# کتاب ساخت مصنوعات فلزی سبک

ایران استخدام

سرویس خصوصی خدمات عام المنفعه اخبار شغل و استخدام

Www.IranEstekhdam.Ir

خواننده گرامی؛ در جهت بهبود کیفیت این فایل؛ لطفاً هرگونه انتقاد و پیشنهاد خود در مورد مطالب آن
و یا گزارش مشکل را به آدرس ایمیل و یا با شماره تلفن زیر مطرح نمایید:

شماره تلفن تماس: ۰۲۱-۹۱۳۰۰۰۱۳ آدرس ایمیل: soal@iranestekhdam.ir

Www.IranEstekhdam.Ir

## «لینک‌های مفید و مرتبط»

**دانلود منابع آزمون استخدامی هنرآموز صنایع فلزی**

**خرید و دانلود**

**دانلود نمونه سوالات آزمون استخدامی هنرآموز صنایع فلزی**

**خرید و دانلود**

بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰى مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

# ساخت مصنوعات فلزی سبک

رشتهٔ صنایع فلزی

گروه مکانیک

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

پایهٔ دهم دورهٔ دوم متوسطه

**وزارت آموزش و پرورش**
**سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی**

**نام کتاب:** ساخت مصنوعات فلزی سبک ـ ۲۱۰۴۰۸

**پدیدآورنده:** سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

**مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:** دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش

**شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:** حمید تقی‌پور ارمکی، عبدالمجید خاکی‌صدیق، بهرام زارعی، محمدرضا سلطان محمدی، حمیدرضا شادی و حسن ضیغمی(اعضای شورای برنامه‌ریزی)

حمید تقی‌پور ارمکی، بهرام زارعی، محمدرضا سلطان محمدی و حمیدرضا شادی (اعضای گروه تألیف) ـ حسین داوودی(ویراستار)

مازندران، شهرستان‌های تهران، قزوین و اصفهان (استان‌های مشارکت‌کننده در فرایند اعتبارسنجی)

**مدیریت آماده‌سازی هنری:** ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

**شناسه افزوده آماده‌سازی:** جواد صفری (مدیر هنری) ـ طاهره حسن‌زاده (طراح جلد)ـ سمیه قنبری (صفحه‌آرا) ـ نسرین اصغری و نسا عسگری (عکاس)

**نشانی سازمان:** تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)

**تلفن:** ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱ ، **دورنگار:** ۸۸۳۰۹۲۶۶ ، **کد پستی:** ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

**وب‌گاه:** www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir

**ناشر :** شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش) **تلفن:** ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، **دورنگار:** ۴۴۹۸۵۱۶۰، **صندوق پستی:** ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵

**چاپخانه:** شرکت چاپ ونشر کتاب های درسی ایران «سهامی خاص»

**سال انتشار و نوبت چاپ:** چاپ نهم ۱۴۰۳

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

**شابک ۱ – ۲۵۰۸ – ۰۵ – ۹۶۴ – ۹۷۸** **ISBN 978 – 964 – 05 – 2508–1**



اگر یک ملتی نخواهد آسیب ببیند باید این ملت اولاً با هم متحد باشد و ثانیاً در هر کاری که اشتغال دارد آن‌را خوب انجام بدهد. امروز کشور محتاج به کار است. باید کار کنیم تا خودکفا باشیم، بلکه ان‌شاءالله صادرات هم داشته باشیم. شما برادرها الآن عبادتتان این است که کار بکنید. این عبادت است.

**امام‌خمینی (قُدِّسَ‌سِرُّهُ)**

# فهرست


سخنی با هنرجویان گرامی .....

**پودمان اول: برش‌کاری با قیچی** ..... **۱**

- واحد یادگیری ۱ـ شایستگی برش‌کاری با قیچی دستی ..... ۲
- واحد یادگیری ۲ـ شایستگی برش‌کاری با قیچی اهرمی ..... ۲۶
- ارزشیابی پایانی ..... ۳۶

**پودمان دوم: خم‌کاری** ..... **۳۷**

- واحد یادگیری ۳ـ شایستگی خم‌کاری ورق ..... ۳۸
- ارزشیابی پایانی ..... ۶۷

**پودمان سوم: جوش‌کاری مقاومتی** ..... **۶۹**

- واحد یادگیری ۴ـ شایستگی نقطه جوش ..... ۷۰
- ارزشیابی پایانی ..... ۱۰۲

**پودمان چهارم: اتصال پیچک** ..... **۱۰۳**
- واحد یادگیری ۵ـ شایستگی اتصال پیچک ..... ۱۰۴
- ارزشیابی پایانی ..... ۱۲۲

**پودمان پنجم: لحیم‌کاری** ..... **۱۲۳**
- واحد یادگیری ۶ـ شایستگی لحیم‌کاری ..... ۱۲۴
- ارزشیابی پایانی ..... ۱۴۶

فهرست منابع ..... ۱۴۷

## سخنی با هنرجویان گرامی

وضعیت دنیای کار و تغییرات در فناوری، مشاغل و حرفه‌ها، ما را بر آن داشت تا محتوای کتاب‌های درسی را همانند پایه‌های قبلی براساس نیاز کشور خود و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام جدید آموزشی تغییر دهیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌ها، آموزش و ارزشیابی براساس شایستگی است. شایستگی، توانایی انجام کار واقعی به‌طور درست تعریف شده است. توانایی شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود. در این برنامه برای شما، چهار دسته شایستگی درنظر گرفته شده است:

۱ـ شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار

۲ـ شایستگی‌های غیرفنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده

۳ـ شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات

۴ـ شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر

بر این اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی و حرفه‌ای را تدوین نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف کتاب‌های درسی هر رشته است. برای تألیف هر کتاب درسی بایستی مراحل زیادی قبل از آن انجام پذیرد.

این کتاب نخستین کتاب کارگاهی است که ویژه رشتهٔ صنایع فلزی تألیف شده است و شما در طول سه سال تحصیلی پیش رو پنج کتاب کارگاهی مشابه دیگر ولی با شایستگی‌های متفاوت آموزش خواهید دید. کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت در شغل و حرفه برای آینده بسیار ضروری است و پایه‌ای برای دیگر دروس

می‌باشد. هنرجویان گرامی تلاش کنید تمام شایستگی‌ها آموزش داده شده در کتاب را کسب نمایید و فرا گیرید. کتاب درسی ساخت مصنوعات فلزی سبک شامل ۵ پودمان است و هر پودمان دارای یک یا چند واحد یادگیری است و هر واحد یادگیری از چند مرحله کاری تشکیل شده است. شما هنرجویان عزیز پس از یادگیری هر پودمان می‌توانید شایستگی‌های مربوط به آن پودمان را کسب نمایید. علاوه بر این کتاب درسی شما می‌توانید از بستهٔ آموزشی نیز استفاده نمایید.

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط‌زیست و شایستگی‌های یادگیری مادام‌العمر و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی طراحی و در کتاب درسی و بستهٔ آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش نمایید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به‌کار گیرید.

رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است لذا توصیه‌ها و تأکیدات هنرآموز محترم درس را در خصوص رعایت این نکات که در کتاب آمده است در انجام مراحل کاری جدّی بگیرید.

برای انجام فعالیت‌های موجود در کتاب می‌توانید از کتاب همراه هنرجو استفاده نمایید.

امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی‌تان، گام‌های مؤثری جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.



نظرسنجی کتاب درسی

# پودمان ۱

# برش کاری با قیچی



فلزات در زندگی انسان نقش مهمی ایفا می‌نمایند و در صنعتِ ساخت مصنوعات فلزی جایگاه ویژه‌ای را به‌خود اختصاص داده‌اند. به‌طور معمول مرحله اول ساخت مصنوعات فلزی برش کاری می‌باشد. برش کاری روش‌های مختلفی دارد و اگر این مرحله به دقت انجام نشود قطعه تمام‌شده معیوب خواهد بود. لذا در این بخش به شرح ابتدایی‌ترین روش‌های برش کاری ورق فلزی به‌صورت دستی می‌پردازیم.

# واحد یادگیری ۱

## شایستگی برش‌کاری با قیچی دستی

آیا تا به‌حال پی برده‌اید

۱ از چه موادی برای ساخت بدنه اتومبیل استفاده می‌شود؟
۲ نقشه در تولید یک مصنوع فلزی چه نقشی دارد؟
۳ از چه ابزاردستی می‌توان برای برش ورق‌های فلزی استفاده کرد؟
۴ چگونه می‌توان مقدار دورریز ورق را کاهش داد؟

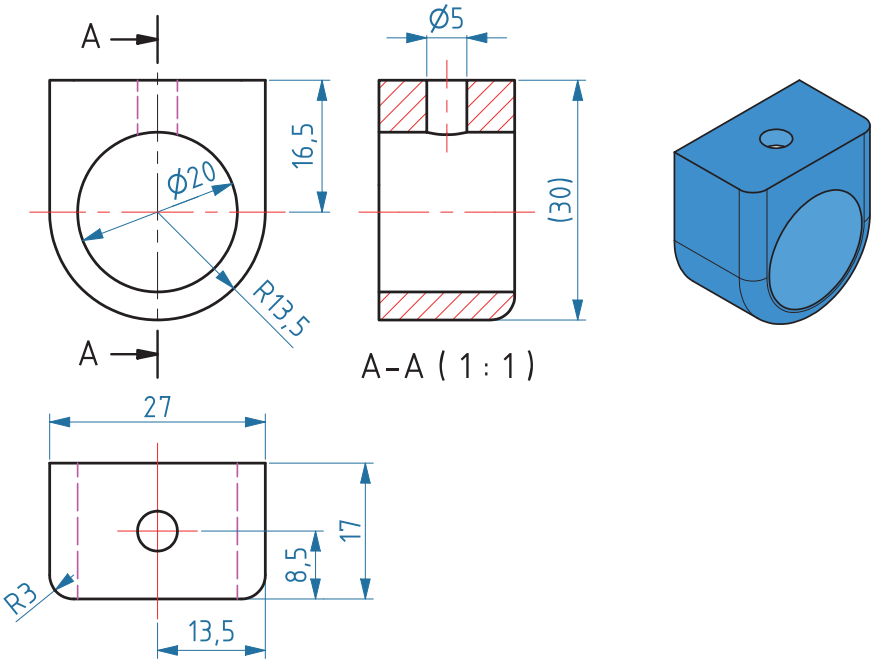
هدف از این شایستگی، فراگیری خواندن و پیاده‌سازی نقشه‌های ساده و پیچیده بر روی ورق‌های فلزی در فرایند ساخت یک مصنوع فلزی، بررسی دسته‌بندی انواع ورق‌های فلزی و کاربرد آنها، انواع قیچی‌های دستی، برش‌کاری ورق با قیچی دستی و کنترل ابعادی ورق‌ها پس از برش می‌باشد. قیچی ها انواع مختلفی دارند که هر یک از آنها کاربرد بخصوصی دارند، برخی از قیچی‌ها برای برش شکل‌ها و طرح‌ها از روی ورق به‌کار می‌روند و برخی دیگر برای برش‌های مستقیم و منحنی‌بُری استفاده می‌شوند.

### استاندارد عملکرد

پس از اتمام واحد یادگیری و کسب شایستگی برش‌کاری با قیچی دستی، هنرجویان قادر به استخراج اطلاعات مورد نیاز برای برش‌کاری، پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق فلزی و برش‌کاری آن با قیچی دستی خواهند بود.

## خواندن نقشه

**به نقشه زیر نگاه کنید و بگویید درک شما از آن چیست؟**



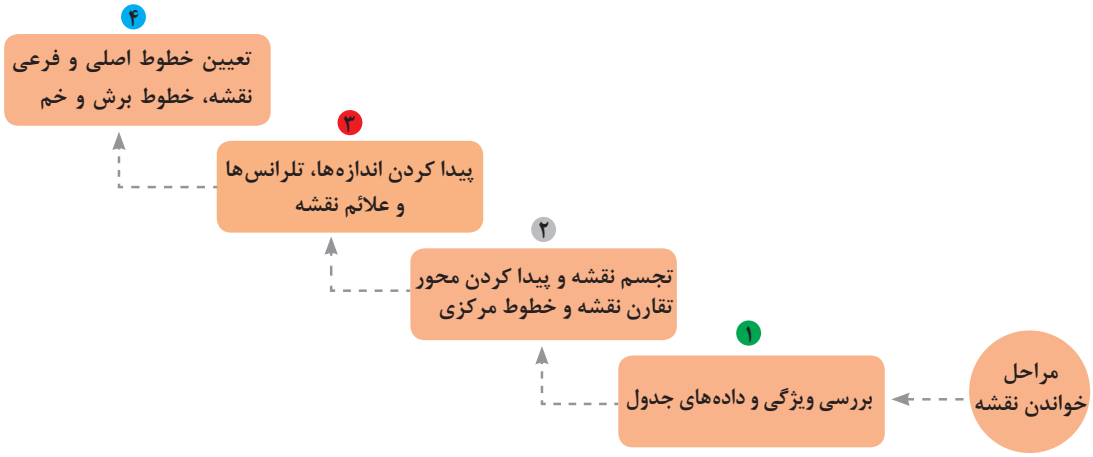

شکل۱ـ نقشه یک بست فلزی

نقشه زبان مشترک بین طراحان و تولیدکنندگان است. بر اساس نقشه سازنده می‌تواند دیدگاه‌های دقیق طراح را درک کند و براساس آن محصول را بسازد. به‌عبارت دیگر، نقشه‌ها زبانی فنی هستند که توسط آن سفارش تولید یک محصول داده می‌شود. به کمک نقشه محصول تولید شده را از لحاظ ابعاد و اندازه می‌توان کنترل کرد. این زبان توسط سازمان جهانی استاندارد (ISO)[۱] تدوین می‌شود. در این استاندارد اعداد روی نقشه بر حسب میلی‌متر است.

**چه اطلاعاتی را می‌توان از روی نقشه به‌دست آورد؟** خواندن نقشه، دانشی است که با استفاده از آن می‌توانید شکل‌ها، ابعاد و اندازه‌های مورد نیاز را استخراج کنید. از این اطلاعات می‌توانید برای برش‌کاری، خم‌کاری، شکل‌دهی و اتصال فلزات برای ساخت مصنوعات فلزی استفاده کنید. توجه داشته باشید که هر نقشه دارای یک جدول استاندارد مشخصات و اجزای نقشه است. معمولاً جدول مشخصات در پایین نقشه و نماها و تصویر سه‌بعدی در داخل نقشه قرار می‌گیرد. اطلاعاتی شامل شماره نقشه، نام قطعه، جنس قطعه، مقیاس، تلرانس، نام ترسیم‌کننده و... را می‌توانید در جدول نقشه مشاهده کنید. ابعاد، اندازه و جزئیات شکل محصول نهایی را می‌توانید از نقشه به‌دست آورید.

**چگونه یک نقشه را بخوانیم و اطلاعات مورد نیاز را از آن به‌دست آوریم؟**

۱ـ International Standardization Organisation

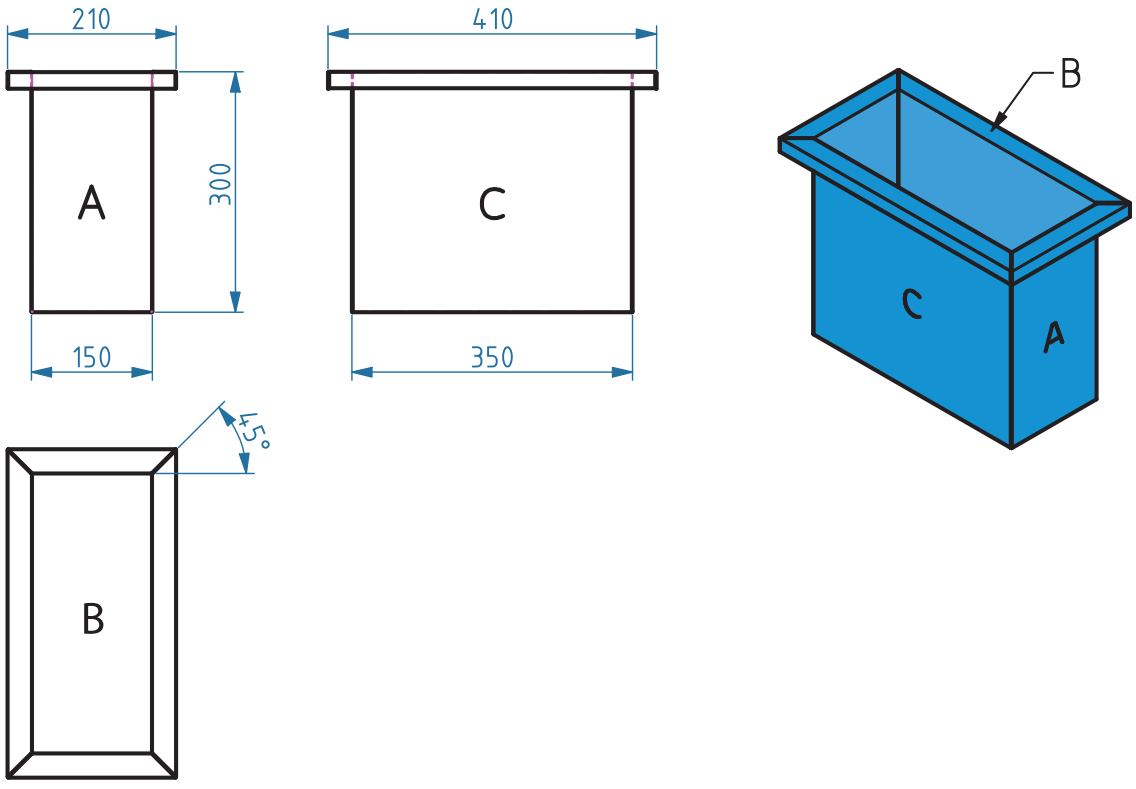



**شکل ۲ـ نمودار پله‌ای روش خواندن نقشه و استخراج اطلاعات مورد نیاز از روی نقشه**

فکر کنید

به نقشه زیر نگاه کنید، به نظر شما هر یک از این شکل‌ها چه مفهومی دارند؟ آیا می‌توانید از روی نقشه در مورد جنس، نام قطعه و جزئیات دیگر نظر دهید؟ با اندازه‌گیری قطعه اصلی و بدون نقشه می‌توانید محصولی را تولیدکنید؟ به نظر شما جایگزینی برای نقشه وجود دارد؟ با دوستانتان در این رابطه بحث کنید.

**نقشه شماره ۱**

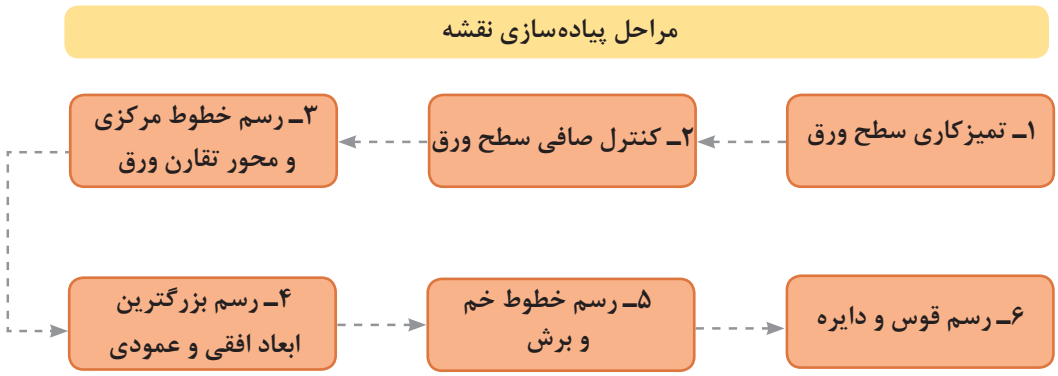


## پیاده‌سازی نقشه

**به نظر شما پیاده‌سازی صحیح نقشه چه تأثیری بر کیفیت محصول برش‌کاری شده دارد؟**

پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق فلزی بخشی از عملیات برش‌کاری ورق با قیچی دستی می‌باشد که در این مرحله می‌توانید شکل، ابعاد و اندازه موجود در نقشه را بر روی ورق رسم کنید. پیاده‌سازی نقشه نیاز به دقت و توجه بسیار زیادی دارد کوچک‌ترین بی توجهی و اشتباه ممکن است باعث تولید محصول نامناسب و معیوب شود. اصلاح و رفع عیب محصول نیازمند صرف زمان و هزینه می‌باشد. از این‌رو کوچک‌ترین جزئیات نقشه قبل از پیاده کردن آن باید به دقت بررسی شود.

**رویه پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق:** پیاده‌سازی نقشه برروی ورق به کمک ابزارهای اندازه‌گیری و خط‌کشی در چند مرحله صورت می‌پذیرد که شکل ۳ این مراحل را نشان می‌دهد.




شکل ۳ـ مراحل پیاده کردن نقشه بر روی ورق

**با چه ابزارهایی می‌توان نقشه را بر روی ورق ترسیم نمود؟** پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق، بر روی میزهای ورق کاری انجام می‌شود. مهم‌ترین ویژگی این میزها جلوگیری از ایجاد فرورفتگی در ورق هنگام پیاده‌سازی نقشه می‌باشد. شکل ۴ یک نوع متداول از میزهای ورق کاری را نشان می‌دهد.



شکل ۴ـ میز فلزی ورق‌کاری

ابزارهای مورد استفاده برای پیاده‌سازی نقشه در جدول ۱ نشان داده شده است. به جدول زیر نگاه کنید، و جدول را کامل کنید.

**جدول ۱ــ انواع ابزارهای پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق فلزی**

| نوع ابزار | تعریف | کاربرد | تصویر |
|---|---|---|---|
| کولیس | وسیله‌ای برای اندازه‌گیری دقیق | تعیین ضخامت ورق | |
| متر | وسیله‌ای برای اندازه‌گیری طول‌های بلند | ..... |  |
| خط‌کش | وسیله‌ای برای اندازه‌گیری طول‌های کوچک کوتاه | رسم خطوط و اندازه‌گیری آن |  |
| زاویه‌سنج | وسیله‌ای برای اندازه‌گیری زاویه | ..... |  |
| گونیا | وسیله‌ای برای علامت‌گذاری و کشیدن خط‌های عمود بر هم | کنترل زاویه قائم |  |
| پرگار | وسیله‌ای برای کشیدن کمان | کشیدن دایره و کمان |  |
| | وسیله‌ای برای انتقال اندازه | ..... |  |
| سوزن خط‌کش | وسیله‌ای برای خط‌کشی روی ورق فلزی | خط‌کشی روی ورق فلزی |  |
| سنبه نشان | وسیله‌ای برای نشانه‌گذاری | نشانه‌گذاری روی ورق فلزی |  |

## کار کارگاهی

کار عملی

### پیاده‌سازی نقشه برش بر روی ورق فولادی

**دستور کار:** ورق فولادی را بر اساس ابعاد داده شده در نقشه شماره ۲ انتخاب کنید، سپس نقشه کامل را بر روی آن پیاده‌سازی کنید.

