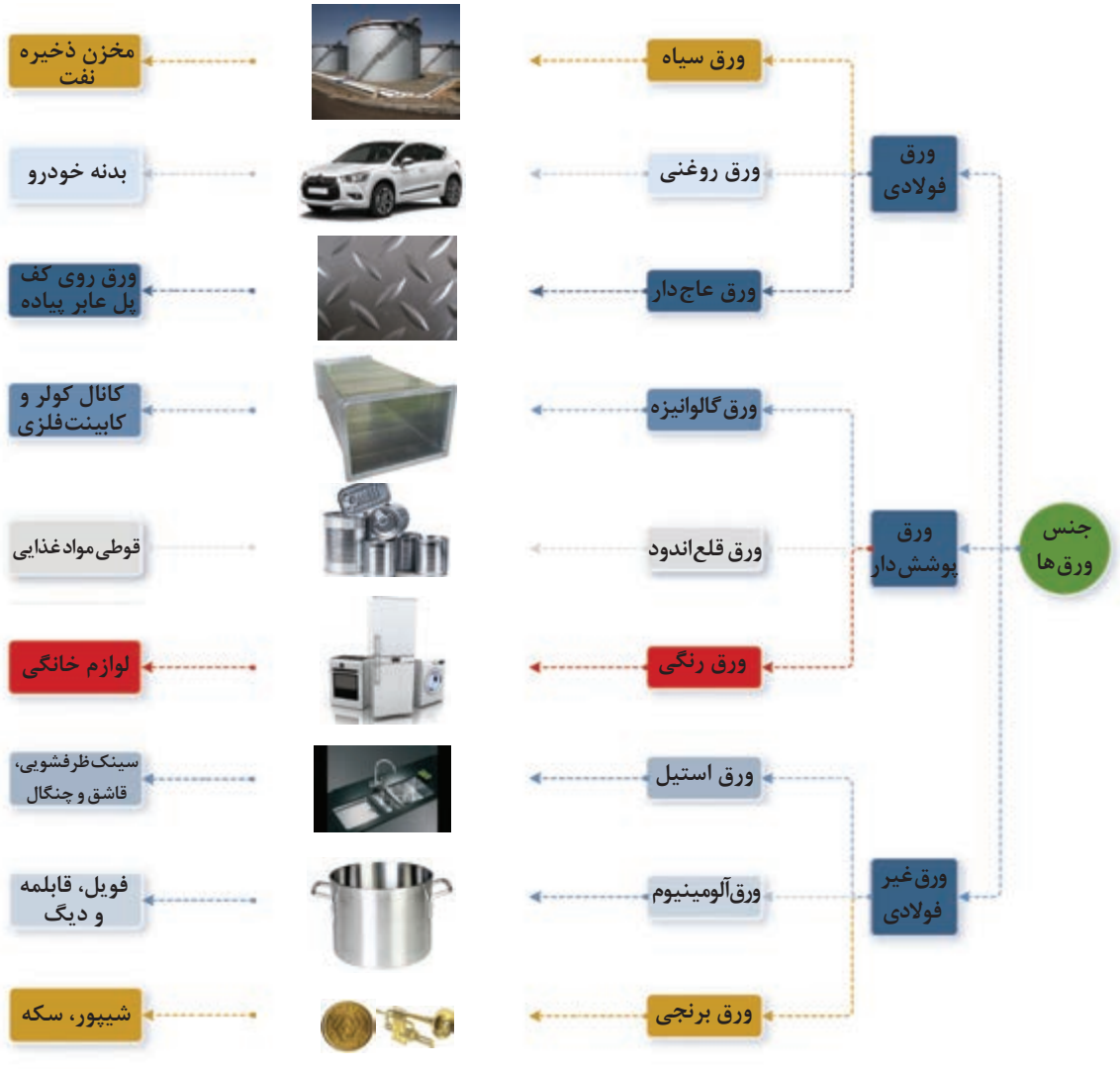
دسته‌بندی ورق‌های فلزی

ورق‌های فلزی، شکلی از فلز هستند که تحت فرایندهای صنعتی به ضخامت‌های نازک‌تر تغییر شکل داده می‌شوند. ورق‌های فلزی براساس استانداردها دسته‌بندی‌های مختلفی دارند که در ادامه به برخی از این دسته‌بندی‌ها اشاره می‌کنیم.

به چند طریق می‌توانید ورق‌های فلزی را دسته‌بندی کنید؟

ورق‌های فلزی را می‌توان براساس جنس یا ضخامت آنها دسته‌بندی نمود، شکل ۵ دسته‌بندی ورق‌های فلزی را از لحاظ جنس نشان می‌دهد. ممکن است پس از مشاهده این دسته‌بندی این سؤال برایتان پیش آید که آیا این دسته‌بندی منطقی است؟ اگر نه، می‌توانید دسته‌بندی‌های دیگری از ورق‌ها را ارائه دهید؟



شکل ۵ ـ نمودار درختی دسته‌بندی ورق‌های فلزی براساس جنس

همان‌طور که ذکر شد، علاوه بر دسته‌بندی ورق‌ها براساس جنس، می‌توان آنها را براساس ضخامت نیز دسته بندی کرد. در جدول ۲ دسته بندی ورق ها براساس ضخامت نشان داده شده است.

