

## فصل ۳

# جوش کاری مقاومتی



امروزه در تولیدات صنعتی، جوش مقاومتی نقش بسیار زیادی را ایفا می‌کند از جمله در صنعت خودروسازی، در صنعت هوافضا، لوازم خانگی و سایر صنایع. به عنوان مثال در بدنه هر خودرو حدود ۶۰۰۰ اتصال وجود دارد که با نقطه جوش انجام می‌شود. سرعت بالا، قابلیت اتوماسیون و امکان نقطه جوش همسان از جمله محاسن و ویژگی‌های این فرایند است که نمی‌توان جایگزینی برای آن در ساخت مصنوعات با ورق نازک متصور شد. در صنایع خودروسازی برای تسهیل سرعت تولید از روبات‌های جوش کار استفاده می‌کنند.

## واحد یادگیری ۴

### شایستگی نقطه جوش

آیا تا  
به حال پی  
برده‌اید

- ۱ چند نوع روش اتصال برای یکپارچه کردن قطعات فلزی وجود دارد؟
- ۲ انرژی چه نقشی در پدید آوردن یک روش جوش کاری دارد؟
- ۳ با انرژی الکتریسیته می‌توان حرارت تولید کرد؟
- ۴ از چه روش اتصالی برای یکپارچه کردن بدنه فلزی خودروها استفاده می‌شود؟
- ۵ چگونه می‌توان کیفیت یک اتصال را ارزیابی کرد؟

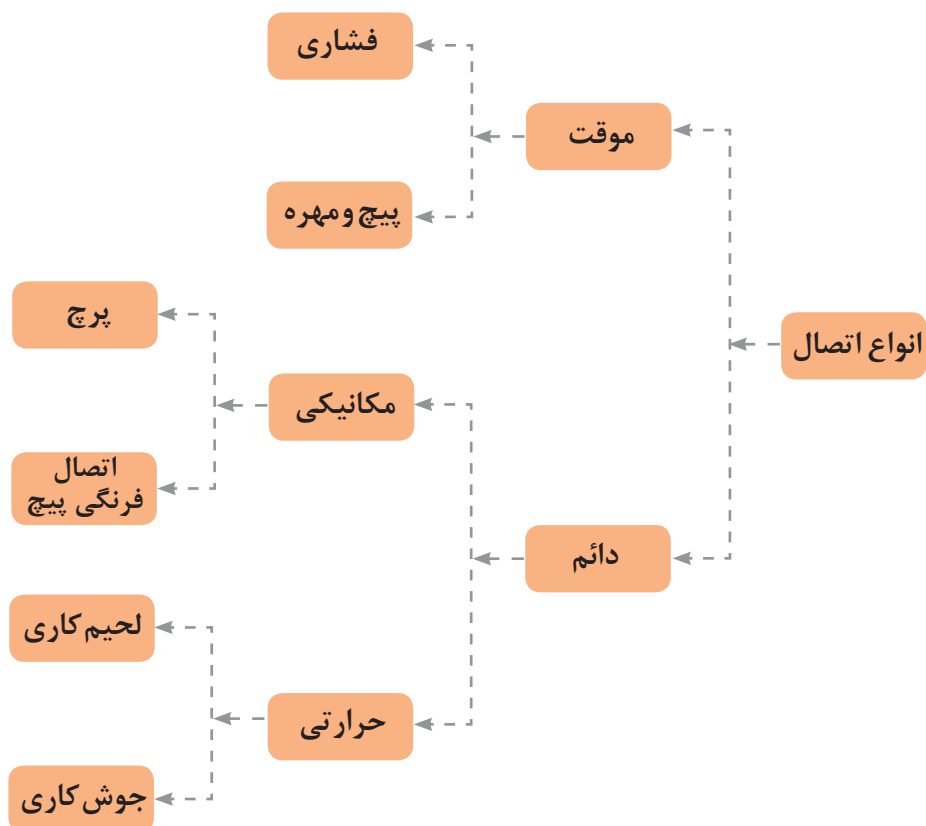
هدف از این شایستگی فراگیری انواع روش‌های اتصال فلزات، جوش کاری مقاومتی و روش‌های آن، روش نقطه جوش، تنظیم و راه اندازی دستگاه نقطه جوش، شیوه‌های جوش کاری با فرایند نقطه جوش و روش‌های ارزیابی کیفیت جوش می‌باشد. روش‌های اتصال فلزات بسیار متنوع می‌باشند و انتخاب هر یک از این روش‌ها به‌طور کلی به نوع مواد، کاربرد، انعطاف پذیری و اقتصاد تولید و امکانات موجود وابسته است. نقطه جوش یکی از روش‌های جوش کاری مقاومتی است که کاربرد فراوانی در صنعت دارد. در کتاب کاروفناوری مختصری از روش‌های اتصال دائم و موقت را فرا گرفته‌اید که شامل پیچ و پرچ و لحیم کاری می‌باشد. در ادامه کلیاتی از روش‌های اتصال و روش جوش کاری با فرایند نقطه جوش را به‌طور کامل خواهید آموخت.

### استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری و کسب شایستگی جوش کاری با فرایند نقطه جوش، هنرجویان قادر به تنظیم و راه‌اندازی دستگاه نقطه جوش، جوش کاری با فرایند نقطه جوش و ارزیابی کیفیت اتصال خواهند بود.

## اتصالات بر چه اساسی دسته بندی می شوند؟

قطعات فلزی به روش های مختلفی به یکدیگر متصل می شوند. که نوع اتصال می تواند به صورت موقت یا دائم باشد. شکل ۱ دسته بندی انواع اتصال را از لحاظ دائم و موقت بودن نشان می دهد.



شکل ۱- دسته بندی انواع اتصال

## اتصال موقت



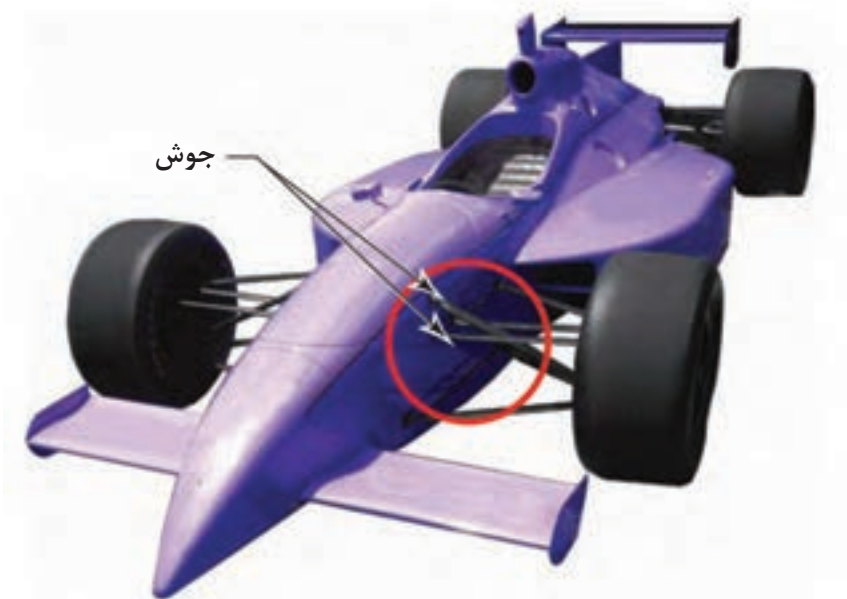
به اتصالی می گویند که بتوان دو قطعه متصل به هم را به راحتی و در مواقع ضروری بدون هیچ گونه تخریبی از هم جدا کرده و سپس مجدداً به هم اتصال داد. به طور مثال اتصال پیچ و مهره (شکل ۲).

شکل ۲- اتصال موقت: پیچ و مهره

اتصال دائمی است که در صورت نیاز به جدا کردن دو قطعه، باید محل اتصال را تخریب کنیم، مانند جوش، لحیم، فرنگی پیچ و پرچ (شکل ۳ و ۴).



شکل ۳- اتصال دائم : پرچ



شکل ۴- اتصال دائم : جوش

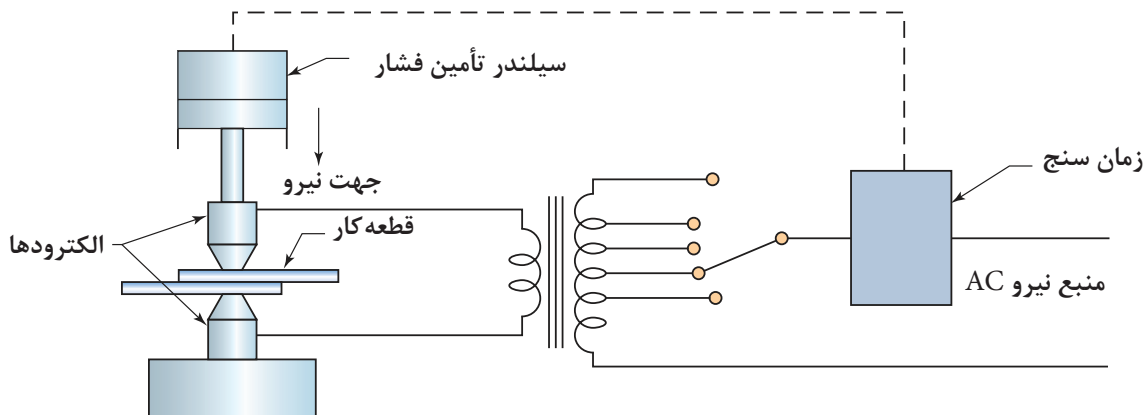
همان‌طور که در شکل ۱ می‌بینید، اتصالات دائم به صورت مکانیکی و حرارتی می‌باشند، اگر بخواهیم در رابطه با روش‌های اتصال حرارتی بحث کنیم، این سؤال پیش می‌آید که چگونه می‌توان انرژی مورد نیاز برای حرارت را تأمین کرد؟

اطو و سشوار چگونه گرما تولید می کنند؟

بر اساس تئوری تولید گرما که در اطو و سشوار وجود دارد، روش جوش کاری مقاومتی اختراع شده است که به واسطه مقاومت الکتریکی می توان قطعات را به صورت دائم به یکدیگر متصل کرد.

