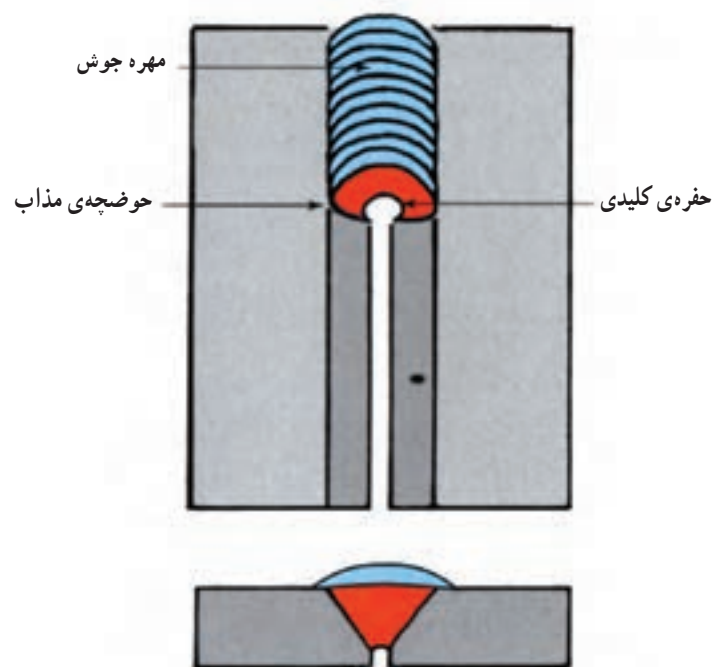
در موقعی که طول درز زیاد است و لازم است که بیش از یک الکتروود به کار برده شود در نقاط توقف و شروع مجدد



روش‌های گفته شده قبلی را به کار برید. زاویه کمتر انتخاب شده اندازه Root افزایش می‌یابد. در تمرینی که انجام می‌دهید زاویه‌ی پخ  $60^\circ$  است و چون



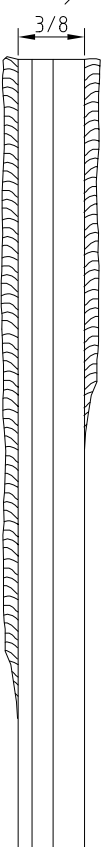
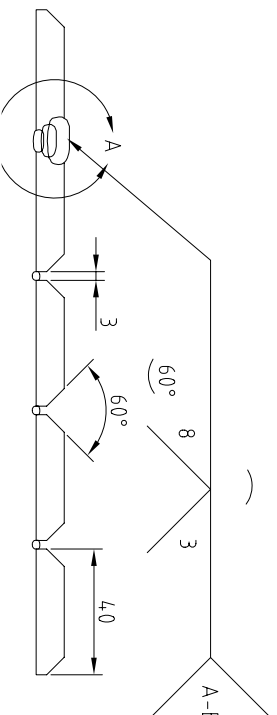
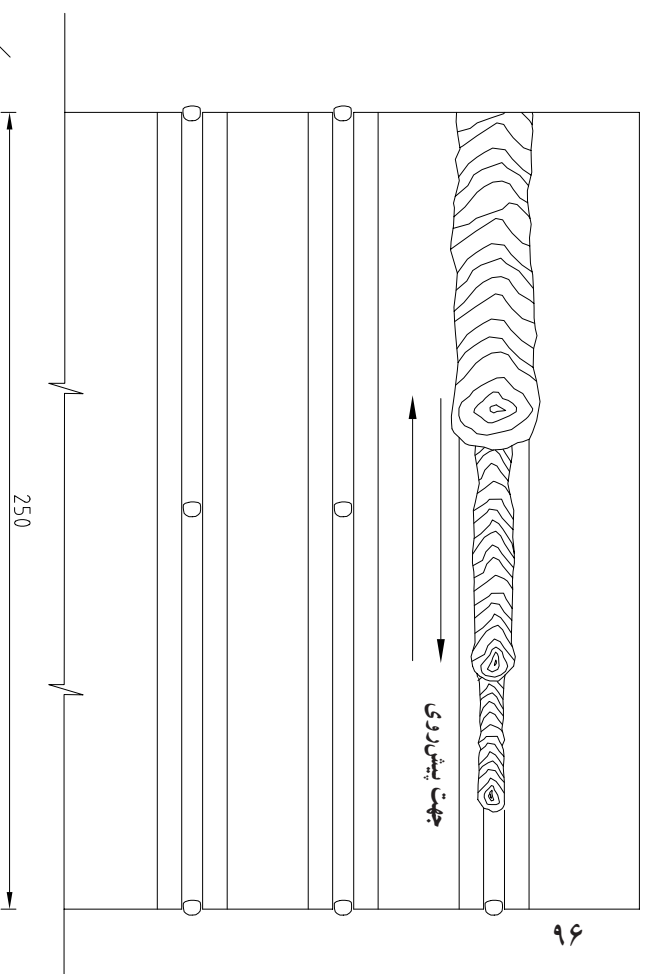
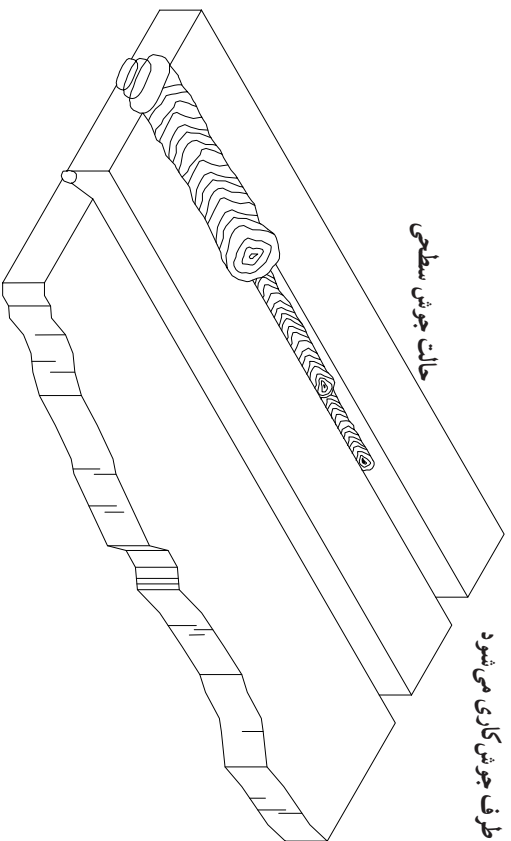
شکل ۲۳-۷. اندازه روت (Root) و روت فیس (Root face)



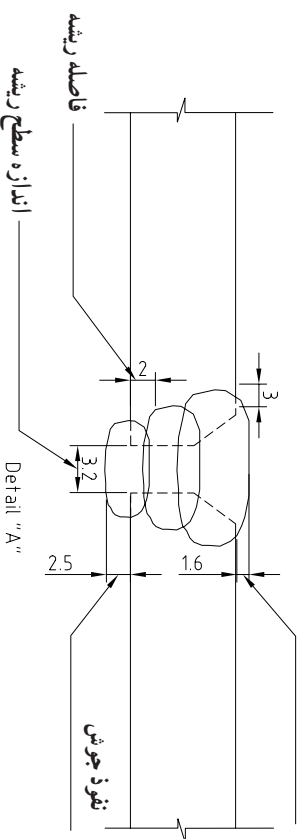
شکل ۲۴-۷. روش اتصال جوش سر به سر پخ دار

فقط یک طرف جوش کاری می شود

حالت جوش سطحی



تقریب جوش



نرم	فر لاد	قطر الکترو د ۴mm	الکترو دهای جوش کاری	
		فوس دستی با قطب معکوس	الکترو دهای جوش کاری	
		فوس دستی با قطب معکوس	الکترو دهای جوش کاری	
نرم	مواد	10 × 40 × 450	صفحات	
کیفیت		آبعاد	نام	شماره قطعه
جوش کاری جانی یک طرفه				
مقیاس				
نرم				
شماره قطعه				

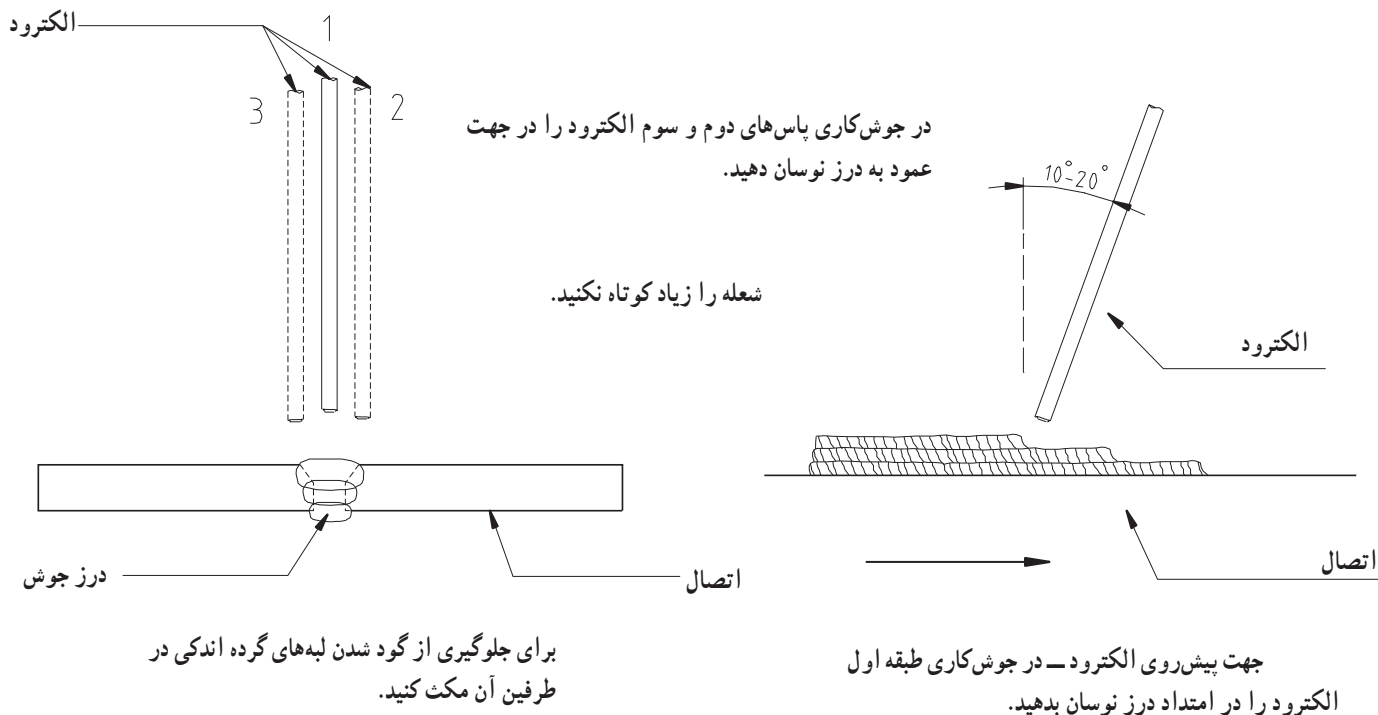
### ۳-۹-۷- روش اجرای کار:

- ۱- پنج ورق تهیه کنید و برای پخ زدن می‌توان از برش اکسی استیلن یا ماشین کاری استفاده کرد.
- ۲- وسایل جوش کاری و الکتروود را از انبار تحویل بگیرید.
- ۳- قبل از اقدام به جوش کاری، کابل‌ها - ترمینال‌ها - انبر الکتروود و میز کار را بازرسی کنید.
- ۴- ژنراتور را برای قطب معکوس تنظیم کنید.
- ۵- پلیت‌ها را با خال‌جوش به هم وصل و محکم نمایید.
- ۶- توجه کنید که اندازه Root و Root face مطابق با نقشه ۲۳-۷ باشد و پلیت‌ها کاملاً در یک سطح باشند.
- ۷- در جوش کاری پاس اول از گرده زنجیره‌ای استفاده کنید و اندکی الکتروود را در امتداد درز به جلو و عقب نوسان دهید.
- ۸- چنانچه بتوانید keyhole را در تمام زمان جوش کاری یک اندازه نگه دارید مطمئن باشید که نفوذ جوش یکنواخت

می‌گردد.

### ۴-۹-۷- بازرسی جوش:

- نقاط شروع و توقف:** برجسته یا فرو رفته نباشد.
- ابتدا و انتها:** یک اندازه باشد. فرورفتگی‌ها پر شده باشد.
- نفوذ و درآمیختگی:** گرده‌ی جوش باید با پشت ورق‌ها و تمام سطح درز درآمیخته باشد.
- به سطح ورق در اطراف گرده‌ی جوش ذرات سرباره نجسبیده باشد.
- ایجاد سرباره:** سرباره، خوب سطح گرده‌ی جوش را بپوشاند و به سهولت دور شود.
- ورق‌های جوش خورده را به صندوق قراضه برگردانید تا برای استفاده بعدی در دسترس باشد. ممکن است ورق‌ها را در امتداد درز بریده و لبه آنها برای تمرین جوش کاری درز جناغی دوباره پخ زد یا از سطح آن برای تمرین جوش کاری مهره‌ها استفاده کرد.