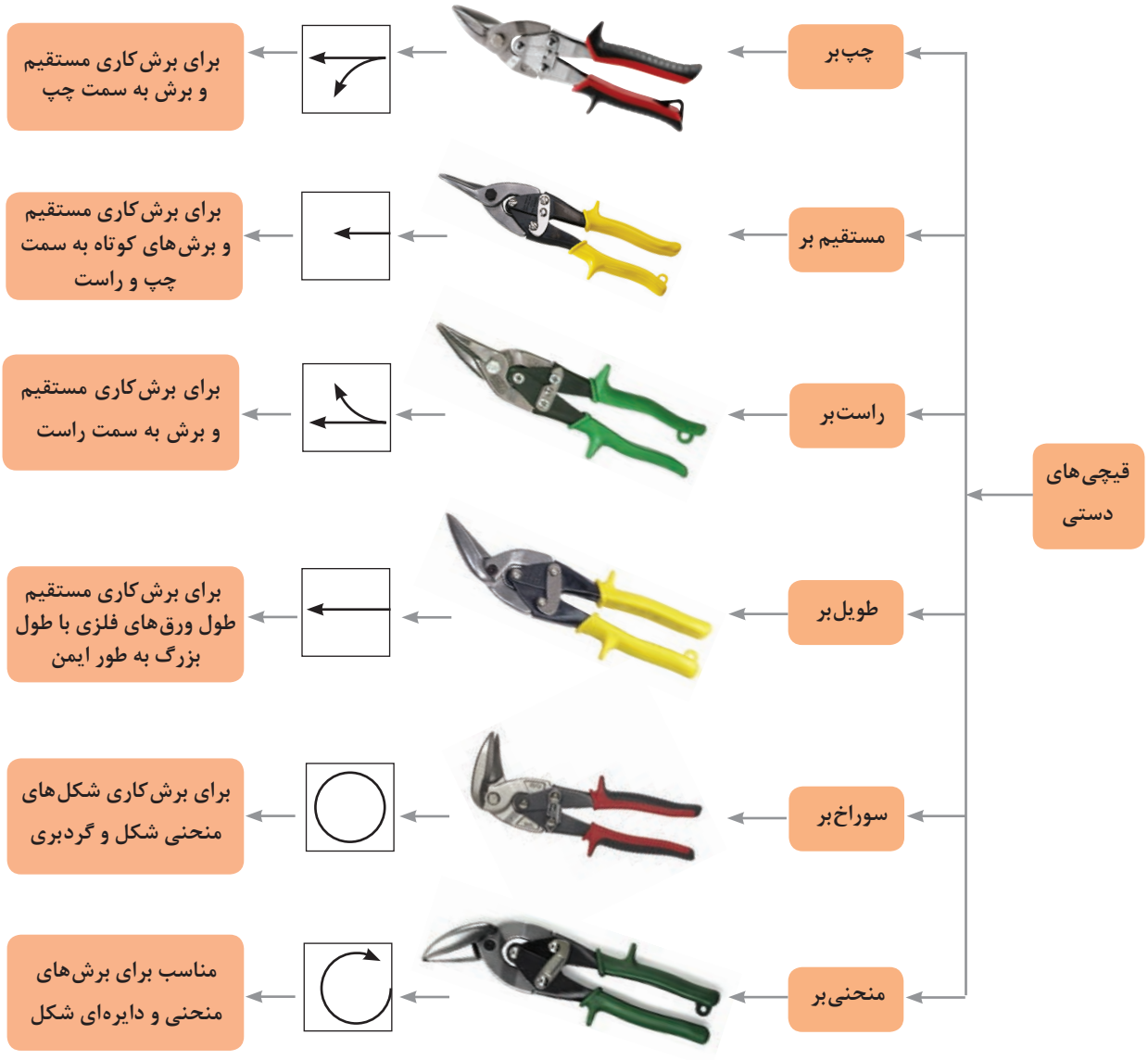
جدول ۲ ــ دسته‌بندی ورق‌های فولادی از نظر ضخامت

ردیف	نوع	نام کاربردی	محدوده ضخامت (mm)	ویژگی	نمونه‌ای ازکاربرد	تصویر
۱	ورق نازک	Sheet	۰/۲< t ≤۱	.....	بدنه کابینت‌های فلزی	
			۱< t ≤ ۳	.....	بدنه اتومبیل	
۲	ورق متوسط	Plate	۳< t ≤ ۶	مناسب برای خم‌کاری و ساخت اشکال هندسی	تانکر حمل مواد سوختی	
۳	ورق ضخیم	Plate	t > ۶	مناسب برای ساخت مخازن تحت فشار، سازه‌های فلزی، لوله‌های انتقال نفت و گاز	بدنه کشتی	

قیچی‌های دستی

قیچی دستی برای برش‌کاری خط‌های صاف کوتاه و منحنی بر روی ورق فلزی به‌کار می‌رود. برش‌کاری با قیچی دستی روشی بدون براده‌برداری است. مقدار نیروی مورد نیاز برای برش‌کاری با قیچی دستی، براساس نسبت طول تیغه برنده به طول دسته قیچی تعیین می‌شود.

چگونه می‌توان قیچی‌های دستی را دسته‌بندی کرد؟ در شکل زیر دسته‌بندی قیچی‌های دستی با تصویر نشان داده شده است، به قیچی‌ها نگاه کنید، به نظر شما این قیچی‌ها برچه اساسی دسته‌بندی شده‌اند. تفاوت بین قیچی‌های دستی در چیست؟



شکل ۶

چگونه می‌توان ورق‌های متوسط را با قیچی برید؟

همان‌طور که در بخش قبلی فراگرفتید از قیچی دستی برای برش‌کاری ورق‌های نازک تا ضخامت یک میلی‌متر استفاده می‌شود. حال این سؤال پیش می‌آید که اگر ضخامت ورق افزایش یابد چه باید کرد؟

در گذشته برای رفع این محدودیت طول دسته قیچی را افزایش می‌دادند تا بتوان ورق‌های ضخیم‌تر را برش داد. هر چند این کار از نظر اجرایی صحیح نمی‌باشد و ممکن است به قیچی نیز آسیب برساند.

بنابراین چرا با اضافه کردن طول دسته قیچی می‌توان ورق‌های ضخیم‌تر را با همان قیچی دستی برش داد؟