## جوش کاری مقاومتی (RW)<sup>۱</sup>

فرایندی است که به واسطه عبور جریان الکتریسیته از فلز مورد اتصال و مقاومت الکتریکی ایجاد شده در فصل مشترک دو فلز، حرارت تولید می شود که این حرارت موجب اتصال دو فلز می شود. یا به عبارت دیگر، با عبور جریان الکتریسیته از فلزات، فصل مشترک بین دو فلز گرم شده که این گرما موجب خمیری شدن و در ادامه ذوب این ناحیه شده، در نهایت با اعمال فشار در فصل مشترک دو فلز اتصال ایجاد می شود. جریان جوش کاری مورد نیاز برای ایجاد مقاومتی الکتریکی با ولتاژ پایین و آمپر بالا صورت می گیرد. همان طور که در شکل ۵ می بینید، برای برقراری جریان الکتریسیته و اعمال نیرو به بخش های گرم شده، فشار وارد می شود. این فشار توسط الکترودهای بالا و پایین اعمال می شود. در این فرایند نیاز به ماده پُرکننده نمی باشد.



شکل ۵ - شماتیک فرایند جوش کاری مقاومتی

جریان مورد نیاز برای مقاومت الکتریکی توسط ترانسفورماتور تأمین می شود. وظیفه ترانسفورماتور تبدیل برق با ولتاژ بالا و آمپر پایین به ولتاژ پایین و آمپر بالا می باشد. فشار مورد نیاز هم برای اعمال نیرو توسط سیستم های مکانیکی، هیدرولیکی و پنیوماتیکی تأمین می شود.

جوش کاری مقاومتی در صنایع خودروسازی، هوافضا و صنایع الکترونیک به طور گسترده استفاده می‌شود که به عنوان مثال برای صنایع خودروسازی، برای مونتاژ بدنه خودرو به کار می‌رود. تقریباً کلیه اجزای خودرو از جنس ورق فولادی با این روش مونتاژ می‌شوند.

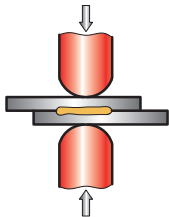

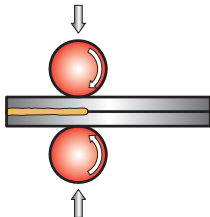

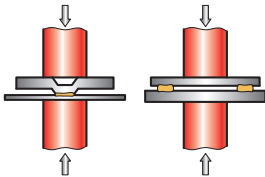

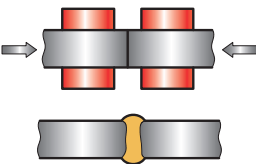

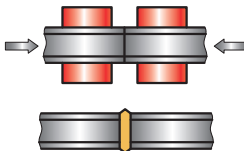



شکل ۶- صنایع خودرو سازی

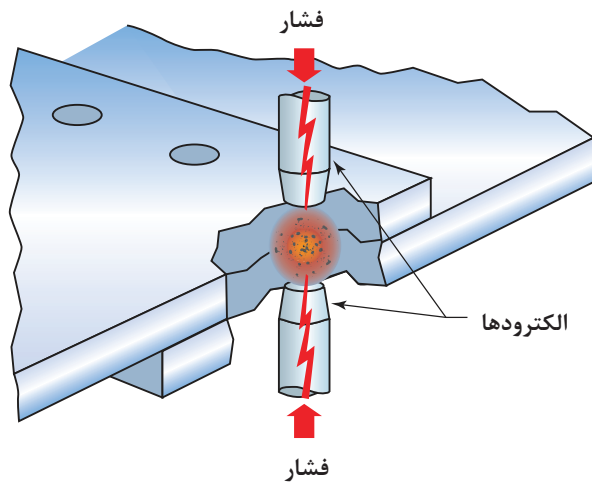
## روش های جوش کاری مقاومتی

جوش کاری مقاومتی بر اساس کاربرد در پنج روش مختلف دسته بندی می شوند. جدول ۱ روش های جوش کاری مقاومتی همراه با کاربرد هر یک از آنها را نشان می دهد.

جدول ۱- روش های جوش کاری مقاومتی

روش	شماتیک	کاربرد	تصویر
نقطه جوش Spot weld		سینک ها، بدنه خودروها، صنایع الکترونیک، صنایع هوافضا	
درز جوش Seam Weld		سینک ها، لوله ها، بشکه ها، قوطی های بسته بندی مواد غذایی	
جوش زائده ای Projection Weld		صندلی، لوله ها، قطعات سپر و گلگیر خودرو	
جوش سربه سر Butt Weld		پروفیل ها، لوله ها، مقاطع	
جوش جرقه ای Flash Weld		زنجیرهای فلزی، ریل های قطار، ابزارهای فلزی	





شکل ۷ - روش اتصال با فرایند نقطه جوش

نقطه جوش متداول ترین روش در بین روش های جوش کاری مقاومتی می باشد. در این فرایند، جوش به واسطه گرمای تولید شده بین فصل مشترک دو فلز، شکل می گیرد. این گرما به دلیل مقاومت الکتریکی ایجاد می شود. از آنجایی که مقاومت الکتریکی در فصل مشترک بین دو فلز بیشترین مقدار می باشد، عمل ذوب و جوش در این نقطه رخ می دهد. شکل ۷ نمایی از نقطه جوش و مقاومت های مختلف موجود در این فرایند را نشان می دهد.

اندازه و شکل جوش ایجاد شده در فصل مشترک دو قطعه با اندازه نوک الکتروود قابل کنترل می باشد.

نکته

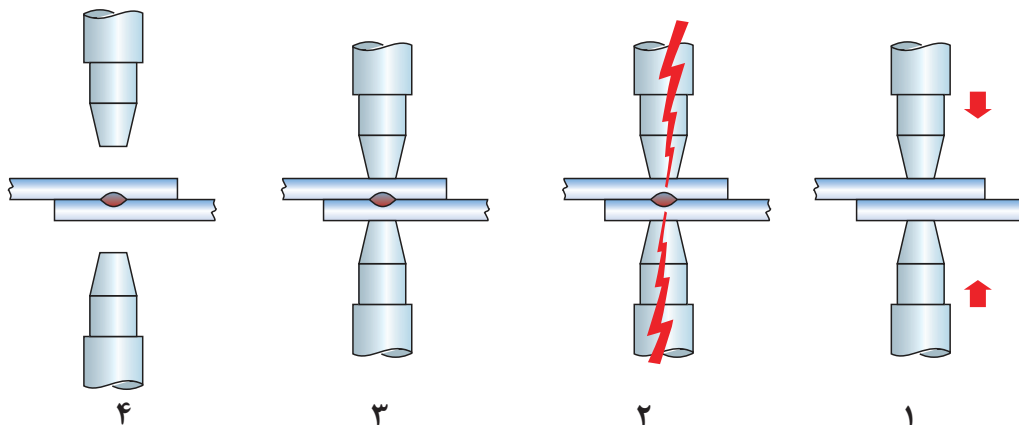
در فرایند نقطه جوش اتصال در چهار سیکل (دوره زمانی) صورت می گیرد که در شکل ۸ نشان داده شده است:

**مرحله اول:** اعمال فشار

**مرحله دوم:** سیکل جوش کاری - اعمال جریان

**مرحله سوم:** سیکل نگهداری - اعمال فشار فورج

**مرحله چهارم:** سیکل خنک کاری - خنک شدن ناحیه اتصال



شکل ۸ - مراحل نقطه جوش



## تجهیزات فرایند نقطه جوش

انواع دستگاه: دستگاه نقطه جوش بر اساس نوع کاربرد در شکل ابعاد مختلفی ساخته می شود که برخی از متداول ترین این دستگاه در شکل های ۹، ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۹ - دستگاه نقطه جوش قابل حمل