ابزارهای مورد نیاز خود را برای برش‌کاری ورق در جدول زیر فهرست کنید.

| ابزار | کاربرد | تعداد | توضیحات |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

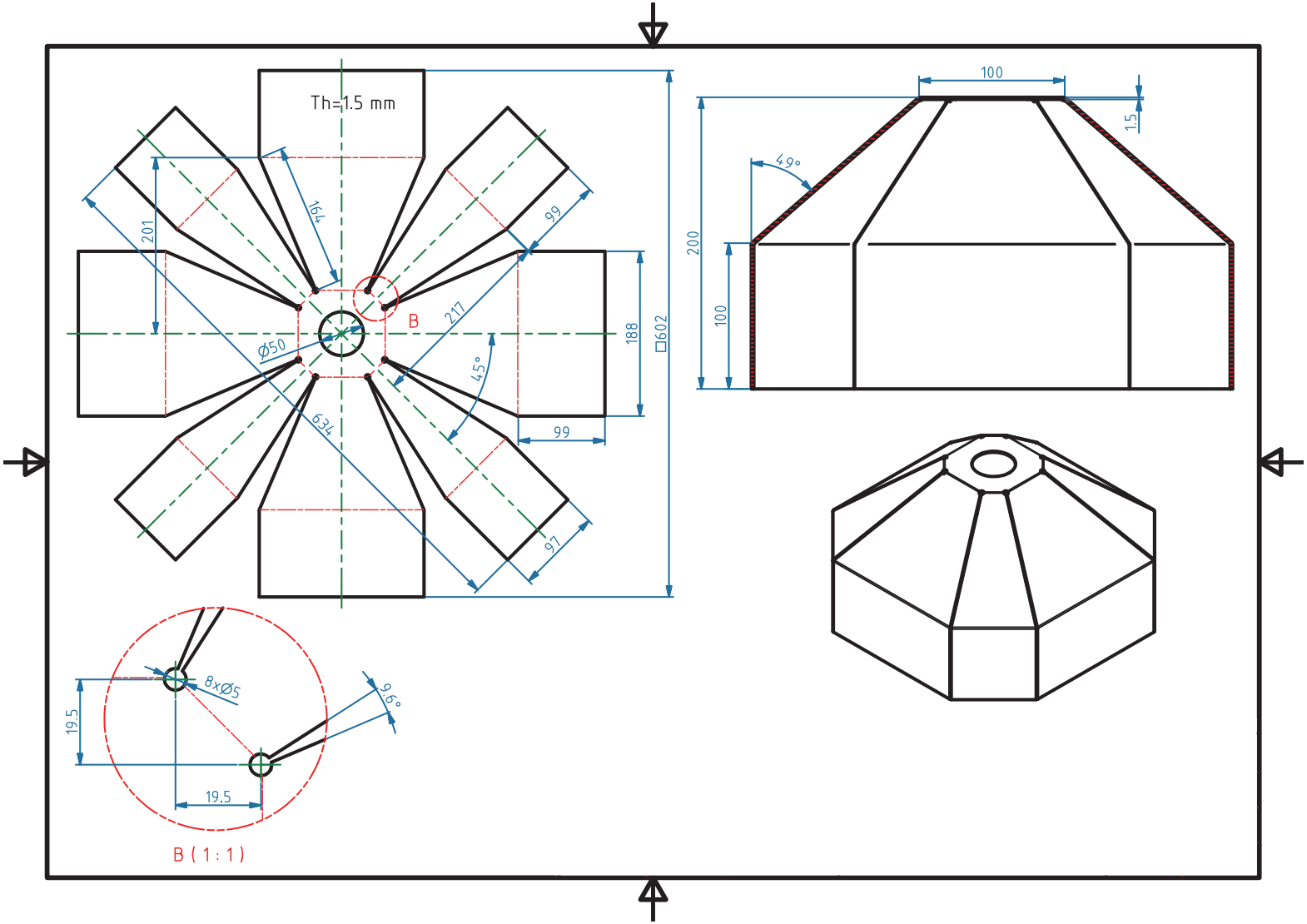
نکات ایمنی

برای حمل ورق فولادی از دستکش چرمی استفاده کنید و از برخورد لبه تیز ورق‌ها به خودتان و اطرافیان مراقبت نمایید.

### توجهات زیست‌محیطی

یکی از موارد بسیار مهم برای جلوگیری از آلودگی آب و خاک، مدیریت مواد دور ریختنی است. به‌عنوان مثال در کار برش‌کاری، همیشه مقداری از فلز به‌عنوان دورریز، قابل استفاده نمی‌باشد. برای کاهش دورریز و جلوگیری از خسارت‌های ناشی از دورریز ورق بر محیط چه باید کرد؟ راهکارهایی که به ذهنتان می‌رسد را پیشنهاد دهید.

## نقشه شماره ۲ـ هود



## ارزشیابی تکوینی

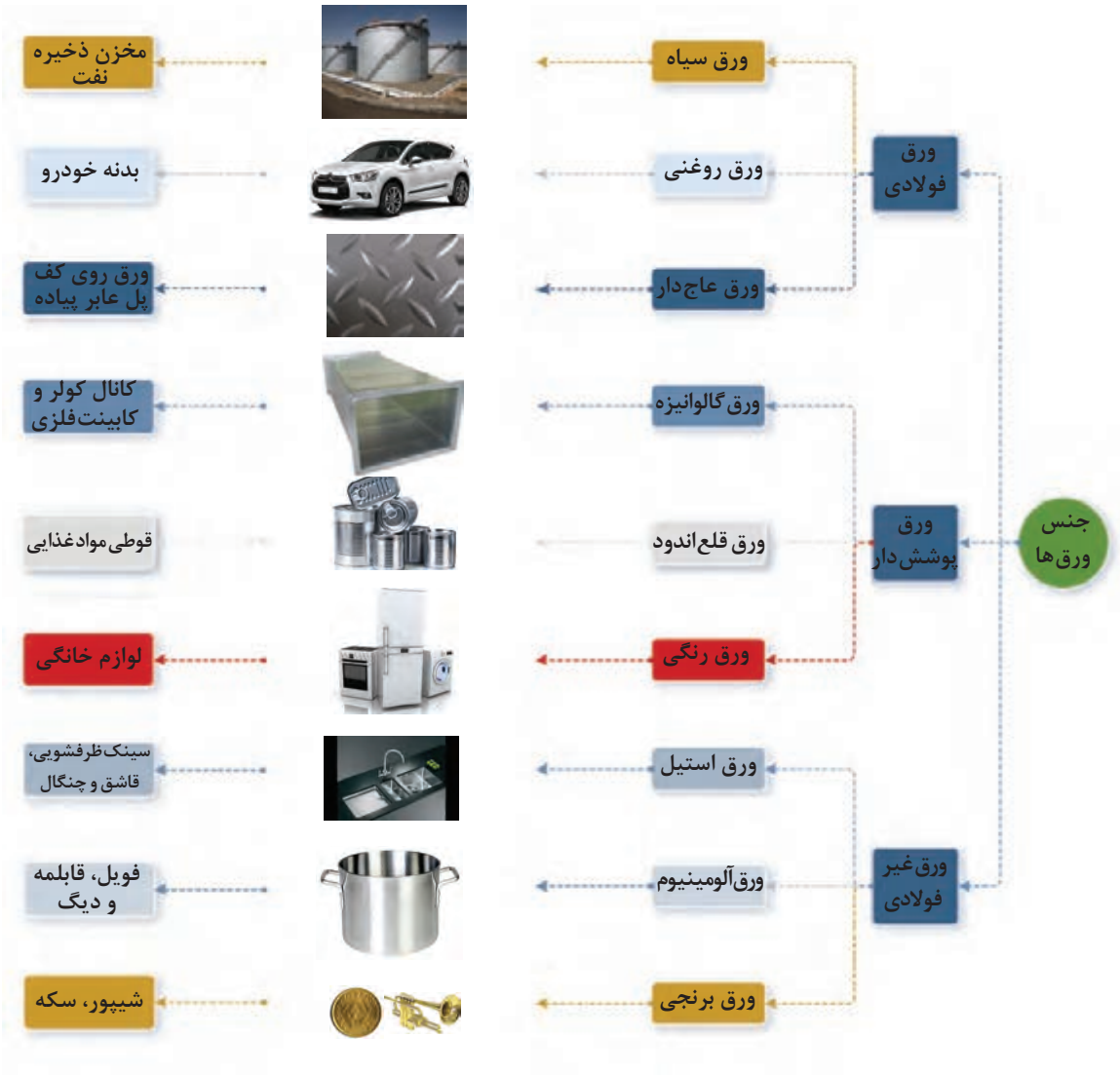
| مراحل کار | شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...) | نتایج ممکن | استاندارد (شاخص‌های داوری / نمره‌دهی) | نمره |
|---|---|---|---|---|
| آماده‌سازی | کارگاه: کارگاه استاندارد ورق‌کاری<br>مواد: ورق فولادی<br>ابزار: ابزارهای اندازه‌گیری و خط‌کشی | آماده‌سازی بالاتر از انتظار | ـــــ | ۳ |
| | | آماده‌سازی قابل قبول | اندازه‌گذاری براساس نقشه، خط‌کشی براساس نقشه، پیاده‌سازی جزئیات برابر نقشه | ۲ |
| | | آماده‌سازی غیرقابل قبول | عدم توانایی انجام اندازه‌گذاری براساس نقشه، خط‌کشی و پیاده‌سازی جزئیات برابر نقشه | ۱ |
| شایستگی‌های غیرفنی | مدیریت زمان مواد | قابل قبول | توجه به همه موارد | ۲ |
| ایمنی و بهداشت | دستکش، لباس کار | | | |
| توجهات زیست‌محیطی | مدیریت مواد دورریختنی | غیرقابل قبول | توجه به ایمنی و بهداشت | ۱ |
| نگرش | دقت در پیاده‌کردن نقشه | | | |

## 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 دسته‌بندی کرد. در جدول ۲ دسته‌بندی ورق‌ها براساس ضخامت نشان داده شده است. به جدول نگاه کنید و جای خالی را پر کنید.

**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 ..... |  |

تحقیق



**جمع آوری اطلاعات:** به صورت گروه‌های ۳ نفره مطابق جدول زیر به مکان‌هایی که از شما خواسته شده است بروید. سپس با دقت و حوصله به اطراف نگاه کنید، و مشخصات خواسته شده در جدول ۳ را کامل کنید، و در کلاس ارائه دهید.

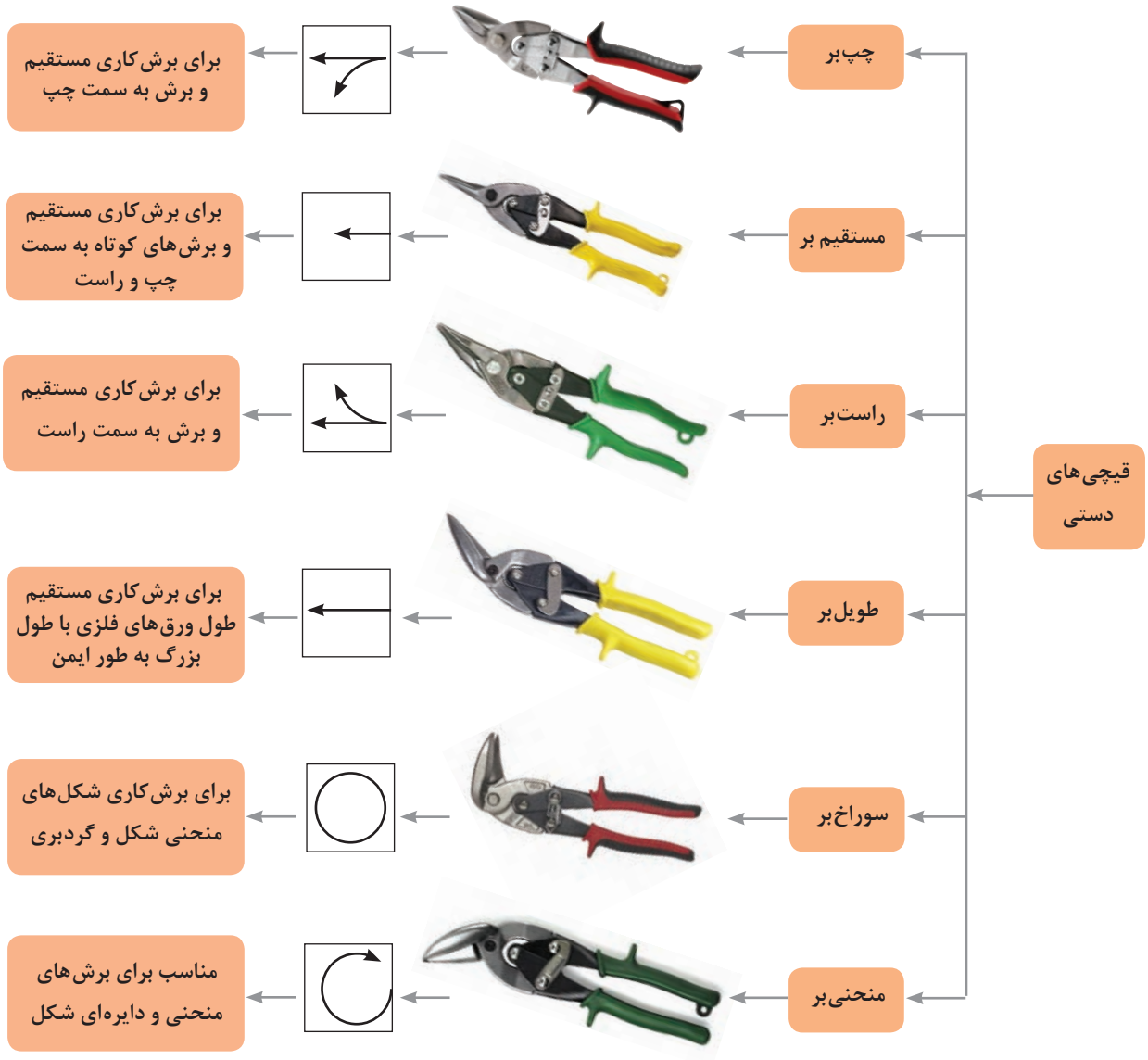
**جدول ۳ ـ نمون‌برگ فعالیت**

| ردیف | مکان مراجعه | نام لوازم ساخته شده از ورق | نوع ورق براساس ضخامت | نوع ورق براساس جنس |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | آشپزخانه منزل | ۱ـ قابلمه<br>۲ـ .....<br>۳ـ .....<br>۴ـ .....<br>۵ـ .....<br>۶ـ ..... | ۱ـ ورق نازک<br>۲ـ .....<br>۳ـ .....<br>۴ـ .....<br>۵ـ .....<br>۶ـ ..... | ۱ـ ورق استیل و آلومینیوم<br>۲ـ .....<br>۳ـ .....<br>۴ـ .....<br>۵ـ .....<br>۶ـ ..... |
| ۲ | پارک | ۱ـ درب معلق بر روی سطل زباله<br>۲ـ .....<br>۳ـ .....<br>۴ـ .....<br>۵ـ .....<br>۶ـ ..... | ۱ـ ورق نازک<br>۲ـ .....<br>۳ـ .....<br>۴ـ .....<br>۵ـ .....<br>۶ـ ..... | ۱ـ ورق رنگی<br>۲ـ .....<br>۳ـ .....<br>۴ـ .....<br>۵ـ .....<br>۶ـ ..... |
| ۳ | هنرستان | ۱ـ کانال کولر<br>۲ـ .....<br>۳ـ .....<br>۴ـ .....<br>۵ـ .....<br>۶ـ ..... | ۱ـ ورق نازک<br>۲ـ .....<br>۳ـ .....<br>۴ـ .....<br>۵ـ .....<br>۶ـ ..... | ۱ـ ورق گالوانیزه<br>۲ـ .....<br>۳ـ .....<br>۴ـ .....<br>۵ـ .....<br>۶ـ ..... |
| ۴ | محیط های دیگر | ۱ـ بدنه اتومبیل<br>۲ـ .....<br>۳ـ .....<br>۴ـ .....<br>۵ـ .....<br>۶ـ ..... | ۱ـ ورق نازک<br>۲ـ .....<br>۳ـ .....<br>۴ـ .....<br>۵ـ .....<br>۶ـ ..... | ۱ـ ورق روغنی<br>۲ـ .....<br>۳ـ .....<br>۴ـ .....<br>۵ـ .....<br>۶ـ ..... |

## 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

**جدول ۴ـ حداکثر ضخامت قابل برش‌کاری با قیچی‌های دستی**

| جنس ورق | ضخامت(mm) |
|---|---|
| فولاد | ۰/۷ |
| مس | |
| برنج | |
| آلومینیوم | ۱ـ۲/۵ |

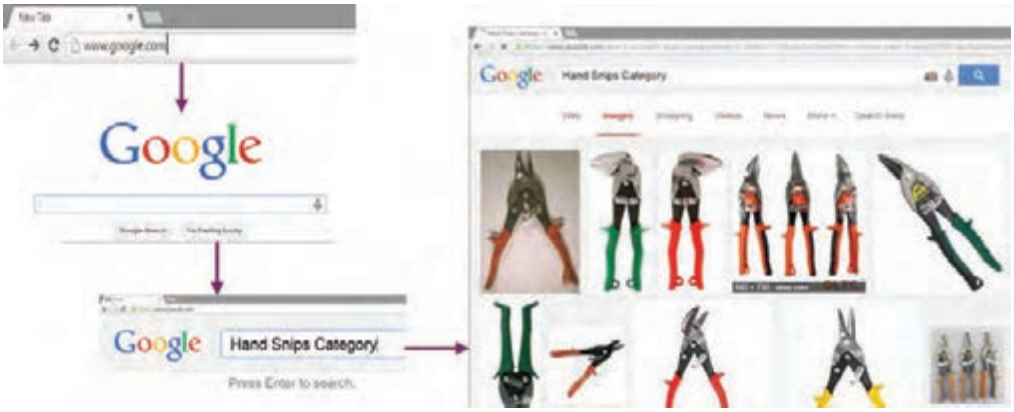
سؤال

به جدول ۴ توجه کنید، حداکثر ضخامت قابل برش‌کاری برای ۴ نوع فلز بیان شده است، به نظر شما به‌طور تقریبی در جای خالی چه رنج ضخامتی را می‌توان قرار داد؟

تحقیق

هنرجویان گرامی با به‌کارگیری منابع اینترنتی، طبقه‌بندی قیچی‌های دستی را بررسی کنید، آیا می‌توانید مدلی متفاوت از دسته‌بندی نشان داده شده در شکل ۶ ارائه دهید.

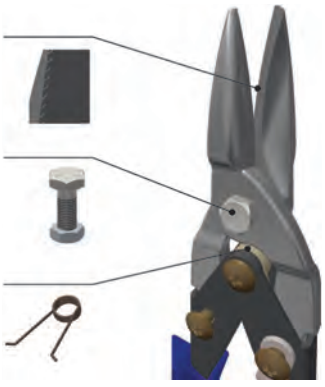
برای تحقیق در منابع اینترنتی و یافتن مطالب مورد نیاز می‌توانید از موتورهای جستجو هم‌چون Google استفاده کنید. برای یافتن دسته‌بندی قیچی‌های دستی در منابع اینترنتی به‌صورت زیر عمل کنید، کلیدواژه: قیچی(Snip)، قیچی‌دستی(Hand Snip)




شکل ۷ ـ مراحل تحقیق اینترنتی

## اجزای قیچی‌های دستی:

شکل ۸ اجزای یک قیچی دستی را نشان می‌دهد.



دندانه روی هر دو تیغه، از سر خوردن ورق جلوگیری کرده و نیروی مورد نیاز را برای برش‌کاری کاهش می‌دهد.

پیچ بین تیغه‌ها

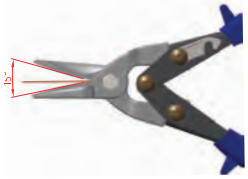
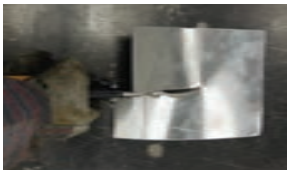
برای باز و بسته شدن راحت دسته قیچی

شکل ۸ ـ بخش‌های یک قیچی دستی

**نکته**

برای انتخاب یک قیچی مناسب، ابتدا شیوه‌نامه و کاتالوگ شرکت سازنده را مطالعه کنید. اطلاعاتی از قبیل فرم برش قیچی و حداکثر ضخامت قابل برش‌کاری براساس نوع فلز را می‌توانید از آنها به‌دست آورید. سپس شکل برش را از روی نقشه تعیین کنید، و نوع قیچی را براساس فرم برش از روی کاتالوگ انتخاب کنید.

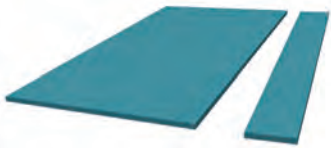
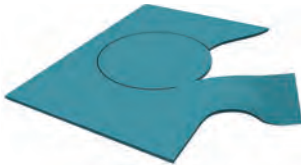
**جدول ۵ ـ اصول استفاده از قیچی دستی با تصویر**

| اصول استفاده از قیچی دستی | تصویر |
|---|---|
| از دستکش چرمی و عینک محافظ چشم در حین کار با قیچی دستی استفاده کنید، توجه داشته باشید حین برش‌کاری قطعات کوچک ممکن است به هوا پرتاب شوند که لبه‌های برنده این تکه‌ها ممکن است به شما آسیب برساند. |  |
| فشار وارده بر قیچی دستی باید به گونه‌ای باشد که به راحتی با فشار دست بریده شود و از اهرم یا فشار بیش از اندازه پرهیز کنید چون باعث خرابی تیغه قیچی می‌شود. |  |
| برای برش زاویه دهانه قیچی را در حدود ۱۵ درجه باز کنید.<br>لقی بین تیغه‌های قیچی در حدود $\frac{۱}{۲۰}$ یا ۰/۰۵ ضخامت قطعه کار باشد. |  |
| در حین برش‌کاری اگر راست‌دست هستید دورریز در سمت راست شما باید باشد و اگر چپ‌دست هستید، در سمت چپ شما قرار گیرد. |  |
| برای برش طرح و شکل دایره‌ای از قیچی‌های گردبر استفاده کنید. |  |
| هنگام برش‌کاری مسیر طولانی، یا از قیچی‌های طویل‌بر و یا از قیچی مستقیم بر استفاده کنید، توجه داشته باشید اگر از قیچی مستقیم بر استفاده می‌کنید، ورق را کمی‌خم کنید. |  |

## برش‌کاری با قیچی دستی

شیوه‌های مختلف برش‌کاری با قیچی دستی براساس نوع و فرم برش در چهار گروه قرار می‌گیرند. جدول ۶ طبقه بندی شیوه‌های برش‌کاری را نشان می‌دهد.

**جدول ۶ ــ شیوه‌های برش‌کاری با قیچی دستی**

| نوع شیوه | توضیحات | کاربرد | تصویر |
|---|---|---|---|
| فاق‌بری | برش بـخش کوچکی از ورق فلزی بدون دورریز و یا با دورریز | فاق‌بری ورق فلزی در خم‌کاری |  |
| اضافه‌بری | برش سرتاسر ورق فلزی با دورریز | برش قسمت‌های اضافی |  |
| شکل‌بری | برش دور تا دور بخشی از ورق فلزی با دورریز | برای برش طرح روی ورق فلزی |  |
| سوراخ‌کاری | برش و ایجاد سوراخ بر روی ورق فلزی با دورریز | سوراخ‌کاری |  |

سؤال

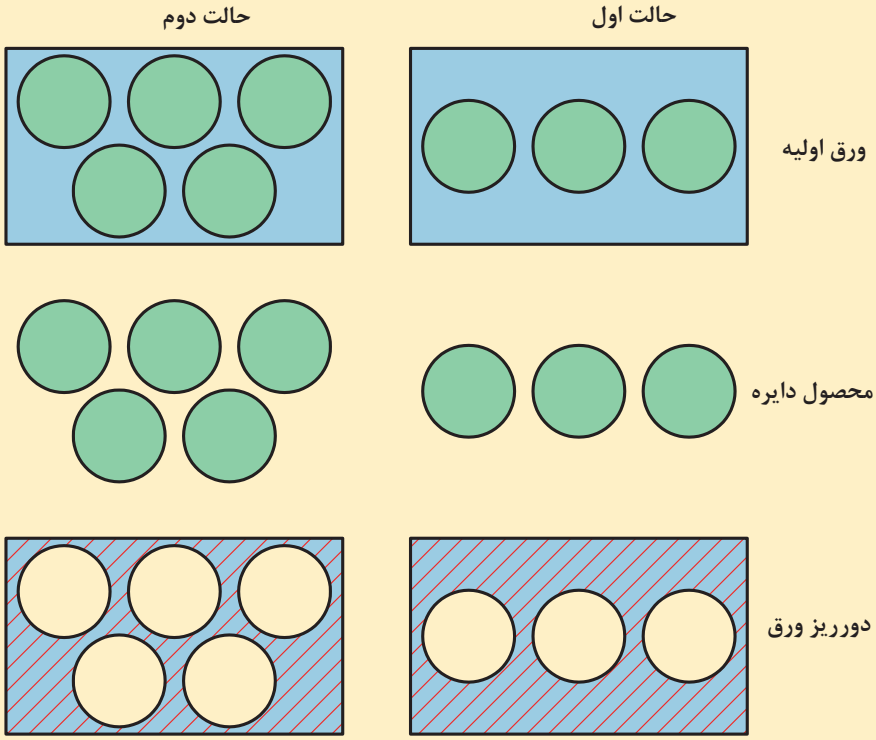
به نظر شما از کدام قیچی‌ها می‌توان در روش‌های ذکر شده استفاده کرد؟ فکر کنید و سپس جدول ۷ را کامل کنید.