شکل ۱ــ قیچی اهرمی ساده

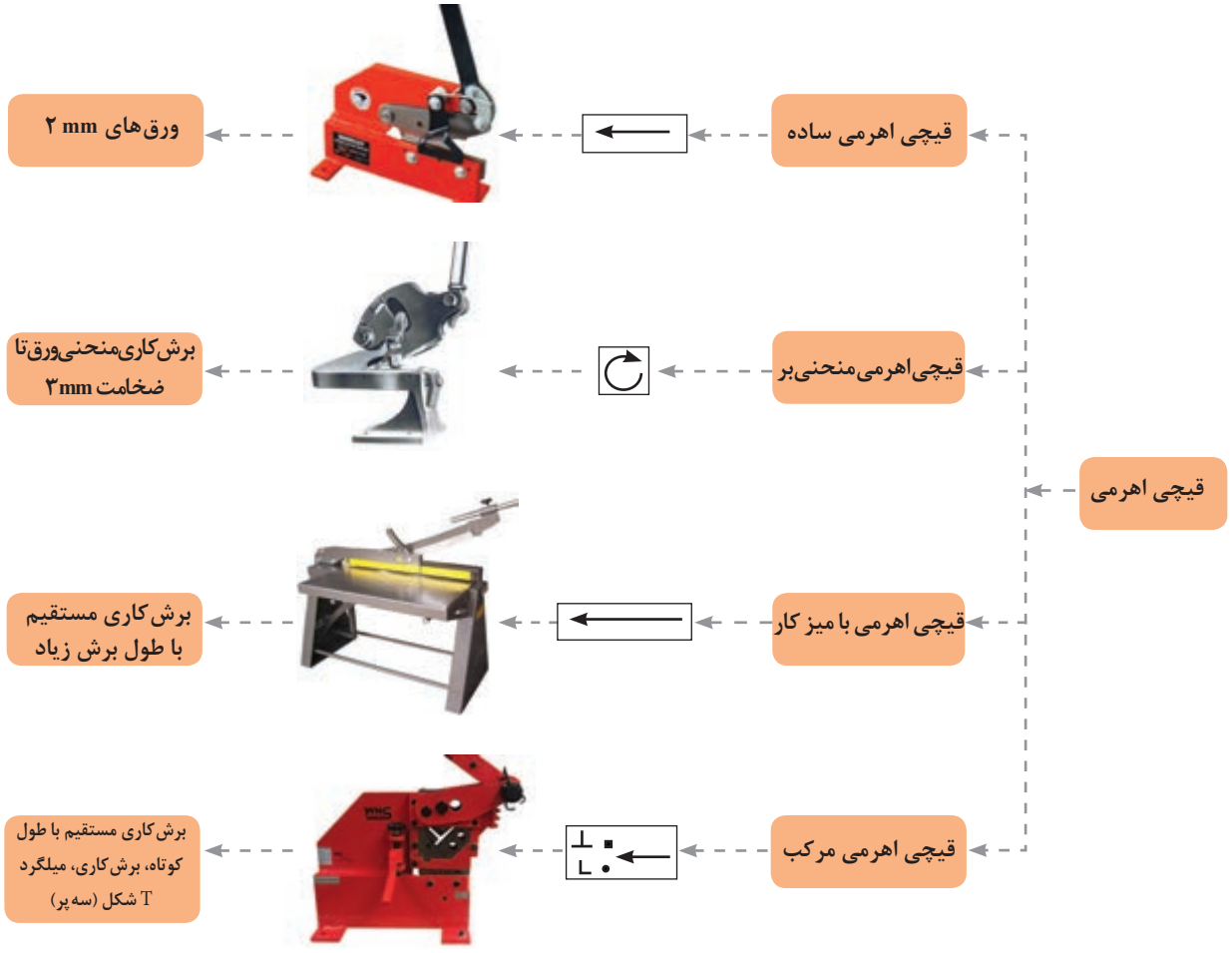
قیچی اهرمی

قیچی اهرمی برای برش‌کاری مستقیم و منحنی روی ورق‌های فلزی با ضخامت بالاتر از حد قیچی دستی به کار می‌رود، علاوه بر این می‌توان از این نوع قیچی‌ها برای برش‌کاری مقاطع پروفیلی دیگر مانند تسمه، نبشی، Tشکل (سه‌پر)، میل‌گرد و چهارپهلو نیز استفاده کرد.

این روش برش‌کاری بدون براده‌برداری انجام می شود و دورریز ناچیزی دارد.

دسته‌بندی قیچی‌های اهرمی: با توجه به محدودیت ضخامت برش در قیچی‌های دستی، طراحان و سازندگان ابزار با توجه به قانون اهرم تصمیم گرفته تا نوعی قیچی تولید کرده که دسته قوی‌تر و بلندی داشته باشد تا بتوانند ضخامت و طول بیشتری را برش‌کاری کنند. لذا در این بخش به معرفی قیچی‌های اهرمی و اصول کار آنها خواهیم پرداخت.

شکل ۲ دسته‌بندی قیچی‌های اهرمی را براساس کاربرد نشان می‌دهد. به این دسته‌بندی توجه کنید آیا می‌توان به شیوه دیگر این قیچی‌ها را دسته‌بندی کرد؟

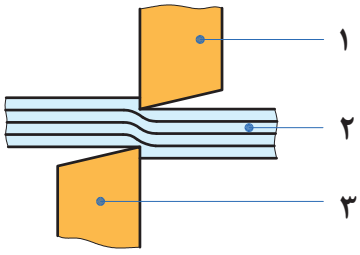


شکل ۲ـ دسته‌بندی قیچی‌های اهرمی

مراحل برش‌کاری

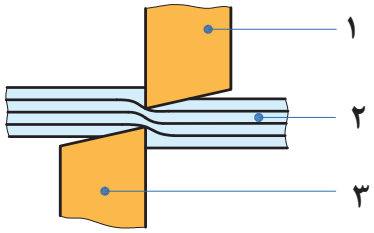
حصول برش‌کاری مطلوب با استفاده از قیچی نیازمند اجرای منظم سه مرحله زیر می‌باشد:

مرحله اول (نفوذ): پس از پایین آمدن تیغه‌ها و برخورد آن با قطعه، ادامه حرکت نیاز به نیروی بیشتری دارد. با افزایش نیرو، قطعه در بین دو تیغه همانند فنر فشرده می‌شود و در برابر نیرو مقاومت می‌کند. زمانی که نیروی وارده از مقاومت قطعه بیشتر شود، مرحله اول برش‌کاری که **نفوذ** نامیده می‌شود آغاز می‌گردد.



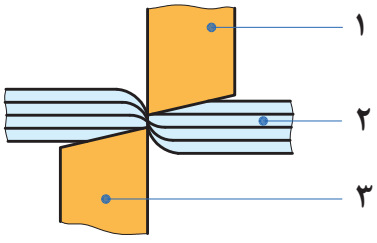
شکل ۵ـ نفوذ (مرحله اول)

مرحله دوم (برش): در ادامه برش‌کاری و با افزایش نیرو، تیغه‌ها بر مقاومت داخلی قطعه غلبه کرده و بیشتر در قطعه فرو می‌روند به این مرحله **برش** گویند.



شکل ۶ـ برش (مرحله دوم)

مرحله سوم (شکست): در انتهای برش‌کاری با افزایش نیرو، قطعه در بین دو تیغه کاملاً فشرده شده و دیگر تیغه‌ها قادر به نفوذ در آن نخواهند بود. در این مرحله با افزایش نیرو قطعه در بین تیغه‌ها شکسته می شود که به این مرحله **شکست** گویند.



شکل ۷ـ شکست (مرحله سوم)

در تمامی تصاویر:

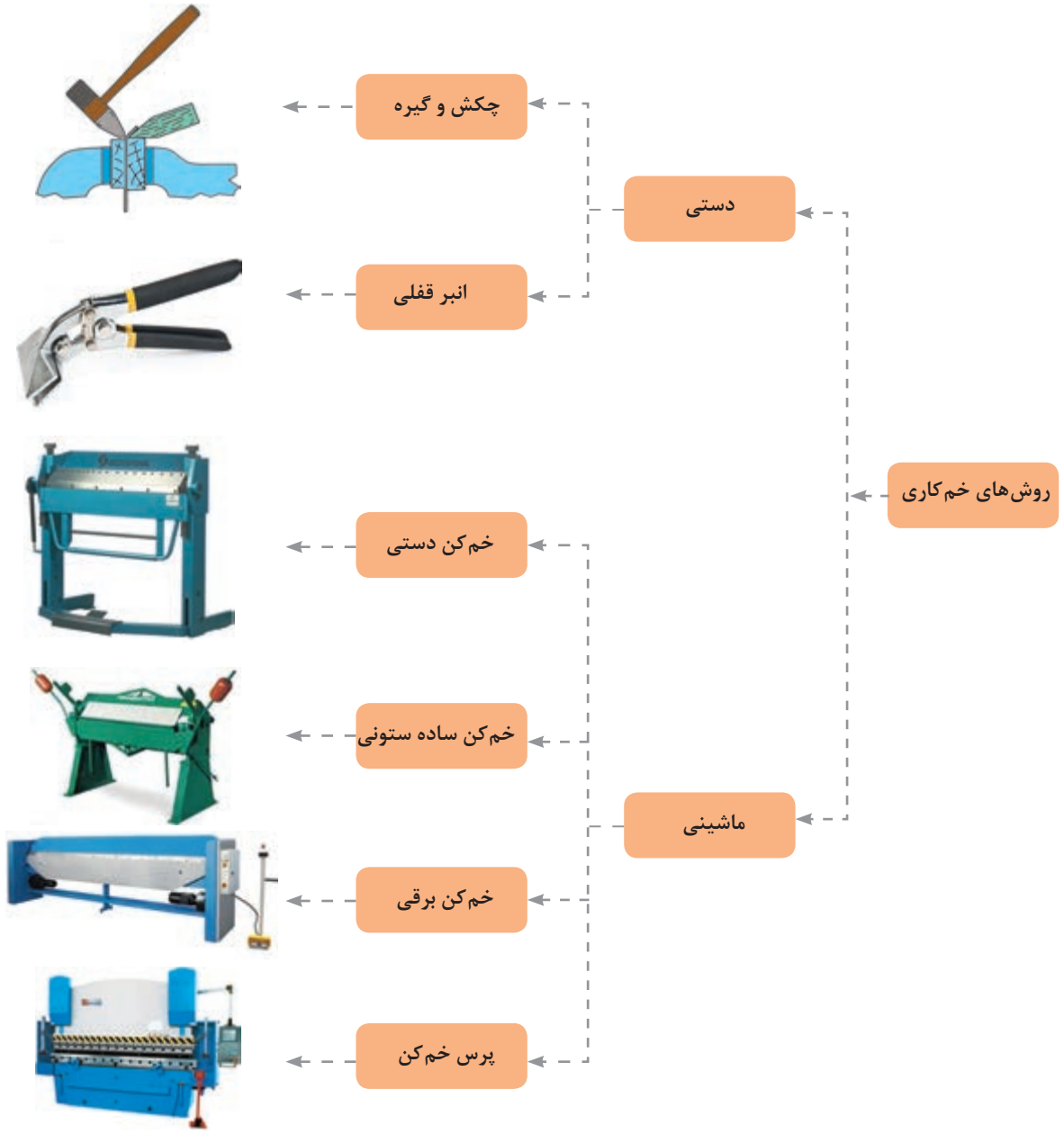
۱ نشان دهنده تیغه متحرک

۲ نشان دهنده قطعه کار

۳ نشان دهنده تیغه ثابت

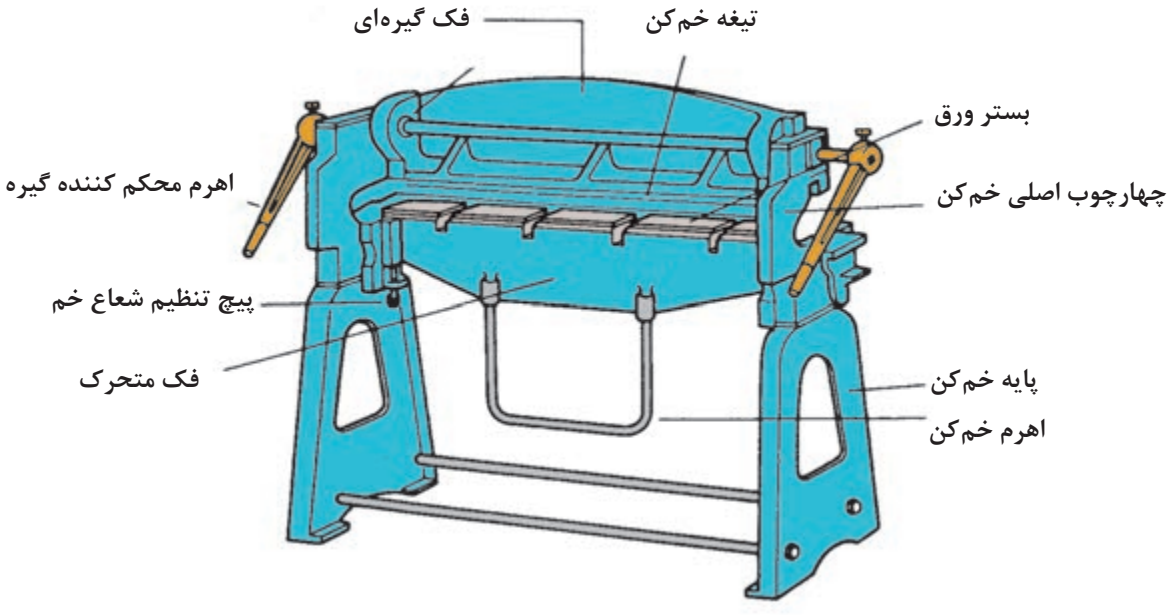
روش‌های خم‌کاری ورق

روش‌های خم‌کاری ورق را به طور کلی به دو گروه دستی و ماشینی تقسیم می‌کنند. شکل ۱۴ به نظر شما این گروه بندی بر چه اساسی است و تفاوت بین این خم‌کن‌ها در چیست؟



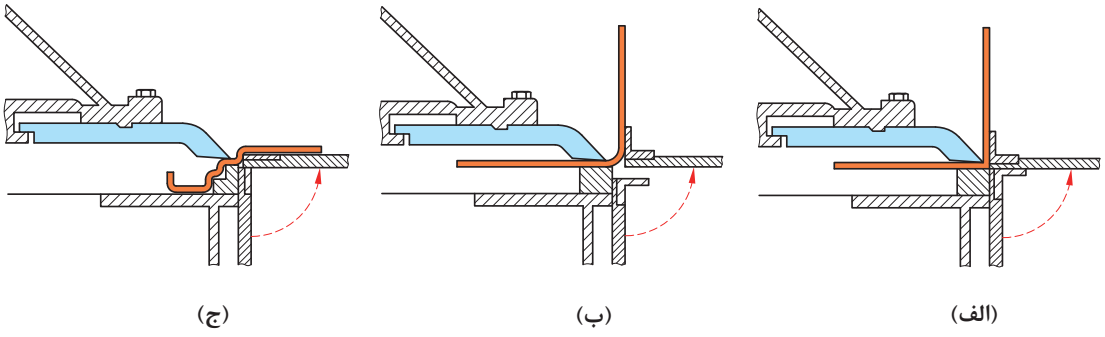
شکل ۱۴ـ دسته‌بندی خم‌کن‌های دستی و ماشینی

این خم‌کن‌ها معمولاً برای خم‌کاری ورق‌های فلزی نازک تا ضخامت ۱/۶ میلی‌متر به‌کار می‌روند. نمونه‌ای از یک خم‌کن دستی را در شکل ۲۱ می‌بینید. این خم‌کن‌ها قادرند ورق‌های فلزی با پهنای ۸ تا ۱۰ برابر ضخامت ورق با شعاع خم ۱/۵ برابر ضخامت ورق را خم کنند.