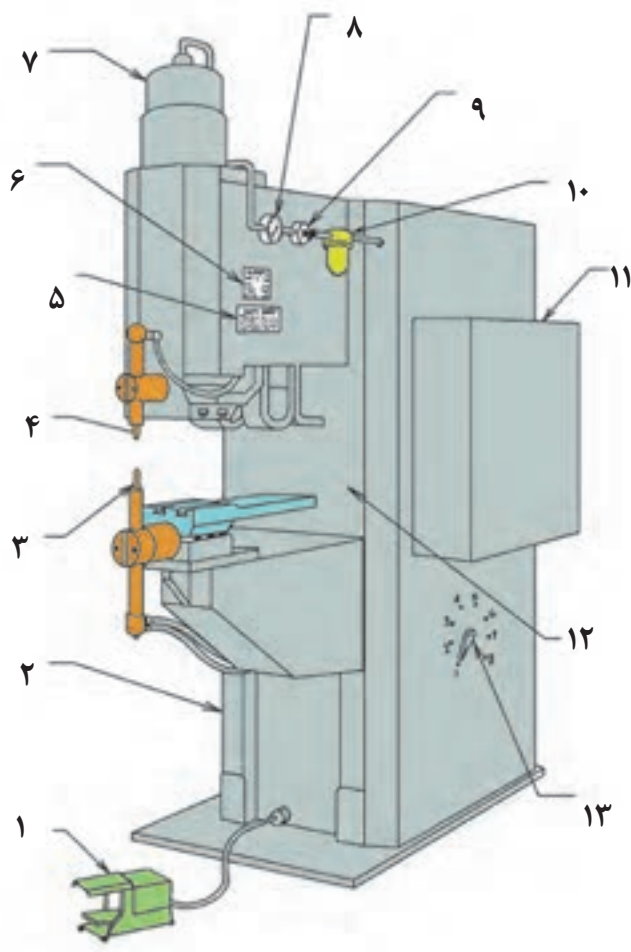
شکل ۱۱ - دستگاه نقطه جوش پدالی



شکل ۱۰ - روبات نقطه جوش

## اجزای دستگاه نقطه جوش

بخش‌های مختلف یک دستگاه نقطه جوش در شکل ۱۲ نشان داده شده است.

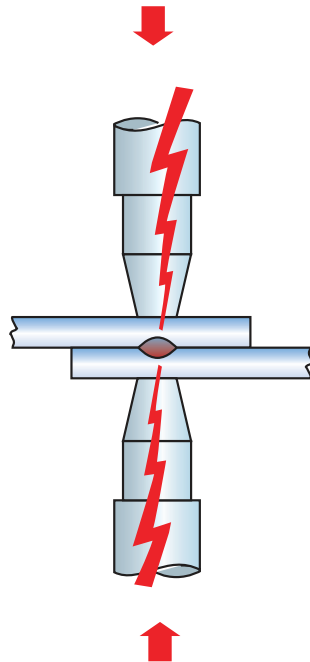


شکل ۱۲- اجزای دستگاه نقطه جوش پدالی

۱- پدال نقطه جوش	۸- درجه فشار هوا
۲- قاب دستگاه	۹- پیچ تنظیم فشار هوا
۳- الکتروود پایینی	۱۰- سیلندر فشار هوا
۴- الکتروود بالایی	۱۱- جعبه کنترل پارامترها
۵- مشخصات دستگاه	۱۲- ترانسفورماتور
۶- جدول نیرو الکتروود	۱۳- کلید تنظیم ترانسفورماتور
۷- سیلندر هوا	

## الکتروود نقطه جوش

به طور معمول در دستگاه نقطه جوش از فلز مس به عنوان الکتروود استفاده می شود. الکتروودها وظیفه مشخصی دارند که در شکل ۱۳ شماتیکی از آنها نشان داده شده است. سؤال: با توجه به شکل ۱۳ وظایف الکتروودهای نقطه جوش چیست؟



شکل ۱۳- شماتیک الکتروود نقطه جوش

نکته

نوک الکتروود باید شکل ظاهری و خواص الکتریکی و حرارتی (هدایت الکتریکی و حرارتی) خود را حین شرایط کاری حفظ کند. به همین دلیل نوک الکتروودها را از آلیاژهای مس و دیگر آلیاژها می سازند.

## دسته بندی الکتروودها بر اساس جنس

انجمن تولیدات جوش کاران مقاومتی (RWMA)<sup>۱</sup> نوک الکتروود نقطه جوش را در دو گروه دسته بندی کرده است.

- گروه A: جنس این گروه از الکتروودها مس و آلیاژ مس می باشد  
نوع ۱، نوع ۲، نوع ۳، نوع ۴، نوع ۵  
گروه B: جنس این گروه از الکتروودها فلزات دیرگداز می باشد  
نوع ۱۰، نوع ۱۱، نوع ۱۲، نوع ۱۳

<sup>۱</sup> - Resistance Welders Manufacturing Association

جدول زیر تفاوت بین این دو گروه از الکترودهای را نشان می‌دهد.

گروه	نوع	مواد	هدایت در مقایسه با مس خالص	ویژگی
A	۱	مس، مس و کروم، مس و زیرکونیوم	۸۵ درصد از هدایت مس خالص	با افزایش میزان عناصر آلای، استحکام افزایش، هدایت الکتریکی و حرارتی کاهش می‌یابد
	۲	کروم، مس و زیرکونیوم	۷۵ درصد از هدایت مس خالص	
	۳	مس و آلیاژ برلیوم درصد پایین	۴۵ درصد از هدایت مس خالص	
	۴	مس و آلیاژ برلیوم درصد بالا	۲۰ درصد از هدایت مس خالص	
	۵	آلیاژ مس و آلومینیوم	۷۵ درصد از هدایت مس خالص	
B	۱۰	آلیاژ مس و فلزات دیرگداز	۴۵ درصد از هدایت مس خالص	با افزایش میزان عناصر آلای، استحکام افزایش
	۱۱		۳۰ درصد از هدایت مس خالص	
	۱۲		۲۹ درصد از هدایت مس خالص	
	۱۳		۲۸ درصد از هدایت مس خالص	

## دسته بندی الکترودها از لحاظ شکل ظاهری

جدول ۲ دسته بندی الکترودها از لحاظ شکل ظاهری را نشان می دهد. به نظر شما هر یک از این الکترودها چه کاربردی دارند؟ جدول ۲ ستون مربوط به کاربردها را تکمیل کنید.

جدول ۲ - دسته بندی الکترودهای نقطه جوش از لحاظ ظاهری

شکل	کاربرد	نوع الکتروود	علامت الکتروود
	..... ..... .....	تخت	F
	..... ..... .....	شعاعی	R
	..... ..... .....	گنبدی	DR
	..... ..... .....	مخروطی	CF
	..... ..... .....	مخروطی	P
	..... ..... .....	خارج از مرکز	E

با توجه به اطلاعات جدول ۳، بررسی کنید هر یک از این الکترودها برای چه کاربردهایی مناسب می‌باشند.

## روش اجرای نقطه جوش

به‌طور کلی برای اتصال قطعات فلزی به یکدیگر با فرایند نقطه جوش به صورت زیر عمل می‌کنیم:

**۱- آماده سازی ورق:** قبل از شروع جوش کاری سطوح قطعات فلزی را باید از چربی، کثیفی و آلودگی زدود و کاملاً تمیز نمود زیرا این عوامل مانع از ایجاد اتصال بین قطعات می‌شوند. در جدول ۳ عوامل، اثرات آنها و راه تمیز کاری شرح داده شده است.

جدول ۳- روش‌های حذف لایه‌های مزاحم

ردیف	نوع لایه مزاحم	تصویر	اثر مخرب در جوش	روش حذف و تمیزکاری
۱	اکسید سطحی		افزایش شدت جریان مورد نیاز چسبیدن الکتروده به سطح قطعه آلوده شدن سطح الکتروده	تمیزکاری مکانیکی مانند برس زدن و سنباده زدن
۲	چربی		ایجاد حباب در جوش	تمیزکاری با پارچه تنظیم و تمیزکاری با مواد شیمیایی مجاز (برای حذف لایه‌های ضخیم)
۳	رنگ		نقطه جوش ضعیف ظاهر نامناسب جوش	تمیزکاری مکانیکی و شیمیایی