شکل ۲۶-۷- طرز قرارگیری و جهت پیش‌روی الکتروود

## ۱۰-۷- کار شماره ۱۰- جوش دادن لوله روی پلیت صاف در وضع قائم در یک پاس

نوع جریان قطب مستقیم یا DCSP

قطر الکترود ۴ و ۵ میلی متر

نوع جوش - ماهیچه ای

### ۱-۱۰-۷- اطلاع عمومی: این نوع اتصال شبیه

به کارهای مخزن سازی است. در این تمرین نرمش و قابلیت انعطاف دست، در نگه داشتن الکترود جوش کاری در مکان تنگ مورد استفاده قرار می گیرد.

### ۲-۱۰-۷- تکنیک جوش کاری: تکنیک جوش کاری

این نوع اتصال با روش جوش کاری درزهای ساده در وضع سطحی، اختلافی ندارد، جز آنکه وضع الکترود پیوسته تغییر می کند و فضای کار محدود می باشد. به علاوه مهارتی است که افراد را برای جوش دادن لوله های ثابت آماده می کند. سطح جوش باید ۴۵ باشد. (شکل ۲۷-۷)

چنانچه فیلر جوش در اختیار دارید ابعاد جوش را اندازه بگیرید. دقت کنید که اندازه های گرده جوش، یکنواخت باشد.

ارتفاع و پهنای گرده باید یکنواخت باشد.  
ظاهر گرده باید هموار بوده فرورفتگی نداشته باشد.  
اندازه: به نقشه مراجعه کنید. گرده را با فرمان جوش آزمایش کنید.

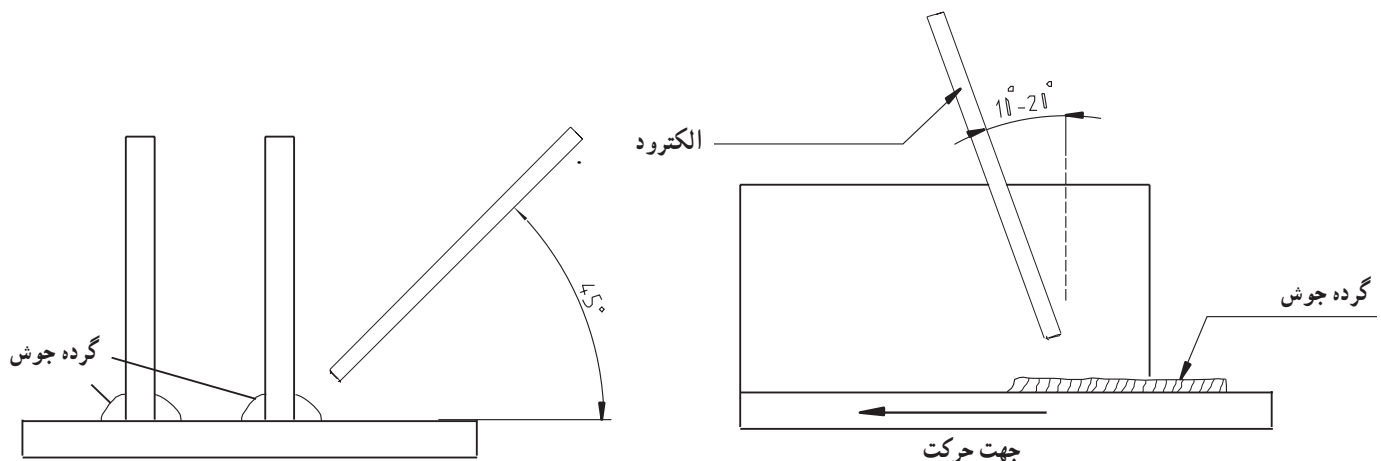
لبه های گرده باید خوب به فلز اصلی درآمیزد و گود یا برگشته نباشد.

نقاط شروع و توقف: به اندازه ی کامل باشد. حفره ها پر شده باشد.

نفوذ و درآمیختگی: گرده ی جوش باید به کنج درز و سطح ورق و لوله، خوب درآمیخته باشد.

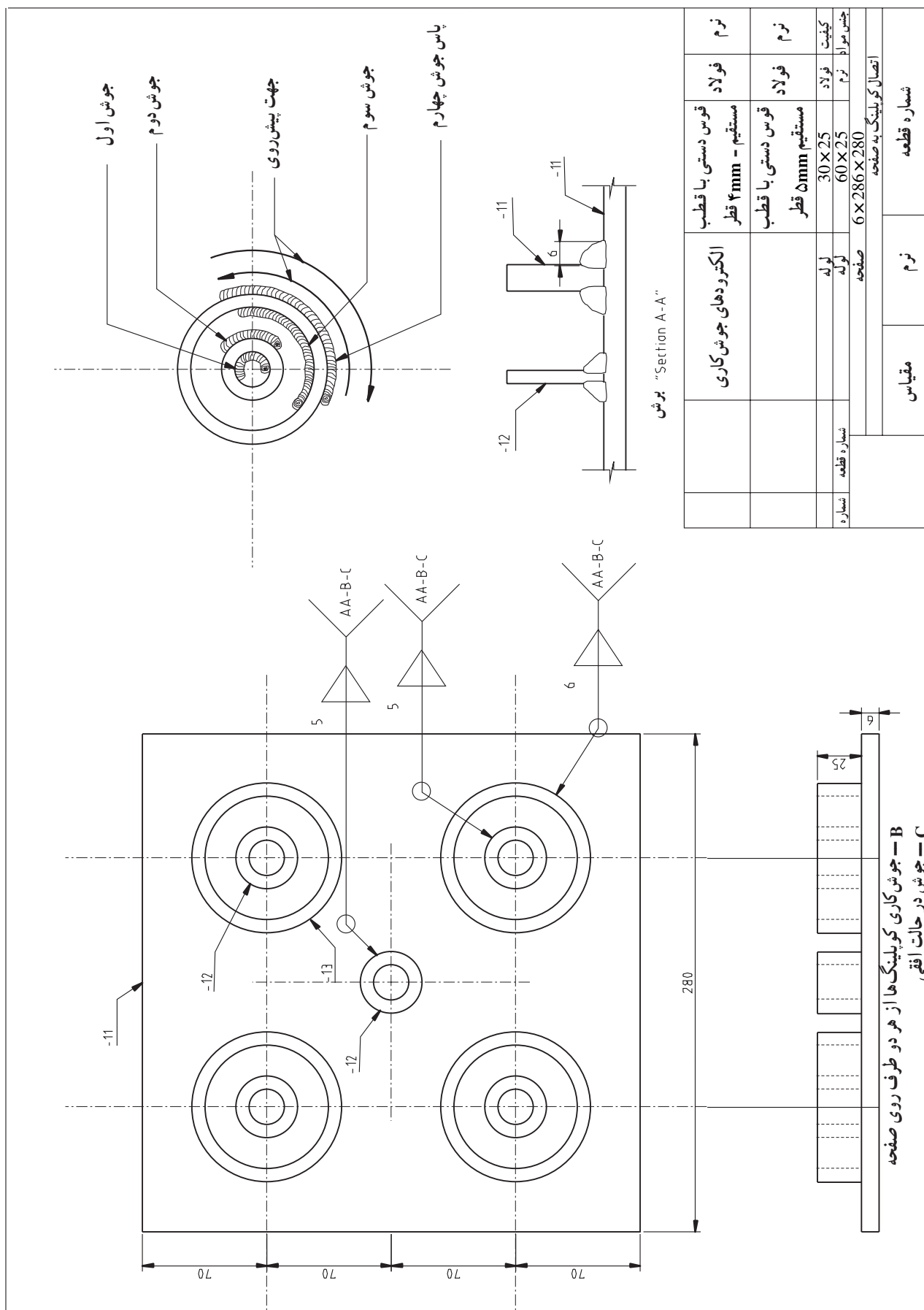
به سطح ورق در اطراف گرده سرباره جرقه نچسبیده باشد.  
ایجاد سرباره: سرباره گرده ی جوش را بپوشاند و به سهولت دور شود.

ورق های تمام شده را به صندوق اسقاط بیندازید تا برای استفاده بعدی در دسترس باشد. سطح ورق در میان تسمه ها را می توان برای تمرین مهره های زنجیره ای مورد استفاده قرار داد.



شکل ۲۷-۷- زاویه جوش و الکترود و جهت پیش روی آن

شکل ۷-۲۸- نقشه کار شماری ۱۰



### ۳-۱۰-۷- روش اجرای کار:

۱- یک قطعه پلیت  $280 \times 280 \times 6$  mm از جنس فولاد کم کربن مطابق با نقشه ۷-۲۸ انتخاب کنید.

۲- پنج تکه لوله  $30$  mm به ارتفاع  $25$  mm و ۴ تکه لوله  $60$  mm به طول  $25$  mm تهیه نمایید.

۳- وسایل و ابزار جوش کاری به اضافه فیلر اندازه گیری کرده جوش را از انبار تحویل بگیرید.

۴- قبل از اجرای جوش کاری دستگاه - کابل - ترمینال - انبر جوش کاری را به دقت بررسی نمایید.

۵- اگر لازم باشد قسمت لخت الکترود را با کاغذ سمباده و در صورت لزوم دهانه گیره الکترودگیر را تمیز کنید.

۶- دستگاه جوش کاری را برای قطب مستقیم DCSP تنظیم نمایید.

۷- دستگاه جوش کاری را برای  $15^\circ$  -  $14^\circ$  آمپر تنظیم کنید.

۸- پلیت را در وضع افقی طوری روی میز جوش کاری قرار دهید که تمام سطح آن با میز کار کاملاً در تماس باشد.

۹- لوله های کوچک را مطابق با اندازه نقشه ۷-۲۸ با خال جوش به پلیت محکم کنید.

۱۰- سرباره خال جوش را برداشته و آنها را با برس کاملاً تمیز کنید.

۱۱- با الکترود ۴ میلی متر درز داخلی و خارجی لوله ها را طبق نقشه ۷-۲۸ جوش دهید.

۱۲- سرباره را از گرده جوش ها برداشته و با برس کاملاً تمیز کنید.

۱۳- شدت جریان را کمی افزایش دهید و در حدود  $165$  A تنظیم کنید.

۱۴- لوله های بزرگ تر را طبق نقشه ۷-۲۸ با خال جوش محکم کنید.

۱۵- درز داخلی و خارجی لوله های بزرگ تر را با الکترود ۵ میلی متر جوش دهید.

۱۶- سرباره جوش را برداشته و آنها را کاملاً تمیز کنید.

۱۷- جوش ها را از لحاظ یک نواختی و اندازه بررسی

کنید.

۱۰۰

### ۱۱-۷- کار شماره ۱۱- جوش دادن گرده زنجیره ای در روی

#### ورق صاف در حالت افقی Horizontal Welding - Position

نوع جریان - قطب معکوس یا DCRP

قطر الکترود - الکترود  $4$  mm

نوع جوش - زنجیره ای

### ۱-۱۱-۷- اطلاع عمومی: در بسیاری از سازه های

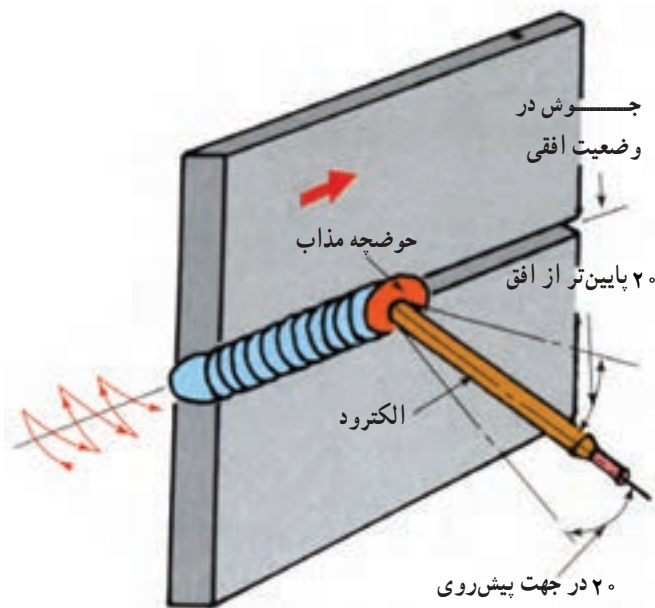
فولادی حتماً باید جوش کاری در حالت افقی اجرا گردد. مانند مخازن بزرگ نفت که جوش کاری آنها به صورت قائم و افقی می باشد.