**جدول ۷ ــ شیوه‌های برش‌کاری بر اساس نوع قیچی**

| روش برش‌کاری | نوع قیچی | دلیل انتخاب قیچی مورد نظر |
|---|---|---|
| شکل‌بری | منحنی‌بر | بر اساس ساختار تیغه از این نوع قیچی می‌توان برای برش خطوط منحنی استفاده کرد. |
| | | |
| | | |

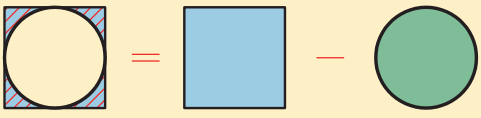
## محاسبه مقدار دورریز در برش‌کاری ( مدیریت منابع)

به نظر شما برای برش پولکی‌هایی با اندازه برابر روی یک ورق فولادی، کدام حالت بین حالت اول و دوم مقرون به‌صرفه‌تر است؟ چرا؟ بین حالت اول و دوم نشان داده شده مقدار دورریز را مقایسه نمایید. در کدام حالت دورریز کمتر است؟



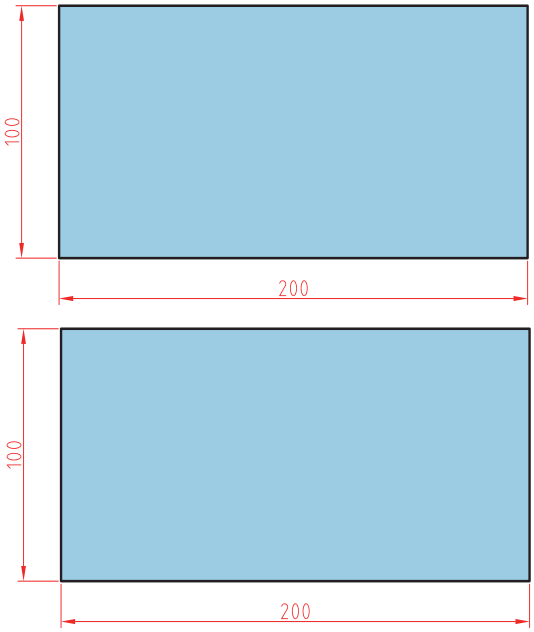

شکل ۹ ـ حالت‌های مختلف جانمایی نقشه

**محاسبه دورریز ورق در برش‌کاری**: دورریز، به مقدار ورق باقیمانده از محصول اصلی گفته می‌شود. برای محاسبه دورریز ورق در برش‌کاری، کافی است سطح قطعه ساخته شده را از سطح ورق اولیه کم کنیم. به این ترتیب که ابتدا مساحت کل ورق را محاسبه می‌کنیم، سپس مساحت شکل و طرح مورد نظر را محاسبه کرده و در نهایت از اختلاف آن دو، مساحت دورریز ورق به‌دست می‌آید.



مساحت طرح برش ـ مساحت ورق اولیه = مساحت دورریز ورق

۱۰۰ × مساحت کل ورق/ مساحت دورریز = درصد دورریز ورق بر مبنای مساحت ورق اولیه




**مسئله:** ورقی به ابعاد ۰/۵×۱۰۰×۲۰۰ میلی‌متر درنظر بگیرید. از این ورق چند برش با ابعاد ۶۵ × ۸۵ قابل استخراج است؟ درصد دورریز را حساب کنید.
فرض کنید در یک محیط کاری هستید و این سفارش یک مشتری است، از آنجایی که این مقدار دورریز همان مقدار ورقی است که دیگر قابل استفاده نمی‌باشد، پیشنهادتان برای کاهش مقدار دورریز و صرفه‌جویی در مواد ورق اولیه چیست؟

**مسئله:** ورقی با ابعاد ۰/۵×۱۰۰×۲۰۰ میلی‌متر درنظر بگیرید، مطلوب است برش مثلث‌های متساوی‌الساقین با ساق ۹۵ میلی‌متر، حداکثر چه تعداد مثلث قابل برش است؟ درصد دورریز را در هر دو حالت محاسبه کنید.

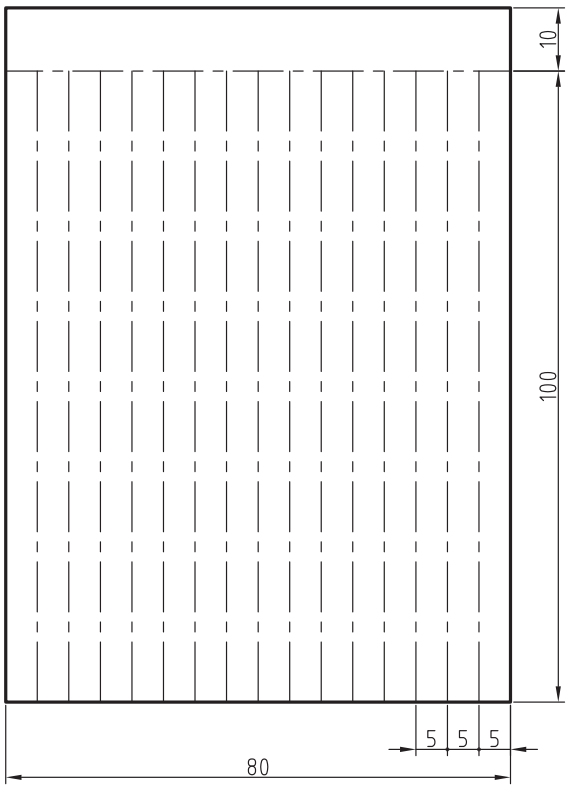
## فعالیت کارگاهی

کار عملی

### برش‌کاری ورق فولادی با قیچی دستی

**شرح فعالیت:** با توجه به نقشه شماره ۳، ورق فولادی به ابعاد ۰/۵×۸۰×۱۱۰ میلی‌متر انتخاب کنید و سپس نقشه را بر روی ورق پیاده کنید، خطوط برش را با سوزن خط‌کش برجسته نموده و سپس با قیچی مناسب برش‌کاری نمایید.

نقشه شماره ۳



ابزارهای مورد نیاز خود را برای پیاده‌کردن نقشه بر روی ورق در جدول زیر فهرست کنید.

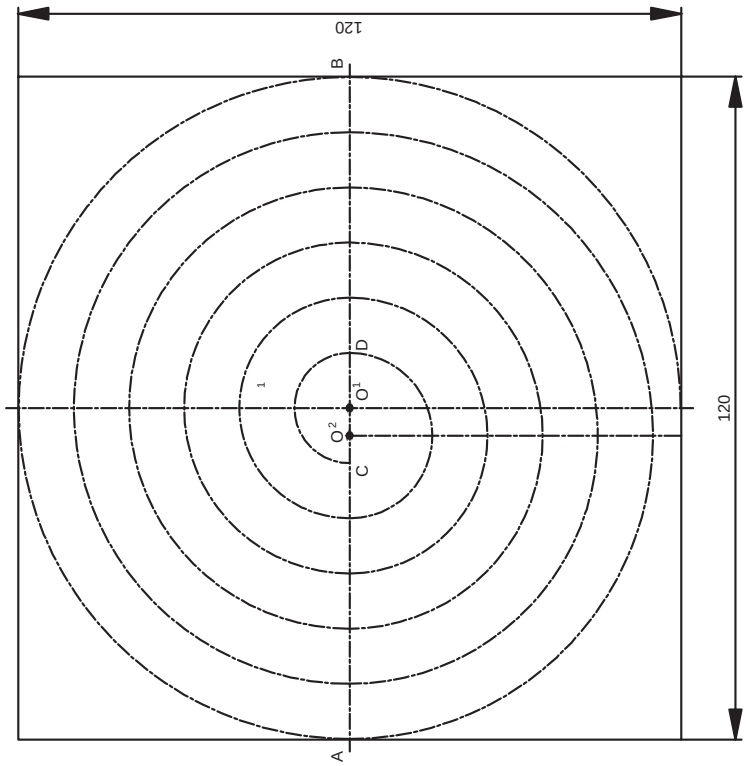
| ابزار | کاربرد | تعداد | توضیحات |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

کار عملی

## برش‌کاری ورق فولادی با قیچی دستی

**شرح فعالیت:** با توجه به نقشه شماره ۴ ورق فولادی به ابعاد ۱۲۰×۱۲۰×۰/۵ میلی‌متر انتخاب کنید و سپس نقشه را بر روی ورق پیاده کنید، خطوط برش را با سوزن خط‌کش مشخص کرده و سپس با قیچی مناسب برش‌کاری نمایید. (یک گروه با قیچی چپ‌بر و یک گروه با قیچی راست‌بر ببرند و مقایسه نمایید)

نقشه شماره ۴



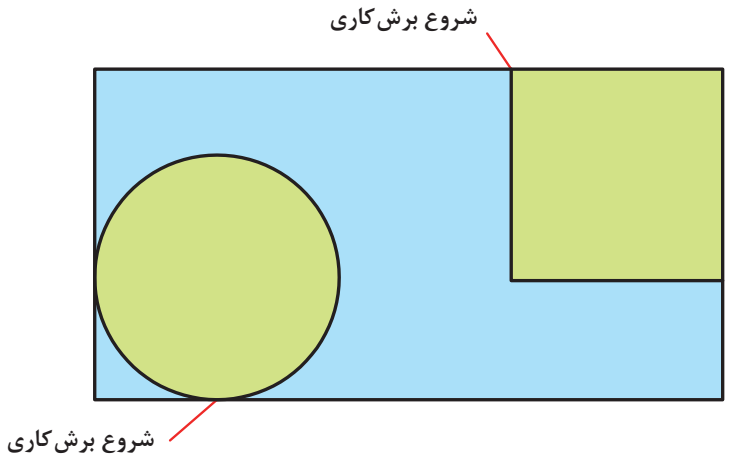

ـ مرکز پرگار را روی $O_1$ قرار داده و یک نیم‌دایره بالای خط AB به نظر دلخواه رسم کنید.
ـ مرکز پرگار را جابه‌جا و روی $O_2$ قرار دهید ($O_2$ وسط $O_1C$) و یک نیم‌دایره به شعاع $O_2D$ در پایین خط AB رسم کنید.
ـ با جابه‌جا کردن پرگار روی $O_1$ و $O_2$ و بازنمودن دهانه پرگار ادامه دهید تا تمام صفحه خط‌کشی شود.

کار عملی

### برش‌کاری ورق فولادی با قیچی دستی

**شرح فعالیت:** ورق گالوانیزه یا روغنی نازک با ابعاد حدود ۰/۵×۱۰۰×۱۵۰ میلی‌متر انتخاب کنید، نقشه زیر را بر روی این ورق بکشید، سپس شکل‌هایی را که رسم کرده‌اید را با قیچی ببرید، شکل‌های ورق اول را با قیچی مستقیم‌بر ببرید. کدام شکل ساده‌تر است؟ ورق دوم را با قیچی منحنی‌بر ببرید. بریدن کدام شکل ساده‌تر بود؟ به نظر شما می‌توان فقط با یک قیچی این شکل‌ها را ببرید؟ کدام قیچی برای بریدن هر شکل مناسب‌تر بود؟

نقشه شماره ۵




کار عملی

### برش‌کاری ورق فولادی با قیچی دستی

**شرح فعالیت:** ۵ عدد دایره به قطر ۶۵ میلی‌متر و ضخامت ۰/۵ و ۵ عدد مستطیل به ابعاد ۰/۵×۳۵×۱۰۰ میلی‌متر برش سفارش داده شده است. ابعاد ورقی را که برای برش این شکل‌ها نیاز دارید محاسبه نمایید. سپس ورق موردنظر را تهیه کنید. نقشه این شکل‌ها را برروی ورق پیاده کنید در محاسبه ابعاد ورق موردنیاز به دورریز توجه کنید. تلاش کنید به‌گونه‌ای نقشه را پیاده کنید که حداقل دورریز ایجاد شود.

نکات ایمنی

در حین استفاده از قیچی‌های دستی و حمل ورق‌های فلزی، از دستکش چرمی و عینک محافظ استفاده کنید. لبه تیز ورق و قیچی ممکن است به دست‌هایتان آسیب بزند.
توجه داشته باشید حین برش‌کاری قطعات کوچک، ممکن است به هوا پرتاب شوند و لبه تیز آنها به شما آسیب برسانند.

نکات زیست‌محیطی

## توجهات زیست‌محیطی

آیا می‌توان از مواد دورریختنی مجدد استفاده کرد[1]؟ یا آنها را بازیابی کرد؟
به عنوان مثال، رنگ‌هایی که برای رنگ‌آمیزی بدنه‌های خودرو، ساختمان و... از آنها استفاده می‌شوند. پس از تاریخ انقضاء به عنوان مواد دورریختنی[2] محسوب می‌شوند که وجود آنها در محیط زیست‌مان می‌تواند آسیب‌های جدی به آب و هوا و خاک برساند. می‌توان این مواد را بازیابی کرد و برای تولید محصولات صنعتی و حتی مواد اولیه خام به‌کار برد.
در کار برش‌کاری فلزاتی را که به عنوان دورریز قابل استفاده نیستند می‌توان در یک محفظه مخصوص نگه‌داری کرد و سپس مجدداً از آنها استفاده کرد یا آنها را بازیافت[3] نمود.

۱ـ Reuse
۲ـ Waste Material
۳ـ Recycling

## ارزشیابی تکوینی

| مراحل کار | شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...) | نتایج ممکن | استاندارد (شاخص‌های داوری / نمره‌دهی) | نمره |
|---|---|---|---|---|
| برش کاری | کارگاه: کارگاه استاندارد ورق کاری<br>مواد: ورق فولادی<br>ابزار: ابزارهای اندازه‌گیری و خط کشی<br>زمان: ۶۰ دقیقه | آماده‌سازی بالاتر از انتظار | ..... | ۳ |
| | | آماده‌سازی قابل قبول | اندازه‌گذاری براساس نقشه، خط کشی براساس نقشه، پیاده‌سازی جزئیات نقشه | ۲ |
| | | آماده‌سازی غیر قابل قبول | اندازه‌گذاری براساس نقشه، عدم خط کشی 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:<br>کسب حداقل نمره ۲ از مرحله آماده‌سازی<br>کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش<br>کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار | | | | |

## صافکاری ورق

پس از انجام عملیات برش‌کاری با استفاده از قیچی دستی، معمولاً لبه ورق‌ها دچار پیچیدگی و تابیدگی می‌شود که از عملیات صافکاری برای رفع این عیوب استفاده می‌شود. همان‌طور که در شکل ۱۰ نشان داده شده است، این تابیدگی در جهات عرضی و طولی لبه ورق و همچنین در سطح آن ایجاد می‌گردد. وجود تابیدگی در لبه‌های برش سبب تولید محصول با شکل نامناسب می‌شود.





**شکل ۱۰ ــ تابیدگی ورق بعد از برش‌کاری**

بنابراین پس از عملیات برش‌کاری، ورق را بر روی یک صفحه صاف فلزی یا سندان قرار می‌دهیم و با استفاده از چکش چوبی یا پلاستیکی به آرامی لبه‌ها و سطوح تابیده شده را با ضربه زدن در یک جهت، تاب‌گیری می‌کنیم. در حین عملیات تاب‌گیری می‌بایست به طور مداوم قطعه را کنترل کرده تا ورق به درستی تاب‌گیری شود. جدول ۸ ابزارهای مورد نیاز برای عملیات صافکاری را نشان می‌دهد.

**جدول ۸ ــ ابزار آلات صافکاری**

| نام ابزار | سندان | چکش | سوهان |
|---|---|---|---|
| کاربرد | قرارگیری قطعه روی آن و کوبیدن آن، آهنگری و صافکاری | صافکاری، کوبیدن قطعات نرم | براده‌برداری و پلیسه‌گیری |
| تصویر |  |  |  |

## فعالیت کارگاهی

کار عملی

### پلیسه‌گیری و صافکاری ورق، انطباق محصول برش با نقشه

**شرح فعالیت :** کلیه ابعاد نقشه‌هایی را که از قبل برش داده‌اید، مطابق جدول زیر با ابعاد ورق برش داده شده تطبیق دهید. پس از آن جدول ۹ را تکمیل کنید. از صاف بودن لبه‌های برش قبل از انطباق اندازه‌ها مطمئن شوید.

**جدول ۹ـ کنترل ابعادی**

| بعد ارزیابی شده | اندازه روی نقشه | اندازه روی ورق برش خورده (mm) | اختلاف (mm) | محدوده تولرانس | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | خارج از محدوده | داخل محدوده |
| | | | | ☐ | ☐ |
| | | | | ☐ | ☐ |
| | | | | ☐ | ☐ |
| | | | | ☐ | ☐ |
| | | | | ☐ | ☐ |
| | | | | ☐ | ☐ |
| | | | | ☐ | ☐ |
| | | | | ☐ | ☐ |
| | | | | ☐ | ☐ |
| | | | | ☐ | ☐ |

ابزارهای مورد نیاز خود را برای کنترل ابعاد در جدول زیر فهرست کنید.

| ابزار | کاربرد | تعداد | توضیحات |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

نکات ایمنی

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

## ارزشیابی تکوینی

| مراحل کار | شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...) | نتایج ممکن | استاندارد (شاخص‌های داوری / نمره‌دهی) | نمره |
|---|---|---|---|---|
| کنترل نهایی | کارگاه: کارگاه استاندارد ورق‌کاری<br>مواد: ورق فولادی<br>ابزار: ابزارهای صاف‌کاری<br>زمان: ۳۰ دقیقه | آماده‌سازی بالاتر از انتظار | ـــــ | ۳ |
| | | آماده‌سازی قابل قبول | اندازه‌گذاری براساس نقشه، خط‌کشی براساس نقشه، پیاده‌سازی جزئیات نقشه | ۲ |
| | | آماده‌سازی غیرقابل 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:<br>کسب حداقل نمره ۲ از مرحله آماده‌سازی<br>کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش<br>کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار | | | | |

# واحد یادگیری ۲

## شایستگی برش‌کاری با قیچی اهرمی

آیا تا به‌حال پی برده‌اید

۱ چنانچه توان قیچی دستی برای برش‌کاری یک ورق کافی نباشد، از چه ابزاری می‌توان استفاده کرد؟
۲ آیا می‌دانید که از قانون اهرم‌ها به شکل مؤثرتری در برش‌کاری می‌توان استفاده کرد؟
۳ مقدار دورریز ورق در تولید مصنوعات فلزی چه اهمیتی دارد؟

هدف از این واحد شایستگی، فراگیری خواندن نقشه‌های ساده و پیچیده در فرایند ساخت یک مصنوع فلزی است، همچنین پیاده‌سازی نقشه برروی ورق‌های فلزی، بررسی دسته‌بندی انواع ورق‌های فلزی و کاربرد آنها، انواع قیچی‌های اهرمی، برش‌کاری ورق با قیچی اهرمی و کنترل ابعاد ورق‌ها پس از برش می‌باشد.

### استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری و کسب شایستگی برش‌کاری با قیچی اهرمی، هنرجویان قادر به استخراج اطلاعات موردنیاز برای برش‌کاری، پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق فلزی و برش‌کاری آن با قیچی اهرمی خواهند بود.

## 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 ۱ـ قیچی اهرمی ساده

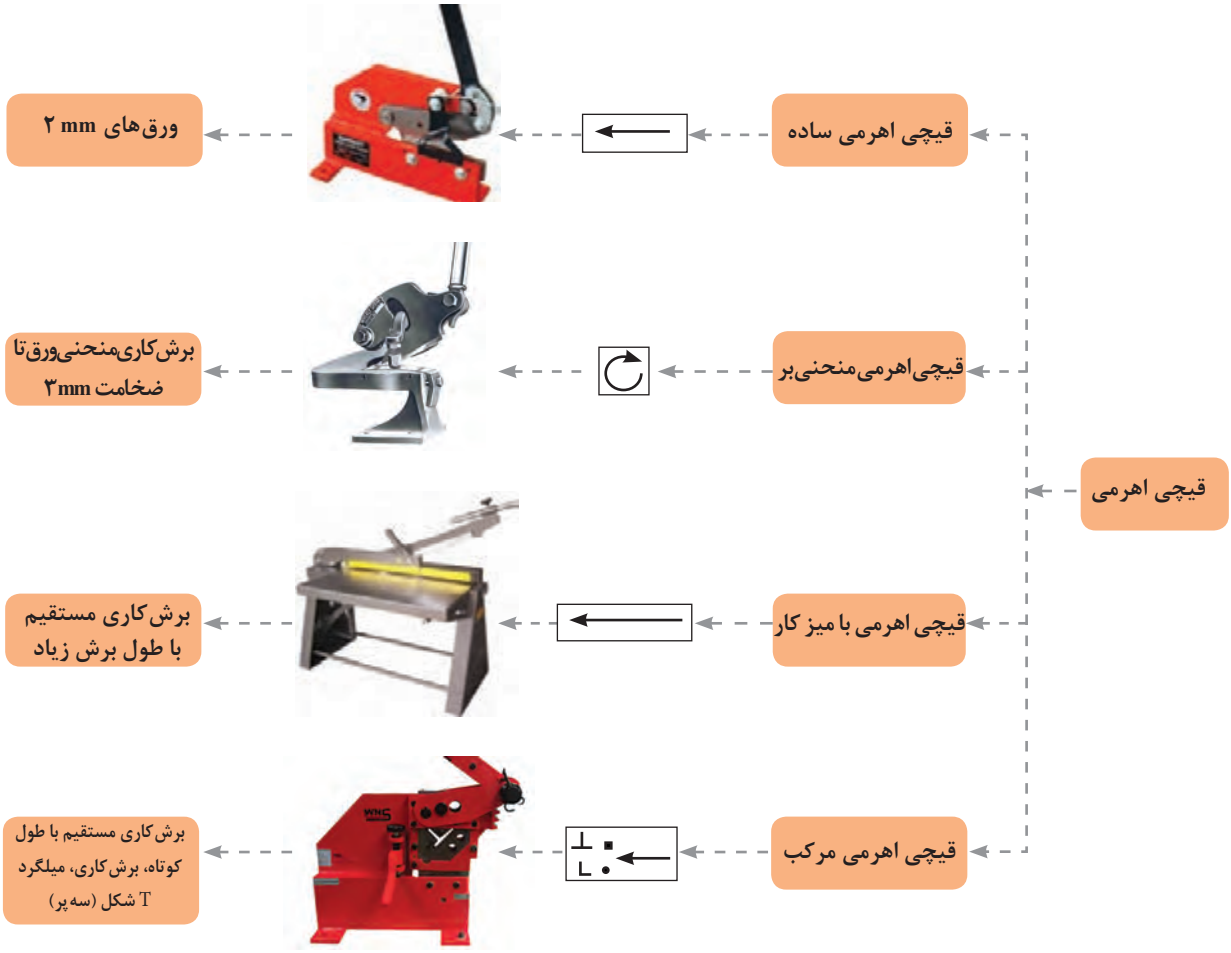
## قیچی اهرمی

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**

**جمع‌آوری اطلاعات**

با توجه به دسته‌بندی قیچی اهرمی یک نوع از این قیچی‌ها را انتخاب کنید و در تحقیقی اینترنتی کاتالوگ آن را بیابید و بررسی نمایید که چه کاربردهایی برای آن وجود دارد؟ (کلید واژه‌های لاتین برای جستجوی اینترنتی شامل: hand lever shearing machine, throatless shearing)

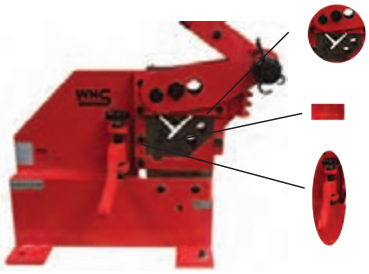
**سؤال**

۱ـ با کدام یک از قیچی‌های اصلی که در شکل ۲ نشان داده شده است، می‌توان ورق‌هایی به طول زیاد را به‌طور مستقیم برش داد؟

۲ـ کدام نوع از قیچی‌های اهرمی برای برش‌هایی به‌صورت منحنی مناسب‌تر است؟

## اجزای قیچی اهرمی

شکل ۳ اجزای قیچی اهرمی مرکب را نشان می‌دهد.