**۲- تنظیم و راه‌اندازی دستگاه نقطه جوش:** مراحل تنظیم و راه‌اندازی دستگاه نقطه جوش عبارت‌اند از:

– کنترل اجزای دستگاه نقطه جوش

۱- کنترل الکتروده شکل و زاویه الکتروده

۲- کنترل هم‌راستایی الکترودها

۳- کنترل شلنگ آبگرد و اتصال آن به الکتروده و خروجی آب

### ۱- تنظیم پارامترهای دستگاه

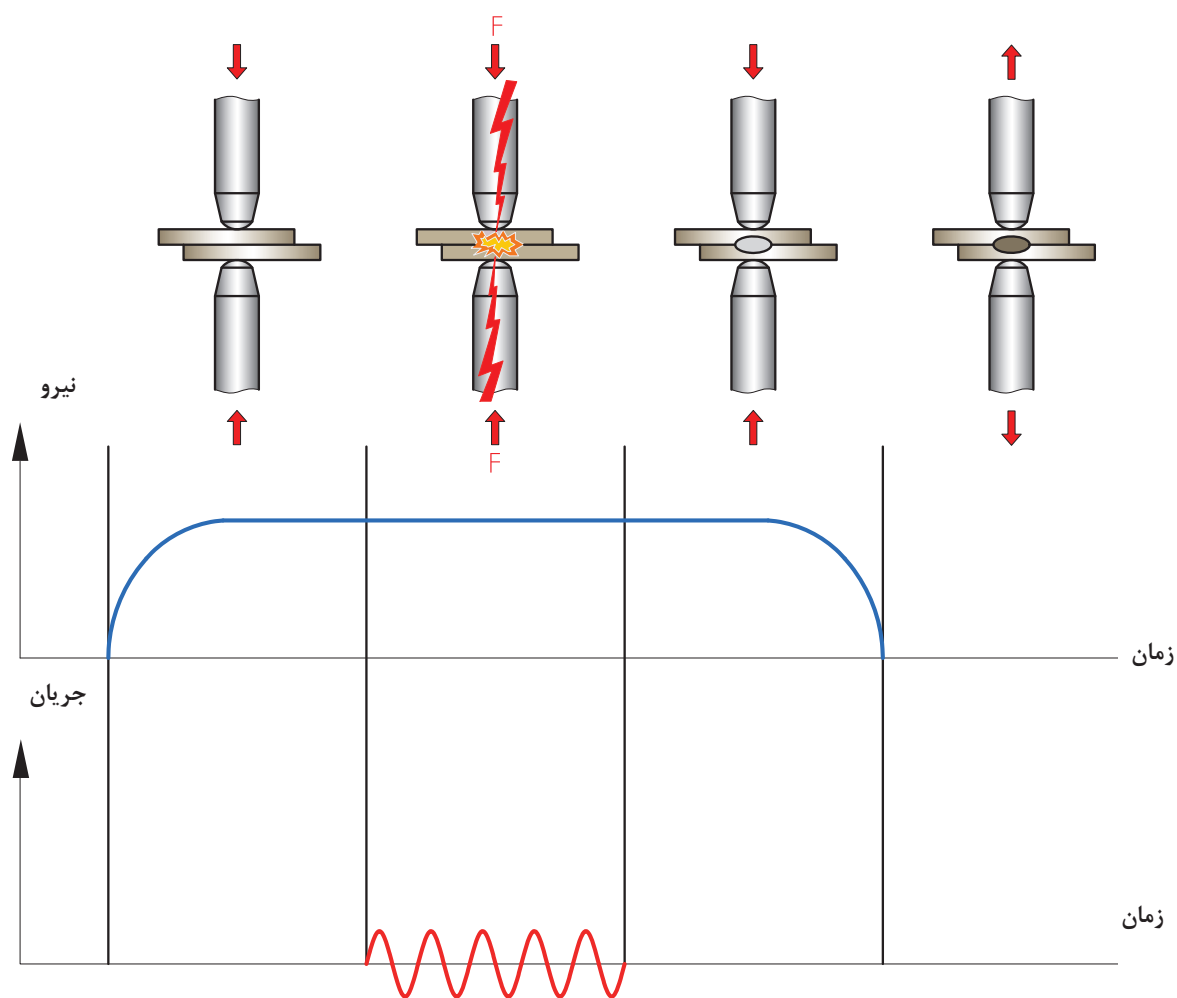
۱- تنظیم شدت جریان

۲- تنظیم زمان نگهداری

۳- تنظیم نیروی اعمالی (فشار)

### ۳- ایجاد اتصال

همان طور که قبلاً ذکر شد، ایجاد اتصال در فرایند نقطه جوش در چهار سیکل صورت می پذیرد. شکل زیر سیکل های فرایند نقطه جوش را نشان می دهد.



شکل ۱۴- سیکل های نقطه جوش



## فعالیت کارگاهی

کار عملی ۱

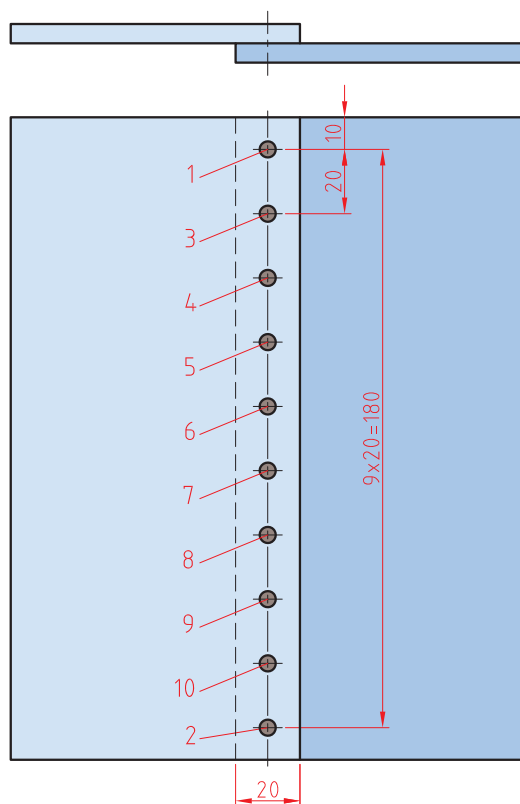
### اتصال دو ورق به صورت لب به لب با فرایند نقطه جوش

شرح فعالیت: دو قطعه ورق فولادی به ابعاد  $۲۰۰ \times ۵۰ \times ۰/۸$  میلی متر انتخاب کنید و بعد از تمیزکاری نقشه شماره ۱ را بر روی آن پیاده سازی کنید.

محل اجرای نقطه جوش ها را خط کشی و با سنبه نشان مشخص نمایید.

توجه

نقشه شماره ۱



### ابزار مورد نیاز

ابزارهای مورد نیاز خود را برای ایجاد نقطه جوش را در جدول فهرست کنید.

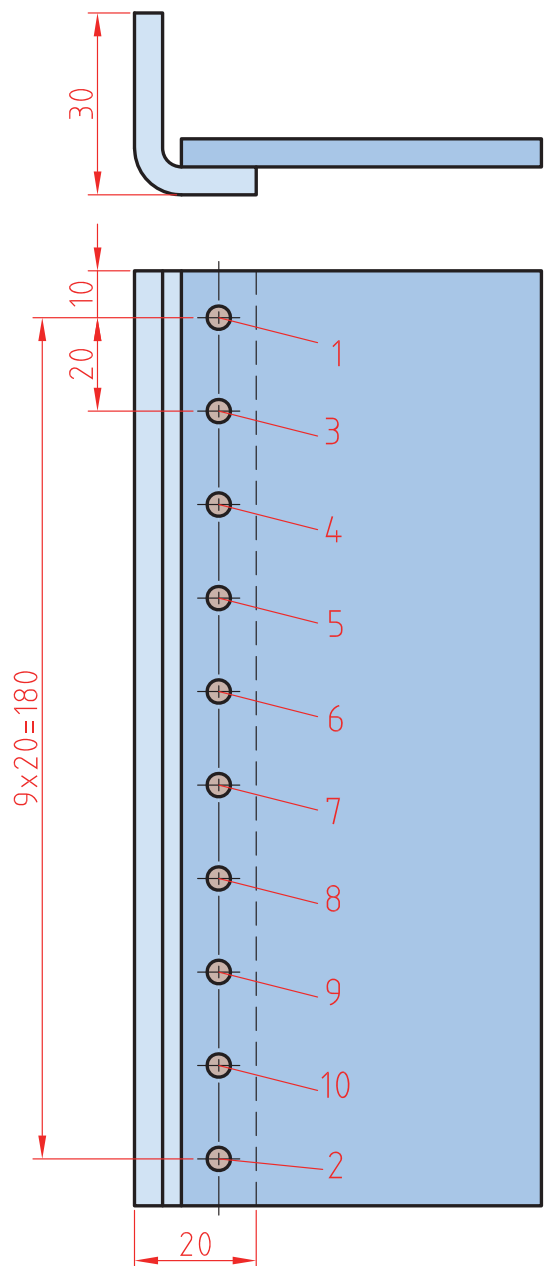
ابزار	کاربرد	تعداد	توضیحات

### اتصال دو ورق به صورت لب روی هم

کار عملی ۲

شرح فعالیت: دو قطعه ورق فولادی به ابعاد  $۲۰۰ \times ۵۰ \times ۰/۸$  میلی متر انتخاب کنید و بعد از تمیزکاری نقشه شماره ۲ را بر روی آن پیاده سازی کنید. محل اجرای نقطه جوش ها را خط کشی و با سنبه نشان مشخص نمایید.