### ۲-۱۱-۷- تکنیک جوش کاری: در این روش

جوش کاری پلیت یا فلز پایه در حالت قائم قرار می گیرد و جوش به صورت افقی اجرا می گردد. در مواقعی که جوش کاری در حالت افقی انجام می شود الکترود باید با یک زاویه در حدود  $20^\circ$  به طرف پائین نگه داشته شود و با این عمل می توان از شکم دادن مواد مذاب حوضچه جلوگیری کرد.

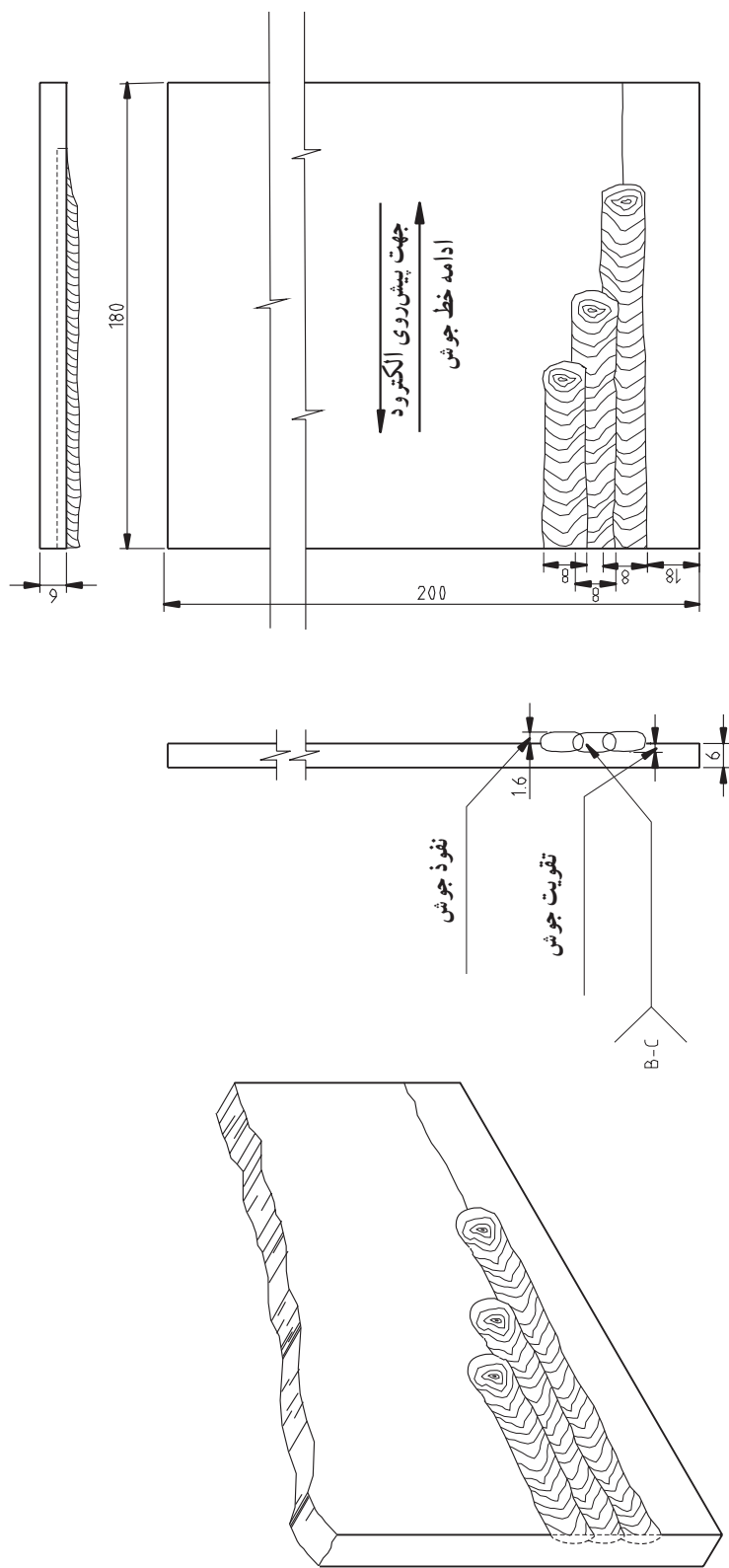
از طرف دیگر لازم است که زاویه الکترود در جهت پیشروی

جوش در حدود  $20^\circ$  باشد (شکل ۷-۲۹).



شکل ۷-۲۹- جوش دو ورق به روش گرده زنجیری در حالت افقی





B- هر دو طرف صفحه جوش کاری شود  
C- جوش در حالت افقی

نرم	فولاد	قوس دستی با قطب معکوس ۴ mm - قطر	الکترودهای جوش کاری	نرم	شماره قطعه
نرم	فولاد	۶ × ۱۸۰ × ۲۰۰	صفحه نام	نرم	شماره قطعه
کیفیت	مواد	ابعاد	نام قطعه	مقیاس	شماره قطعه

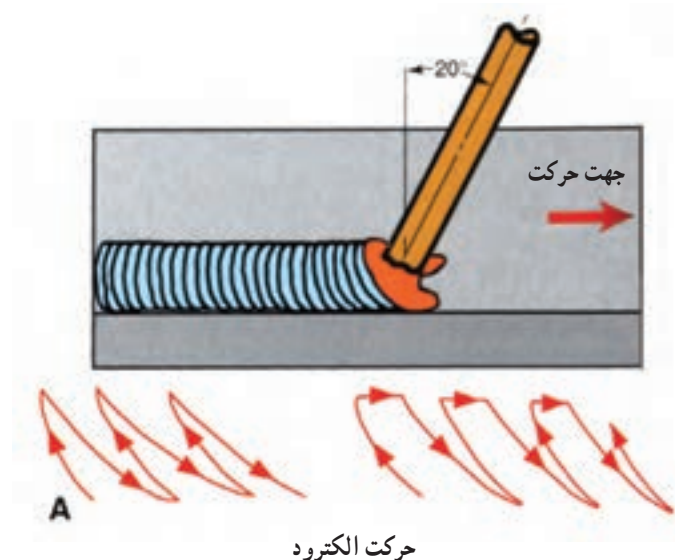
شکل ۷-۳- نقشه کار شماره ۱۱

نسبت به قطر الکترو است (زیاد بودن شدت جریان) یا از حرکت نادرست یا نوسان الکترو.

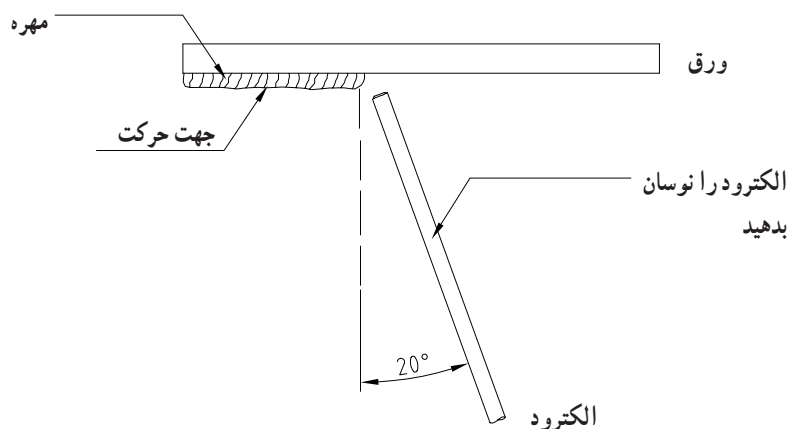
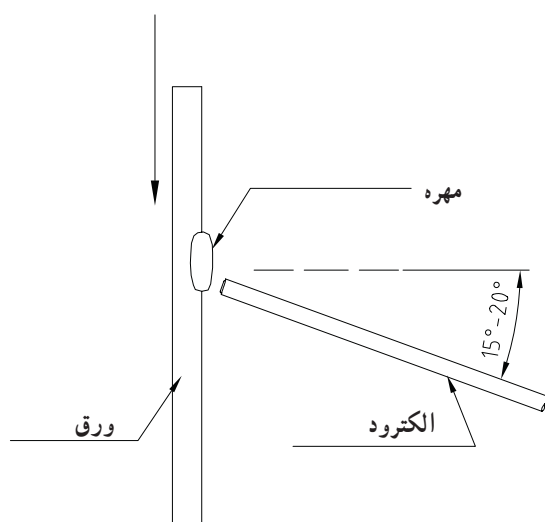
برای جلوگیری از خوردگی اولاً لازم است که اندازه شدت جریان درست انتخاب شود و دوم این که برای جلوگیری از خوردگی لازم است که در هنگام نوسان دادن الکترو آن را برای لحظه ای ثابت نگه داشت و سپس نوسان داد.

وضع الکترو باید تقریباً مطابق شکل ۷-۳۱ و ۷-۳۲ باشد و به دقت مراقب مهره های جوش بود تا فرو نچکد.

نیروی جاذبه در همه حالت های جوش کاری (افقی - قائم - بالای سر) به جز حالت سطحی بر روی مذاب اثر دارد. از این رو لازم است که از طول قوس های کوتاه استفاده شود و با این عمل می توان اطمینان حاصل کرد که ذرات مذاب الکترو در طول قوس برخلاف نیروی جاذبه جاری می گردد (در اثر نیروی حاصل از گاز پوشش الکترو) یکی از نکات بسیار عمده این است که در کناره جوش خوردگی یا undercut به وجود نیاید. خوردگی در لبه گرده معمولاً در اثر عدم انتخاب صحیح اندازه شدت جریان



حرکت الکترو  
شکل ۷-۳۱- چگونگی حرکت الکترو در حالت افقی



شکل ۷-۳۲- زاویه و جهت پیشروی الکترو

این عمل را می‌توان به وسیله حرکت نوسانی الکتروود در امتداد درز جوش انجام داد. سرباره را از هر مهره باید به خوبی پاک کرد. هر خط جوش جدید باید در حدود ۴۵ تا ۵۰ درصد، سطح مهره مجاور خود را بپوشاند. نوسان الکتروود فقط به اندازه پهنای جوش باید باشد.

شروع و توقف را تمرین کنید، جوش کاری را از چپ به راست و از راست به چپ تمرین کنید. پشت و روی ورق را جوش بدهید.

### ۳-۱۱-۷ روش اجرای کار:

- ۱- یک قطعه پلیت از جنس فولاد کم کربن تهیه کنید و برای کنترل اندازه به نقشه شماره ۷-۳۰ مراجعه کنید.
- ۲- وسایل و ابزار جوش کاری را از انبار تحویل بگیرید.
- ۳- قبل از شروع به جوش کاری دستگاه - کابل - ترمینال‌ها و انبرالکتروود را بازرسی کنید.
- ۴- در صورت لزوم انتهای الکتروود و فک انبرالکتروود را با کاغذ سمباده تمیز کنید.

۵- دستگاه جوش کاری را برای قطب معکوس یا DCRP تنظیم نمایید.

- ۶- جریان تقریبی ۱۴۰-۱۲۰ آمپر می‌باشد.
- ۷- پلیت را به گیره میز (در صورت موجود بودن) محکم کنید یا اینکه آن را به صورت قائم در روی میز جوش کاری نگه دارید.
- ۸- گرده با مهره زنجیره‌ای طبق نقشه شکل ۷-۳۰ جوش دهید.

### ۱۲-۷ جوش کاری در وضع قائم

جوش کاری تا جایی که امکان پذیر باشد باید در حالت سطحی انجام شود. برای این منظور می‌توان جسم را با دست یا

به وسیله دستگاه‌های مکانیکی چرخاند. اما در صنعت همیشه چنین موقعیتی وجود ندارد و الزاماً جوش کاری باید در حالت‌های دیگر، غیر از حالت سطحی انجام شود مانند مخازن بزرگ نفت - سازه‌های فولادی - پل‌ها - خطوط لوله و غیره.

جوشی که در حالت قائم اجرا می‌شود باید از نظر مقاومت و ترکیب شیمیایی فلز جوش، مشابه جوشی باشد که در حالت سطحی انجام می‌شد.