ورودی برش پروفیل‌های نبشی، T شکل (سه‌پر)، میلگرد و چهار پهلو

تیغه برش صاف و بدون دندانه

بازوی نگهدارنده ورق جهت حفظ زاویه نود درجه بین تیغه و ورق

**شکل ۳ـ اجزای قیچی اهرمی**

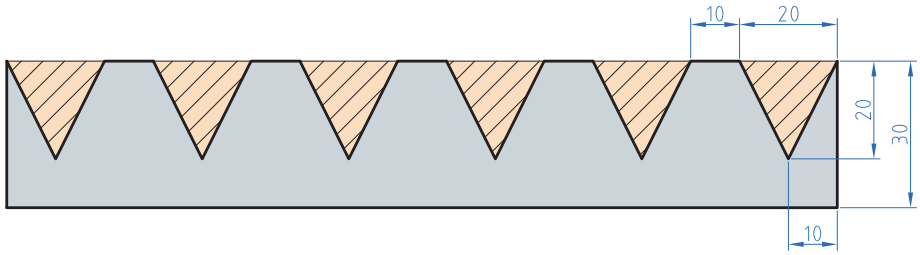
## فعالیت کارگاهی

کار عملی

### پیاده‌سازی نقشه فاق بری با قیچی اهرمی

**شرح فعالیت:** پس از برش ورق در اندازه مناسب، آن را گونیا کرده و نقشه زیر را بر روی ورق پیاده سازی نموده و میزان دورریز را محاسبه نمایید.

**نقشه شماره ۱**




ابزارهای مورد نیاز خود را برای برش‌کاری ورق در جدول لیست کنید.

| ابزار | کاربرد | تعداد | توضیحات |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

نکات ایمنی

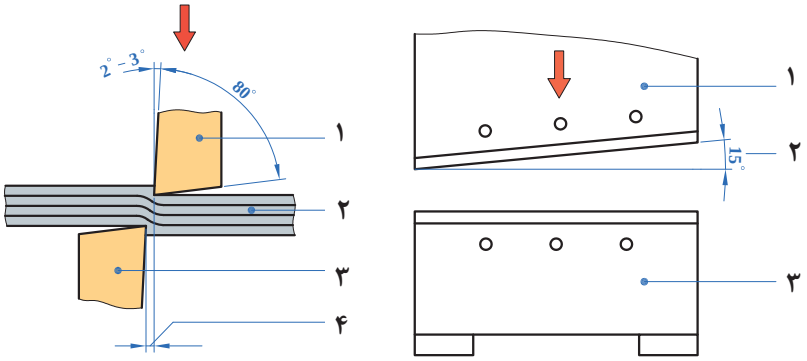
در حین حمل ورق‌های فلزی و اندازه‌گذاری و رسامی بر روی آن، از دستکش چرمی و عینک محافظ استفاده کنید. لبه تیز ورق ممکن است به دست‌هایتان آسیب بزند.

## ارزشیابی تکوینی

| مراحل کار | شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...) | نتایج ممکن | استاندارد (شاخص‌های داوری / نمره‌دهی) | نمره |
|---|---|---|---|---|
| آماده‌سازی | کارگاه: کارگاه استاندارد ورق‌کاری<br>مواد: ورق فولادی<br>ابزار: ابزارهای اندازه‌گیری و خط‌کشی | آماده‌سازی بالاتر از انتظار | ــــــــــ | ۳ |
| | | آماده‌سازی قابل قبول | اندازه‌گذاری براساس نقشه، خط‌کشی براساس نقشه، پیاده‌سازی جزئیات نقشه | ۲ |
| | | آماده‌سازی غیرقابل 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:<br>کسب حداقل نمره ۲ از مرحله آماده‌سازی<br>کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش<br>کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار | | | | |

## پارامترهای برش‌کاری

پارامترهای مؤثر در برش‌کاری با قیچی اهرمی را در شکل ۴ مشاهده می‌کنید. با توجه به شکل ۴ جدول ۱را تکمیل نمایید.




**شکل ۴ـ پارامترهای برش‌کاری**

**جدول ۱ـ پارامترهای برش‌کاری**

| پارامتر | محدوده مجاز |
|---|---|
| زاویه تیغه نسبت به خط برش ( زاویه بین دو تیغه در هنگام برش ) | |
| زاویه گوه ( زاویه تیز کردن تیغه ) | |
| میزان لقی ( فاصله بین دو تیغه ) | |
| زاویه قطعه با تیغه برش | |

چرا در قیچی اهرمی نیز همانند قیچی دستی بهترین زاویه تیغه‌ها در هنگام برش ۱۵ درجه می‌باشد؟

## چرا تیغه قیچی‌ها را منحنی شکل می‌سازند؟

اکنون با توجه به موارد گفته شده، شرایط دیگری را نیز مورد بررسی قرار دهید:
برای برش‌کاری ورقی به ضخامت ۰/۸ میلی‌متر در عرض‌های مشابه و طول‌های بلند، قیچی مناسب را از شکل ۲ انتخاب نمایید و پارامترهای خواسته شده در جدول ۲ را بر روی آن تنظیم نمایید.

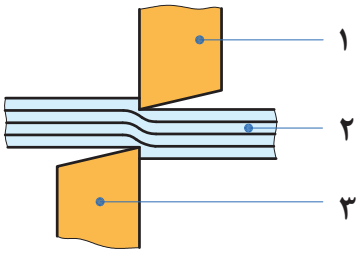
**جدول ۲ـ پارامترهای تنظیم شده بر روی قیچی**

| موارد | پارامتر |
|---|---|
| نوع قیچی | |
| لقی تیغه‌ها | |

## مراحل برش‌کاری

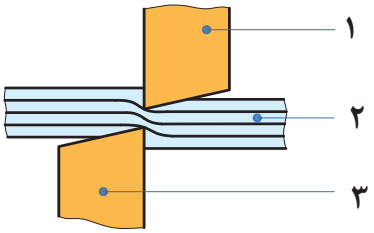
حصول برش‌کاری مطلوب با استفاده از قیچی نیازمند اجرای منظم سه مرحله زیر می‌باشد:

**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.



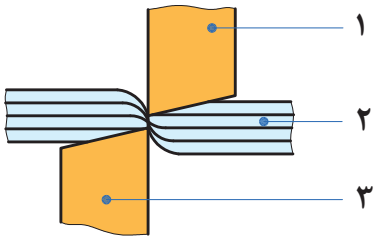

شکل ۵ــ نفوذ ( مرحله اول )

**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 ۶ــ 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 ۷ــ شکست ( مرحله سوم )

در تمامی تصاویر:

۱ نشان دهنده تیغه متحرک

۲ نشان دهنده قطعه کار

۳ نشان دهنده تیغه ثابت

تحقیق

در اینترنت در قسمت عکس‌ها جست‌وجو کنید و موارد رعایت نکردن ایمنی در هنگام برشکاری را گردآوری کنید و در کارگاه به بحث و بررسی بگذارید.

در جدول ۳ با توجه به نوع برش لبه ورق‌ها میزان لقی بین تیغه‌ها را مشخص کنید.

**جدول ۳ـ لبه‌های برش مختلف و دلایل ایجاد لبه‌ها**

| دلیل ایجاد لبه برش | نوع لبه برش |
|---|---|
| لقی مناسب بین تیغه‌ها |  |
| لقی ..... |  |
| لقی ..... |  |
| لقی ..... |  |

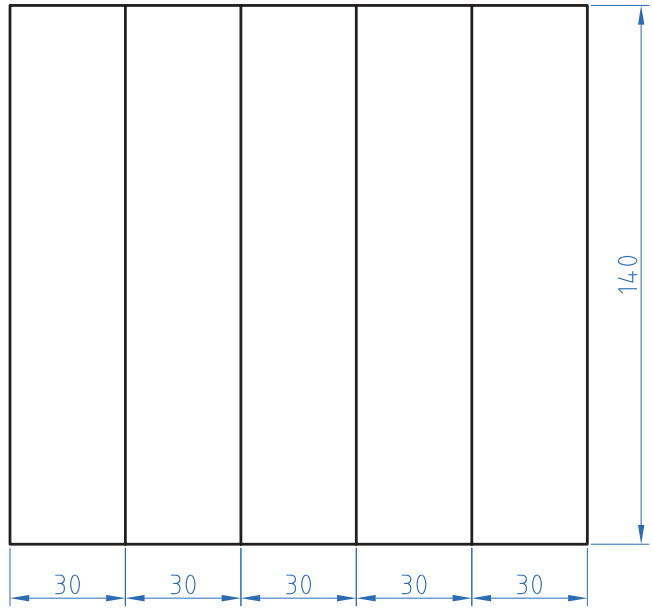
## فعالیت کارگاهی

کار عملی

**برش‌کاری مستقیم با قیچی اهرمی**

**شرح فعالیت:** پس از برش ورق در اندازه مناسب، آن را گونیا کرده و نقشه زیر را بر روی ورق پیاده نمایید.

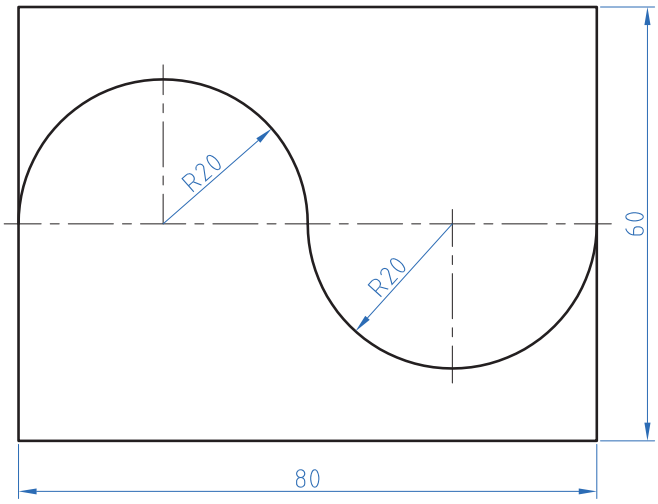
نقشه شماره ۲



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

| ابزار | کاربرد | تعداد | توضیحات |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

نقشه شماره ۳

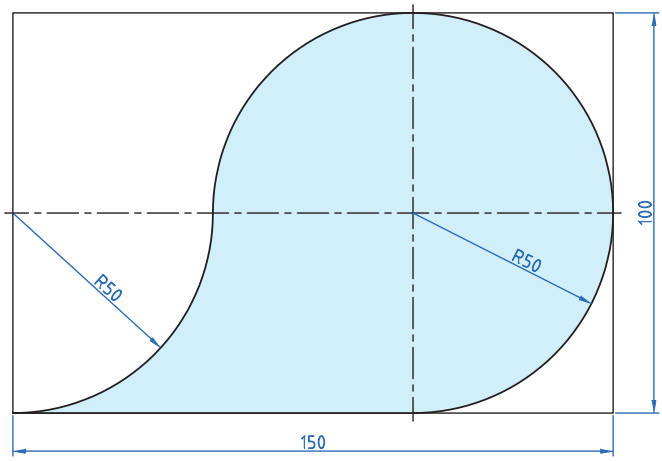



کار عملی

**برش‌کاری منحنی با قیچی اهرمی منحنی‌بر**

**شرح فعالیت:** پس از برش ورق در اندازه مناسب، آن را گونیا کرده و نقشه‌های زیر را با دقت بر روی ورق پیاده سازی کرده و سپس آنها را برش‌کاری و کنترل نمایید.

نقشه شماره ۴




کار عملی

**برش‌کاری منحنی با قیچی اهرمی منحنی‌بر**

**شرح فعالیت:** پس از برش ورق در اندازه مناسب، آن را گونیا کرده و نقشه‌های زیر را با دقت بر روی ورق پیاده‌سازی کرده و سپس آنها را برش‌کاری و کنترل نمایید.

نکات ایمنی

۱ در حین استفاده از قیچی‌های اهرمی و حمل ورق‌های فلزی، از دستکش چرمی و عینک محافظ استفاده کنید. لبه تیز ورق و قیچی ممکن است به دست‌هایتان آسیب بزند.

۲ برای برش‌کاری از دستکش‌های چرمی، لباس کار و عینک محافظ استفاده کنید.

۳ در هنگام فاق‌بری احتمال پرتاب دورریز وجود دارد و توصیه می‌شود از عینک محافظ استفاده شود.

۴ در هنگام پایین آوردن بازوی قیچی اهرمی مراقب برخورد آن با خود و اطرافیان باشید.

## ارزشیابی تکوینی

| مراحل کار | شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...) | نتایج ممکن | استاندارد (شاخص‌های داوری / نمره‌دهی) | نمره |
|---|---|---|---|---|
| آماده‌سازی | کارگاه: کارگاه استاندارد ورق‌کاری<br>مواد: ورق فولادی<br>ابزار: ابزارهای اندازه‌گیری و خط‌کشی | آماده‌سازی بالاتر از انتظار | ــــــــ | 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:<br>کسب حداقل نمره ۲ از مرحله آماده‌سازی<br>کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش<br>کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار | | | | |

**شرح کار:**
ـ تمیز کاری سطح ورق
ـ پیاده کردن نقشه بر روی ورق فلزی
ـ برش‌کاری براساس نقشه
ـ کنترل نهایی

**استاندارد عملکرد:**
برش ورق‌های فلزی با قیچی دستی و اهرمی با توجه به نقشه و رعایت الزامات فنی
**شاخص‌ها:**
ـ سطح ورق تمیز و بدون گرد و غبار، بدون زنگ زدگی
ـ انتقال دقیق ابعاد و اندازه نقشه، خط‌کشی بر روی ورق طبق نقشه
ـ برش‌کاری مطابق نقشه
ـ تاب‌گیری، پلیسه‌گیری و انطباق محصول نهایی با نقشه

**شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:**
**شرایط:** محیط کار، انواع قیچی‌های دستی، خط‌کش فلزی، سوزن خط‌کش، گونیا، ورق‌های فلزی مورد برشکاری، پرگار، میزکار، زاویه سنج، قیچی‌های اهرمی
**ابزار و تجهیزات:** دستگاه‌های برش‌کاری اهرمی دستی ساده و مرکب (دستی، برقی)

**معیار شایستگی:**

| ردیف | مرحله کار | حداقل نمره قبولی از ۳ | نمره هنرجو |
|---|---|---|---|
| ۱ | آماده‌سازی | ۲ | |
| ۲ | برشکاری | ۲ | |
| ۳ | کنترل نهایی | ۲ | |
| ۴ | | | |
| ۵ | | | |
| ۶ | | | |
| **شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:** مسئولیت‌پذیری، سطح ۱، داوطلب شدن برای فعالیت‌های جدید و خاص، دستکش، لباس کار، دقت در پیاده کردن نقشه روی ورق افزایش بهره‌وری | | ۲ | |
| **میانگین نمرات** | | | * |

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

# پودمان ۲

# خم‌کاری



تغییر شکل فلزات به طرح‌های مختلف یکی از مهم‌ترین علم‌های روز دنیاست. به‌عنوان مثال خودروهایی که بسیاری از شرکت‌های معتبر دنیا می‌سازند از لحاظ طرح و شکل با یکدیگر متفاوت هستند، خم‌کاری یکی از روش‌های تغییر شکل ورق‌های فلزی است که برای ساخت بسیاری از مصنوعات مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال جعبه‌های کمک‌های اولیه، جعبه ابزار و بدنه خودروها ...

# واحد یادگیری ۳

## شایستگی خم‌کاری ورق

آیا تا به‌حال پی برده‌اید

۱ سقف‌های فلزی را چطور به این شکل درمی‌آورند؟
۲ جعبه‌های ابزار فلزی چطور ساخته می‌شوند؟
۳ چگونه بدنه خودروها را به این شکل درمی آورند؟
۴ چه موادی را می‌توان تغییر شکل داد؟
۵ براساس چه ابزاری می‌توان یک مصنوع فلزی ساخت؟

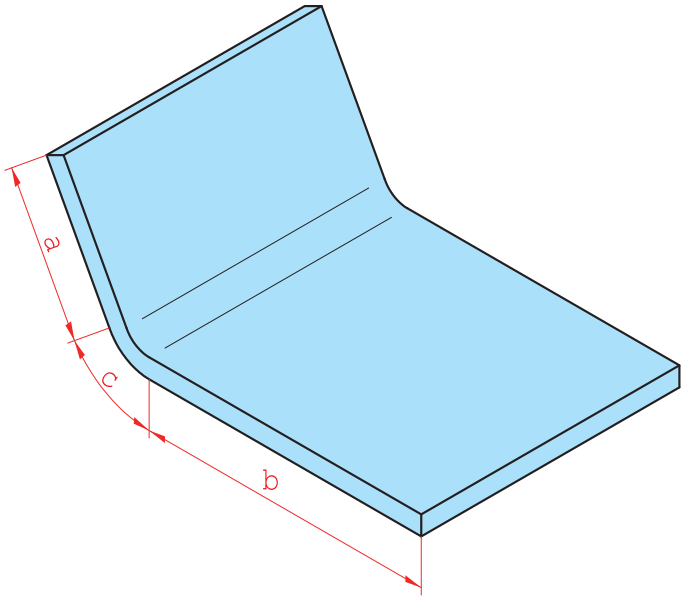
هدف از این شایستگی کسب مهارت و دانش پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق‌های فلزی، تشخیص قابلیت خم‌کاری مواد مختلف، روش‌های خم‌کاری ورق، پارامترهای مؤثر در خم‌کاری، محاسبه طول ورق مورد نیاز برای خم‌کاری و خم‌کاری با دست و ماشین می‌باشد.بسیاری از مصنوعات فلزی که در روزمره مشاهده می‌نمایید از ورق‌های فلزی ساخته می‌شوند. مانند صندوق پستی ـ کابینت‌های فلزی ـ تابلوی برق ـ سقف‌های فلزی بام ـ جعبه ابزار و غیر از آنها. ابتدا ورق اولیه را براساس نقشه برش می‌دهند و سپس با به‌کارگیری یکی از روش‌های تغییر شکل به شکل مورد نظر درمی‌آوریم. یکی از این روش‌ها، خم‌کاری است که در ورق‌کاری کاربرد فراوان داشته و از اهمیت بالایی برخوردار است. در خم‌کاری قسمتی از ورق تغییر شکل داده می‌شود به‌طوری که حجم آن تغییر نکند. به عبارت دیگر خم‌کاری عملی است که در آن قسمتی از مواد را با حفظ سطح مقطع‌شان تا حد امکان، با رساندن گرما یا بدون آن، از مسیر اصلی خارج کرده و به مسیر دلخواهی بیاورند. از خم‌کاری علاوه بر ساخت مصنوعات فلزی، برای افزایش استحکام و سفتی ورق فلزی نیز استفاده می‌شود.

### استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری و کسب شایستگی خم‌کاری ورق، هنرجویان قادر به استخراج جزئیات و پارامترهای خم‌کاری از روش نقشه، پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق، محاسبه حد مجاز و تعیین طول اولیه ورق و خم‌کای ورق به‌صورت دستی و ماشینی خواهند بود.

## بر چه اساسی می‌توان ورق را خم نمود؟

شکل ۱ یک ورق فلزی را نشان می‌دهد که با روش خم‌کاری شکل داده شده است، همان‌طور که می‌بینید پس از تغییر شکل ورق به دو قسمت تقسیم شده است (a) قسمتی از ورق که به سمت بالا خم شده، (b) که ثابت مانده و (c) مقداری از ورق تحت تغییر شکل قرار گرفته است. آیا این مقادیر (a, b ,c) به‌صورت اتفاقی به‌دست می‌آیند یا نیاز به محاسبه دارند؟




**شکل ۱ــ ورق خم شده با طول‌های a و b**

همان‌طور که در پودمان قبلی آموختید، اطلاعات مورد نیاز برای برش‌کاری ورق‌های فلزی را از روی نقشه استخراج می‌کنیم. به همین شکل، برای خم‌کاری ورق‌های فلزی نیاز به اطلاعاتی شامل ابعاد و اندازه‌های مصنوع مورد نظر، طرح و شکل مصنوع و پارامترهای خم‌کاری داریم که از نقشه می‌توانیم این اطلاعات را به‌دست آوریم.

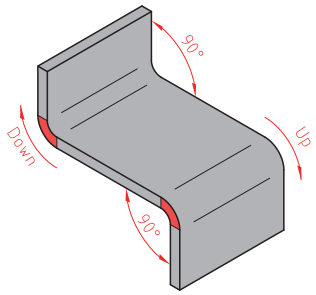
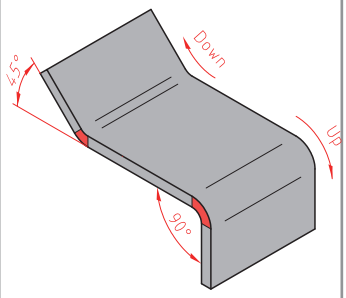
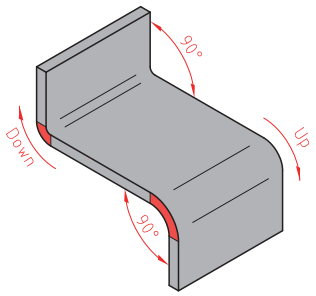
برای خم‌کاری ورق‌های فلزی، جهت خم‌کاری و مقدار تغییر شکل ورق بسیار حائز اهمیت است، و برای تولید یک مصنوع با ابعاد و اندازه دقیق و باکیفیت به‌علاوه مدیریت مواد اولیه، نیاز به مقادیر دقیق داریم که این مقادیر را می‌توان از روی نقشه استخراج کرد.