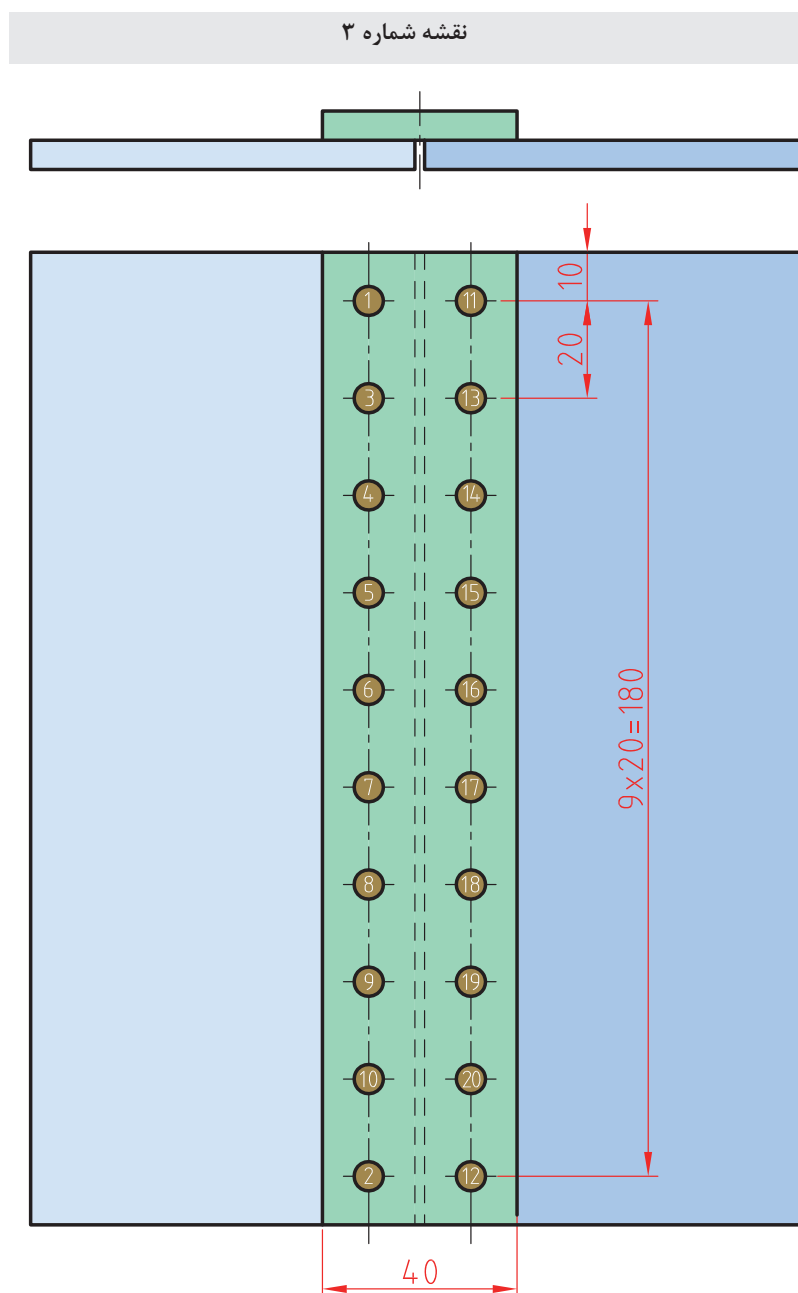
نقشه شماره ۲



## اتصال سربه سر دو ورق ( پل واره )

شرح فعالیت: دو قطعه ورق فولادی به ابعاد  $۲۰۰ \times ۵۰ \times ۰/۸$  میلی متر انتخاب کنید و بعد از تمیزکاری نقشه شماره ۳ را بر روی آن پیاده سازی کنید.

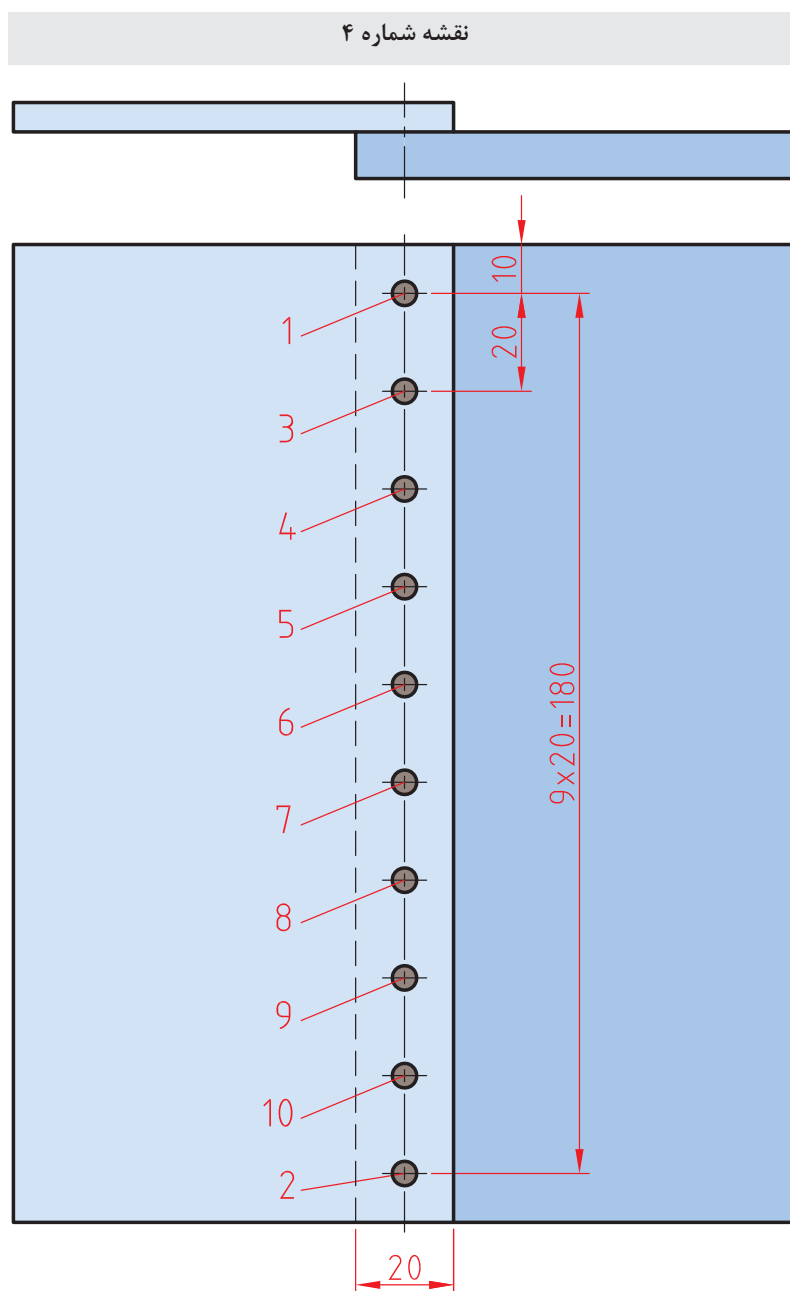
محل اجرای نقطه جوش ها را خط کشی و با سنبه نشان مشخص نمایید.



### اتصال یک ورق نازک به یک ورق ضخیم در حالت لب به لب

شرح فعالیت: دو قطعه ورق فولادی به ابعاد  $۲۰۰ \times ۵۰ \times ۰/۸$  و  $۲۰۰ \times ۵۰ \times ۳$  میلی متر انتخاب کنید و بعد از تمیزکاری نقشه شماره ۴ را بر روی آن پیاده سازی کنید.

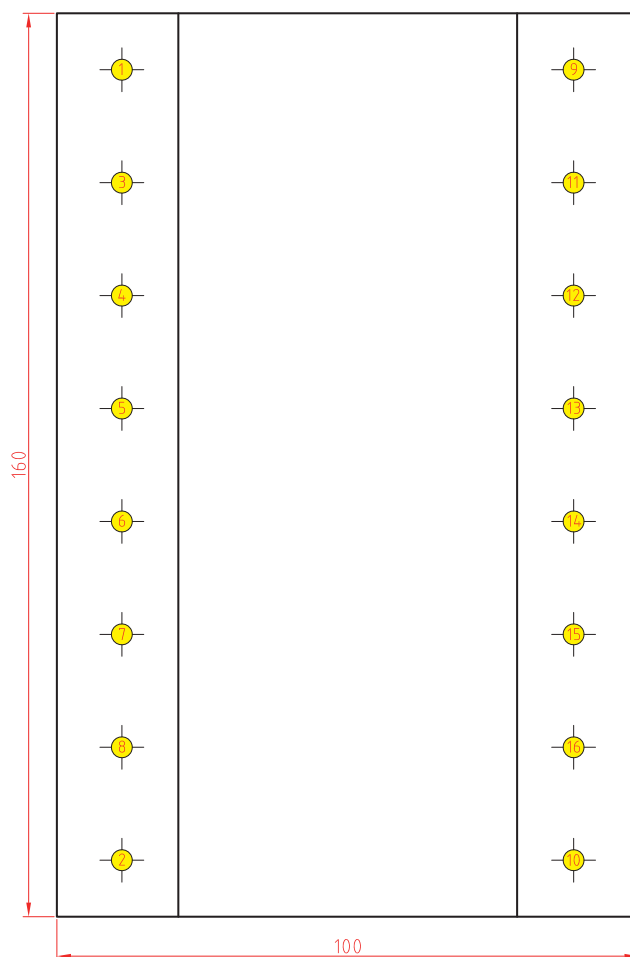
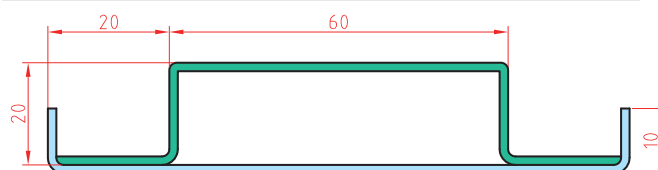
برای اجرای این تمرین یکی از الکترودها را مخروطی و دیگری را تخت استفاده نمایید. محل قرارگیری الکترودها را با سنبه نشان مشخص کنید.



## اتصال پل در درب کمد ها با فرایند نقطه جوش

شرح فعالیت: دو قطعه ورق فولادی به ابعاد  $۱۶۰ \times ۱۲۰ \times ۰/۸$  و  $۱۶۰ \times ۱۴۰ \times ۰/۸$  میلی متر انتخاب کنید و بعد از تمیزکاری نقشه شماره ۵ را بر روی آن پیاده سازی کنید.  
به جای الکتروود پایینی از قالب مسی صافی با ابعاد  $۲۰ \times ۲۰$  استفاده شود تا در سمت زیرین کار که در معرض دید مشتری است اثر نقطه ها مشخص نشود.