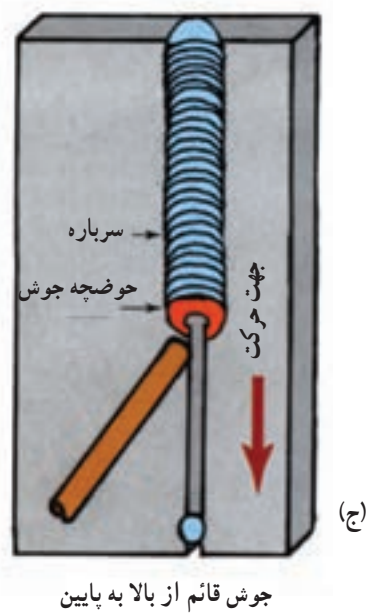
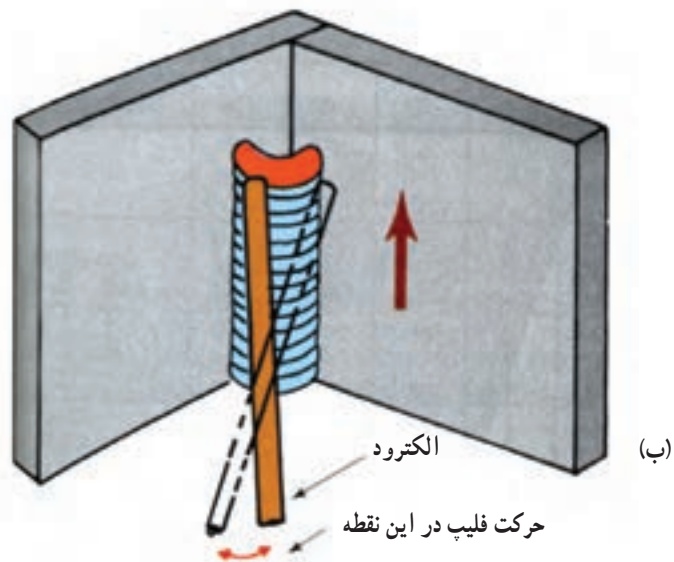
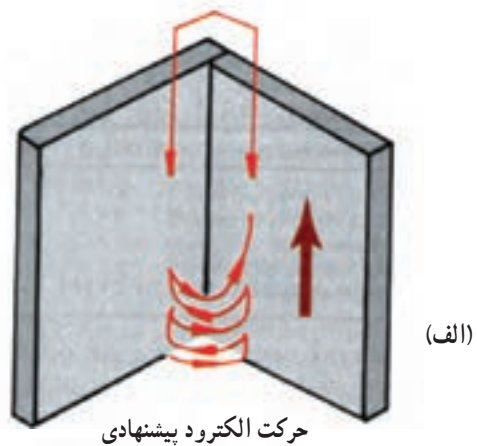
جوش کاری در حالت قائم ممکن است به دو صورت اجرا شود:

- ۱- جوش قائم از بالا به پایین (downhill)
  - ۲- جوش قائم از پایین به بالا (uphill)
- جوش کاری در هر دو حالت باید به صورتی اجرا شود که:
- ۱- سرباره در داخل جوش محبوس نگردد.
  - ۲- سرباره و مواد مذاب فرو نریزد.
  - ۳- در کناره‌های جوش، خوردگی یا undercut شکل نگیرد.

برای حصول نکات فوق لازم است که اولاً شدت جریان به طور صحیح انتخاب شود و دوم اینکه جوش کار قادر باشد حوضچه مذاب را برای مدت تقریباً طولانی تری نسبت به حالت سطحی نگه دارد و برای این منظور راهی به جز تجربه و تمرین و کسب مهارت اصولی وجود ندارد.

- در جوش کاری قائم لازم است که به نکات زیر توجه کرد:
- ۱- استفاده از طول قوس کوتاه
  - ۲- انتخاب حداقل شدت جریان تا حد امکان
  - ۳- استفاده از تعدد پاس جوش
  - ۴- استفاده از نوسان یفورم فلیپ<sup>۱</sup> (flip) مطابق شکل ۷-۳۳ الف.
  - ۵- استفاده از نوسان الکتروود مانند شکل ۷-۳۳ ب.

۱- FLIP یعنی دور کردن الکتروود به طوری که قوس قطع نگردد و این عمل در کناره‌های جوش باید انجام شود.



جوش ماهیچه‌ای در زاویه داخلی از پایین به بالا در حالت قائم  
نوسان الکترود باید توأم با نوسان فلیپ (flip) باشد.

شکل ۳۳-۷- جوش‌کاری در حالت قائم

## ۱۳-۷- کار شماره ۱۲- جوش دادن مهره زنجیره‌ای در حالت قائم از بالا به پایین روی ورق صاف

### ۱۳-۷-۱- اطلاع عمومی: گاهی اوقات باید حتماً از

روش جوش کاری گرده زنجیره‌ای در حالت قائم و از بالا به پایین (downhill) استفاده کرد. هرچند که روش از پایین به بالا از نظر استحکام بهتر می‌باشد، زیرا در روش قائم به صورت downhill نفوذ جوش زیاد مثبت و امکان باقی ماندن سرباره در مقطع جوش زیاد است. از این رو لازم است که اولاً نوع جریان DCRP انتخاب شود و درثانی از الکترودهایی استفاده کرد که رقم سوم آنها از سمت چپ (۲) می‌باشد. به علت عدم نفوذ کافی بهتر است که در ضخامت‌های نازک این روش به کار رود.

### ۱۳-۷-۲- تکنیک جوش کاری:

- ۱- قسمت لخت الکتروده را با کاغذ سمباده تمیز کنید.
- ۲- فک انبر الکتروده را بررسی نمایید در صورت لزوم آن را تمیز کنید.
- ۳- دستگاه را برای شدت جریان DCRP تنظیم کنید.
- ۴- در تنظیم شدت جریان بسیار دقت کنید.
- ۵- طول قوس را بسیار کوتاه بگیرید تا سرباره پیشاپیش فلز مذاب روان نگردد.

۶- لازم به نوسان دادن الکتروده نیست و پیش‌روی الکتروده سریع می‌باشد، از این رو عرض جوش کم و گرده باریک می‌گردد.

۷- اگر در تنظیم آمپر دقت شود خوردگی در کناره‌های جوش پدیدار نخواهد شد.

۱۳-۷-۳- بازرسی جوش: پهنا و ارتفاع گرده باید یکنواخت باشد.

ظاهر گرده باید هموار بوده موج‌های نزدیک به هم داشته باشد و فرورفتگی یا برجستگی نداشته باشد.

اندازه: به نقشه ۷-۳۴ مراجعه کنید.

سطح گرده باید تخت باشد.

لبه‌های گرده باید خوب با ورق درآمیخته گود یا برگشته نباشد.

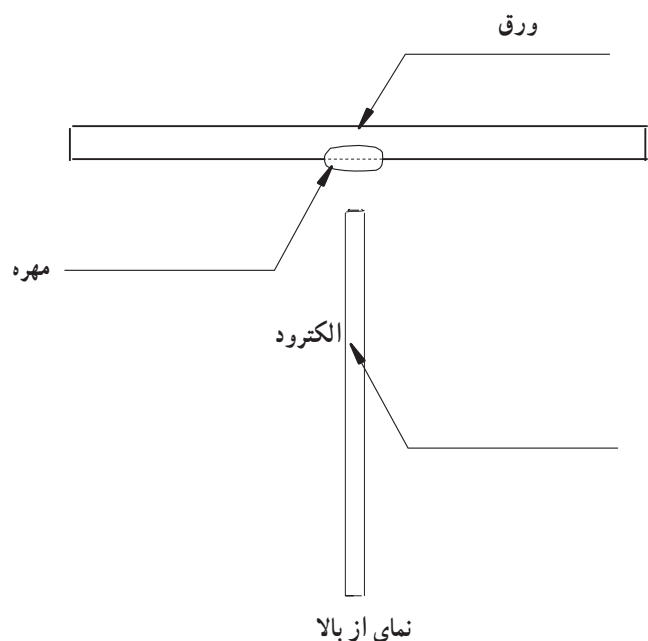
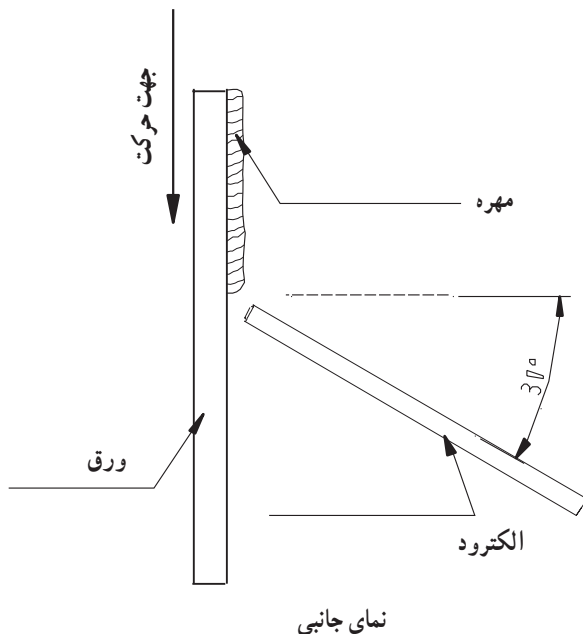
نقاط شروع و توقف: فرورفته یا برجسته نباشد.

ابتدا و انتها به اندازه‌ی کامل باشد. حفره‌ها پر شده باشد.

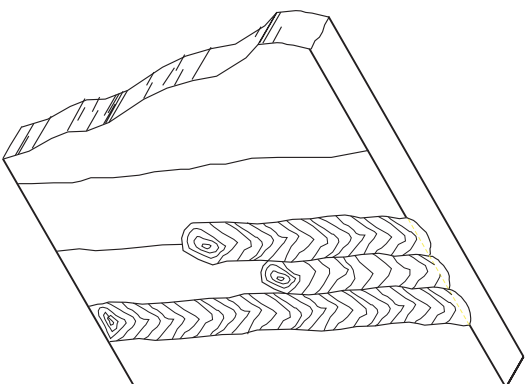
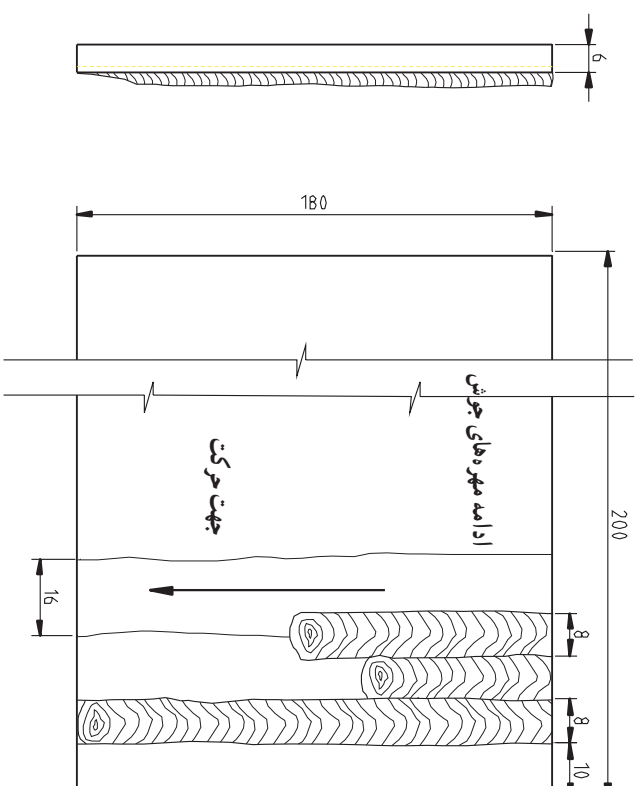
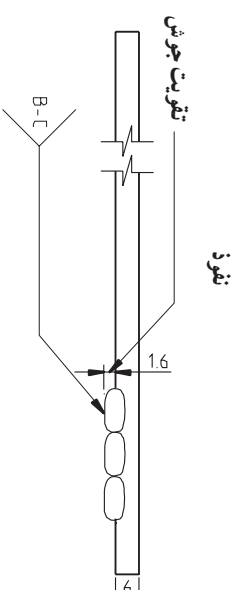
نفوذ و درآمیختگی: مهره‌ها به سطح ورق و به مهره‌های مجاور خوب درآمیخته باشد.

به سطح ورق در اطراف گرده ذرات سرباره نچسبیده باشد.

ایجاد سرباره: سرباره گرده جوش را بپوشاند و به سهولت دور شود.