جدول ۱ شیوه استخراج اطلاعات مورد نیاز برای خم‌کاری ورق‌های فلزی را نشان می‌دهد. به مثال زیر توجه کنید؛

فرض کنید بر روی نقشه نوشته شده است: DOWN 90.00 R1.00

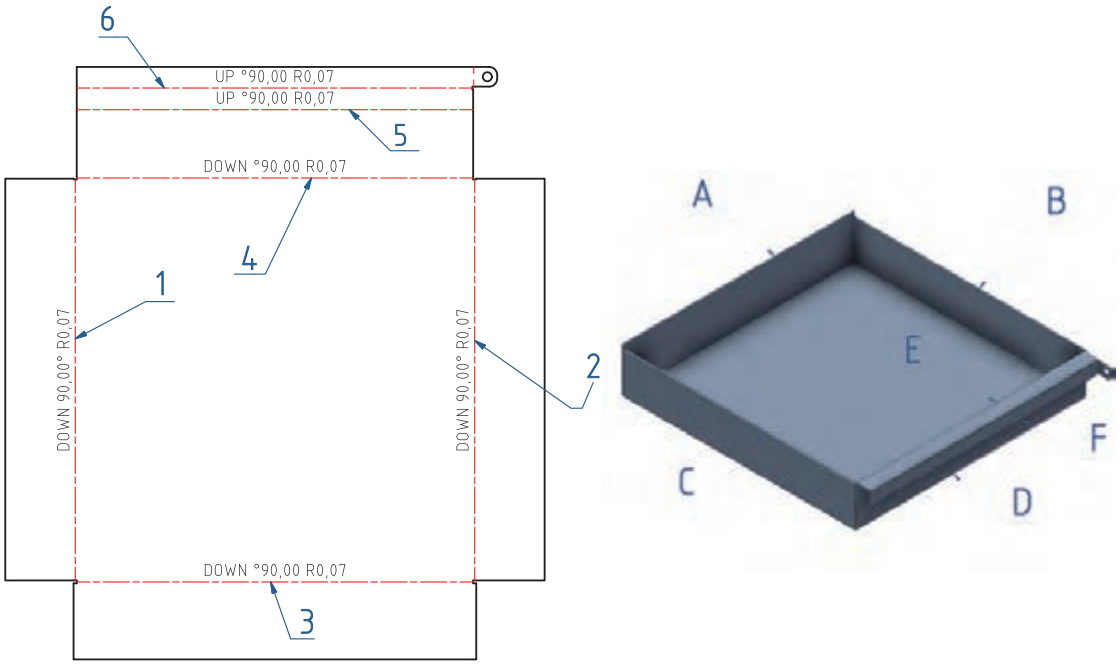
مفهوم این پارامترها این می‌باشد که ورق به سمت داخل با زاویه ۹۰ درجه و شعاع ۱ میلی‌متر خم شود. یا اگر داشته باشیم UP 90.00 R 1.00 یعنی؟

**جدول ۱ـ راهنمای خواندن نقشه‌های خم‌کاری**

| محل قرارگیری | پارامتر | نمایش در نقشه | | کاربرد | نقشه | تصویر ورق خم شده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ابتدا از سمت چپ | جهت | DOWN | به سمت داخل خم شود | این پارامتر در نقشه بهتری خم‌کاری ورق را نشان می‌دهد | Down 90° R2<br>Up 90° R2 |  |
| | | UP | به سمت بیرون خم شود | | | |
| وسط | زاویه | θ = ۹۰، ۷۵، ۴۵ | | این پارامتر مقدار تغییر شکل و یا خم شدن ورق در جهت معین را نشان می‌دهد | Down 45° R2<br>Up 90° R2 |  |
| انتها | شعاع | R | | این پارامتر مقدار خمیدگی و انحنای ناحیه خم را نشان می‌دهد | Down 90° R1<br>Up 90° R4 |  |

به‌عنوان مثال به نقشه زیر نگاه کنید، علائمی‌که بر روی خطوط خم نشان داده شده است، همان پارامترهای خم هستند که با استفاده از آنها شما می‌توانید مقدار تغییر شکل را بر روی ورق تعیین کنید.

**نقشه شماره ۱**




کار عملی

ارتباط بین شماره روی نقشه و حروف روی محصول را پیدا کنید و جدول ۲ را تکمیل کنید.

**جدول ۲**

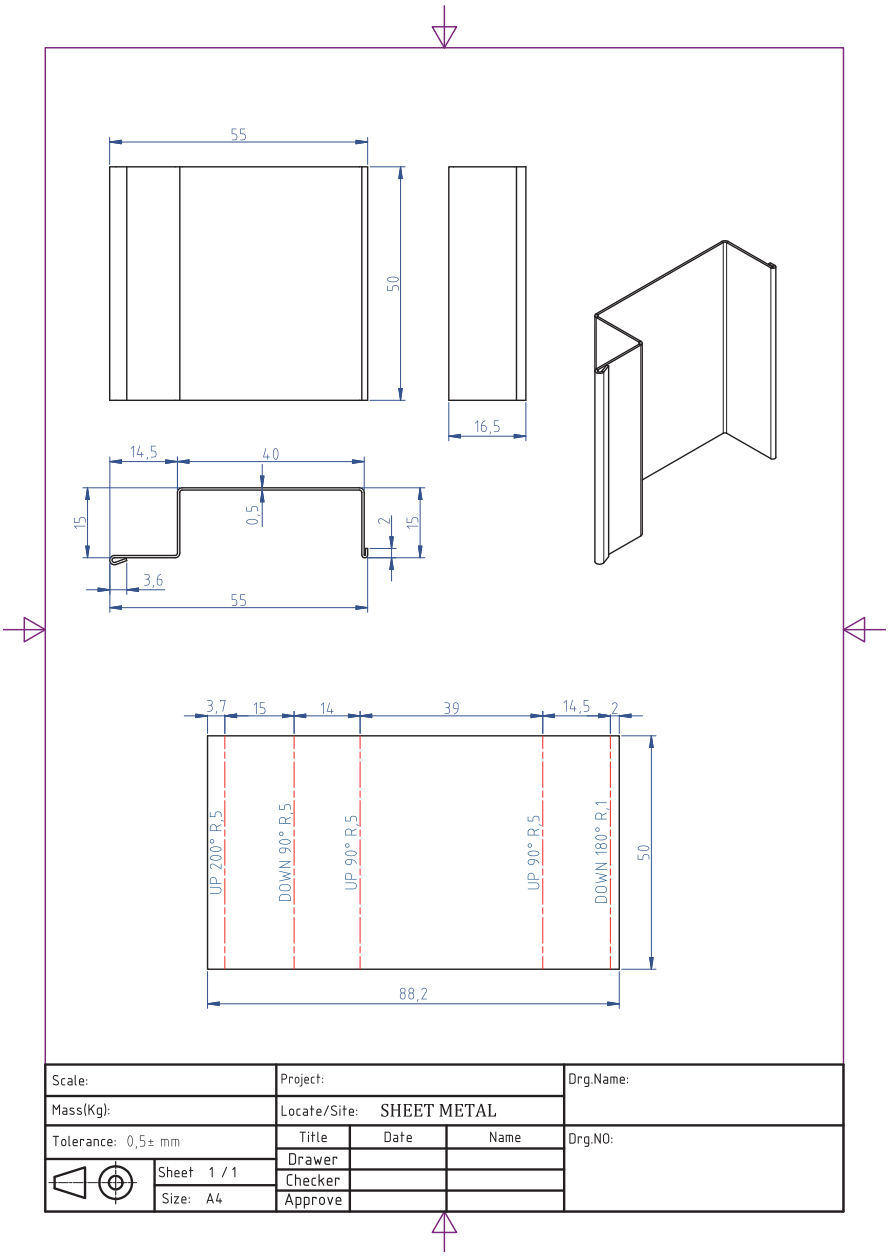
| شماره روی نقشه | حروف روی محصول | جهت | زاویه | شعاع |
|---|---|---|---|---|
| ۳ | B | به سمت داخل | ۹۰ | ۰/۷ |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

کار عملی

## پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق برای خم‌کاری

بر روی یک ورق فولادی به ابعاد ۰/۵ mm × ۵۰ × ۸۸ نقشهٔ شمارهٔ ۲ را پیاده کنید.

**نقشه شماره ۲**

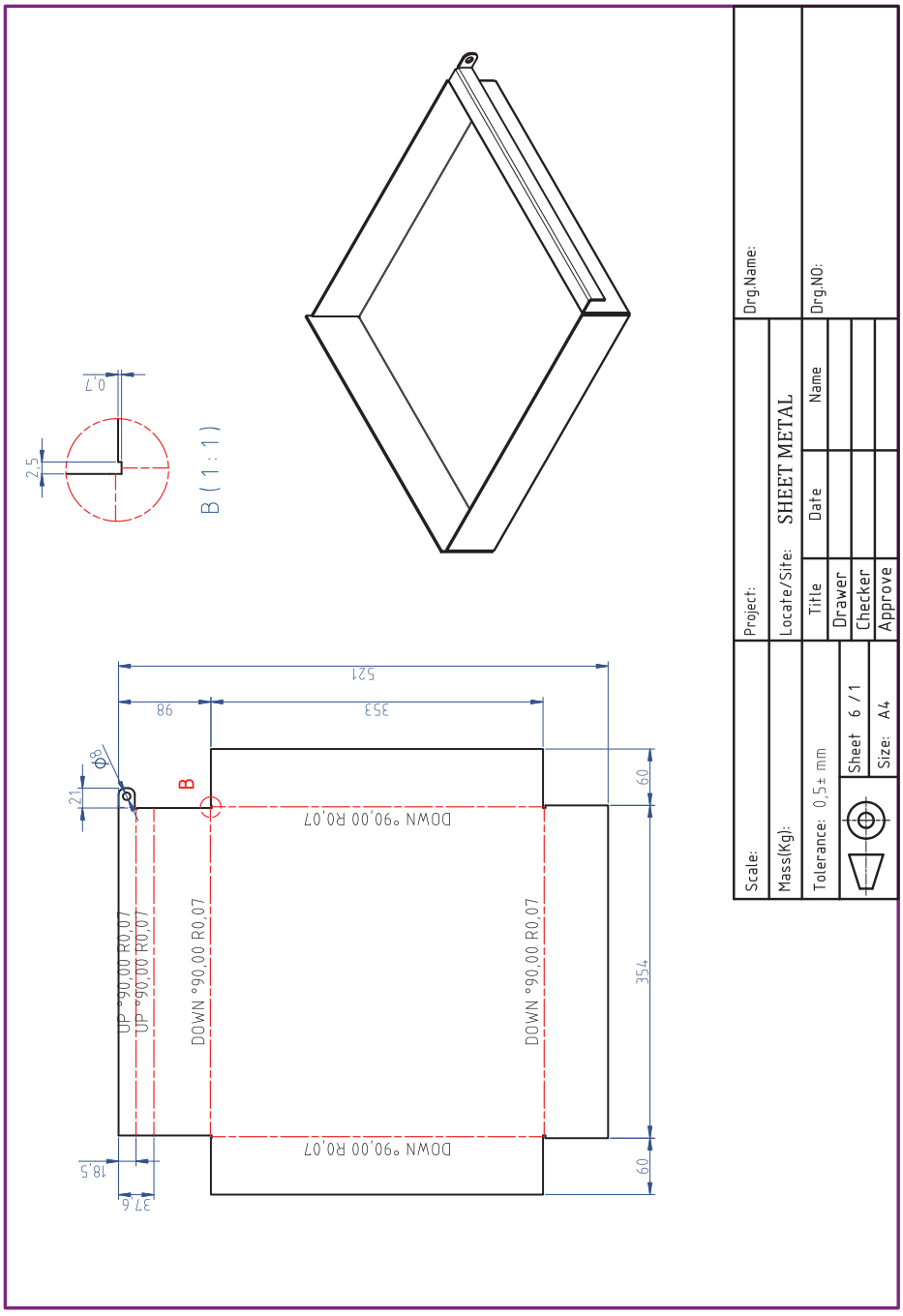


کار عملی

## پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق جهت خم‌کاری

**شرح فعالیت:** ورق فولادی به ابعاد ۰/۸× ۴۰۰ × ۴۰۰ میلی متر انتخاب کنید، سپس نقشهٔ شمارهٔ ۳ را بر روی آن پیاده‌سازی کنید.

**نقشه شماره ۳**

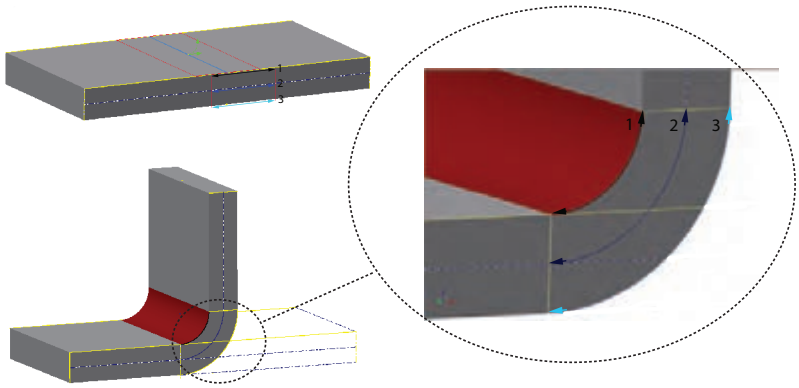


## ارزشیابی تکوینی

| مراحل کار | شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...) | نتایج ممکن | استاندارد (شاخص‌های داوری / نمره‌دهی) | حداکثر نمره |
|---|---|---|---|---|
| آماده‌سازی | کارگاه: کارگاه استاندارد ورق‌کاری<br>مواد: ورق فولادی<br>ابزار: ابزارهای اندازه‌گیری و خط‌کشی | بالاتر از انتظار | پیاده‌سازی جزئیات نقشه | ۳ |
| | | قابل قبول | اندازه‌گذاری براساس نقشه، خط‌کشی براساس نقشه | ۲ |
| | | غیر قابل قبول | اندازه‌گذاری براساس نقشه | ۱ |
| شایستگی‌های غیرفنی | مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد | بالاتر از انتظار | توجه به همه موارد | ۳ |
| ایمنی و بهداشت | دستکش، لباس کار، دقت در پیاده‌کردن | قابل قبول | رعایت موارد ایمنی | ۲ |
| توجهات زیست‌محیطی | مدیریت مواد دورریختنی | غیر قابل قبول | عدم رعایت موارد ایمنی | ۱ |
| نگرش | نقشه روی ورق برای افزایش بهره‌وری | | | |

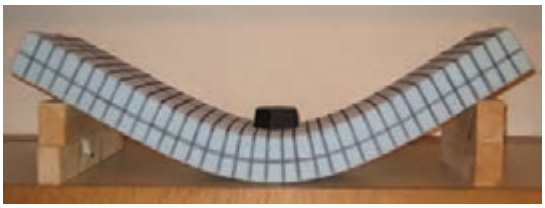
## خم‌کاری ورق

**چه تغییراتی بعد از خم‌کاری در فلز به‌وجود می‌آید؟** به شکل‌های زیر نگاه کنید، شکل (الف) یک ورق فلزی قبل از خم‌کاری را نشان می‌دهد و شکل (ب) همان ورق را بعد از خم‌کاری نشان می‌دهد. بر روی هر دو ورق طول‌هایی با اعداد ۱ و ۲ و ۳ مشخص شده است، به نظر شما چه تفاوتی بین طول‌های مشخص شده قبل و بعد از خم‌کاری ایجاد شده است. با دوستانتان در این‌باره بحث کنید.




**شکل ۲ــ تغییر شکل ورق بعد از خم‌کاری**

وقتی فلزی در اثر نیروی خم‌کاری تغییر شکل می‌دهد، در داخل آن تنش ایجاد می‌شود. که در قسمت بیرونی خم به دلیل کشیده شدن فلز در آن ناحیه، تحت تنش کششی است، در حالی‌که در قسمت داخلی خم تحت تنش فشاری قرار می‌گیرد که این به دلیل فشرده شدن فلز در ناحیه داخلی خم می‌باشد. شکل ۳ این تغییرات را به‌وضوح نشان می‌دهد.



**شکل ۳ــ تغییر شکل ورق بعد از خم‌کاری**

بین این دو ناحیه، ناحیه‌ای قرار دارد که بدون تنش است و دراثر نیروی خم تغییری در آن ایجاد نمی‌شود، به این ناحیه محور خنثی (تار خنثی) می‌گویند. طول تار خنثی در محاسبه طول واقعی ورق بسیار اهمیت دارد.

**تأثیر ویژگی مواد در خم‌کاری:** برای ساخت قوطی به صورت شکل مقابل استفاده از کدام مادهٔ زیر امکان‌پذیر است؟ چرا؟

(ورق فلزی، تخته چوبی، صفحه شیشه‌ای)

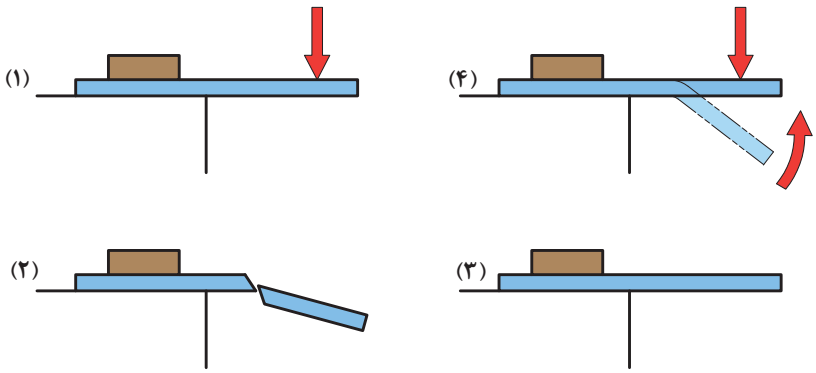


**شکل ۴ــ قوطی**

به‌طورکلی اجسام در مقابل تغییر شکل مقاومت نشان می‌دهند که به این مقاومت، استحکام گفته می‌شود. مواد با استحکام بالا را سخت‌تر می‌توان تغییر شکل داد. هنگامی‌که یک ماده را با اعمال نیرو بتوان تغییر شکل داد به آن ماده، نرم و شکل‌پذیر گفته می‌شود. مواد غیرنرم را ترد می‌گویند.

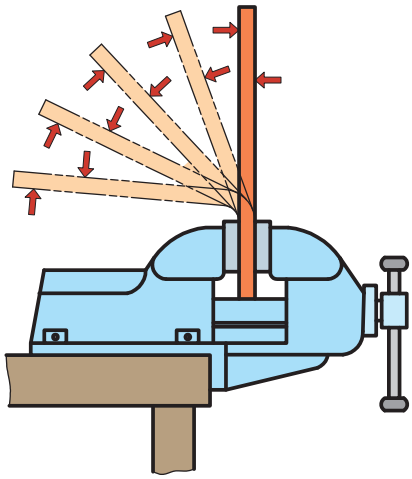
مواد نرم مانند فلزات قابلیت خم‌کاری بالایی دارند و می‌توان آنها را با نیروی کمی‌تغییر شکل داد، درحالی که مواد ترد مانند چوب و شیشه را نمی‌توان به راحتی خم کرد. این مواد در هنگام خم‌کاری دچار شکست می‌شوند. برخی از مواد هستند که بعد از خم‌کاری به حالت اولیه خود برمی‌گردند، همانند فنر. این‌ها هم قابلیت خم‌کاری خوبی ندارند.

نکته دیگری که در خم‌کاری مواد اهمیت فراوانی دارد، حالت فنریت مواد می‌باشد. به این معنی که وقتی مواد تحت نیروی خم، تغییر شکل می‌دهند، بعد از برداشتن نیروی خم ممکن است در همان حالت باقی بماند و یا بالعکس در اثر خاصیت فنری که دارند، مقداری به حالت اولیه‌شان برگردند که نتیجه آن کاهش کیفیت ابعادی و ظاهری مصنوع است. لذا برای جلوگیری از مشکل، زاویه خم‌کاری را همیشه مقداری بیشتر از اندازه واقعی آن در نظر می‌گیرند.




**۱ـ خم‌کاری ماده ترد، ۲ـ شکست ماده ترد، ۳ـ خم‌کاری ماده فنری، ۴ـ برگشت بعد از خم‌کاری**

**شکل ۵**



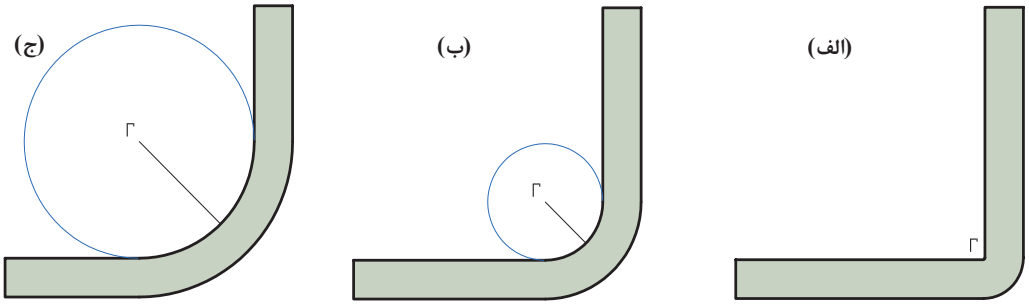
**شکل ۶ ـ برگشت فنری**

جدول ۳ برخی از ویژگی‌های ورق‌های فلزی را نشان می‌دهد، با تکمیل جدول تعیین کنید ورق مناسب برای خم‌کاری چه ویژگی‌هایی باید داشته باشد.

**جدول ۳**

| ویژگی مواد | کم | زیاد |
|---|---|---|
| استحکام | ☐ | ☐ |
| تردی | ☐ | ☐ |
| نرمی | ☐ | ☐ |
| کشسانی (فنریت) | ☐ | ☐ |
| مومسانی (تغییر شکل دائمی) | ☐ | ☐ |

**شعاع خم (Bend Redius):** در خم‌کاری ورق و لوله‌های فلزی برای جلوگیری از کشیدگی بیش از حد و پارگی در قسمت بیرونی، معمولاً ورق‌ها و لوله‌ها را به صورت منحنی (انحنادار) خم می‌کنند. به شکل‌های زیر نگاه کنید.




**شکل ۷ـ (الف)شعاع خم کم، (ب) شعاع خم متوسط، (ج) شعاع خم زیاد**

شکل (الف) ورق فلزی را نشان می‌دهد که با انحنای بسیار ناچیز خم شده است که این حالت برای ورق‌ها با ضخامت بالا مناسب نمی‌باشد و ممکن است در قسمت بیرونی، ورق دچار پارگی شود. شکل‌های (ب) و (ج) ورق‌هایی را نشان می‌دهند که در ناحیه خم با انحنای مناسب خم شده‌اند. اما ورق (ج) شعاع انحنا بیشتری نسبت به ورق (ب) دارد. به این شعاع انحنا، شعاع خم گفته می‌شود. به عبارت دیگر شعاع قسمتی از قوس دایره که بر روی ورق مماس است شعاع خم گفته می‌شود که اندازه این شعاع برابر با شعاع دایره است.

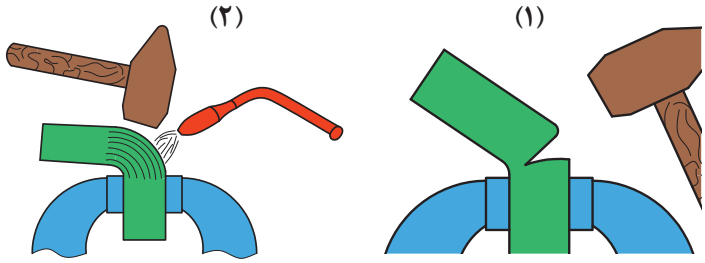
**اثر شعاع خم:** برای جلوگیری از ایجاد ترک ناشی از خم، شعاع خم‌کاری باید متناسب با ضخامت ورق انتخاب شود. هرچقدر شعاع خم بیشتر باشد، احتمال تشکیل ترک‌ها در قسمت بیرونی ورق کمتر است. به عبارت دیگر ورق با ضخامت بیشتر شعاع خم بزرگ‌تری نیاز دارد. شعاع خم به شکل و ضخامت قطعه کار و همچنین دمای خم‌کاری و جنس ورق بستگی دارد.