نقشه شماره ۵



### اتصال کف قوطی به دیواره توسط نقطه جوش

کار عملی ۶

شرح فعالیت: یک لوله به ضخامت ۰/۸ و قطر ۲۰۰ و طول ۱۰۰ تهیه نمایید. یک دایره به قطر ۲۲۰ با ضخامت ۰/۸ تهیه نمایید. روی لبه سندان دور دایره را به لبه یک سانت خم نمایید. و داخل استوانه مونتاژ نمایید. سپس دور تا دور آن را با ۱۲ عدد نقطه جوش مونتاژ نمایید.

در هنگام برش کاری و آماده سازی ورق ها از انگشتان خود در برابر بریدگی حفاظت نمایید.

نکات ایمنی

هنگام جوش کاری از عینک محافظ شفاف استفاده نمایید.

نکات ایمنی

### توجهات زیست محیطی

مدیریت مواد دورریختنی  
استفاده از سیستم تهویه در جهت خروج بخارات

## ارزشیابی تکوینی

مراحل کار	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌های داوری / نمره‌دهی)	نمره
آماده‌سازی	کارگاه: کارگاه استاندارد ورق کاری  مواد: ورق فولادی  ابزار: ابزارهای اندازه‌گیری و خط‌کشی	آماده‌سازی بالاتر از انتظار	_____	۳
		آماده‌سازی قابل قبول	اندازه‌گذاری براساس نقشه، خط‌کشی براساس نقشه، پیاده‌سازی جزئیات نقشه	۲
		آماده‌سازی غیر قابل قبول	اندازه‌گذاری براساس نقشه، عدم خط‌کشی و پیاده‌سازی جزئیات نقشه	۱
شایستگی‌های غیرفنی	مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد	قابل قبول	توجه به همه موارد	۲
ایمنی و بهداشت	دستکش، لباس کار، دقت در پیاده‌کردن			
توجهات زیست‌محیطی	مدیریت مواد دورریختنی	غیرقابل قبول	توجه به ایمنی و بهداشت	۱
نگرش	نقشه روی ورق برای افزایش بهره‌وری			
معیار: شایستگی انجام کار: کسب حداقل نمره ۲ از مرحله آماده‌سازی کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار				



## همه فلزات قابلیت اتصال یکسان ندارند

جوش پذیری مقاومتی فلزات متفاوت می باشند، برخی از فلزات را می توان به راحتی با جوش مقاومتی به هم متصل کرد، اما برای تعدادی دیگر با دشواری مواجه هستیم. عوامل مؤثر بر جوش پذیری مقاومتی عبارت اند از: الف) مقاومت الکتریکی، ب) خمیری شدن، ج) وجود لایه های سطحی با توجه به جدول زیر، ورق ها را از لحاظ مقاومت الکتریکی دسته بندی کنید.

فکر کنید

جدول ۴- عوامل تأثیرگذار بر جوش پذیری آلیاژهای مختلف

مقاومت الکتریکی				
ورق	بالا - ۳ امتیاز	مناسب - ۲ امتیاز	متوسط - ۱ امتیاز	ضعیف - ۰ امتیاز
سیاه		✓		
قلع اندود		✓		
گالوانیزه		✓		
روغنی		✓		
آلومینیوم				✓
برنج				✓
استیل	✓			
سهولت خمیری شدن				
ورق	خوب - ۳ امتیاز	مناسب - ۲ امتیاز	متوسط - ۱ امتیاز	ضعیف - ۰ امتیاز
سیاه		✓		
قلع اندود		✓		
گالوانیزه		✓		
روغنی		✓		
آلومینیوم	✓			
برنج	✓			
استیل			✓	
سهولت جوش کاری از لحاظ عدم وجود لایه های سطحی مزاحم				
ورق	خوب - ۳ امتیاز	مناسب - ۲ امتیاز	متوسط - ۱ امتیاز	ضعیف - ۰ امتیاز
سیاه	✓			
قلع اندود			✓	
گالوانیزه			✓	
روغنی	✓			
آلومینیوم				✓
برنج		✓		
استیل			✓	

امتیازات هر ورق را از تمرین‌های قبلی به جدول زیر منتقل کنید و جدول زیر را تکمیل کنید. به نظر شما جوش پذیری چه آلیاژهایی خوب است؟ کدام آلیاژها به سختی جوش کاری می‌شوند؟

جدول ۵- مقایسه جوش پذیری آلیاژهای مختلف

ورق	مقاومت الکتریکی	خمیری شدن	لایه محافظ	جمع امتیاز	جوش پذیری
سیاه					
قلع اندود					
گالوانیزه					
روغنی					
آلومینیوم					
برنج					
استیل					

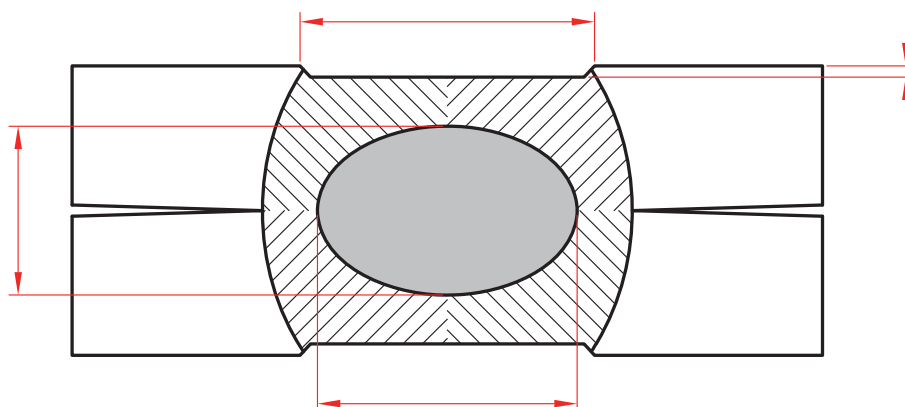
اگر امتیاز به دست آمده کمتر از ۵ شود —————> جوش پذیری ضعیف است

اگر امتیاز به دست آمده بین ۵ تا ۷ شود —————> جوش پذیری متوسط است

اگر امتیاز به دست آمده ۷ و بیشتر از ۷ شود —————> جوش پذیری خوب است

## نواحی یک نقطه جوش

شکل ۱۵ نواحی مختلف دو فلز که با فرایند نقطه جوش به یکدیگر متصل شده‌اند را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۶ هر منطقه را بر روی جدول مشخص کنید.



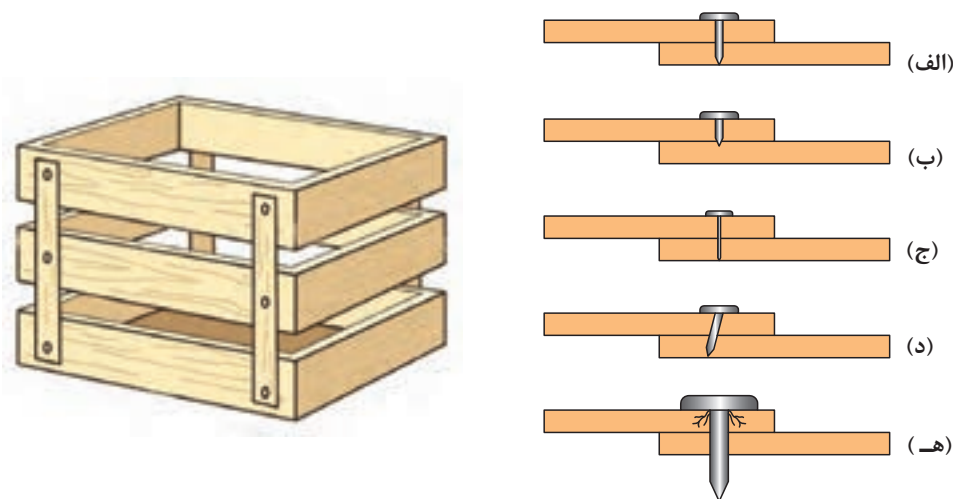
شکل ۱۵ - نواحی مختلف یک اتصال نقطه جوش

جدول ۶ - مناطق مختلف در یک دکمه جوش مقاومتی نقطه‌ای

منطقه	نام منطقه	توضیحات
الف	فلز جوش	به منطقه بین دو ورق فلزی گفته می‌شود که در اثر مقاومت الکتریکی ذوب و سپس منجمد شده است.
ب	قطر دکمه جوش	به طول فلز جوش گفته می‌شود.
ج	منطقه متأثر از حرارت	ناحیه‌ای است که در اثر جوش کاری داغ شده ولی ذوب نشده است.
د	عمق فرو رفتگی	عمق فرو رفتگی ناشی از فشار الکتروود بر سطح ورق
ه	عرض منطقه فرو رفته	اندازه عرض ناحیه‌ای از سطح ورق که در اثر فشار الکتروود فرو رفته است.
و	عمق جوش	ضخامت فلز جوش
ز	فلز پایه	قطعه کار