شکل ۲۱ـ شماتیک یک خم‌کن دستی

شکل ۲۲ (الف)، (ب) و (ج) خم‌کاری با شعاع کوچک (خم تیز 90°) و شعاع خم بزرگ با زاویه 90° و خم چند مرحله‌ای ترتیبی را به کمک قالب با ماشین خم‌کن دستی مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۲ـ (الف) خم‌کاری با شعاع کوچک (ب) خم‌کاری با شعاع بزرگ (ج) خم‌کاری ترتیبی

برای حالت (a) بین فک متحرک و صفحه گردون فاصله ای وجود ندارد. در حالت (b) بین صفحه گردون و متحرک فاصله وجود دارد (که فاصله هوایی) می گویند. که باعث ایجاد شعاع خم می گردد. علاوه بر نظر و بحث زیبایی در ورق های نرم مانند مس و آلومینیوم و برنج باید شعاع خم زیاد باشد تا از ترک در فک طراح

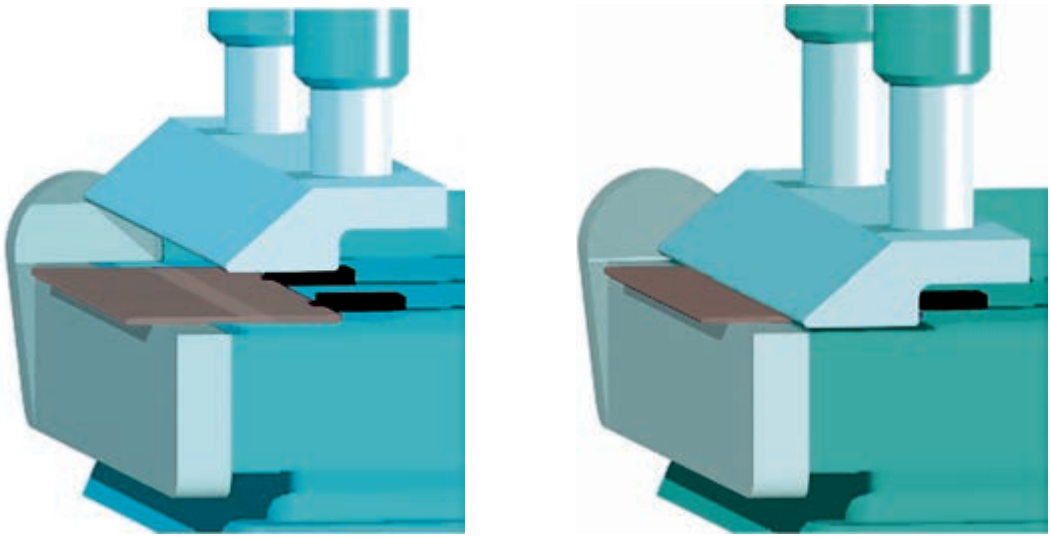
خم جلوگیری کند.

در حالت (c) نظر به پیچیدگی خم و پلکانی بودن خم‌ها از قالبی استفاده می‌شود تا از گیر کردن و له شدن خم جلوگیری کند. که این‌گونه موارد به ابتکار سازندگان مربوط می‌شود که خلاقیت به خرج دهند و قطعه آسان خم‌کاری شود که در معماری داخلی و در لوازم خانگی و غیره کاربرد دارد.

روش خم‌کاری با خم‌کن دستی

مرحله اول: بستن ورق بر روی میز کار

در این مرحله مقدار فاصله فک بالا بسیار مهم است باید به اندازه‌ای باشد تا اجازه دهد هنگام بستن ورق فضای خالی برای خم‌های قبل احتمالی وجود داشته باشد. (یعنی خم‌های قبلی زیر فک بالا له نشوند.) ضمناً تیغه فک بالا روی لبهٔ خط‌کشی شده به‌طور دقیق قرار گیرد.

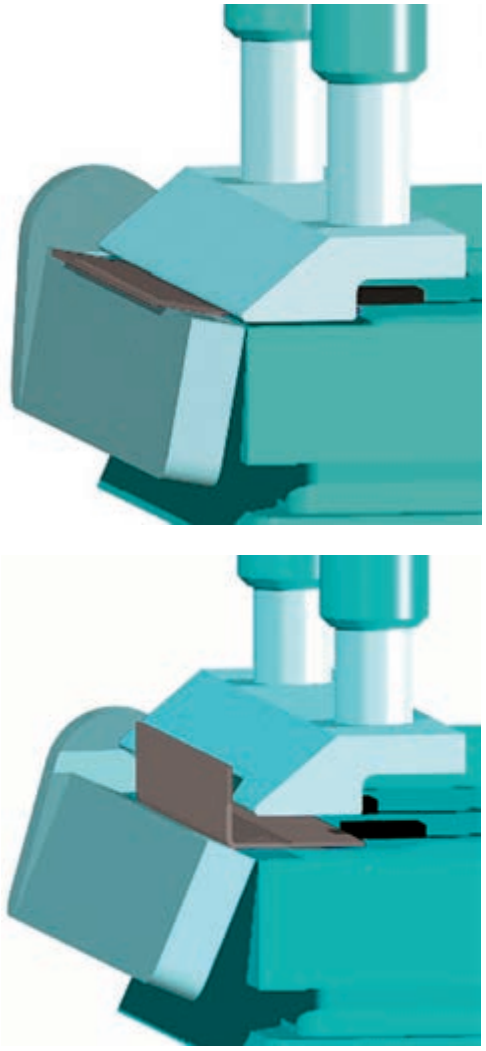


شکل ۲۳ـ بستن ورق بر روی میز کار

مرحلهٔ دوم: خم‌کاری

در این مرحله فک بالا توسط اهرم سفت‌کننده به سمت پایین می‌آید و ورق در جای خود محکم می‌شود. سپس اهرم خم‌کاری را به سمت بالا می‌آوریم تا زاویه در نظر گرفته شده خم‌کاری شود.

توجه داشته باشید که اهرم مقداری بیشتر بالا بیابد، تا زاویه برگشت ارتجاعی ورق را جبران کند. (یعنی دو تا سه درجه بیشتر خم شود.) برای تغییر شعاع خم بر اساس نقشه با استفاده از پیچ تنظیم شعاع، می‌توان شعاع خم را تغییر داد.



شکل ۲۴ـ خم‌کاری

مرحله سوم: خارج کردن ورق از خم‌کن

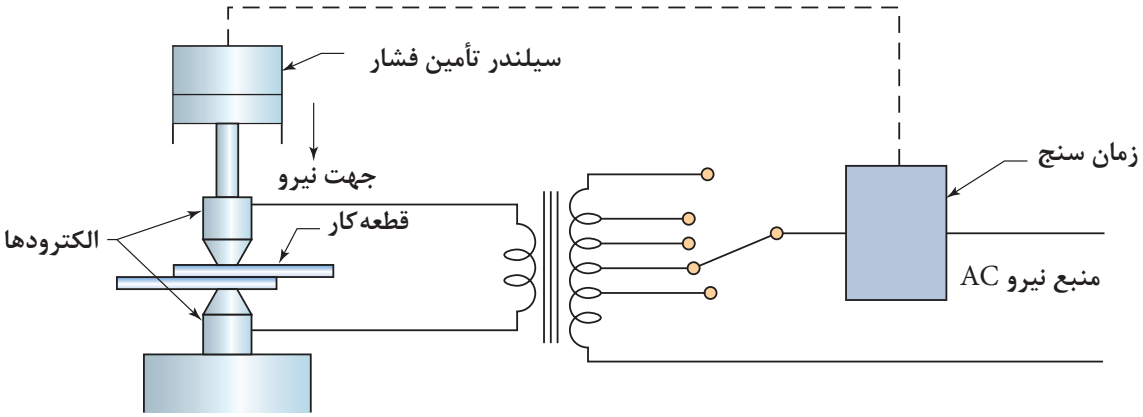
در این مرحله پس از باز کردن فک بالا باید قطعه به‌راحتی از خم‌کن خارج شود. اگر ترتیب خم‌کاری به‌طور صحیح انجام نشود ممکن است قطعه داخل خم‌کن گیر کرده و به‌راحتی خارج نشود و باعث مشکلات گردد. بنابراین از قبل باید در این مورد پیش‌بینی کرد.