شکل ۷-۳۴- وضعیت قرارگیری جهت و پیش‌روی الکتروده



B- جوش کاری در دو طرف صفحه  
C- وضعیت قائم

		الکترودهای جوش کاری	قوس دستی یا قطب	نرم
		صفحه	معموس ۴mm - قطر	نرم
		نام	6 × 180 × 200	نرم
		شماره قطعه	ایجاد	نرم
		نام قطعه	صفحه صاف	نرم
		مقیاس	نوع استاندارد	شماره قطعه

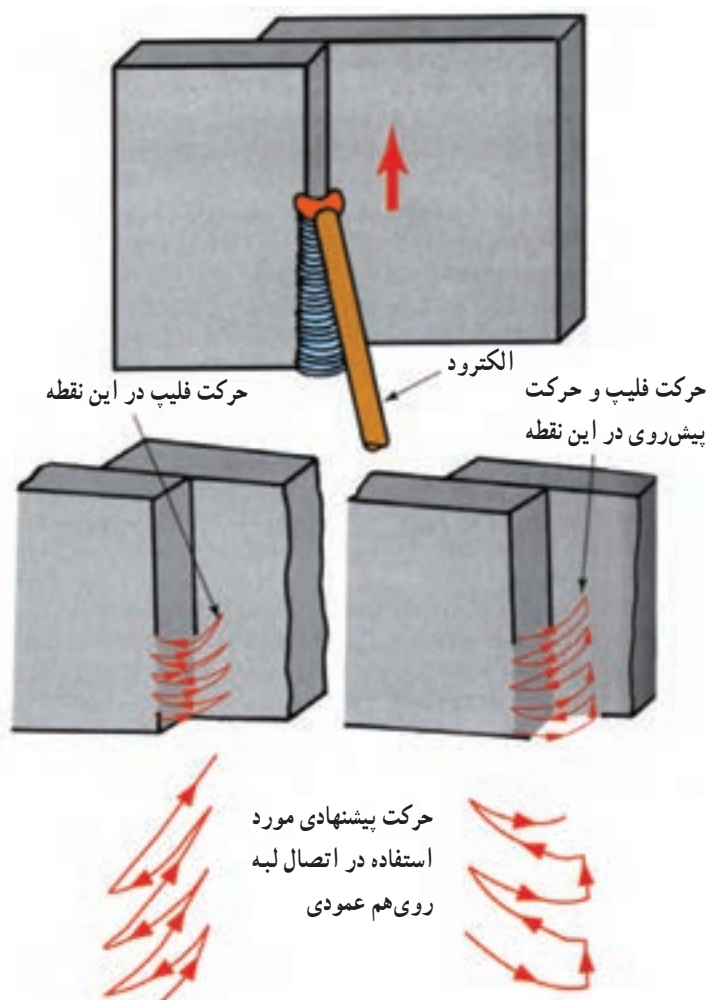


## ۷-۱۴- کار شماره ۱۳- جوش دادن اتصال سپری- اتصال لبه روی هم و اتصال سربه سر در حالت قائم از پایین به بالا

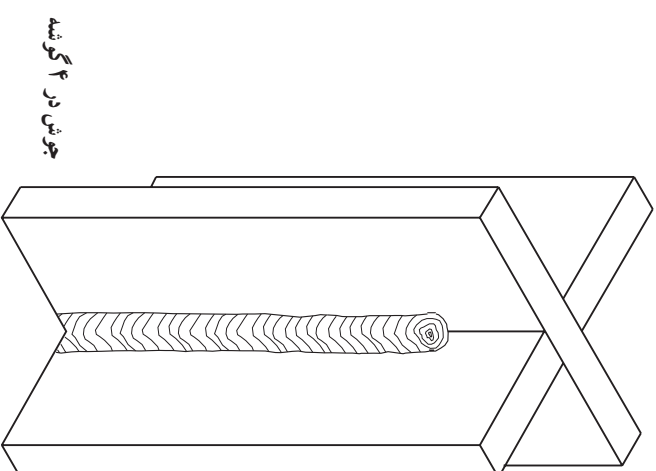
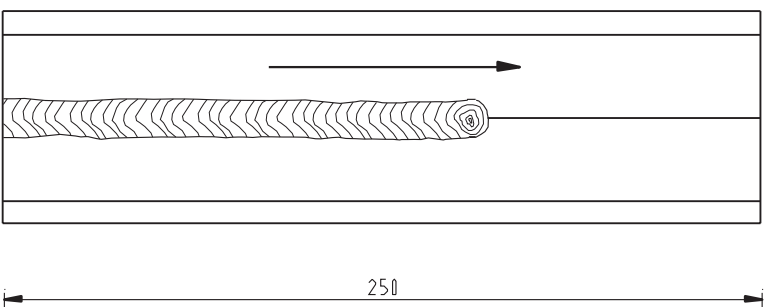
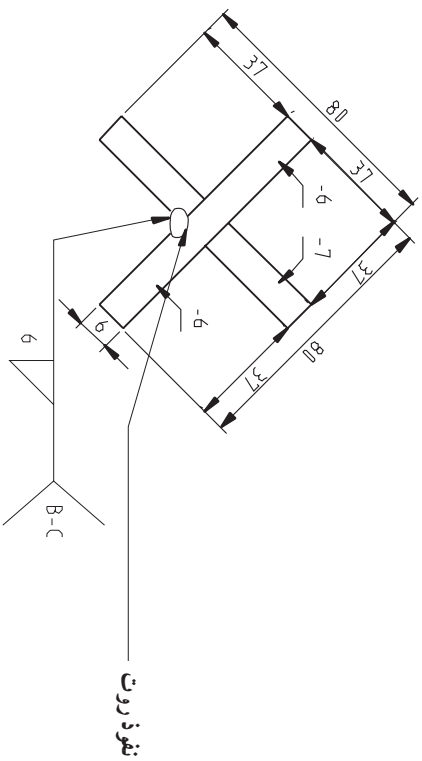
۷-۱۴-۱- اطلاع عمومی: در جوش کاری قائم لازم است که بیش از سایر اتصالات تمرین کرده تا مهارت کافی کسب شود. و این کار در سه نوع اتصال متفاوت که روش کار تقریباً یکسان است باید اجرا شود. تنها اختلافی که می تواند وجود داشته باشد تنظیم میزان شدت جریان و زاویه الکتروود است در روش جوش کاری uphill شدت جریان باید به دقت تنظیم شود تا

گرده جوش بتواند به عمق درز و به سطح ورق ها نفوذ کرده و به آنها درآمیزد. وضع الکتروود باید مطابق شکل ۷-۳۶ باشد و نوسان باید به صورت زیگزاگ و فلیپ انجام شود نوسان flip برای جلوگیری از گرم شدن بیش از اندازه فلز مذاب و رقیق شدن و فروچکیدن آن می باشد.

به عبارت دیگر در روی درز طول قوس را کوتاه کنید هنگامی که الکتروود ضمن نوسان خود به سمت بالا حرکت می کند قوس را اندکی طویل تر کنید اما هرگز نباید قطع شود.



شکل ۷-۳۶- حرکت نوسانی در اتصال لبه روی هم (Lap joint)  
در حالت قائم از پایین به بالا



وضعیت قائم

نرم	نرم	فولاد	قوس دستی با قطب معموس ۴mm - قطر	الکترودهای جوش کاری	
نرم	نرم	فولاد	معموس ۴mm - قطر	صفحات	شماره قطعه
کیفیت	مواد	ابعاد	۶×۱۸۰×۲۰۰	صفحه	شماره قطعه
اتصال TEE					
شماره قطعه			نرم	مقیاس	نام قطعه

## ۲-۱۴-۷- بازرسی جوش :

اندازه: به نقشه ۷-۳۷ مراجعه کنید. گرده را با فیلر جوش آزمایش کنید.

سطح گرده باید تخت باشد.

لبه‌های گرده باید خوب با ورق درآمیزد و گود یا برگشته

نباشد.

نقاط شروع و توقف: فرو رفته و برجسته نباشد.

ابتدا و انتهای گرده باید به اندازه کامل باشد. حفره‌ها پر

شده باشد.

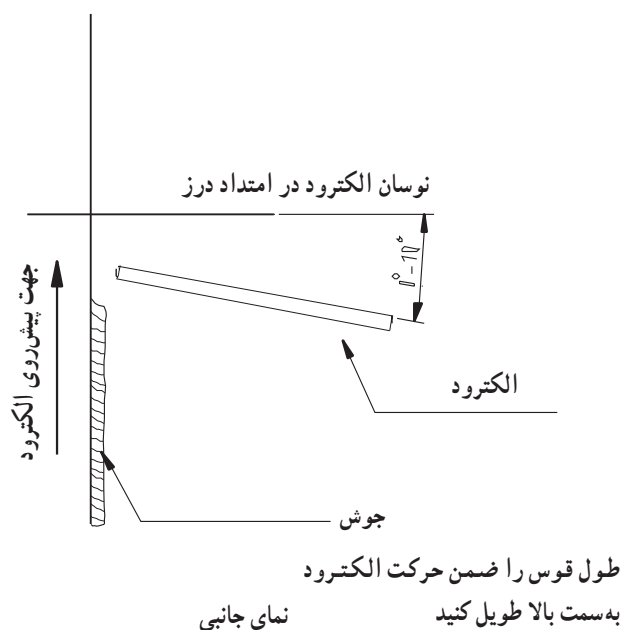
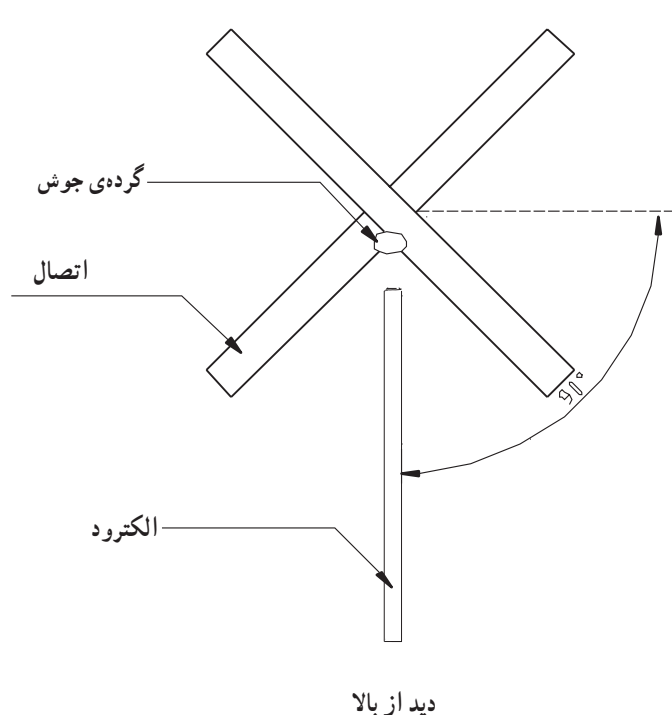
نفوذ گرده باید به عمق درز و به سطح ورق‌ها خوب نفوذ

کرده باشد.

به سطح ورق در اطراف گرده نباید سرباره چسبیده باشد.

ایجاد سرباره: سرباره باید گرده‌ی جوش را بپوشاند و

به سهولت دور شود.



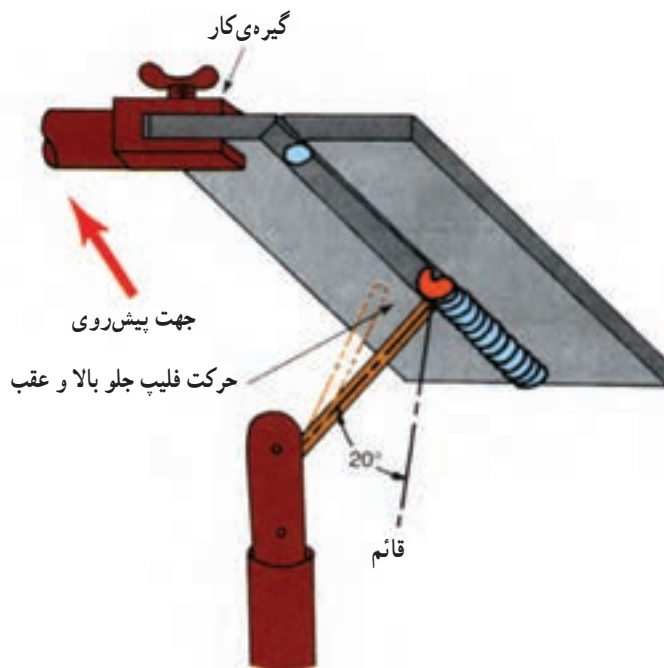
شکل ۷-۳۸- زاویه الکتروود و جهت پیشروی

جوش کاری شود لازم است که در ابتدا در روی ورق صاف تمرین جوش کاری انجام شود و پس از کسب مهارت اقدام به جوش کاری درز یا شیار گردد. در شکل ۷-۳۹ جوش کاری یک اتصال سرباره‌ساز با زاویه پخ ۷ شکل نشان داده شده است. کاربرد جوش کاری در بالای سر در کشتی‌سازی - خطوط لوله و سازه‌های فولادی و غیره می‌باشد.

## ۱۵-۷- کار شماره ۱۴- جوش کاری بالای سر در دو سطح صاف (overhead welding position)

### ۱-۱۵-۷- اطلاع عمومی نوع قطب DCRP:

جوش کاری بالای سر یکی از مشکل‌ترین حالت جوش کاری است که در عین حال می‌تواند برای فرد جوش کار خطر آفرین باشد. بنابراین لازم است که جوش کار از لباس ایمنی درست و ابزار کار صحیح استفاده کند قبل از اینکه درز یا شیار،



شکل ۷-۳۹- جوش کاری اتصال سر به سر در بالای سر

برجستگی و فرورفتگی نداشته باشد.

اندازه: به نقشه ۷-۴۱ مراجعه کنید.

سطح گرده باید اندکی محدب باشد.

لبه‌های گرده: خوب با ورق درآمیخته گود یا برگشته نباشد.

نقاط شروع و توقف: فرورفته یا برجسته نباشد.

ابتدا و انتها: به اندازه کامل باشد. حفره‌ها پر شده باشد.