## کنترل کیفی اتصال نقطه جوش

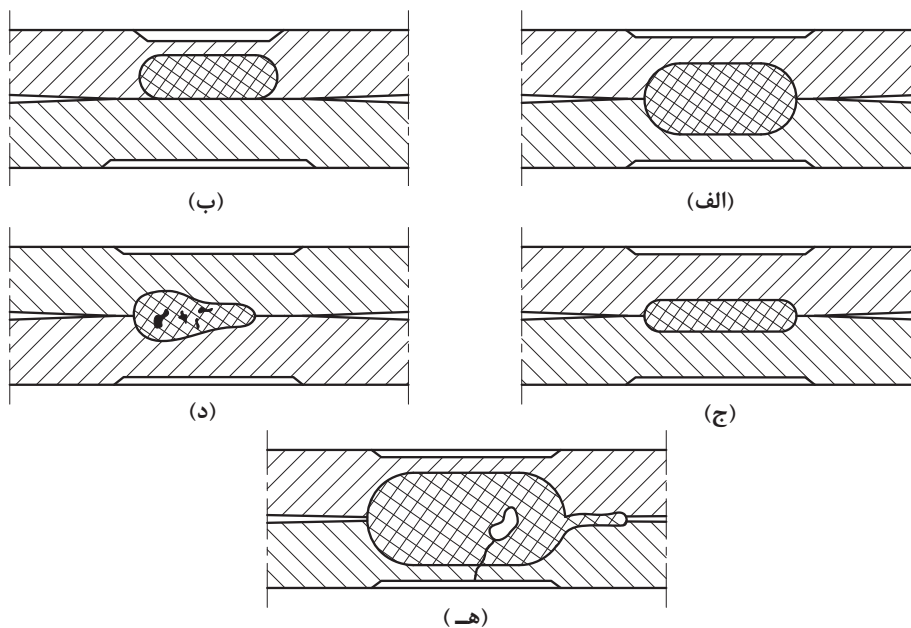
به شکل ۱۶ نگاه کنید. برای ساخت جعبه چوبی کدام میخ مناسب تر است و اتصال مقاوم تری ایجاد می کند؟ سایر میخ ها چه مشکلی دارند؟



شکل ۱۶- مقطع نقطه جوش های مختلف

همان گونه که ملاحظه کردید، مناسب بودن اندازه و ابعاد میخ در مقاومت اتصال بسیار مهم است. در نقطه جوش ها، مقاومت بهتری نشان خواهد داد. چرا؟ جوش نیز برای اتصال دو ورق، ابعاد و اندازه دکمه جوش

بسیار مهم است. در تصویرهای شکل ۱۷ کدام یک از نقطه جوش ها، مقاومت بهتری نشان خواهد داد. چرا؟ آیا بین تصاویر اشکال ۱۶ و ۱۷ ارتباطی وجود دارد؟



شکل ۱۷- مقطع نقطه جوش های مختلف

## آزمون‌های ارزیابی کیفیت اتصال

ارزیابی کیفیت اتصال نقطه جوش معمولاً به دو روش انجام می‌شود:

الف) بازرسی چشمی (غیر مخرب<sup>۱</sup>)

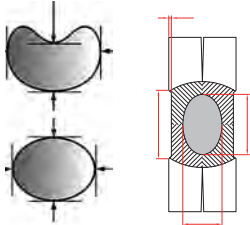
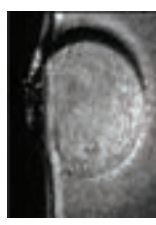

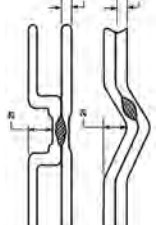
ب) آزمون‌های مکانیکی (مخرب<sup>۲</sup>)

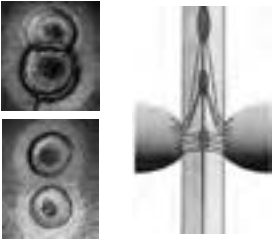



**الف) بازرسی چشمی:** پس از انجام جوش کاری باید با کمک ابزارهای اندازه‌گیری (خط‌کش، کولیس و ...) شکل و ابعاد نقطه جوش مورد بازرسی قرار گیرد و سلامت یا معیوب بودن آن مشخص گردد. در جدول ۷ برخی از عیوب متداول نقطه جوش به همراه حدود پذیرش آنها نشان داده شده است.

۱- بازرسی‌هایی که بدون تخریب نقطه جوش انجام می‌شود را بازرسی‌های غیر مخرب گویند.

۲- بازرسی‌هایی که همراه با تخریب نمونه یا نقطه جوش همراه است را مخرب گویند.

جدول ۷- انواع عیوب جوش در جوش کاری مقاومتی نقطه‌ای

حد پذیرش	راه کنترل و رفع عیب	دلیل ایجاد عیب	توضیح	تصویر	نوع عیب	ردیف
$\frac{\text{قطر بزرگ}}{\text{قطر کوچک}} < 2$	آماده‌سازی نوک الکترود، تنظیم و کنترل گیره‌ها رعایت فاصله بین دکمه جوش‌ها و فاصله تا لبه کنترل هم‌راستایی الکترودها	نوک غیر متقارن الکترود، عدم رعایت فاصله مناسب تا لبه ورق و نقطه هم‌جوار	اختلاف در قطرهای دکمه جوش و یا نفوذ سبب ایجاد شکل نامتقارن می‌گردد.		دکمه نامتقارن	۱
فاصله $(s) > 6/5$	رعایت فاصله از لبه ورق	نزدیکی بیش از حد دکمه به لبه ورق	عبور جریان از لبه ورق سبب ذوب شدن لبه می‌شود.		سوختن لبه ورق	۲
در سطوح قابل مشاهده مورد قبول نمی‌باشد	تنظیم زمان، فشار و جریان تمیزکاری سطح ورق کنترل شدت جریان و زمان	فشار کم الکترود، نا هماهنگی بین پارامترها، کثیف بودن سطح ورق	بالا رفتن دما در محل اتصال الکترود به ورق می‌تواند سبب ذوب شدن یا سوختن سطح ورق‌ها شود. این اتفاق باعث ایجاد ظاهر نامناسب جوش گردد.		ذوب شدن و سوختن ورق	۳
عمق اعوجاج باید کمتر از دو برابر ضخامت باشد	کنترل هم‌راستایی الکترودها، کنترل قید و بست‌ها و تنظیم فشار	محکم نبودن گیره ورق، عدم هم‌راستایی الکترود و فشار بیش از حد	در اثر اعمال فشار ممکن است ورق‌ها تغییر شکل داده و دچار اعوجاج شود که سبب ایجاد ظاهر نامناسب و کاهش مقاومت اتصال می‌شود.		پیچیدگی	۴

حد پذیرش	راه کنترل و رفع عیب	دلیل ایجاد عیب	توضیح	تصویر	نوع عیب	ردیف
حدود موجود در جدول ۱۱	رعایت حداقل فاصله متناسب با قطر دکه جوش	عدم رعایت حداقل فاصله جوش ها	عدم رعایت فاصله بین دکه جوش ها سبب عبور بخشی از جریان از دکه هم جوار کاهش ابعاد و مقاومت جوش حاصل می شود		روی هم افتادگی دکه ها و فاصله کم بین آنها	۵
$\frac{\text{قطر بزرگ}}{\text{قطر کوچک}} < 0.13$	کنترل و تنظیم پارامترهای جوش کاری	فشار بیش از حد، شدت جریان زیاد و زمان زیاد	در اثر اعمال فشار، نقطه اثر الکترود بر روی سطح ورق به صورت فرورفتگی باقی می ماند که سبب ایجاد ظاهر نامناسب و افت مقاومت اتصال می شود		فرورفتگی	۶
غیر مجاز	فشار کم و جریان زیاد، جنس نامناسب الکترود، عدم تناسب بین فشار، جریان و پهن بودن نوک الکترود	فشار کم و جریان زیاد، جنس نا مناسب الکترود، عدم تناسب بین فشار، جریان و پهن بودن نوک الکترود	در اثر ذوب و چسبیدن ورق به الکترود عملکرد و رسانایی الکترود کاهش می یابد		آلوده شدن سطح الکترود	۷
غیر مجاز	چرب بودن بیش از حد ورق، ذوب شدن نوک الکترود و آلوده کردن حوضچه شدت جریان بالا و حذف فشار قبل از تکمیل انجماد	چرب بودن بیش از حد ورق، ذوب شدن نوک الکترود و آلوده کردن حوضچه شدت جریان بالا و حذف فشار قبل از تکمیل انجماد	وجود آلودگی ها و یا تنظیم نبودن پارامترها سبب ایجاد ناپوستگی، افت خواص و شکست دکه جوش در حین کار می شود		ترک و حفره	۸



ب. **آزمون‌های مکانیکی:** ارزیابی مکانیکی (مخرب) نقطه جوش به روش‌های مختلفی انجام می‌شود که دو نمونه از پرکاربردترین‌های آنها عبارت است از:

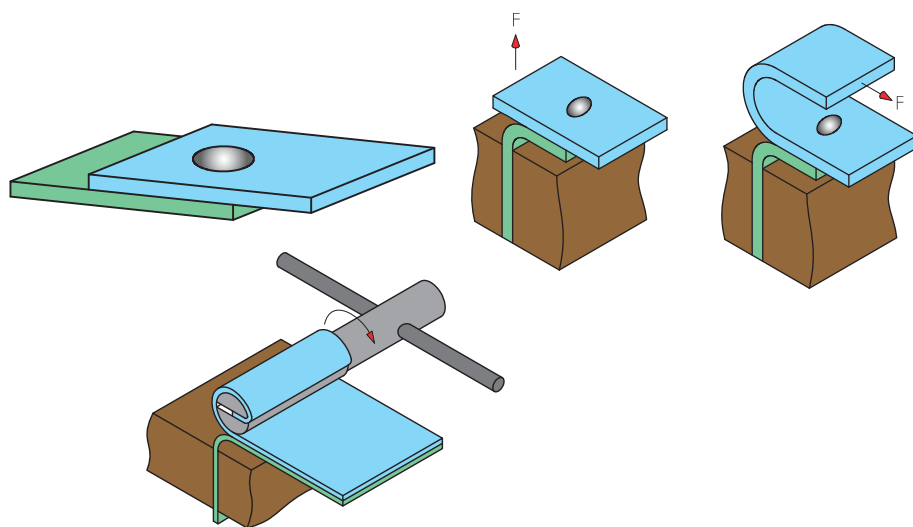
الف: آزمون خم‌کاری<sup>۱</sup>

ب: آزمون قلم و چکش<sup>۲</sup>

## آزمون خم‌کاری

این آزمون در سه مرحله انجام می‌شود (شکل ۱۸).