جوش‌کاری مقاومتی (RW)[1]

فرایندی است که به‌واسطه عبور جریان الکتریسیته از فلز مورد اتصال و مقاومت الکتریکی ایجاد شده در فصل مشترک دو فلز، حرارت تولید می‌شود که این حرارت موجب اتصال دو فلز می‌شود.

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 می‌شود.

در جوش‌کاری مقاومتی جریان مورد نیاز بایستی دارای ویژگی ولتاژ پایین و آمپر بالا باشد. همان‌طور که در شکل ۵ می‌بینید، برای برقراری جریان الکتریسیته و اعمال نیرو به بخش‌های گرم‌شده، فشار وارد می‌شود. این فشار توسط الکترودهای بالا و پایین اعمال می‌شود. در این فرایند نیاز به ماده پُرکننده نمی‌باشد.



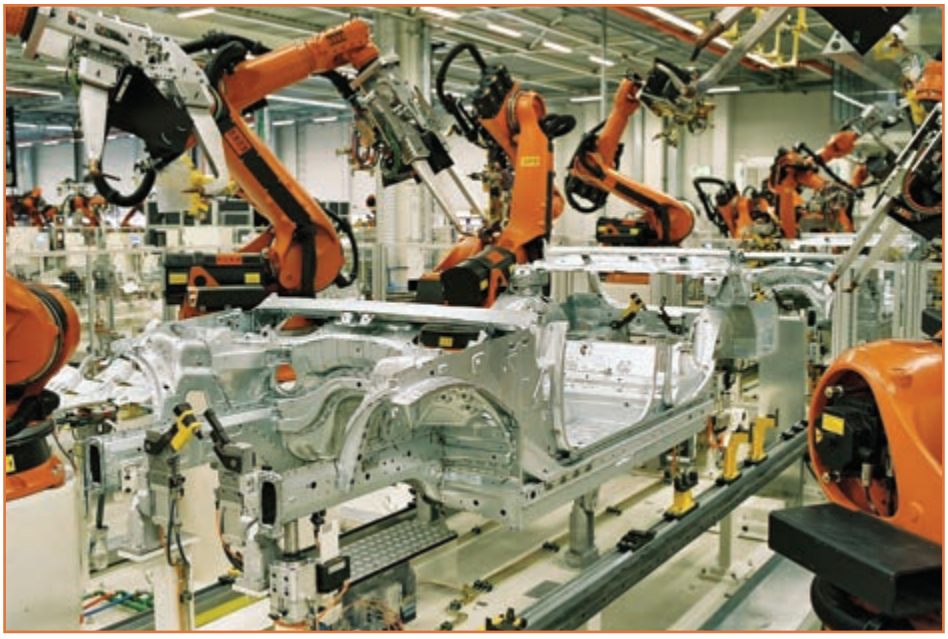
شکل ۵ ــ شماتیک فرایند جوش‌کاری مقاومتی

جریان مورد نیاز برای مقاومت الکتریکی توسط ترانسفورماتور تأمین می‌شود. وظیفه ترانسفورماتور تبدیل برق با ولتاژ بالا و آمپر پایین به ولتاژ پایین و آمپر بالا می‌باشد. فشار مورد نیاز هم برای اعمال نیرو توسط سیستم‌های مکانیکی، هیدرولیکی و پنیوماتیکی تأمین می‌شود.

۱ ــ Resistance Welding

کاربرد جوش‌کاری مقاومتی

جوش‌کاری مقاومتی در صنایع خودروسازی، هوافضا و صنایع الکترونیک به طور گسترده استفاده می‌شود. برای بدنه خودرو که از جنس ورق فولادی می‌باشد به‌طور گسترده این روش مورد استفاده قرار می‌گیرد.

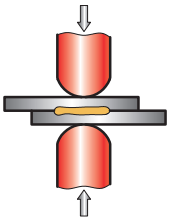
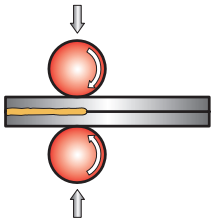
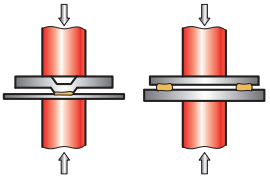
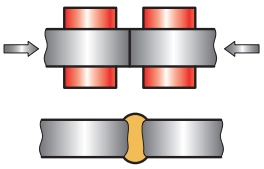
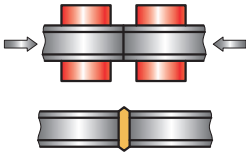


شکل ۶ــ صنایع خودرو سازی

روش‌های جوش‌کاری مقاومتی

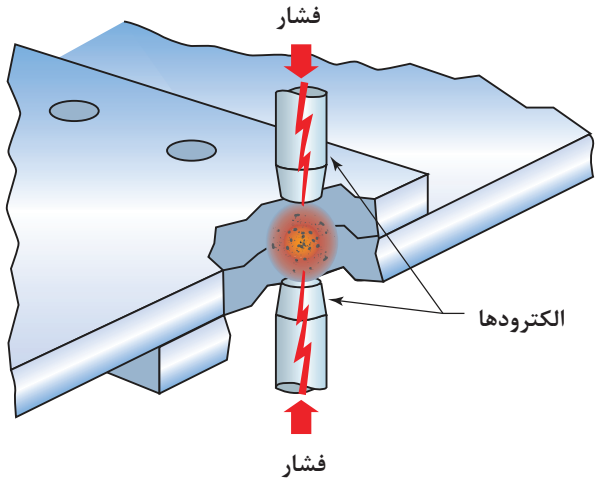
جوش‌کاری مقاومتی بر اساس کاربرد به پنج روش مختلف دسته‌بندی می‌شوند. جدول ۱ روش‌های جوش‌کاری مقاومتی همراه با کاربرد هر یک از آنها را نشان می‌دهد.

جدول ۱ــ روش‌های جوش‌کاری مقاومتی

روش	شماتیک	کاربرد	تصویر
نقطه جوش Spot weld		سینک‌ها، بدنه خودروها، صنایع الکترونیک، صنایع هوافضا	
درز جوش Seam Weld		سینک‌ها، لوله‌ها، بشکه‌ها، قوطی‌های بسته‌بندی موادغذایی	
جوش زائده‌ای Projection Weld		صندلی، لوله‌ها، قطعات سپر و گلگیر خودرو	
جوش سربه‌سر Butt Weld		پروفیل‌ها، لوله‌ها، مقاطع	
جوش جرقه‌ای Flash Weld		زنجیرهای فلزی، ریل‌های قطار، ابزارهای فلزی	

نقطه جوش (RSW)[1]

نقطه جوش متداول‌ترین روش در بین روش‌های جوش‌کاری مقاومتی می‌باشد. در این فرایند، جوش به‌واسطه گرمای تولید شده بین فصل مشترک دو فلز، شکل می‌گیرد. این گرما به دلیل مقاومت الکتریکی ایجاد می‌شود. از آنجایی که مقاومت الکتریکی در فصل مشترک بین دو فلز بیشترین مقدار می‌باشد، عمل ذوب و جوش در این نقطه رخ می‌دهد. شکل ۷ نمایی از نقطه جوش و مقاومت‌های مختلف موجود در این فرایند را نشان می‌دهد.