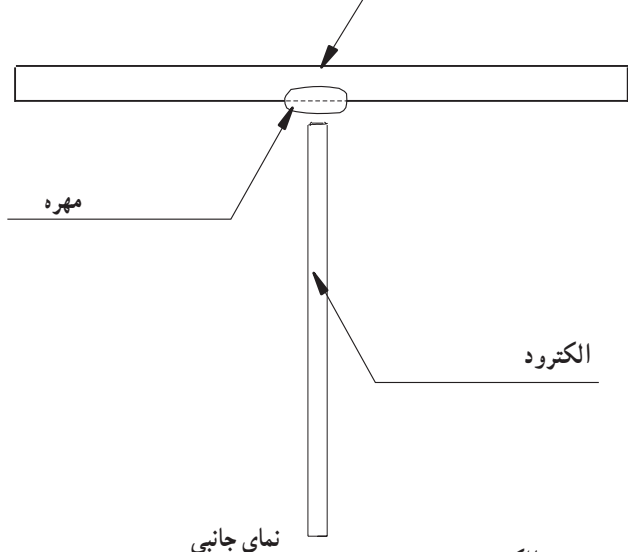
نفوذ و درآمیختگی: مهره باید به سطح ورق به یک دیگر

خوب درآمیخته باشد.

ایجاد سرباره: سرباره سطح گرده را پوشاند و به سهولت

دور شود.

ورق



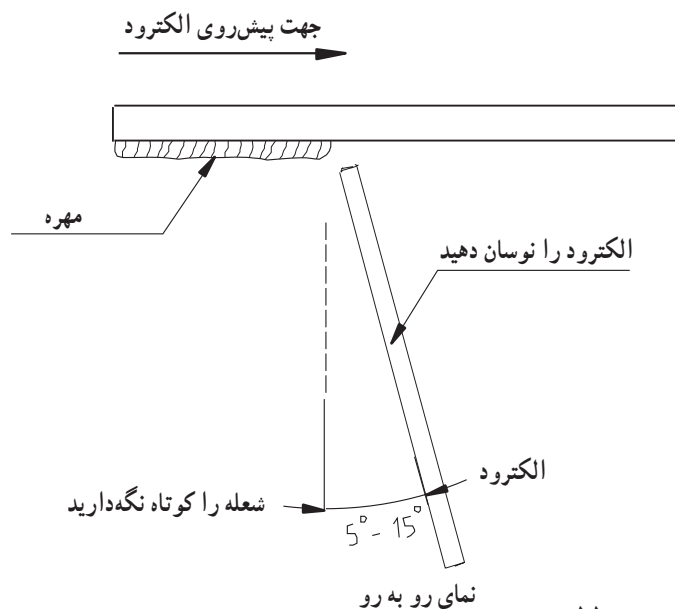
## ۷-۱۵-۲- تکنیک جوش کاری: شدت جریان در

حداقل امکان باید انتخاب شود. جوش کار باید وضعی را انتخاب کند که بتواند حوضچه مذاب را به خوبی رؤیت کند. استفاده از قوس کوتاه ضروری است. نوسان الکتروود و استفاده از روش flip در این نوع جوش کاری الزامی است. شکل ۷-۴۰ نگهداری الکتروود را نشان می‌دهد.

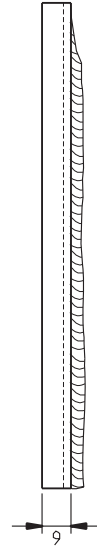
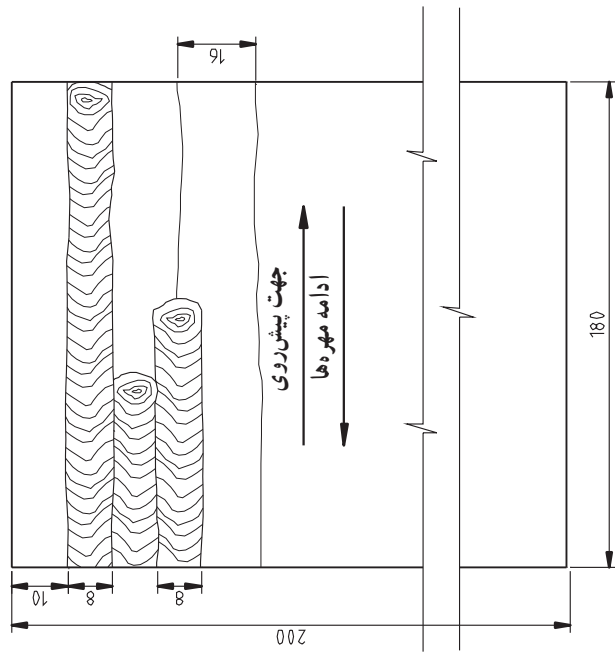
## ۷-۱۵-۳- بازرسی جوش: پهنا و ارتفاع گرده باید

یکنواخت باشد.

گرده باید هموار بوده و موج‌های نزدیک به هم داشته باشد.



شکل ۷-۴۰- وضعیت قرارگیری و جهت پیشروی الکتروود



			الکترو دهای جوش کاری	قوس دستی با قطب معکوس ۴mm قطر	فولاد	نرم
			ورق	6 × 180 × 200	فولاد	نرم
	شماره قطعه		نام	ابعاد	کیفیت	
			نام قطعه	جوش کاری روی صفحه صاف		
			مقیاس	نرم	شماره قطعه	

شکل ۷-۴۱- نقشه کار شماری ۱۴

## ۱۶-۷- جوش کاری لوله های فولادی با استفاده از روش SMAW

۱-۱۶-۷ اطلاع عمومی: آماده کردن قبلی لوله برای انجام جوش کاری یکی از نکات دقیق و ضروری است که باید به آن توجه کرد.

۱- فلز جوش و نواحی مجاور به آن باید از استحکام و

مقاومت کافی برخوردار شود تا بتواند در برابر فشار سیال داخل لوله مقاومت نماید.

۲- لوله هایی که به هم جوش داده می شوند باید در یک راستا قرار گیرند.

فیتینگ های آماده با لبه های پخدار در اندازه های مختلف با هر ضخامتی مطابق با استاندارد در دسترس می باشد. مانند شکل ۴۲-۷.

						
زانو ۹۰	زانو ۹۰	زانو تبدیل ۹۰	زانو ۳R ۹۰، ۴۵	زانو ۹۰	زانو ۴۵	خم ۱۸۰
						
خم ۱۸۰	سه راه	چهار راه	تبدیل متحدالمرکز	تبدیل خارج از مرکز	درپوش	بوش
						
انشعاب	انشعاب فرم دار	غلاف	زین	حلقه های جوش کاری	فلنج انبساطی	فلنج و نتوری انبساطی

شکل ۴۲-۷- فیتینگ های جوشی



در صنعت برای پخ زدن و نیز زاویه دقیق بیشتر از ماشین های مخصوص برشکاری لوله استفاده می شود. محرک این نوع دستگاه ها موتور الکتریکی یا هیدرولیکی است که در اندازه های مختلف ساخته می شود. (شکل ۴۳-۷)

شکل ۴۳-۷- دستگاه برش اکسی استیلن که مشعل آن دور لوله حرکت می کند. عامل حرکت فلکه دستی است که به یک سیستم گریکس درگیر است.

دستگاه برش هیدرولیکی نشان داده شده است.

نوع دیگر دستگاه برش در شکل ۷-۴۴ نشان داده شده

است که سیستم کنترل آن کامپیوتری است و در شکل ۷-۴۵



شکل ۷-۴۴ در این سیستم دستگاه ثابت است و لوله در زیر مشعل می‌چرخد.



شکل ۷-۴۵ دستگاه برش هیدرولیکی که نوع پخ و زاویه آن را دقیقاً برش می‌زند.

در روش "5G" جوش کاری در سه حالت سطحی - قائم و بالای سر انجام می‌گیرد (شکل ۷-۴۶).

از پروسه‌های جوش SMAW - GTAW و GMAW می‌توان برای جوش کاری انواع لوله‌ها با وضعیت‌های متفاوت استفاده کرد. اما از این سه روش، در جوش کاری لوله روش SMAW کاربرد زیادی دارد.

۷-۱۶-۲ تکنیک جوش لوله: یکی از متداول‌ترین

انواع اتصال در جوش لوله اتصال سربه سر با پخ ۷ شکل یک طرفه می‌باشد وضعیت قرارگرفتن لوله و درز یا شیار می‌تواند در حالت‌های متفاوت باشد. برای مثال در خطوط لوله، لوله در حالت افقی و ثابت است درز و شیار در حالت قائم قرار می‌گیرد و چنین وضعیتی به استاندارد "5G" معروف است.





شکل ۴۶-۷- جوش کاری SMAW در لوله که بالای سر انجام می شود، وضعیت جوش کاری "5G" می باشد.

است.

از جوش کار لوله مطابق با مهارتی که دارد یکی از چهار وضعیت را آزمایش می گیرند و اگر فردی بتواند تست "6G" را بدون عیب انجام دهد جوش کار درجه یک خواهد بود.

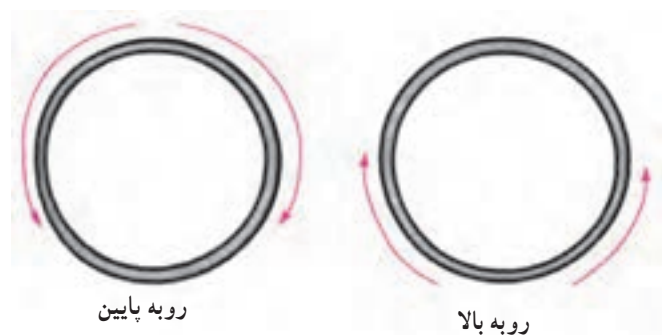
در وضعیت "5G" ممکن است جوش کاری به دو صورت زیر انجام شود (شکل ۴۸-۷).

۱- uphill (از پایین به بالا)

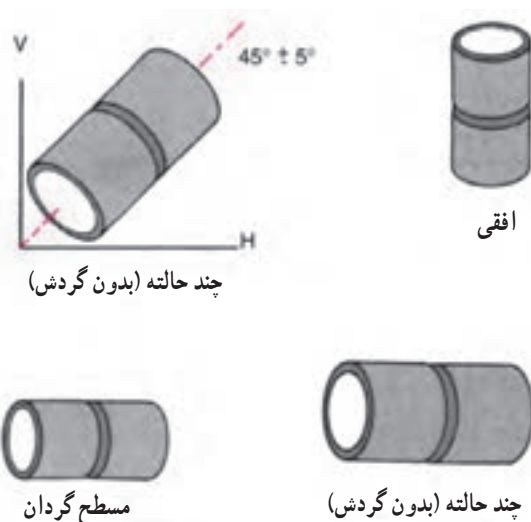
۲- downhill (از بالا به پایین)

امروزه برای هر عمل جوش کاری دستورالعمل هایی با رعایت قوانین و استانداردها توسط متخصصان نوشته می شود که آن را WPS می نامند از این رو و برای جوش کاری لوله در ابتدا WPS توسط جوش کار مطالعه می گردد و سپس اقدام به جوش کاری می کند.

لبه لوله قبل از جوش کاری باید مطابق با WPS پخ زده شود (نوع پخ و زاویه) و دور تا دور آن را به فاصله هر ۱۵ سانتی متر یا ۲۰ سانتی متر به وسیله خال جوش محکم کرد. در شکل ۴۷-۷ وضعیت های متفاوت جوش لوله نشان داده شده



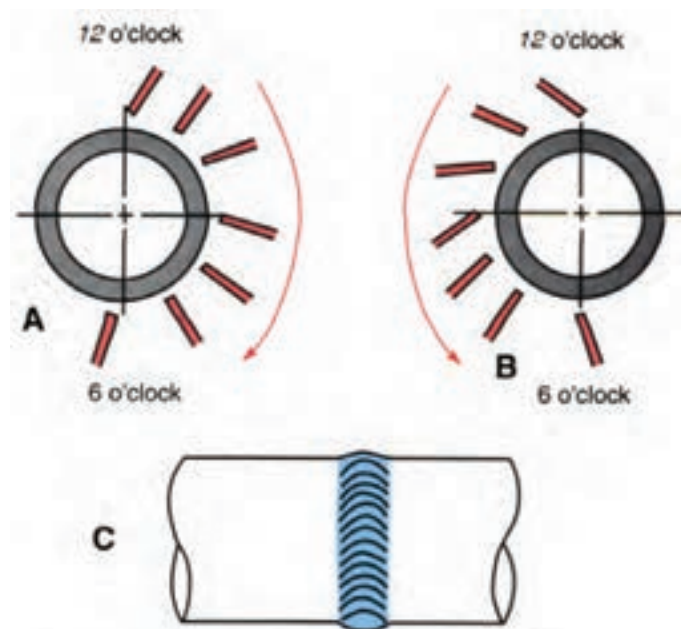
شکل ۴۸-۷- روش جوش کاری uphill و downhill در لوله



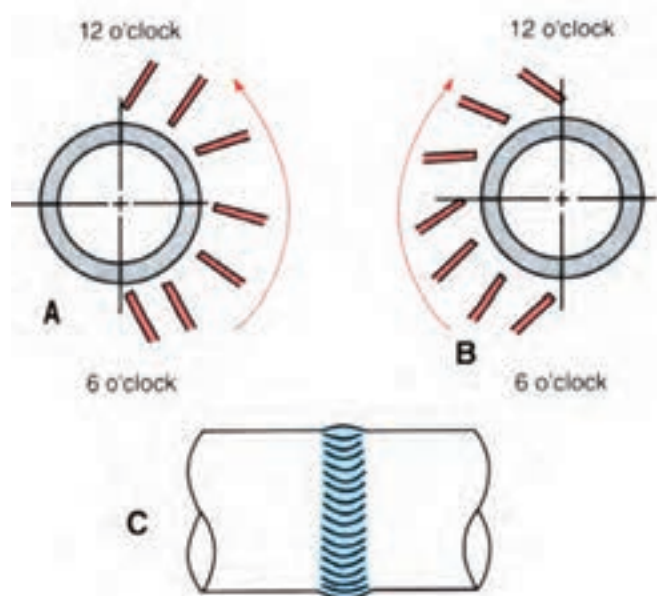
شکل ۴۷-۷- وضعیت مختلف جوش لوله

روش باید ادامه داد. در روش uphill نفوذ جوش بیشتر است و نیاز به تعدد پاس‌های جوش کمتری می‌باشد. (اشکال ۷-۴۹ و ۷-۵۰).