- ۱- خم کردن لبه یکی از ورق‌ها به میزان  $90^\circ$
- ۲- قرار دادن آن لبه درون گیره
- ۳- چرخاندن لبه ورق آزاد حول ابزار (انبر دست و ...) تا جدا شدن کامل اتصال



شکل ۱۸- آزمون خم‌کاری



قبل از جدا شدن اتصال، دکمه جوش توسط چشم مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. شرایط جوش سالم عبارت است از:

- ۱- اتصال از ورق جدا شده و در اصطلاح قلوه‌کن شده باشد (شکل ۱۹).

شکل ۱۹- نتیجه مطلوب در آزمون خم‌کاری

۱- Peel Test

۲ - Chisel Test

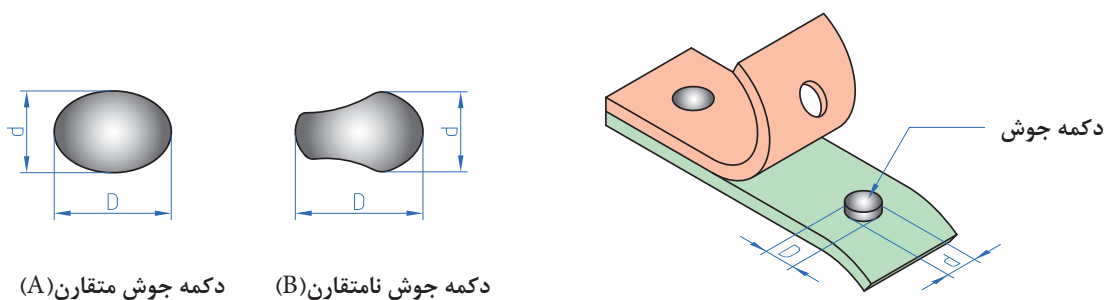
۲- قطر دکمه مطابق با جدول ۸ باشد.

جدول ۸- ابعاد دکمه جوش

ردیف	ضخامت ورق (mm)	حداکثر قطر مجاز (mm)	حداقل قطر مجاز (mm)	قطر مطلوب (mm)
۱	۰/۴	۳/۵۰	۲/۵۰	۳/۲۰
۲	۰/۵	۳/۹۰	۲/۸۰	۳/۵۰
۳	۰/۶	۴/۳۰	۳/۱۰	۳/۸۰
۴	۰/۷	۴/۶۰	۳/۳۰	۴/۲۰
۵	۰/۸	۴/۹۰	۳/۶۰	۴/۵۰
۶	۰/۹	۵/۲۰	۳/۸۰	۴/۷۰
۷	۱/۰۰	۵/۵۰	۴/۰۰	۵/۰۰
۸	۱/۱۰	۵/۸۰	۴/۲۰	۵/۲۰
۹	۱/۲۰	۶/۰۰	۴/۴۰	۵/۵۰

ضخامت ورق  $\sqrt{4}$  = حداقل قطر قابل قبول ضخامت ورق  $\sqrt{5}$  = حداقل قطر قابل قبول

در صورت گرد نبودن دکمه جوش می بایست از قطر متوسط به جای قطر دکمه جوش استفاده شود. نحوه محاسبه آن در شکل ۲۰ نشان داده شده است. در صورت گرد نبودن دکمه جوش می بایست از قطر متوسط به جای قطر دکمه جوش استفاده نمود. نحوه محاسبه آن در شکل ۲۰ نشان داده شده است.



دکمه جوش متقارن (A)

دکمه جوش نامتقارن (B)

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

شکل ۲۰- محاسبه قطر متوسط دکمه جوش

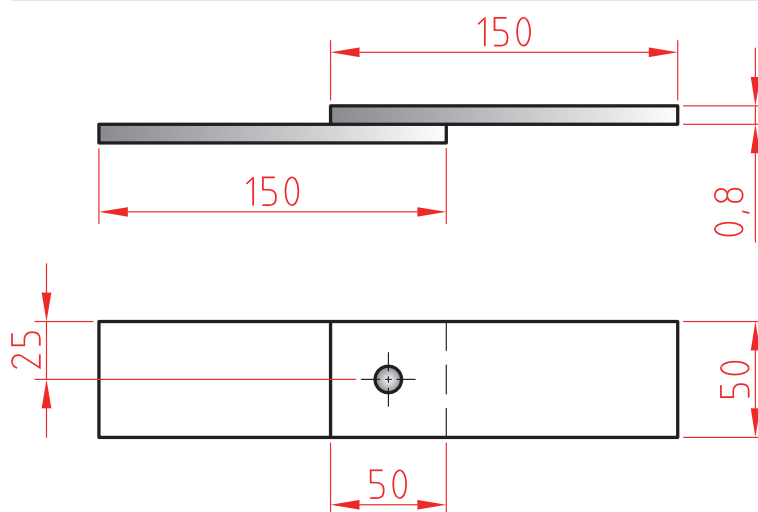
## فعالیت کارگاهی

کار عملی

### تست خمش

**شرح فعالیت:** طبق نقشه در فصل مشترک یک نقطه جوش بزنید. سپس در جهت مخالف تحت کشش قرار دهید تا مشخص شود که نقطه استحکام کافی را دارد. نتیجه را به صورت آزمایش گزارش دهید

نقشه شماره ۶



ابزارهای مورد نیاز خود را برای ایجاد نقطه جوش در جدول فهرست کنید.

ابزار	کاربرد	تعداد	توضیحات

## ارزشیابی تکوینی

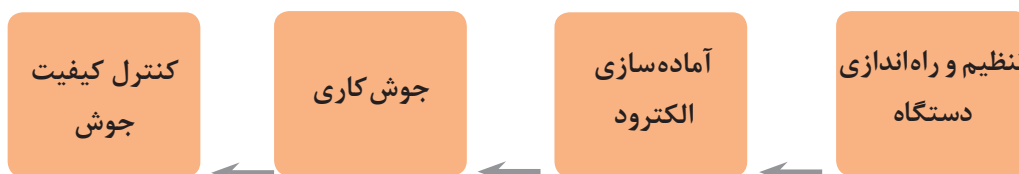
مراحل کار	شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص های داوری / نمره دهی)	نمره
خم کاری	کارگاه: ابزارآلات خم کاری، دستگاه خم کن	آماده سازی بالاتر از انتظار	فاق بری برابر نقشه، زاویه خم و شعاع خم درست، خم کاری درست	۳
		آماده سازی قابل قبول	فاق بری برابر نقشه ، خم کاری نادرست	۲
		آماده سازی غیر قابل قبول	فاق بری برابر نقشه، زاویه خم و شعاع خم درست، خم کاری درست	۱
شایستگی های غیرفنی	مدیریت مواد و تجهیزات	قابل قبول	توجه به همه موارد	۲
	ایمنی و بهداشت			
توجهات زیست محیطی		غیر قابل قبول	توجه به ایمنی و بهداشت	۱
	نگرش			
معیار: شایستگی انجام کار: کسب حداقل نمره ۲ از مرحله آماده سازی کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار				

## ارزشیابی پایانی

کار عملی

### اتصال دو ورق فولادی با فرایند نقطه جوش

شرح فعالیت : ورق فولادی براساس نقشه‌های شماره ۷ را انتخاب کنید، سپس مراحل زیر را با دقت انجام دهید؛



ابزارهای مورد نیاز خود را برای اتصال دو ورق را در جدول فهرست کنید.

ابزار	کاربرد	تعداد	توضیحات

در حین پلیسه‌گیری مراقب لبه‌های تیز ورق باشید، از دستکش چرمی برای پلیسه‌گیری و صافکاری استفاده نمایید.

نکات ایمنی

### شاخص‌های ارزیابی

- ۱ کنترل پارامترهای تنظیمی دستگاه جوش کاری و اطمینان از درست بودن آنها
- ۲ سطح تمیز و بدون چربی و بدون لایه‌های اکسیدی
- ۳ کنترل سطح الکترود از نظر عدم وجود چربی و کثیفی و نیز هم‌راستایی نوک الکترودها
- ۴ اطمینان از انجام جوش کاری نقطه‌ای بر محل‌های مورد نظر
- ۴ کنترل استحکام اتصال و کیفیت ظاهری جوش

نقشه شماره ۷