جدول ۴ــ حداقل شعاع خم

| مواد | حداقل شعاع |
|---|---|
| مس | ۰/۸ ــ ۱/۲ برابر ضخامت |
| برنج | ۱ ــ ۱/۸ برابر ضخامت |
| روی | ۱ ــ ۲ برابر ضخامت |
| فولاد | ۱ ــ ۳ برابر ضخامت |

در ستون مواد هر چه به سمت ردیف‌های پایین‌تر می‌آییم مقدار حداقل شعاع خم افزایش یافته است؟ چرا و این حداقل شعاع تعیین شده بر چه اساسی است؟

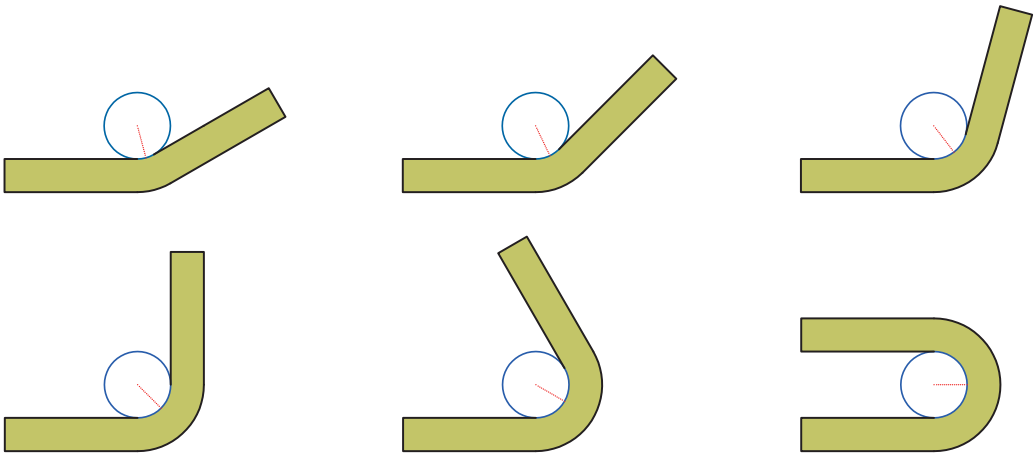
**اثر گرما:** وقتی قطعه‌ای را تغییر شکل می‌دهید، تنش‌های زیادی در داخل آن ایجاد می‌شود. خصوصاً در قطعات ضخیم با شعاع خم کم، در اثر این تنش‌ها ترک در آنها ایجاد می‌شود. برای جلوگیری از تشکیل ترک در قطعات ضخیم باید آنها را تا درجه سرخ شدگی گرما داد تا مقاومت داخلی آنها کاهش یابد، سپس با یک نیروی معمول خم‌کاری این قطعات را تغییر شکل داد. البته باید به این نکته توجه کرد که گرم کردن ممکن است منجر به تغییر خواص ماده شود.




۱ــ خم‌کاری بدون شعله، ۲ــ خم‌کاری ورق ضخیم به کمک شعله

شکل ۸

**زاویه خم (Bending Redius)**: به شکل‌های زیر نگاه کنید، چه تفاوتی بین آنها وجود دارد؟



شکل ۹ــ زاویه خم

به پرسش‌های زیر پاسخ دهید؛

**سؤال ۱:** به نظر شما اهمیت شعاع خم در ورق‌های نازک بیشتر است یا ضخیم؟ با افزایش ضخامت ورق شعاع خم را زیاد افزایش می‌دهیم یا کاهش؟

**سؤال ۲:** نقش زاویه در خم‌کاری ورق فلزی چیست؟

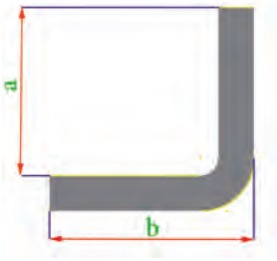
**سؤال ۳:** به نظر شما آیا تغییرات زاویه خم بر روی شعاع خم اثری دارد؟

## محاسبه طول اولیه ورق

چون در خم‌کاری، طول ورق مقداری افزایش می یابد، بنابراین قبل از خم کردن ورق با درنظر گرفتن اندازه‌هایی که بعد از خم‌کاری باید داشته باشیم (براساس نقشه)، طول اولیه ورق باید تعیین شود. برای محاسبه طول اولیه ورق به صورت زیر عمل می کنیم؛

**حالت اوّل:** چنانچه بخواهیم آن را تحت زاویه ۹۰ درجه خم کنیم، در این صورت طول اولیه ورق عبارت‌اند از:

$$L = a + b - A$$

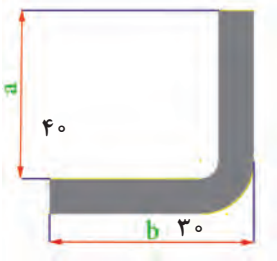



شکل ۱۰ـ زاویه خم

که در این معادله a و b طول‌های خم نشده ورق و A طول قسمت خم شده قطعه کار است که به علت خم شدن آن در محل خم و تبدیل آن به قوس ایجاد می‌شود.

$$A = \frac{R}{۲} + t$$

که در این معادله R شعاع خم، t ضخامت قطعه کار و A طول قسمت خم شده




شکل ۱۱ـ زاویه خم

**مثال:** طول یک ورق را قبل از خم شدن با درنظر گرفتن ابعاد مورد لزوم که بعد از خم شدن باید داشته باشد، حساب کنید. در صورتی که ضخامت ورق برابر با ۱ میلی‌متر در شعاع خمش دو برابر ضخامت ورق در نظر گرفته شود.

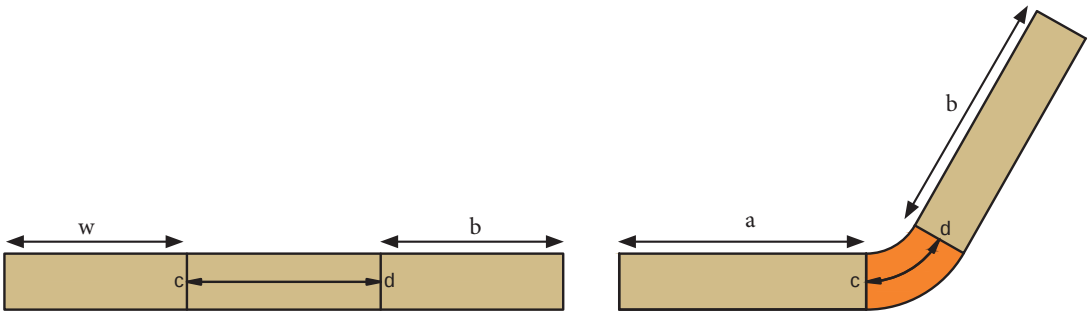
$$A = \frac{۲ \times ۱}{۲} + ۱ = ۲$$

$$L = ۴۰ + ۳۰ - ۲ = ۶۸$$

**حالت دوم:** اگر ورق تحت زاویه کمتر یا بیشتر از ۹۰ درجه خم شود در این صورت طول اولیه ورق به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$L = a + b + \overline{cd}$$

که در این معادله a و b طول قسمت‌های خم نشده قطعه بر حسب میلی‌متر می‌باشند. cd حد مجاز خم نام دارد، یا به عبارت دیگر طول تار خنثی در قسمت خم شده که این مقدار برابر با فاصله cd در شکل ۵ (طول تار خنثی در ناحیه خم = حد مجاز خم) است. مقدار cd براساس ضخامت ورق، شعاع و زاویه خم محاسبه می‌شود، عبارت‌اند از:




شکل ۱۲

$$\overline{cd} = ۰/۰۱۷۵(R + \frac{t}{۲})\theta$$

که در این رابطه R شعاع خم، t ضخامت ورق و $\theta$ زاویه خم می‌باشند.

**مثال:** طول یک ورق فلزی را قبل از خم کردن با درنظر گرفتن ابعاد آن بعد از خم شدن به‌دست آورید. ابعاد و اندازه ورق خم شده عبارت‌اند از:

(اندازه‌ها بر حسب میلی‌متر می‌باشد.)

$a = ۲۰$ ، $b = ۴۰$ ، $R = ۳t$ ، $t = ۲$ و $\theta = ۳۰$

$$L = a + b + \overline{cd}$$

$$= ۲۰ + ۴۰ + ۰/۰۱۷۵(۶ + \frac{۲}{۲}) \times ۳۰ = ۶۰ + ۳/۶ = ۶۴mm$$

**نکته**

محاسبه طول ورق قبل از خم‌کاری را می توان با استفاده از جدول راهنما به‌راحتی انجام داد. همان‌طورکه در حالت دوم بیان شد، برای محاسبه طول ورق قبل از خم‌کاری از رابطه $L= a+b+cd$ استفاده می‌کنیم که مقدار cd برابر $\overline{cd} = ۰/۰۱۷۵(R + \frac{t}{۲})\theta$ می‌باشد. اگر به‌جای ضریب $k$، $\theta$ را قرار دهیم، داریم: $\overline{cd} = k\theta$

مقدار k را با داشتن ضخامت قطعه کار و شعاع خمش از جدول راهنما می توان به‌دست آورد. در کارهای عملی برای محاسبه مقدار طول اولیه ورق با کمک جدول راهنما می‌توانید ابتدا مقدار فاکتور ثابت k را محاسبه کرده و سپس طول اولیه ورق مورد نیاز جهت خم‌کاری را به‌دست آورید.

برای مثال بالا یک بار دیگر با استفاده از جدول طول قسمت خم شده را به دست آورید.

$$\overline{cd} = K\theta$$

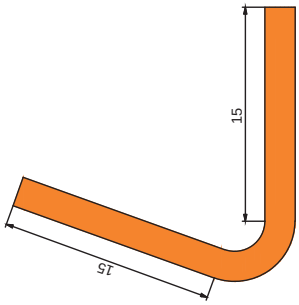
$$\overline{cd} = ۰/۲۰۱ \times ۱۳۷ = ۲۷/۵$$

$$L = a + b + \overline{cd}$$

$$۲۰ + ۴۰ + ۲۷/۵ = ۸۷/۵$$

## جدول ۵

| t | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R | ۰/۳ | ۰/۵ | ۰/۸ | ۱ | ۱/۲ | ۱/۵ | ۱/۶ | ۱/۸ | ۲ | ۲/۵ | ۲/۸ | ۳ | ۳/۵ | ۴ | ۴/۵ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ |
| | K | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۱ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۲۴ | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۲۸ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۲ | ۰/۰۳۸ | ۰/۰۳۹ | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۴۴ | ۰/۰۴۵ | ۰/۰۴۸ | ۰/۰۴۹ | ۰/۰۵۱ | ۰/۰۵۲ | ۰/۰۵۷ | ۰/۰۵۹ | | | | | | | | | | |
| ۳ | ۰/۰۵۵ | ۰/۰۵۷ | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۶۵ | ۰/۰۶۶ | ۰/۰۶۸ | ۰/۰۷۰ | ۰/۰۷۴ | ۰/۰۷۷ | ۰/۰۷۹ | ۰/۰۸۲ | | | | | | | | |
| ۴ | ۰/۰۷۲ | ۰/۰۷۴ | ۰/۰۵۹ | ۰/۰۷۹ | ۰/۰۸۰ | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۸۴ | ۰/۰۸۶ | ۰/۰۸۷ | ۰/۰۹۲ | ۰/۰۹۴ | ۰/۰۹۶ | ۰/۱۰۰ | ۰/۱۰۵ | ۰/۱۰۹ | | | | | | |
| ۵ | ۰/۰۹۰ | ۰/۰۹۲ | ۰/۰۷۷ | ۰/۰۹۶ | ۰/۰۹۸ | ۰/۱۰۰ | ۰/۱۰۱ | ۰/۱۰۳ | ۰/۱۰۵ | ۰/۱۰۹ | ۰/۱۱۲ | ۰/۱۱۳ | ۰/۱۱۸ | ۰/۱۲۲ | ۰/۱۲۷ | ۰/۱۳۱ | | | | | |
| ۶ | ۰/۱۰۷ | ۰/۱۰۹ | ۰/۰۹۴ | ۰/۱۱۳ | ۰/۱۱۵ | ۰/۱۱۸ | ۰/۱۱۹ | ۰/۱۲۰ | ۰/۱۲۲ | ۰/۱۲۷ | ۰/۱۲۸ | ۰/۱۳۱ | ۰/۱۳۵ | ۰/۱۴۰ | ۰/۱۴۴ | ۰/۱۴۸ | ۰/۱۵۷ | | | | |
| ۷ | ۰/۱۲۵ | ۰/۱۲۷ | ۰/۱۱۲ | ۰/۱۳۱ | ۰/۱۳۳ | ۰/۱۳۵ | ۰/۱۳۶ | ۰/۱۳۸ | ۰/۱۴۰ | ۰/۱۴۴ | ۰/۱۴۷ | ۰/۱۴۸ | ۰/۱۵۳ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۶۱ | ۰/۱۶۸ | ۰/۱۷۵ | ۰/۱۸۳ | | | |
| ۸ | ۰/۱۴۲ | ۰/۱۴۴ | ۰/۱۲۹ | ۰/۱۴۸ | ۰/۱۵۰ | ۰/۱۵۳ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۶۱ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۷۰ | ۰/۱۷۵ | ۰/۱۷۹ | ۰/۱۸۳ | ۰/۱۹۲ | ۰/۲۰۱ | ۰/۲۰۹ | | |
| ۹ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۱ | ۰/۱۴۷ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۶۸ | ۰/۱۷۰ | ۰/۱۷۱ | ۰/۱۷۳ | ۰/۱۷۵ | ۰/۱۷۹ | ۰/۱۸۲ | ۰/۱۸۳ | ۰/۱۸۸ | ۰/۱۹۲ | ۰/۱۹۶ | ۰/۲۰۱ | ۰/۲۰۹ | ۰/۲۱۸ | ۰/۲۲۷ | ۰/۲۳۶ | |
| ۱۰ | ۰/۱۷۷ | ۰/۱۷۹ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۸۳ | ۰/۱۸۵ | ۰/۱۸۸ | ۰/۱۸۸ | ۰/۱۹۰ | ۰/۱۹۲ | ۰/۱۹۶ | ۰/۱۹۹ | ۰/۲۰۱ | ۰/۲۰۵ | ۰/۲۰۹ | ۰/۲۱۴ | ۰/۲۱۸ | ۰/۲۲۷ | ۰/۲۳۶ | ۰/۲۴۴ | ۰/۲۵۳ | ۰/۲۶۲ |
| ۱۱ | ۰/۱۹۵ | ۰/۱۹۶ | ۰/۱۸۲ | ۰/۲۰۱ | ۰/۲۰۲ | ۰/۲۰۶ | ۰/۲۰۶ | ۰/۲۰۸ | ۰/۲۰۹ | ۰/۲۱۴ | ۰/۲۱۶ | ۰/۲۱۸ | ۰/۲۲۳ | ۰/۲۲۷ | ۰/۲۳۱ | ۰/۲۳۶ | ۰/۲۴۱ | ۰/۲۵۳ | ۰/۲۶۲ | ۰/۲۷۱ | ۰/۲۷۹ |
| ۱۲ | ۰/۲۱۲ | ۰/۲۱۴ | ۰/۱۹۹ | ۰/۲۱۸ | ۰/۲۲۰ | ۰/۲۲۳ | ۰/۲۲۳ | ۰/۲۲۵ | ۰/۲۲۷ | ۰/۲۳۱ | ۰/۲۳۴ | ۰/۲۳۶ | ۰/۲۴۰ | ۰/۲۴۴ | ۰/۲۴۹ | ۰/۲۵۳ | ۰/۲۶۲ | ۰/۲۷۱ | ۰/۲۷۹ | ۰/۲۸۸ | ۰/۲۹۷ |
| ۱۳ | ۰/۲۳۰ | ۰/۲۳۱ | ۰/۲۱۶ | ۰/۲۳۶ | ۰/۲۳۷ | ۰/۲۴۰ | ۰/۲۴۱ | ۰/۲۴۳ | ۰/۲۴۴ | ۰/۲۴۹ | ۰/۲۵۱ | ۰/۲۵۳ | ۰/۲۵۷ | ۰/۲۶۲ | ۰/۲۶۶ | ۰/۲۷۱ | ۰/۲۷۹ | ۰/۲۸۸ | ۰/۲۹۷ | ۰/۳۰۵ | ۰/۳۱۴ |
| ۱۴ | ۰/۲۴۷ | ۰/۲۴۹ | ۰/۲۳۴ | ۰/۲۵۳ | ۰/۲۵۵ | ۰/۲۵۷ | ۰/۲۵۸ | ۰/۲۶۰ | ۰/۲۶۲ | ۰/۲۶۶ | ۰/۲۶۹ | ۰/۲۷۱ | ۰/۲۷۵ | ۰/۲۷۹ | ۰/۲۸۴ | ۰/۲۸۸ | ۰/۲۹۷ | ۰/۳۰۵ | ۰/۳۱۴ | ۰/۳۲۳ | ۰/۳۳۲ |
| ۱۵ | ۰/۲۶۴ | ۰/۲۶۶ | ۰/۲۵۱ | ۰/۲۷۱ | ۰/۲۷۲ | ۰/۲۷۵ | ۰/۲۷۶ | ۰/۲۷۸ | ۰/۲۷۹ | ۰/۲۸۴ | ۰/۲۸۶ | ۰/۲۸۸ | ۰/۲۹۲ | ۰/۲۹۷ | ۰/۳۰۱ | ۰/۳۰۵ | ۰/۳۱۴ | ۰/۳۲۳ | ۰/۳۳۲ | ۰/۳۴۰ | ۰/۳۴۹ |
| ۱۶ | ۰/۲۸۲ | ۰/۲۸۴ | ۰/۲۸۶ | ۰/۲۸۸ | ۰/۲۹۰ | ۰/۲۹۲ | ۰/۲۹۳ | ۰/۲۹۵ | ۰/۲۹۷ | ۰/۳۰۱ | ۰/۳۰۹ | ۰/۳۰۵ | ۰/۳۱۰ | ۰/۳۱۴ | ۰/۳۱۹ | ۰/۳۲۳ | ۰/۳۳۲ | ۰/۳۴۰ | ۰/۳۴۹ | ۰/۳۵۸ | ۰/۳۶۷ |
| ۱۷ | ۰/۲۹۹ | ۰/۳۰۱ | ۰/۳۰۴ | ۰/۳۰۵ | ۰/۳۰۷ | ۰/۳۱۰ | ۰/۳۱۱ | ۰/۳۱۲ | ۰/۳۱۴ | ۰/۳۱۹ | ۰/۳۲۱ | ۰/۳۲۳ | ۰/۳۲۷ | ۰/۳۳۲ | ۰/۳۳۶ | ۰/۳۴۰ | ۰/۳۴۹ | ۰/۳۵۸ | ۰/۳۶۷ | ۰/۳۷۵ | ۰/۳۸۴ |
| ۱۸ | ۰/۳۱۷ | ۰/۳۱۹ | ۰/۳۲۱ | ۰/۳۲۳ | ۰/۳۲۵ | ۰/۳۲۷ | ۰/۳۲۸ | ۰/۳۳۰ | ۰/۳۳۲ | ۰/۳۳۶ | ۰/۳۳۹ | ۰/۳۴۰ | ۰/۳۴۵ | ۰/۳۴۹ | ۰/۳۵۳ | ۰/۳۵۸ | ۰/۳۶۷ | ۰/۳۷۵ | ۰/۳۸۴ | ۰/۳۹۳ | ۰/۴۰۱ |
| ۱۹ | ۰/۳۳۰ | ۰/۳۳۶ | ۰/۳۳۹ | ۰/۳۴۰ | ۰/۳۴۲ | ۰/۳۴۵ | ۰/۳۴۶ | ۰/۳۴۷ | ۰/۳۴۹ | ۰/۳۵۲ | ۰/۳۵۶ | ۰/۳۵۸ | ۰/۳۶۲ | ۰/۳۶۷ | ۰/۳۷۱ | ۰/۳۷۵ | ۰/۳۸۴ | ۰/۳۹۳ | ۰/۴۰۱ | ۰/۴۱۰ | ۰/۴۱۹ |
| ۲۰ | ۰/۳۵۲ | ۰/۳۵۳ | ۰/۳۵۶ | ۰/۳۵۸ | ۰/۳۶۰ | ۰/۳۶۲ | ۰/۳۶۳ | ۰۰/۳۶۵ | ۰/۳۶۷ | ۰/۳۷۱ | ۰/۳۷۵ | ۰/۲۷۵ | ۰/۳۸۰ | ۰/۳۸۴ | ۰/۳۸۸ | ۰/۳۹۳ | ۰/۴۰۱ | ۰/۴۱۰ | ۰/۴۱۹ | ۰/۴۲۸ | ۰/۴۳۶ |
| ۲۱ | ۰/۳۶۹ | ۰/۳۷۱ | ۰/۳۷۳ | ۰/۳۷۵ | ۰/۳۷۷ | ۰/۳۸۰ | ۰/۳۸۰ | ۰/۳۸۲ | ۰/۳۸۴ | ۰/۳۸۸ | ۰/۳۹۱ | ۰/۳۹۳ | ۰/۳۹۷ | ۰/۴۰۱ | ۰/۴۰۶ | ۰/۴۱۰ | ۰/۴۱۹ | ۰/۴۲۸ | ۰/۴۳۶ | ۰/۴۴۶ | ۰/۴۵۴ |
| ۲۲ | ۰/۳۸۷ | ۰/۳۸۸ | ۰/۴۰۸ | ۰/۳۹۳ | ۰/۳۹۴ | ۰/۳۹۷ | ۰/۳۹۸ | ۰/۴۰۰ | ۰/۴۰۱ | ۰/۴۰۶ | ۰/۴۰۸ | ۰/۴۱۰ | ۰/۴۵۱ | ۰/۴۱۸ | ۰/۴۲۳ | ۰/۴۲۸ | ۰/۴۳۶ | ۰/۴۴۵ | ۰/۴۵۴ | ۰/۴۶۳ | ۰/۴۷۱ |
| ۲۳ | ۰/۴۰۴ | ۰/۴۰۶ | ۰/۴۲۶ | ۰/۴۱۰ | ۰/۴۱۲ | ۰/۴۱۵ | ۰/۴۱۵ | ۰/۴۱۷ | ۰/۴۱۹ | ۰/۴۲۳ | ۰/۴۲۶ | ۰/۴۲۸ | ۰/۴۳۲ | ۰/۴۳۶ | ۰/۴۴۱ | ۰/۴۴۵ | ۰/۴۵۴ | ۰/۴۶۳ | ۰/۴۷۱ | ۰/۴۸۰ | ۰/۴۸۹ |
| ۲۴ | ۰/۴۲۱ | ۰/۴۲۳ | ۰/۴۴۳ | ۰/۴۲۸ | ۰/۴۲۹ | ۰/۴۳۲ | ۰/۴۳۳ | ۰/۴۳۵ | ۰/۴۳۶ | ۰/۴۴۱ | ۰/۴۴۳ | ۰/۴۴۵ | ۰/۴۴۹ | ۰/۴۵۴ | ۰/۴۵۸ | ۰/۴۶۳ | ۰/۴۷۱ | ۰/۴۸۰ | ۰/۴۸۹ | ۰/۴۹۷ | ۰/۵۰۶ |
| ۲۵ | ۰/۴۳۹ | ۰/۴۴۱ | ۰/۴۶۱ | ۰/۴۴۵ | ۰/۴۴۷ | ۰/۴۴۹ | ۰/۴۵۰ | ۰/۴۵۲ | ۰/۴۵۴ | ۰/۴۵۸ | ۰/۴۶۱ | ۰/۴۶۳ | ۰/۴۶۷ | ۰/۴۷۱۴ | ۰/۴۷۵ | ۰/۴۸۰ | ۰/۴۸۹ | ۰/۴۹۷ | ۰/۵۰۶ | ۰/۵۱۵ | ۰/۵۲۴ |
| ۲۶ | ۰/۴۵۶ | ۰/۴۵۸ | ۰/۴۵۸ | ۰/۴۶۳ | ۰/۴۶۴ | ۰/۴۶۷ | ۰/۴۶۸ | ۰/۴۶۹ | ۰/۴۷۱ | ۰/۴۷۶ | ۰/۴۷۸ | ۰/۴۸۰ | ۰/۴۸۴ | ۰/۴۸۹ | ۰/۴۹۳ | ۰/۴۹۷ | ۰/۵۰۵ | ۰/۵۱۵ | ۰/۵۲۴ | ۰/۵۳۲ | ۰/۵۴۱ |
| ۲۷ | ۰/۴۷۴ | ۰/۴۷۸ | ۰/۴۷۸ | ۰/۴۸۰ | ۰/۴۸۲ | ۰/۴۸۴ | ۰/۴۸۵ | ۰/۴۸۷ | ۰/۴۸۸ | ۰/۴۹۸ | ۰/۴۹۶ | ۰/۴۹۷ | ۰/۵۰۲ | ۰/۵۰۶ | ۰/۵۱۱ | ۰/۵۱۵ | ۰/۵۲۴ | ۰/۵۳۲ | ۰/۵۴۱ | ۰/۵۵۰ | ۰/۵۵۹ |
| ۲۸ | ۰/۴۹۱ | ۰/۴۹۳ | ۰/۴۹۶ | ۰/۴۹۷ | ۰/۴۹۹ | ۰/۵۰۲ | ۰/۵۰۳ | ۰/۵۰۴ | ۰/۵۰۶ | ۰/۵۱۱ | ۰/۵۱۳ | ۰/۵۱۵ | ۰/۵۱۹ | ۰/۵۲۴ | ۰/۵۲۸ | ۰/۵۳۲ | ۰/۵۴۱ | ۰/۵۵۰ | ۰/۵۵۹ | ۰/۵۶۷ | ۰/۵۷۶ |
| ۲۹ | ۰/۵۰۹ | ۰/۵۱۱ | ۰/۵۱۳ | ۰/۵۱۵ | ۰/۵۱۷ | ۰/۵۱۹ | ۰/۵۲۰ | ۰/۵۲۲ | ۰/۵۲۴ | ۰/۵۲۸ | ۰/۵۳۱ | ۰/۵۳۲ | ۰/۵۳۷ | ۰/۵۴۰ | ۰/۵۴۵ | ۰/۵۵۰ | ۰/۵۵۹ | ۰/۵۶۷ | ۰/۵۷۶ | ۰/۵۸۵ | ۰/۵۹۳ |
| ۳۰ | ۰/۵۲۶ | ۰/۵۲۸ | ۰/۵۲۸ | ۰/۵۳۲ | ۰/۵۳۴ | ۰/۵۳۷ | ۰/۵۳۸ | ۰/۵۳۹ | ۰/۵۴۱ | ۰/۵۴۵ | ۰/۵۴۸ | ۰/۵۵۰ | ۰/۵۵۴ | ۰/۵۵۹ | ۰/۵۶۳ | ۰/۵۶۷ | ۰/۵۷۶ | ۰/۵۸۵ | ۰/۵۹۳ | ۰/۶۰۲ | ۰/۶۱۷ |




طول اولیه ورق مورد نیاز برای ساخت یک قطعه به شکل طرح زیر را به‌دست آورید. در صورتی که مقدار زاویه و شعاع مورد نیاز برای خم‌کاری برای ورق فولادی با ضخامت ۱/۲ میلی‌متر برابر با ۷۰ درجه و ۲ میلی‌متر باشند.