شکل ۷ ـ روش اتصال با فرایند نقطه جوش

نکته

اندازه و شکل جوش ایجاد شده در فصل مشترک دو قطعه با اندازه نوک الکترود قابل کنترل می‌باشد.

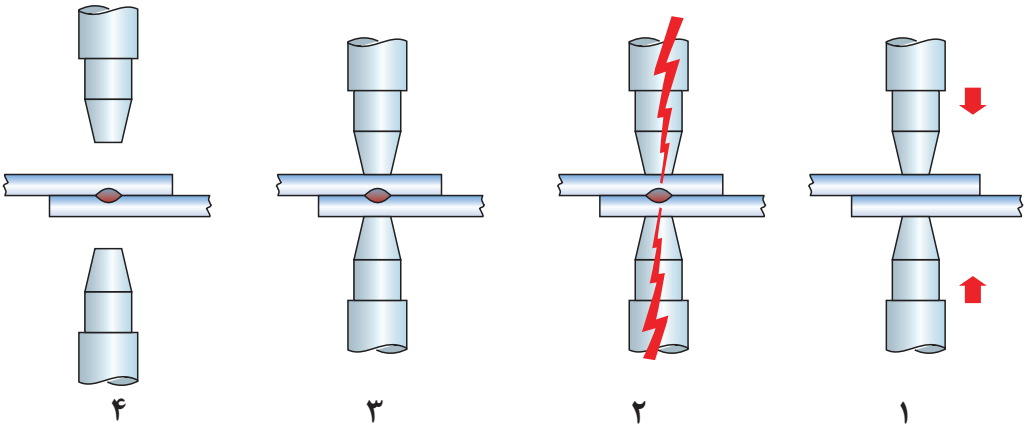
در فرایند نقطه جوش اتصال در چهار سیکل (دوره زمانی) صورت می‌گیرد که در شکل ۸ نشان داده شده است:

مرحله اول: سیکل اعمال فشار

مرحله دوم: سیکل جوش‌کاری ـ اعمال جریان

مرحله سوم: سیکل نگهداری ـ اعمال فشار فورج

مرحله چهارم: سیکل خنک‌کاری ـ خنک شدن ناحیه اتصال



شکل ۸ـ مراحل نقطه جوش

۱ ـ Resistance Spot Welding

تجهیزات فرایند نقطه جوش

انواع دستگاه: دستگاه نقطه جوش بر اساس نوع کاربرد در شکل و ابعاد مختلفی ساخته می‌شوند که برخی از متداول‌ترین نوع از این دستگاه‌ها در شکل‌های زیر نشان داده شده است.

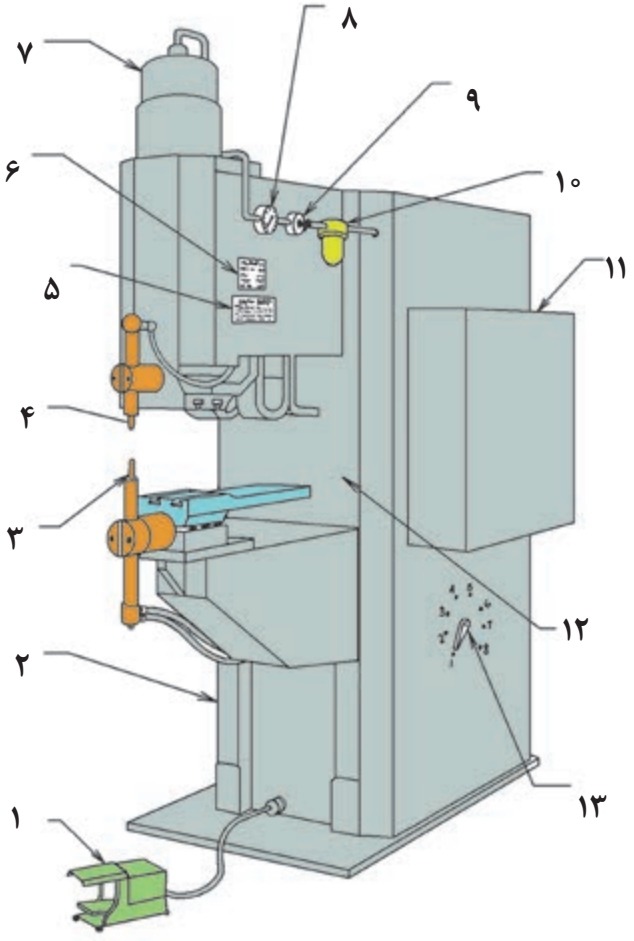
شکل ۹ ـ دستگاه نقطه جوش قابل حمل

شکل ۱۰ـ روبات نقطه جوش

شکل ۱۱ـ دستگاه نقطه جوش پدالی

اجزای دستگاه نقطه جوش

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

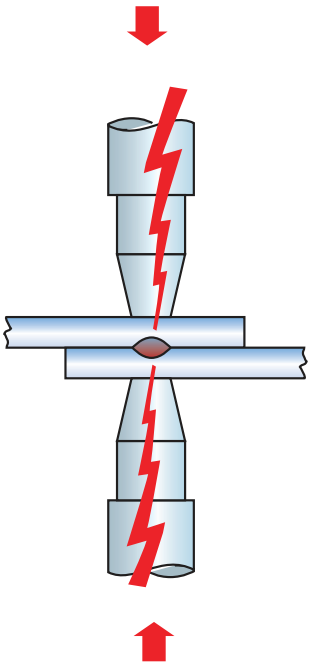


شکل ۱۲ـ اجزای دستگاه نقطه جوش پدالی

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

الکترود نقطه جوش

به‌طور معمول در دستگاه نقطه جوش از فلز مس به عنوان الکترود استفاده می‌شود. الکترودها وظیفهٔ مشخصی دارند که در شکل ۱۳ شماتیکی از آنها نشان داده شده است.



شکل ۱۳ـ شماتیک الکترود نقطه جوش

نکته

به نظر شما وجود آب در الکترود سمت راستی به چه منظور است؟ الکترود باید شکل ظاهری و هدایت الکتریکی و گرمایی خود را حین شرایط کاری حفظ کند. به همین دلیل نوک الکترودها را از آلیاژهای مس و آلیاژهایی که این ویژگی‌ها را دارند می‌سازند.

دسته‌بندی الکترودها بر اساس جنس

انجمن تولیدات جوش‌کاران مقاومتی [۱] (RWMA)نوک الکترود نقطه جوش را در دو گروه دسته‌بندی کرده است.