در روش uphill شروع جوش کاری از زیر لوله (خط ساعت ۶) آغاز و الکتروود به طرف بالا حرکت می‌کند تا به نقطه اوج لوله یعنی خط ساعت ۱۲ برسد و نیم دیگر را نیز با همین



شکل ۷-۴۹- جوش کاری در وضعیت "5G" با روش downhill و استفاده از روش‌های جوش کاری SMAW - GTAW و GMAW



شکل ۷-۵۰- جوش کاری در وضعیت "5G" با روش uphill و استفاده از روش‌های جوش کاری SMAW - GTAW و GMAW

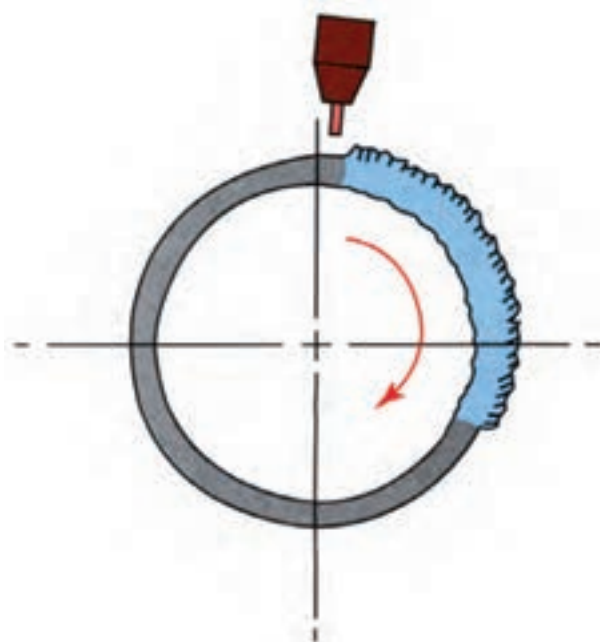
که باید اعمال خاصی را در مورد آنها اجرا کرد.  
لوله‌هایی که درصد کربن آنها کمتر از ۰/۳ درصد است و نیز ضخامت جداره آنها زیر ۱۹mm باشد به سهولت جوش کاری می‌شوند به شرط اینکه پارامترهای جوش کاری مانند میزان آمپر - قطر الکتروود - نوع الکتروود - زمان جوش کاری - نرخ مذاب الکتروود در واحد زمان، درست و صحیح انتخاب گردد.  
لوله‌هایی که ضخامت جداره آنها بیش از ۴ میلی‌متر باشد آماده‌سازی آنها قبل از جوش کاری یکی از عوامل اساسی است. در این مورد هر لوله‌ای که ضخامت جداره آن ۴ میلی‌متر و بیشتر باشد لازم است که لبه‌های آنها را با وسایل مختلف پخ‌زده تا لوله از نفوذ کافی جوش برخوردار گردد.  
زاویه پخ و عمق شیار و فاصله بین دو لوله به میزان فشار داخلی لوله بستگی دارد.

معمولاً لوله‌هایی که فشار در آنها زیاد باشد از روش قوس الکتریکی یا الکتروود دستی استفاده می‌کنند. از طرفی روش پخ‌زدن ارتباط با جنس فلز لوله دارد. برای مثال لوله‌های فولادی معمولی (درصد کربن کمتر از ۰/۳ درصد) را می‌توان با روش اکسی استیلن بریده و پخ زد اما تعدادی از آلیاژهای فولادی را نباید با این روش برید و پخ‌زد و لازم است که این نوع لوله‌ها با ماشین پخ‌زده شوند.

زاویه پخ برای دو لوله که سر به سر جوش می‌خورند ۴۵°، ۶۰° و یا ۹۰° می‌باشد و عمق شیار بستگی به ضخامت جداره دارد.

با توجه به شکل زیر اندازه A برای لوله‌های دارای قطر متفاوت به صورت زیر است:

A = ۱/۵mm	لوله‌هایی که قطر آنها کمتر از ۶" است
A = ۳mm	برای لوله‌های ۶" تا ۱۲"
A = ۴mm	برای لوله‌های ۱۲" تا ۱۴"
A = ۶mm	برای لوله‌های بزرگ‌تر از ۱۴"



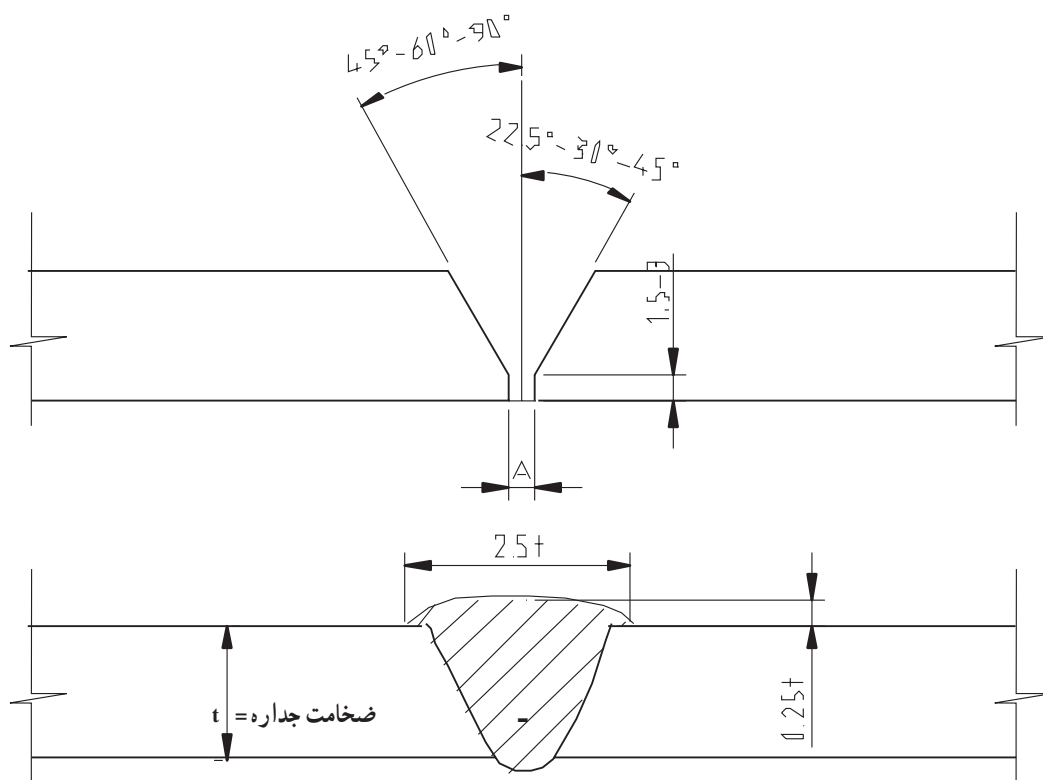
شکل ۵۱-۷- جوش کاری با چرخش لوله

هنگامی که لوله را می‌توان چرخاند، عمل جوش کاری لوله تقریباً مشابه جوش در حالت سطحی است که در روی پلیت انجام می‌گیرد. نوک الکتروود تقریباً نزدیک به خط ساعت ۱۲ قرار می‌گیرد و چرخش لوله در جهت عقربه‌های ساعت است (شکل ۵۱-۷).

## ۷-۱۷- کار شماره ۱۵- جوش کاری لوله ۱/۲" در

### وضعیت "1G"

۷-۱۷-۱- اطلاع عمومی: به طور کلی جنس فلز لوله و تیوب از فلزات و آلیاژهایی است که قابلیت جوش کاری دارند. برخی از لوله‌ها به سادگی جوش می‌خورند ولی تعدادی از آلیاژها را باید با روش‌های خاص مکانیکی - فیزیکی جوش کاری کرد. این نوع لوله‌ها گرایش به ترک خوردن در حین اجرای جوش کاری یا بعد از اتمام جوش کاری در هنگام سرد شدن فلز جوش دارند



شکل ۵۲-۷

جدول زیر فاکتورهای متفاوت جوش کاری را نشان می دهد.

جدول ۷-۱- عوامل مؤثر در جوش کاری

وزن الکتروود مصرفی به گرم	زمان جوش کاری به طور متوسط در دقیقه	مقدار شدت جریان	قطر الکتروود mm	قطر اسمی لوله بر حسب اینچ
۳۱	۵	۷۰A	۲/۵	۱
۵۰/۸	۸	۷۰A	۲/۵	۲
۱۰۲	۱۲	۷۰A	۲/۵	۳
۱۵۳	۱۶	۹۰A	۳/۲۵	۴
۱۹۱	۲۰	۹۰A	۳/۲۵	۵
۲۸۰	۲۶	۹۰A	۳/۲۵	۶
۴۳۲	۳۳	۹۰A	۳/۲۵	۸
۶۸۶	۴۲	۹۰A	۳/۲۵	۱۰

## ۲-۱۷-۷- تکنیک کار:

۱- یک قطعه لوله سیاه ۲/۵ اینچ با طول ۲۰۰ میلی متر انتخاب کنید.

۲- یک حلقه از لوله را به طول ۴۰ mm بریده جدا کنید.

۳- هر دو سر لوله را مطابق شکل با زاویه ۶۰° پخ بزنید.

۴- مطابق شکل پاشنه جوش را به اندازه ۱/۵ میلی متر

درست کنید.

۵- فاصله بین دو لوله ها یا  $(Root)=A$  را به اندازه ۱/۵

میلی متر در نظر بگیرید.

۶- مطمئن شوید که هر دو قطعه لوله در یک راستا و مرکز

هر دو لوله در یک خط قرار بگیرند.

۷- دور تا دور لوله ها را با فاصله ۱۲۰° نسبت به هم

خال جوش بزنید.

۸- طول هر خال جوش حداقل باید ۲/۵ برابر قطر الکترود

باشد.

۹- پس از اولین خال جوش چنانچه مشاهده گردید که

فاصله A تغییر کرده با ضربات آهسته چکش مجدداً فاصله را تنظیم

و خال جوش دوم را اجرا نمایید.

پس از بازرسی شرایط لوله یعنی هم راستا بودن و فاصله

A خال جوش سوم را بزنید.

۱۰- لوله را طوری در روی دو غلتک دوبل قرار دهید که

لوله به سهولت با یک دست چرخانده شود.

۱۱- انبر الکترود - کابل ها را بازرسی نمایید و اگر نیاز

بود فک انبر الکترود را کاملاً تمیز کنید.

۱۲- دستگاه را برای شدت جریان حدود  $70^{\circ}A$  تنظیم

کنید.

۱۳- الکترود  $E6010$  یا  $E7010$  را برای جوش کاری

انتخاب کنید.

۱۴- الکترود را در اوج لوله یا خط ساعت ۱۲ نگه دارید

و قوس را برقرار کنید.

۱۵- اگر چپ دست هستید با دست دیگر لوله را در جهت

خلاف عقربه های ساعت متناسب با سرعت مذاب بچرخانید و اگر

راست دست هستید در موقع جوش کاری لوله را در جهت

عقربه های ساعت با دست دیگر بچرخانید.