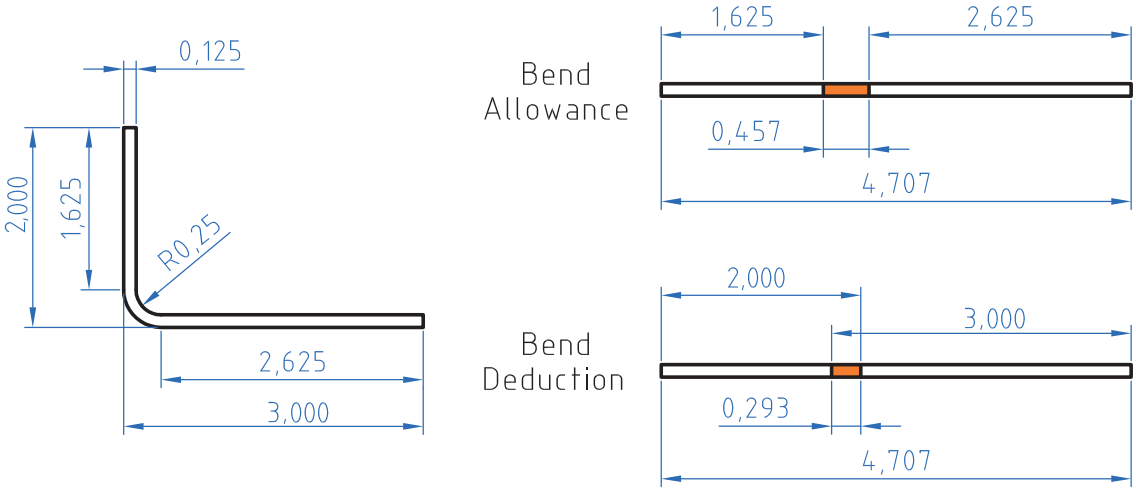
**جدول ۶**

| t | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R | ۰/۳ | ۰/۵ | ۰/۸ | ۱ | ۱/۲ | ۱/۵ | ۱/۶ | ۱/۸ | ۲ | ۲/۵ | ۲/۸ | ۳ | ۳/۵ | ۴ | ۴/۵ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ |
| | K | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۱ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲۲ | ۰/۲۴ | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۲۸ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۲ | ۰/۰۳۸ | ۰/۰۳۹ | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۴۴ | ۰/۰۴۵ | ۰/۰۴۸ | ۰/۰۴۹ | ۰/۰۵۱ | ۰/۰۵۲ | ۰/۰۵۷ | ۰/۰۵۹ | | | | | | | | | | |
| ۳ | ۰/۰۵۵ | ۰/۰۵۷ | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۶۳ | ۰/۰۶۵ | ۰/۰۶۶ | ۰/۰۶۸ | ۰/۰۷۰ | ۰/۰۷۴ | ۰/۰۷۷ | ۰/۰۷۹ | ۰/۰۸۲ | | | | | | | | |
| ۴ | ۰/۰۷۲ | ۰/۰۷۴ | ۰/۰۵۹ | ۰/۰۷۹ | ۰/۰۸۰ | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۸۴ | ۰/۰۸۶ | ۰/۰۸۷ | ۰/۰۹۲ | ۰/۰۹۴ | ۰/۰۹۶ | ۰/۱۰۰ | ۰/۱۰۵ | ۰/۱۰۹ | | | | | | |
| ۵ | ۰/۰۹۰ | ۰/۰۹۲ | ۰/۰۷۷ | ۰/۰۹۶ | ۰/۰۹۸ | ۰/۱۰۰ | ۰/۱۰۱ | ۰/۱۰۳ | ۰/۱۰۵ | ۰/۱۰۹ | ۰/۱۱۲ | ۰/۱۱۳ | ۰/۱۱۸ | ۰/۱۲۲ | ۰/۱۲۷ | ۰/۱۳۱ | | | | | |
| ۶ | ۰/۱۰۷ | ۰/۱۰۹ | ۰/۰۹۴ | ۰/۱۱۳ | ۰/۱۱۵ | ۰/۱۱۸ | ۰/۱۱۹ | ۰/۱۲۰ | ۰/۱۲۲ | ۰/۱۲۷ | ۰/۱۲۸ | ۰/۱۳۱ | ۰/۱۳۵ | ۰/۱۴۰ | ۰/۱۴۴ | ۰/۱۴۸ | ۰/۱۵۷ | | | | |
| ۷ | ۰/۱۲۵ | ۰/۱۲۷ | ۰/۱۱۲ | ۰/۱۳۱ | ۰/۱۳۳ | ۰/۱۳۵ | ۰/۱۳۶ | ۰/۱۳۸ | ۰/۱۴۰ | ۰/۱۴۴ | ۰/۱۴۷ | ۰/۱۴۸ | ۰/۱۵۳ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۶۱ | ۰/۱۶۸ | ۰/۱۷۵ | ۰/۱۸۳ | | | |
| ۸ | ۰/۱۴۲ | ۰/۱۴۴ | ۰/۱۲۹ | ۰/۱۴۸ | ۰/۱۵۰ | ۰/۱۵۳ | ۰/۱۵۴ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۵۷ | ۰/۱۶۱ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۷۰ | ۰/۱۷۵ | ۰/۱۷۹ | ۰/۱۸۳ | ۰/۱۹۲ | ۰/۲۰۱ | ۰/۲۰۹ | | |
| ۹ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۶۱ | ۰/۱۴۷ | ۰/۱۶۶ | ۰/۱۶۸ | ۰/۱۷۰ | ۰/۱۷۱ | ۰/۱۷۳ | ۰/۱۷۵ | ۰/۱۷۹ | ۰/۱۸۲ | ۰/۱۸۳ | ۰/۱۸۸ | ۰/۱۹۲ | ۰/۱۹۶ | ۰/۲۰۱ | ۰/۲۰۹ | ۰/۲۱۸ | ۰/۲۲۷ | ۰/۲۳۶ | |
| ۱۰ | ۰/۱۷۷ | ۰/۱۷۹ | ۰/۱۶۴ | ۰/۱۸۳ | ۰/۱۸۵ | ۰/۱۸۸ | ۰/۱۸۸ | ۰/۱۹۰ | ۰/۱۹۲ | ۰/۱۹۶ | ۰/۱۹۹ | ۰/۲۰۱ | ۰/۲۰۵ | ۰/۲۰۹ | ۰/۲۱۴ | ۰/۲۱۸ | ۰/۲۲۷ | ۰/۲۳۶ | ۰/۲۴۴ | ۰/۲۵۳ | ۰/۲۶۲ |
| ۱۱ | ۰/۱۹۵ | ۰/۱۹۶ | ۰/۱۸۲ | ۰/۲۰۱ | ۰/۲۰۲ | ۰/۲۰۶ | ۰/۲۰۶ | ۰/۲۰۸ | ۰/۲۰۹ | ۰/۲۱۴ | ۰/۲۱۶ | ۰/۲۱۸ | ۰/۲۲۳ | ۰/۲۲۷ | ۰/۲۳۱ | ۰/۲۳۶ | ۰/۲۴۱ | ۰/۲۵۳ | ۰/۲۶۲ | ۰/۲۷۱ | ۰/۲۷۹ |
| ۱۲ | ۰/۲۱۲ | ۰/۲۱۴ | ۰/۱۹۹ | ۰/۲۱۸ | ۰/۲۲۰ | ۰/۲۲۳ | ۰/۲۲۳ | ۰/۲۲۵ | ۰/۲۲۷ | ۰/۲۲۱ | ۰/۲۳۴ | ۰/۲۳۶ | ۰/۲۴۰ | ۰/۲۴۴ | ۰/۲۴۹ | ۰/۲۵۳ | ۰/۲۶۲ | ۰/۲۷۱ | ۰/۲۷۹ | ۰/۲۸۸ | ۰/۲۹۷ |
| ۱۳ | ۰/۲۳۰ | ۰/۲۳۱ | ۰/۲۱۶ | ۰/۲۳۶ | ۰/۲۳۷ | ۰/۲۴۰ | ۰/۲۴۱ | ۰/۲۴۳ | ۰/۲۴۴ | ۰/۲۴۹ | ۰/۲۵۱ | ۰/۲۵۳ | ۰/۲۵۷ | ۰/۲۶۲ | ۰/۲۶۶ | ۰/۲۷۱ | ۰/۲۷۹ | ۰/۲۸۸ | ۰/۲۹۷ | ۰/۳۰۵ | ۰/۳۱۴ |
| ۱۴ | ۰/۲۴۷ | ۰/۲۴۹ | ۰/۲۳۴ | ۰/۲۵۳ | ۰/۲۵۵ | ۰/۲۵۷ | ۰/۲۵۸ | ۰/۲۶۰ | ۰/۲۶۲ | ۰/۲۶۶ | ۰/۲۶۹ | ۰/۲۷۱ | ۰/۲۷۵ | ۰/۲۷۹ | ۰/۲۸۴ | ۰/۲۸۸ | ۰/۲۹۷ | ۰/۳۰۵ | ۰/۳۱۴ | ۰/۳۲۳ | ۰/۳۳۲ |
| ۱۵ | ۰/۲۶۴ | ۰/۲۶۶ | ۰/۲۵۱ | ۰/۲۷۱ | ۰/۲۷۲ | ۰/۲۷۵ | ۰/۲۷۶ | ۰/۲۷۸ | ۰/۲۷۹ | ۰/۲۸۴ | ۰/۲۸۶ | ۰/۲۸۸ | ۰/۲۹۲ | ۰/۲۹۷ | ۰/۳۰۱ | ۰/۳۰۵ | ۰/۳۱۴ | ۰/۳۲۳ | ۰/۳۳۲ | ۰/۳۴۰ | ۰/۳۴۹ |
| ۱۶ | ۰/۲۸۲ | ۰/۲۸۴ | ۰/۲۸۶ | ۰/۲۸۸ | ۰/۲۹۰ | ۰/۲۹۲ | ۰/۲۹۳ | ۰/۲۹۵ | ۰/۲۹۷ | ۰/۳۰۱ | ۰/۳۰۹ | ۰/۳۰۵ | ۰/۳۱۰ | ۰/۳۱۴ | ۰/۳۱۹ | ۰/۳۲۳ | ۰/۳۳۲ | ۰/۳۴۰ | ۰/۳۴۹ | ۰/۳۵۸ | ۰/۳۶۷ |
| ۱۷ | ۰/۲۹۹ | ۰/۳۰۱ | ۰/۳۰۴ | ۰/۳۰۵ | ۰/۳۰۷ | ۰/۳۱۰ | ۰/۳۱۱ | ۰/۳۱۲ | ۰/۳۱۴ | ۰/۳۱۹ | ۰/۳۲۱ | ۰/۳۲۳ | ۰/۳۲۷ | ۰/۳۳۲ | ۰/۳۳۶ | ۰/۳۴۰ | ۰/۳۴۹ | ۰/۳۵۸ | ۰/۳۶۷ | ۰/۳۷۵ | ۰/۳۸۴ |
| ۱۸ | ۰/۳۱۷ | ۰/۳۱۹ | ۰/۳۲۱ | ۰/۳۲۳ | ۰/۳۲۵ | ۰/۳۲۷ | ۰/۳۲۸ | ۰/۳۳۰ | ۰/۳۳۲ | ۰/۳۳۶ | ۰/۳۳۹ | ۰/۳۴۰ | ۰/۳۴۵ | ۰/۳۴۹ | ۰/۳۵۳ | ۰/۳۵۸ | ۰/۳۶۷ | ۰/۳۷۵ | ۰/۳۸۴ | ۰/۳۹۳ | ۰/۴۰۱ |
| ۱۹ | ۰/۳۳۰ | ۰/۳۳۶ | ۰/۳۳۹ | ۰/۳۴۰ | ۰/۳۴۲ | ۰/۳۴۵ | ۰/۳۴۶ | ۰/۳۴۷ | ۰/۳۴۹ | ۰/۳۵۲ | ۰/۳۵۶ | ۰/۳۵۸ | ۰/۳۶۲ | ۰/۳۶۷ | ۰/۳۷۱ | ۰/۳۷۵ | ۰/۳۸۴ | ۰/۳۹۳ | ۰/۴۰۱ | ۰/۴۱۰ | ۰/۴۱۹ |
| ۲۰ | ۰/۳۵۲ | ۰/۳۵۳ | ۰/۳۵۶ | ۰/۳۵۸ | ۰/۳۶۰ | ۰/۳۶۲ | ۰/۳۶۳ | ۰۰/۳۶۵ | ۰/۳۶۷ | ۰/۳۷۱ | ۰/۳۷۵ | ۰/۲۷۵ | ۰/۳۸۰ | ۰/۳۸۴ | ۰/۳۸۸ | ۰/۳۹۳ | ۰/۴۰۱ | ۰/۴۱۰ | ۰/۴۱۹ | ۰/۴۲۸ | ۰/۴۳۶ |
| ۲۱ | ۰/۳۶۹ | ۰/۳۷۱ | ۰/۳۷۳ | ۰/۳۷۵ | ۰/۳۷۷ | ۰/۳۸۰ | ۰/۳۸۰ | ۰/۳۸۲ | ۰/۳۸۴ | ۰/۳۸۸ | ۰/۳۹۱ | ۰/۳۹۳ | ۰/۳۹۷ | ۰/۴۰۱ | ۰/۴۰۶ | ۰/۴۱۰ | ۰/۴۱۹ | ۰/۴۲۸ | ۰/۴۳۶ | ۰/۴۴۶ | ۰/۴۵۴ |
| ۲۲ | ۰/۳۸۷ | ۰/۳۸۸ | ۰/۴۰۸ | ۰/۳۹۳ | ۰/۳۹۴ | ۰/۳۹۷ | ۰/۳۹۸ | ۰/۴۰۰ | ۰/۴۰۱ | ۰/۴۰۶ | ۰/۴۰۸ | ۰/۴۱۰ | ۰/۴۵۱ | ۰/۴۱۸ | ۰/۴۲۳ | ۰/۴۲۸ | ۰/۴۳۶ | ۰/۴۴۵ | ۰/۴۵۴ | ۰/۴۶۳ | ۰/۴۷۱ |
| ۲۳ | ۰/۴۰۴ | ۰/۴۰۶ | ۰/۴۲۶ | ۰/۴۱۰ | ۰/۴۱۲ | ۰/۴۱۵ | ۰/۴۱۵ | ۰/۴۱۷ | ۰/۴۱۹ | ۰/۴۲۳ | ۰/۴۲۶ | ۰/۴۲۸ | ۰/۴۳۲ | ۰/۴۳۶ | ۰/۴۴۱ | ۰/۴۴۵ | ۰/۴۵۴ | ۰/۴۶۳ | ۰/۴۷۱ | ۰/۴۸۰ | ۰/۴۸۹ |
| ۲۴ | ۰/۴۲۱ | ۰/۴۲۳ | ۰/۴۴۳ | ۰/۴۲۸ | ۰/۴۲۹ | ۰/۴۳۲ | ۰/۴۳۳ | ۰/۴۳۵ | ۰/۴۳۶ | ۰/۴۴۱ | ۰/۴۴۳ | ۰/۴۴۵ | ۰/۴۴۹ | ۰/۴۵۴ | ۰/۴۵۸ | ۰/۴۶۳ | ۰/۴۷۱ | ۰/۴۸۰ | ۰/۴۸۹ | ۰/۴۹۷ | ۰/۵۰۶ |
| ۲۵ | ۰/۴۳۹ | ۰/۴۴۱ | ۰/۴۶۱ | ۰/۴۴۵ | ۰/۴۴۷ | ۰/۴۴۹ | ۰/۴۵۰ | ۰/۴۵۲ | ۰/۴۵۴ | ۰/۴۵۸ | ۰/۴۶۱ | ۰/۴۶۳ | ۰/۴۶۷ | ۰/۴۷۱۴ | ۰/۴۷۵ | ۰/۴۸۰ | ۰/۴۸۹ | ۰/۴۹۷ | ۰/۵۰۶ | ۰/۵۱۵ | ۰/۵۲۴ |
| ۲۶ | ۰/۴۵۶ | ۰/۴۵۸ | ۰/۴۵۸ | ۰/۴۶۳ | ۰/۴۶۴ | ۰/۴۶۷ | ۰/۴۶۸ | ۰/۴۶۹ | ۰/۴۷۱ | ۰/۴۷۶ | ۰/۴۷۸ | ۰/۴۸۰ | ۰/۴۸۴ | ۰/۴۸۹ | ۰/۴۹۳ | ۰/۴۹۷ | ۰/۵۰۵ | ۰/۵۱۵ | ۰/۵۲۴ | ۰/۵۳۲ | ۰/۵۴۱ |
| ۲۷ | ۰/۴۷۴ | ۰/۴۷۸ | ۰/۴۷۸ | ۰,۴۸۰ | ۰/۴۸۲ | ۰/۴۸۴ | ۰/۴۸۵ | ۰/۴۸۷ | ۰/۴۸۸ | ۰/۴۹۸ | ۰/۴۹۶ | ۰/۴۹۷ | ۰/۵۰۲ | ۰/۵۰۶ | ۰/۵۱۱ | ۰/۵۱۵ | ۰/۵۲۴ | ۰/۵۳۲ | ۰/۵۴۱ | ۰/۵۵۰ | ۰/۵۵۹ |
| ۲۸ | ۰/۴۹۱ | ۰/۴۹۳ | ۰/۴۹۶ | ۰/۴۹۷ | ۰/۴۹۹ | ۰/۵۰۲ | ۰/۵۰۳ | ۰/۵۰۴ | ۰/۵۰۶ | ۰/۵۱۱ | ۰/۵۱۳ | ۰/۵۱۵ | ۰/۵۱۹ | ۰/۵۲۴ | ۰/۵۲۸ | ۰/۵۳۲ | ۰/۵۴۱ | ۰/۵۵۰ | ۰/۵۵۹ | ۰/۵۶۷ | ۰/۵۷۶ |
| ۲۹ | ۰/۵۰۹ | ۰/۵۱۱ | ۰/۵۱۳ | ۰/۵۱۵ | ۰/۵۱۷ | ۰/۵۱۹ | ۰/۵۲۰ | ۰/۵۲۲ | ۰/۵۲۴ | ۰/۵۲۸ | ۰/۵۳۱ | ۰/۵۳۲ | ۰/۵۳۷ | ۰/۵۴۰ | ۰/۵۴۵ | ۰/۵۵۰ | ۰/۵۵۹ | ۰/۵۶۷ | ۰/۵۷۶ | ۰/۵۸۵ | ۰/۵۹۳ |
| ۳۰ | ۰/۵۲۶ | ۰/۵۲۸ | ۰/۵۲۸ | ۰/۵۳۲ | ۰/۵۳۴ | ۰/۵۳۷ | ۰/۵۳۸ | ۰/۵۳۹ | ۰/۵۴۱ | ۰/۵۴۵ | ۰/۵۴۸ | ۰/۵۵۰ | ۰/۵۵۴ | ۰/۵۵۹ | ۰/۵۶۳ | ۰/۵۶۷ | ۰/۵۷۶ | ۰/۵۸۵ | ۰/۵۹۳ | ۰/۶۰۲ | ۰/۶۱۷ |

## چگونه می‌توان حد مجاز خم را به کمک نرم افزار محاسبه کرد؟

برای محاسبه مقدار حد مجاز خم‌کاری می‌توان از سایت‌های اینترنتی به صورت آنلاین نیز استفاده کرد. برای محاسبه این مقدار، ابتدا این آدرس را در مرورگر خود وارد کنید (http://sheetmetal/me/formulas-and-functions/bend-allowance) می‌توانید از سایت‌های مشابه نیز استفاده کنید.

در ادامه با توجه به شکل زیر مقدار حد مجاز را محاسبه می‌کنید، به‌طوری که در مرحله ۱ مقدار ضخامت ورق، مرحله ۲ زاویه خم، مرحله ۳ شعاع خم و در مرحله ۴ مقدار فاکتور K را در قسمت مورد نظر وارد می‌کنید، در نهایت در مرحلهٔ ۵ با فشردن کلید calculate ، مقدار حد مجاز محاسبه می‌شود که در مرحله ۶ نشان داده شده است.