گروه A: جنس این گروه از الکترودها مس و آلیاژ مس می‌باشد

نوع ۱، نوع ۲، نوع ۳، نوع ۴، نوع ۵

گروه B: جنس این گروه از الکترودها فلزات دیرگداز می‌باشد

نوع ۱۰، نوع ۱۱، نوع ۱۲، نوع ۱۳

۱– Resistance Welders Manufacturing Association

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

گروه	نوع	مواد	هدایت در مقایسه با مس خالص	ویژگی	کاربرد
A	۱	مس، مس و کروم، مس و زیرکونیوم	۸۵ درصد از هدایت مس خالص	با افزایش میزان عناصر آلیاژی، 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 آلیاژی، استحکام افزایش	
	۱۱		۳۰ درصد از هدایت مس خالص		
	۱۲		۲۹ درصد از هدایت مس خالص		
	۱۳		۲۸ درصد از هدایت مس خالص		

دسته‌بندی الکترودها از لحاظ شکل ظاهری

جدول ۲ دسته‌بندی الکترودها از لحاظ شکل ظاهری را نشان می‌دهد. به نظر شما هر یک از این الکترودها **ستهبندی الکترودهای نقطه جوش از لحاظ ظاهری** چه کاربردی دارند؟

جدول ۲ ـ د

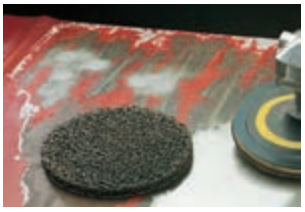
علامت الکترود	نوع الکترود	کاربرد	شکل
F	تخت	....	
R	شعاعی	....	
DR	گنبدی	....	
CF	مخروطی	....	
P	مخروطی	....	
E	خارج از مرکز	....	

روش اجرای نقطه جوش

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

۱ـ آماده سازی ورق: قبل از شروع جوش‌کاری سطوح قطعات فلزی را باید از هرگونه آلودگی زدود. چرا؟ در جدول ۳ عوامل، اثرات آنها و راه تمیزکاری شرح داده شده است.

جدول ۳ـ 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 الکترود به سطح قطعه آلوده شدن سطح الکترود	تمیزکاری مکانیکی مانند برس زدن و سنباده زدن
۲	**چربی**		ایجاد حباب در جوش	تمیزکاری با پارچه تنظیف و تمیزکاری با مواد شیمیایی مجاز (برای حذف لایه‌های ضخیم)
۳	**رنگ**		نقطه جوش ضعیف ظاهر نامناسب جوش	تمیزکاری مکانیکی و شیمیایی

۲ـ تنظیم و راه‌اندازی دستگاه نقطه جوش: مراحل تنظیم و راه‌اندازی دستگاه نقطه جوش عبارت‌اند از:

الف) کنترل اجزای دستگاه نقطه جوش

۱ـ کنترل الکترود شکل و زاویه الکترود

۲ـ کنترل هم‌راستایی الکترودها

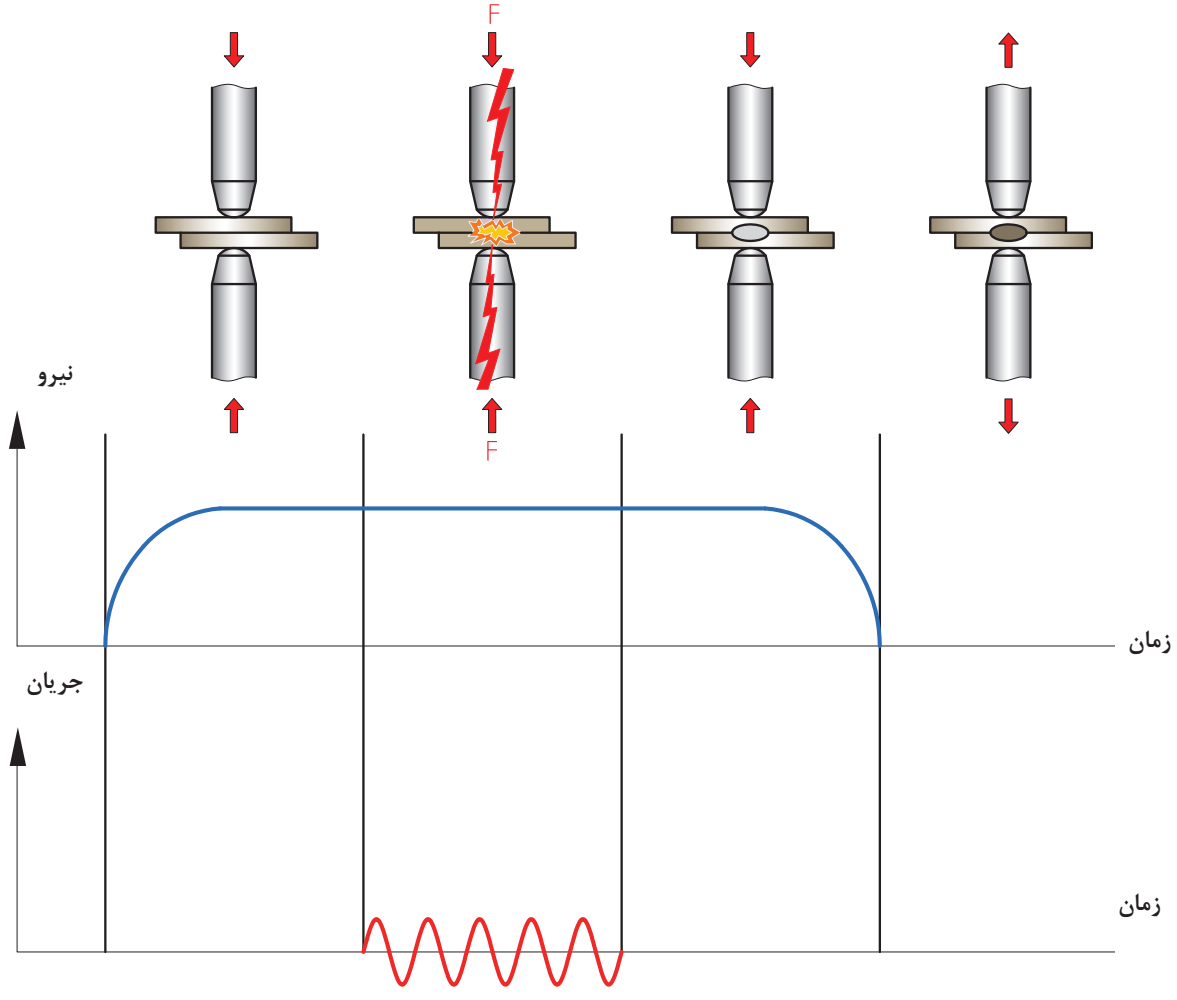
۳ـ کنترل شیلنگ آبگرد و اتصال آن به الکترود و خروجی آب

ب) تنظیم پارامترهای دستگاه

۱ـ تنظیم شدت جریان
۲ـ تنظیم زمان نگهداری
۳ـ تنظیم نیروی اعمالی (فشار)

۳ـ ایجاد اتصال

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، ایجاد اتصال در فرایند نقطه جوش در چهار سیکل صورت می‌پذیرد. شکل زیر سیکل‌های فرایند نقطه جوش را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴ـ سیکل‌های نقطه جوش