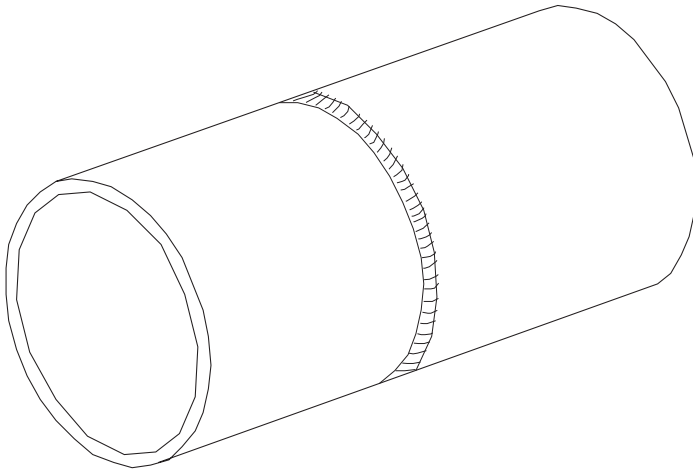
۱۶- بعد از اتمام جوش کاری از طرفی که جوش داده اید

به طول ۸ سانتی متر بریده و جدا کنید.

۱۷- به مقدار نفوذ جوش توجه کنید، به طوری که لبه های

لوله از طرف داخل با فلز جوش درهم آمیخته باشد و مقدار نفوذ

از طرف داخل نسبت به سطح در حدود ۱ میلی متر باشد.



شکل ۵۳-۷- جوش سطحی و چرخشی - 1G

## ۱۸-۷- کار شماره ۱۶- لوله کشی گاز

۱-۱۸-۷- دستگاه و ابزار لازم: دستگاه جوش با

کابل حداقل ۱۵ متر و اتصال ۵ متر - گیره صحرائی - لوله بر-

ماشین مته (دریل) چکشی با مته الماسه شماره ۸ برای بست ها

ماشین مته (دریل) چکشی با مته الماسه ۲۵ و ۴۰ برای سوراخ

کردن دیوار گچ فشارسنج با حداکثر درجه ۴۵psi - ماسک

کلاسی شیشه ماسک - چکش - پیچ گوشتی - آچار فرانسه -

آچار شلاق - تلمبه یا پمپ باد - کابل سیار - گونیا - متر -

سوهان سه گوش - فرچه سیمی - مایع ظرفشویی با ظرف آن -

خرک - چهارپایه یا نردبان - جعبه ابزار - کمان اره - فرچه

رنگ - فرچه ضد زنگ

## ۲-۱۸-۷- مواد لازم:

لوله ۱"	۷/۲ متر	لوله ۱"	۱۲/۵ متر
مهره، سوره ۱"	۱ عدد	بوشن ۱"	۲ عدد
تبدیل ۱" × ۱"	۱ عدد	زانوی ۱"	۸ عدد
زانوی ۱"	۷ عدد	سه راه ۱"	۱ عدد
سردنده ۱"	۸ عدد	زانوی دنده ای ۱"	۱ عدد
سردنده ۱"	۳ عدد	شیر گازی ۱"	۲ عدد
شیر ۱"	۳ عدد	نوار تفلون	۳ حلقه
ضد زنگ	۵/۰ کیلو	رنگ روغنی	۵/۰ کیلو
سنباده	یک ورق	پیچ و رولپلاک	۱۲ عدد
بست ۱"	۶ عدد	بست ۱"	۶ عدد
پولیکا ۳"	۷/۰ متر	پولیکا ۱ ۱/۴"	۳/۰ متر
الکتروود ۲/۵	۱/۵ کیلوگرم		

## ۳-۱۸-۷- روش اجرای کار:

- از روی نقشه ایزومتریک شکل ۵۳-۷ مصالح مورد نیاز برآورد و با مواد لازم مذکور مقایسه نموده و از انبار تحویل بگیرید.
- در صورت نیاز سوراخ کاری ساختمان را انجام داده به طوری که قطر سوراخ حداقل یک سانتی متر بیشتر از قطر لوله عبوری از آن باشد.
- جوش های گردان (جوش روی خرک) و جوش های ثابت را (جوش در محل نصب) تعیین نمایید.
- نقشه های ایزومتریک فرعی را رسم کرده و قطر لوله ها را روی آن نوشته و از روی آن وصاله ها (زانو و سه راه ها) را تا حد ممکن به یکدیگر جوش دهید.
- وصاله ها را به محل نصب برده و با مداد آکسی (محور)، ابتدا و انتهای آنها را به محل نصب منتقل می کنیم.

- فاصله های مشخص شده با دقت ۵ میلی متر به وسیله متر اندازه گرفته و بر روی نقشه ایزومتریک اصلی و فرعی منتقل می کنیم.
- لوله کشی را از جاکنتوری به طرف داخل شروع کرده ابتدا جوش های گردان را انجام دهید و بعد از آن یک دست رنگ روغنی به لوله ها بزنید.
- تا خشک شدن رنگ لوله ها محل بست ها را مشخص و با ماشین مته (مته الماسه نمره ۷) محل ها را سوراخ کنید و سپس بست ها را با پیچ و رولپلاک شل ببندید.
- بعد از خشک شدن لوله ها آنها را داخل بست قرار داده و جوش کاری ثابت را انجام دهید.
- پس از اتمام لوله کشی طرف داخل شیر کنتور را ببندید و فشارسنج را به یکی از شیرهای مصرفی وصل نموده و از شیر مصرفی دیگر به وسیله تلمبه یا پمپ باد فشار سیستم به

۱° psi برسانید.

۱۱- حال از جاکنتوری تا سر علمک را به روش فوق الذکر

لوله کشی نموده و تحت فشار قرار دهید.

۱۲- در زمان اجرای ردیف ۱۱ اگر افت فشار در قسمت

داخلی مشاهده شود. لوله کشی داخلی را مجدداً تحت فشار قرار

داده با کف مایع ظرفشویی محل نشت را پیدا کرده و آن را برطرف

نمایید و مجدداً تحت فشار ۱° psi قرار دهید.

۱۳- وصاله ها و محل های جوش کاری شده را ابتدا

ضد زنگ و بعد از خشک شدن رنگ آمیزی نمایید.

۱۴- بعد از خشک شدن رنگ، لوله هایی را که از دیوار یا

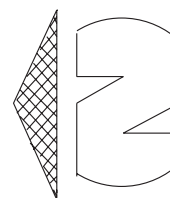
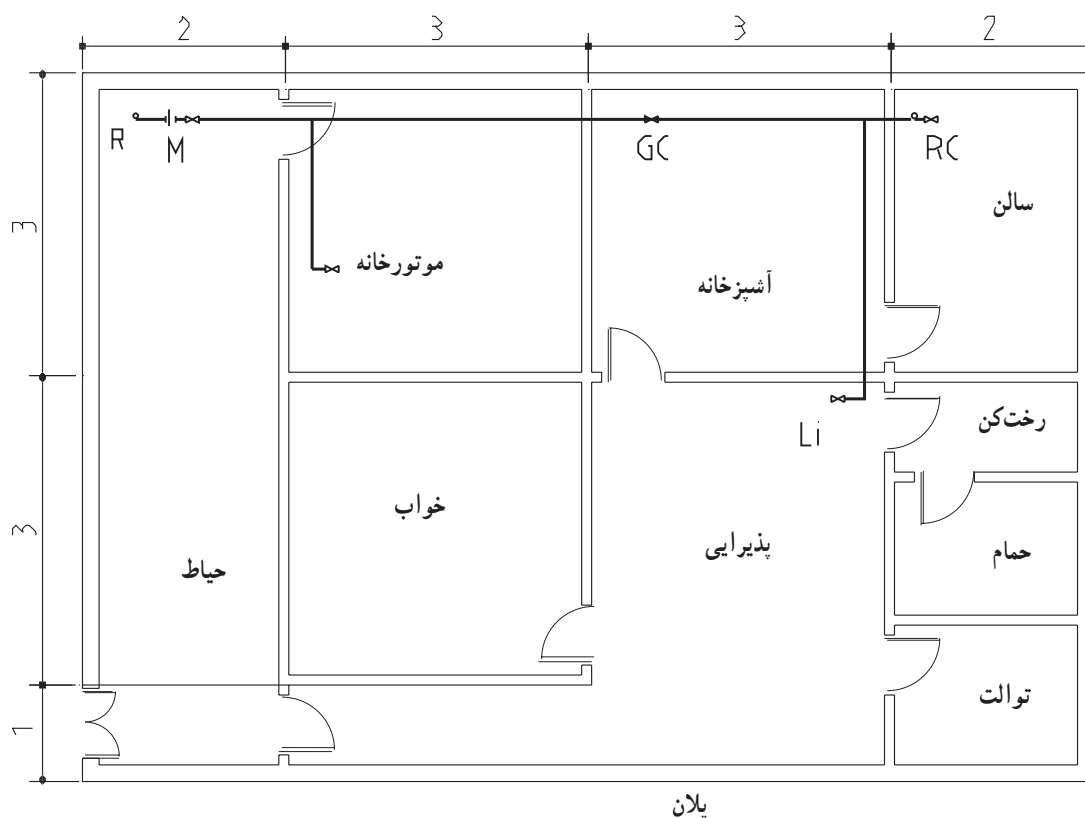
نزدیک سیم برق یا جعبه تقسیم رد می شوند با لوله پولیکا یا نوار

پرایمر عایق کنید.

۱۵- پیچ بست ها را محکم نموده و به آن یک دست دیگر

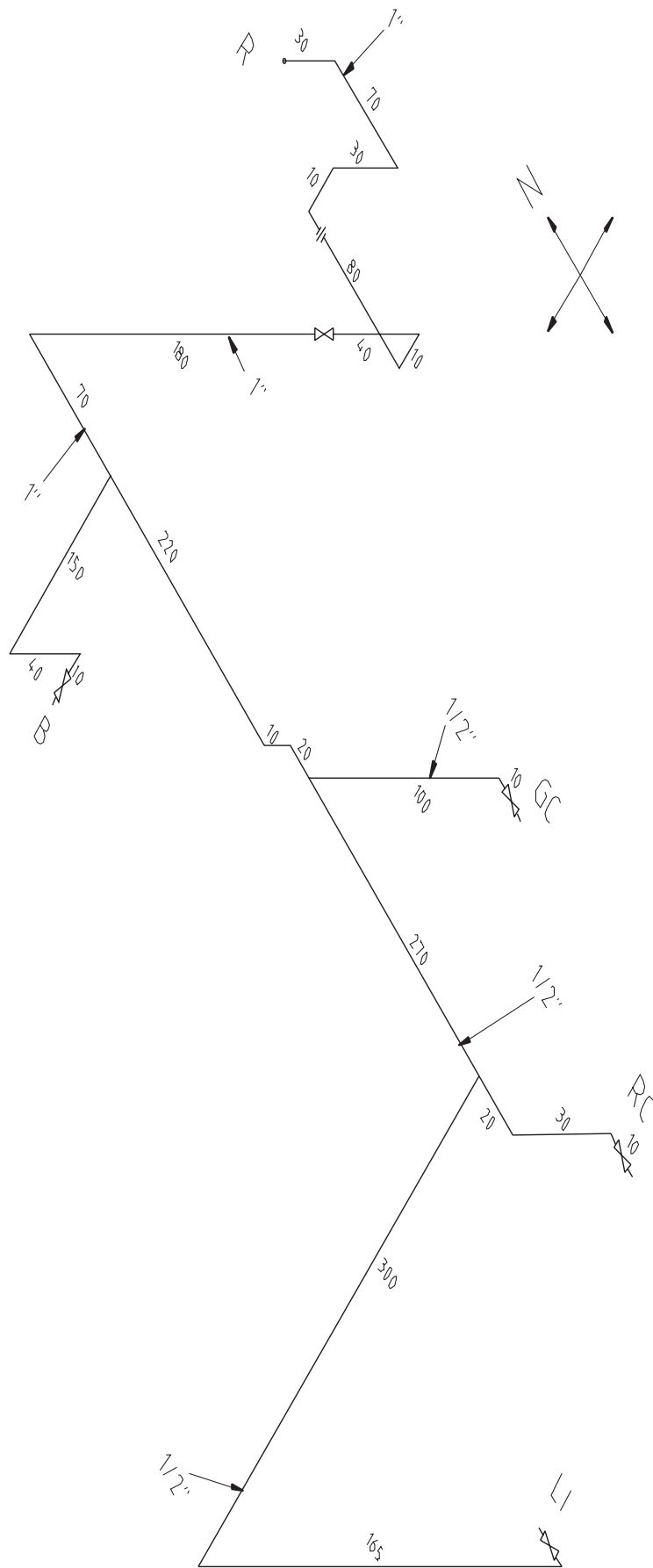
رنگ روغنی بزنید و فشار را مجدداً کنترل کنید - سیستم باید

حداقل در مدت ۲۴ ساعت و فشار ۱° psi تحت آزمایش باشد.



Sc=1:100





نقشه ایزومتریک

شکل ۵۴-۷- نقشه کار شماره ۱۶

## منابع و مأخذ

- 1- Modern Welding  
Andrew D.Althouse, Carl H Turnquist the Good Heart - Willox Company
- 2- Welding Skills and Practices  
J.W.Giochino, William Weeks, Elmer Brune American Technical Society
- 3- The Science and Practical of Welding  
A.C. DAVIES  
Cambridge University Press