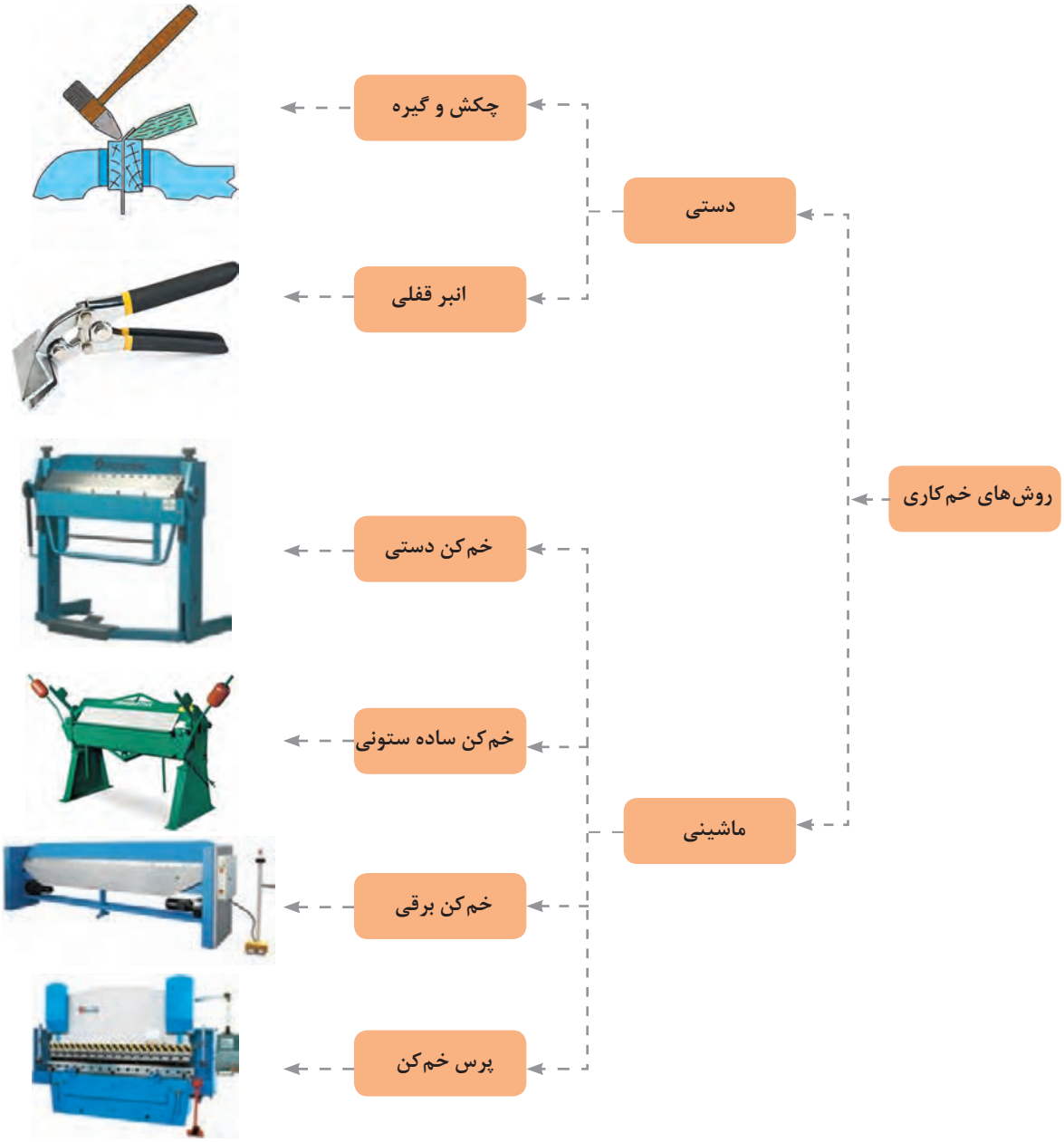

Bend Allowance Calculator

| | | |
|---|---|---|
| ضخامت مواد | Material Thickness: | مرحله ۱ |
| زاویه خم | Bend Angle: | مرحله ۲ |
| شعاع داخلی | Inside Rodius: | مرحله ۳ |
| فاکتور K | K Factor: | مرحله ۴ |
| محاسبه کردن | Calculate: | مرحله ۶ |
| حد مجاز | Bend Allowance: | مرحله ۵ |

**شکل ۱۳ـ مراحل محاسبه حد مجاز خم**

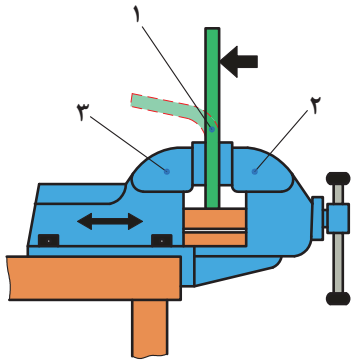
## روش‌های خم‌کاری ورق

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 ۱۴ــ دسته‌بندی خم‌کن‌های دستی و ماشینی

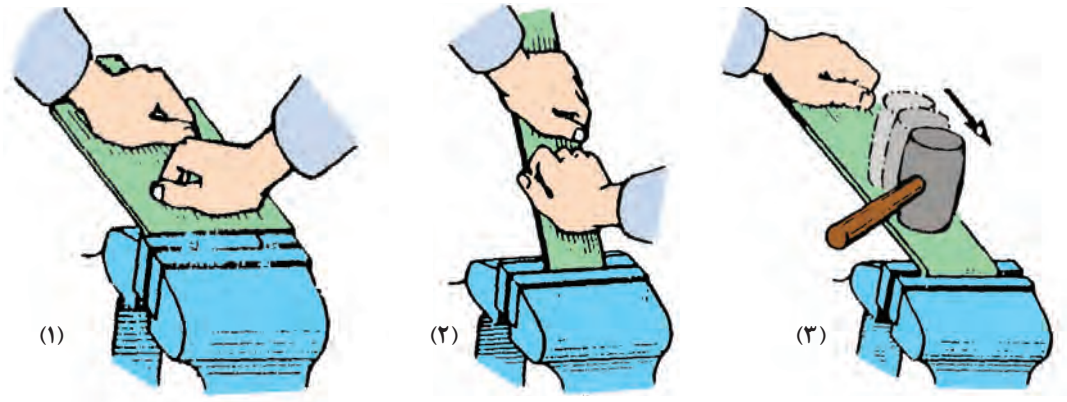
**خم‌کاری به صورت دستی و ماشینی می‌باشد:** براساس شکل خم، ضخامت ورق و ابزارآلات و دستگاه‌های موجود، از روش‌های خم‌کاری دستی و ماشینی در حالت سرد و گرم استفاده می‌کنند. در روش خم‌کاری دستی با گیره و چکش، ابتدا ورق فلزی را بر روی گیره ثابت کرده و سپس توسط چکش مستقیماً در خلاف جهت فک ثابت کننده در طول خم‌کاری ضربه می‌زنیم تا ورق خم شود.




**۱ـ ورق ثابت شده، ۲ـ فک متحرک گیره، ۳ـ فک ثابت گیره**

**شکل ۱۵**

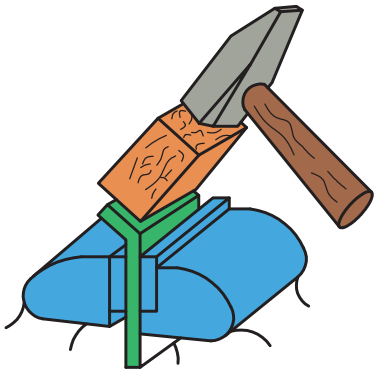
ورق‌های نازک با طول زیاد با لبه‌های خم‌کاری کوتاه را می‌توان به کمک دست یا با پلیت‌های میانی خم کرد. به این صورت که ابتدا با دست تا حدودی ورق را خم کنید و سپس در انتها با ضربه‌های آرام چکش ورق را به شکل دلخواه در بیاورید.




**مرحله ۱ـ خم‌کاری دست، مرحله ۲ـ خم‌کاری با پلیت، مرحله پایانی خم‌کاری با چکش**

**شکل ۱۶**

علت به‌کارگیری قطعه چوب برای خم‌کاری ورق نشان داده شده چیست؟

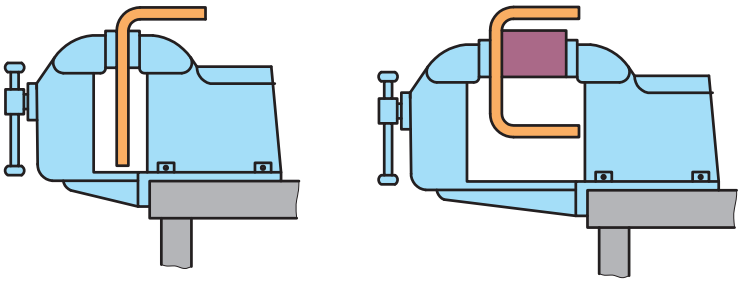


**شکل ۱۷ـ روش صحیح ضربه زدن با چکش**

ورق‌های فلزی ضخیم با لبه‌های خم کوتاه را می‌توانید به کمک چکش روی گیره خم کنید. با این حال، برای خم‌کاری ورق‌های سخت و شکننده، حداقل شعاع خم را ۲/۵ برابر ضخامت ورق برای جلوگیری از شکست در ناحیه خم باید در نظر گرفت.

**نکته**

برای دستیابی به حداقل شعاع درنظر گرفته در حین خم‌کاری، از پلیت‌های میانی یا قالب مناسب استفاده کنید.



**۱ـ خم‌کاری یک لبه، ۲ـ خم‌کاری دو لبه با پلیت میانی**

**شکل ۱۸**

**نکته**

ورق‌های فلزی با ضخامت بالاتر از ۰/۸ میلی‌متر را هم می‌توانید با نیروی دست هایتان خم کنید، ولی باید ابتدا ورق را در ناحیه خم گرم کنید و سپس آن را خم کنید.
همچنین برا ی خم‌کاری بخش‌های کوچک ورق‌های فلزی سخت از انبر قفلی استفاده می‌کنند. در این روش هم می‌توانید از گیره و هم از نیروی دست تان برای خم‌کاری ورق استفاده کنید.





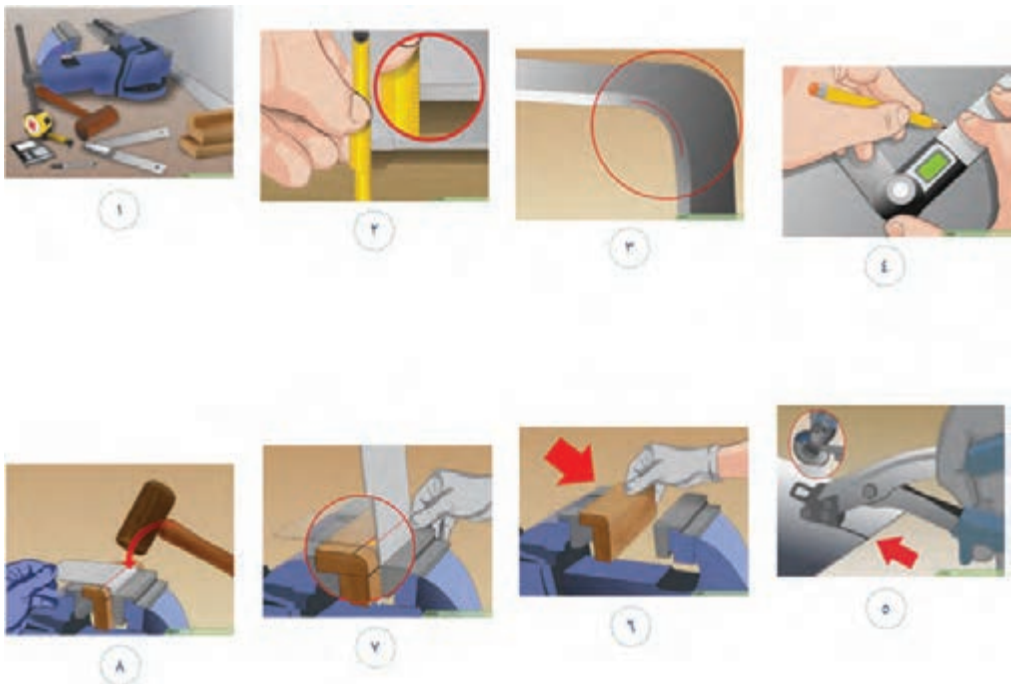
**شکل ۱۹ـ خم‌کاری ورق با انبرقفلی**

**سؤال**

شکل ۱۹ خم کاری یک ورق از جنس برنج را نشان می‌دهد، به نظر شما با انبرقفلی تا چه ضخامتی از ورق را می‌توان خم کرد؟ آیا می‌توان با استفاده از این ابزار ورق را در زوایای و شعاع‌های مختلف خم کرد؟

## چطور می‌توان یک ورق فلزی را با گیره و قالب خم کرد؟

خم‌کاری ورق به روش دستی در چند مرحله صورت می‌پذیرد که شکل زیر این مراحل را نشان می‌دهد.



**شکل ۲۰ــ مراحل خم‌کاری ورق فلزی به روش دستی**

با توجه به شکل بالا بگویید؛

۱ کدام تصویر مرحلهٔ پیاده‌سازی نقشه برروی ورق را نشان می‌دهد؟

۲ برای خم‌کاری یک ورق فلزی به روش دستی به چه ابزارهایی نیاز داریم؟

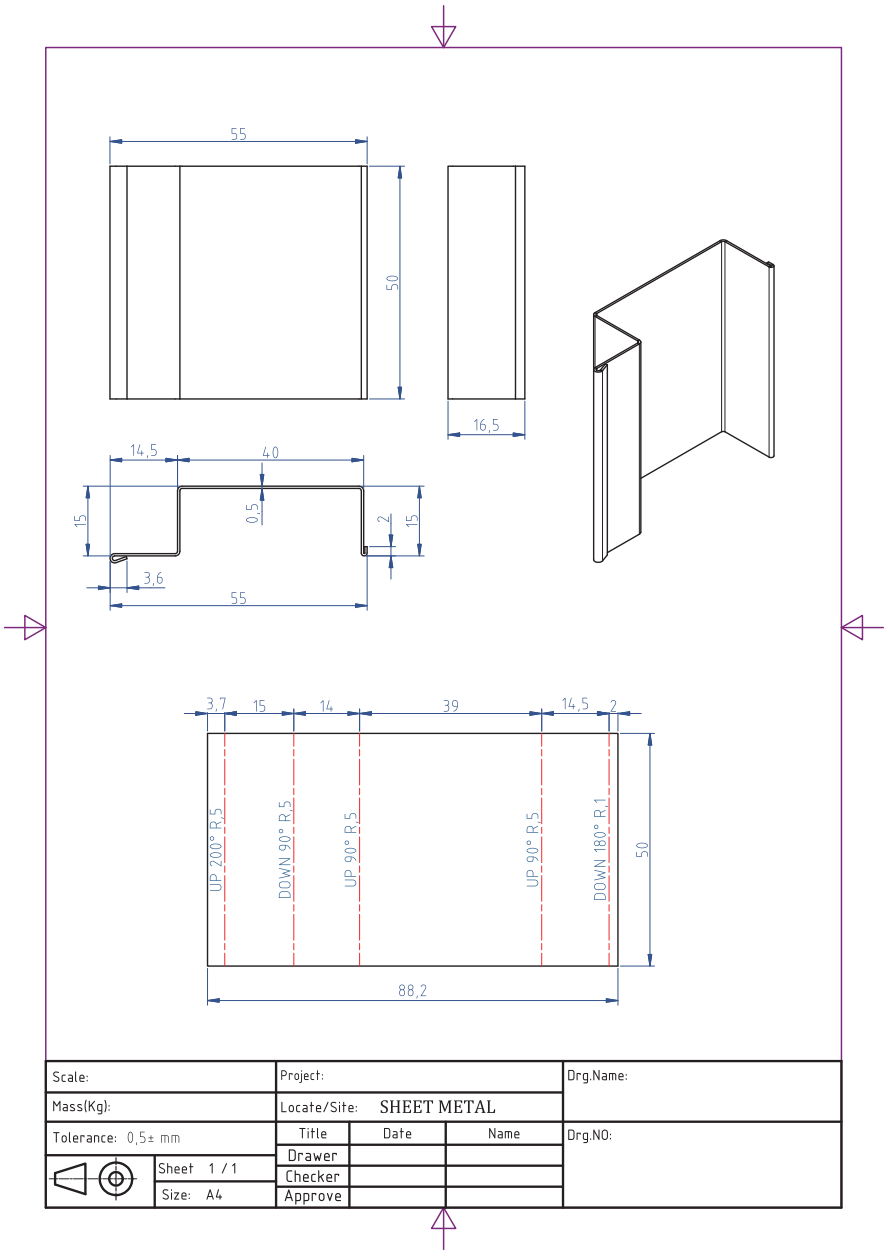
۳ در چه مرحله‌ای از خم‌کاری یک ورق فلزی چه به‌صورت دستی یا ماشینی، باید مقدار حد مجاز خم را محاسبه کرد؟

۴ آیا می‌توانید مراحل خم‌کاری یک ورق فلزی را با توجه به تصاویر نشان داده شده در بالا، بیان کنید؟

## خم‌کاری ورق با ابزارهای دستی

**شرح فعالیت:** نقشهٔ شماره ۴ را برروی ورق فولادی به ابعاد ۰/۵×۵۰×۸۸ میلی‌متر پیاده کنید، در ادامه با استفاده از چکش، گیره و انبرقفلی ورق فولادی را خم کنید.

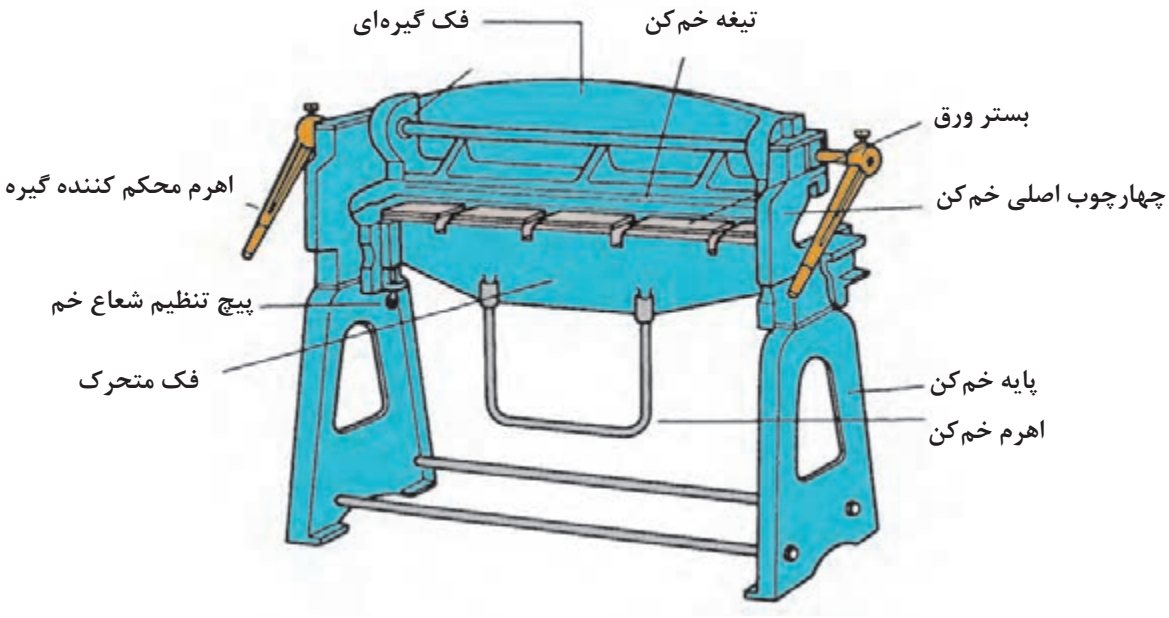
**نقشهٔ شماره ۴**



## ارزشیابی تکوینی

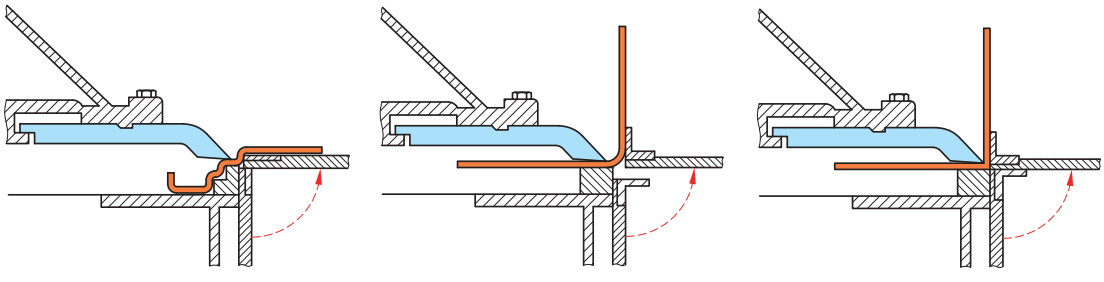
| مراحل کار | شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...) | نتایج ممکن | استاندارد (شاخص‌های داوری / نمره‌دهی) | نمره |
|---|---|---|---|---|
| خم‌کاری دستی | کارگاه: کارگاه استاندارد ورق‌کاری<br>مواد: ورق فولادی<br>ابزار: دستگاه خم‌کن | آماده‌سازی بالاتر از انتظار | خم‌کاری لبه‌ها و گوشه‌ها برابر با نقشه | ۳ |
| | | آماده‌سازی قابل قبول | خم‌کاری گوشه‌های داخلی برابر با نقشه،<br>خم‌کاری گوشه‌های خارجی برابر با نقشه | ۲ |
| | | آماده‌سازی غیرقابل قبول | عدم توانایی انجام خم‌کاری | ۱ |
| شایستگی‌های غیرفنی | مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد | قابل قبول | توجه به همه موارد | ۲ |
| ایمنی و بهداشت | دستکش، لباس کار | | | |
| توجهات زیست‌محیطی | مدیریت مواد دورریختنی | غیرقابل قبول | عدم توجه به ایمنی و بهداشت | ۱ |
| نگرش | نقشه روی ورق برای افزایش بهره‌وری | | | |

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 ۹۰°) و شعاع خم بزرگ با زاویه ۹۰° و خم چند مرحله‌ای ترتیبی را به کمک قالب با ماشین خم‌کن دستی مشاهده می‌کنید.



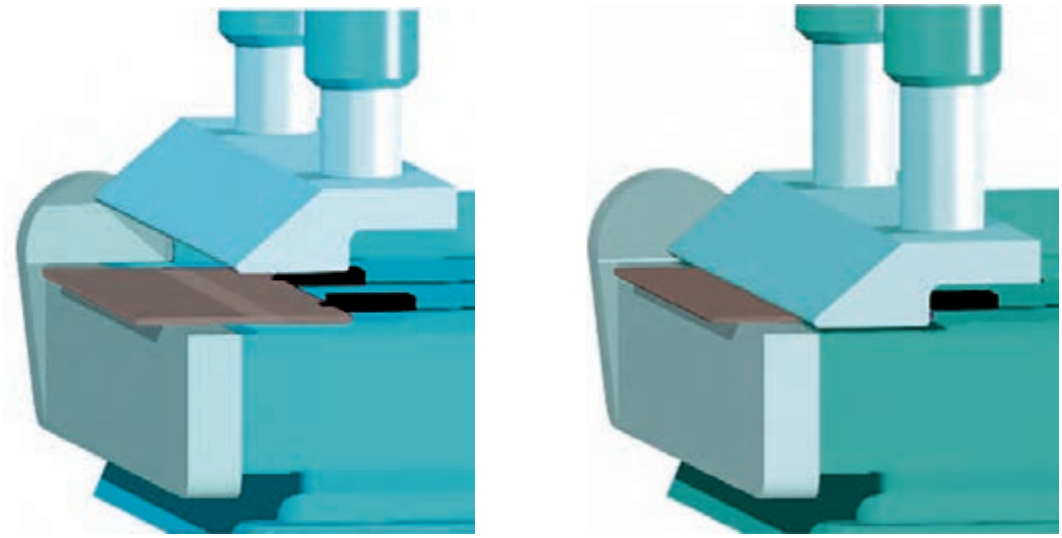

شکل ۲۲ـ (الف) خم‌کاری با شعاع کوچک (ب) خم‌کاری با شعاع بزرگ (ج) خم‌کاری ترتیبی

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

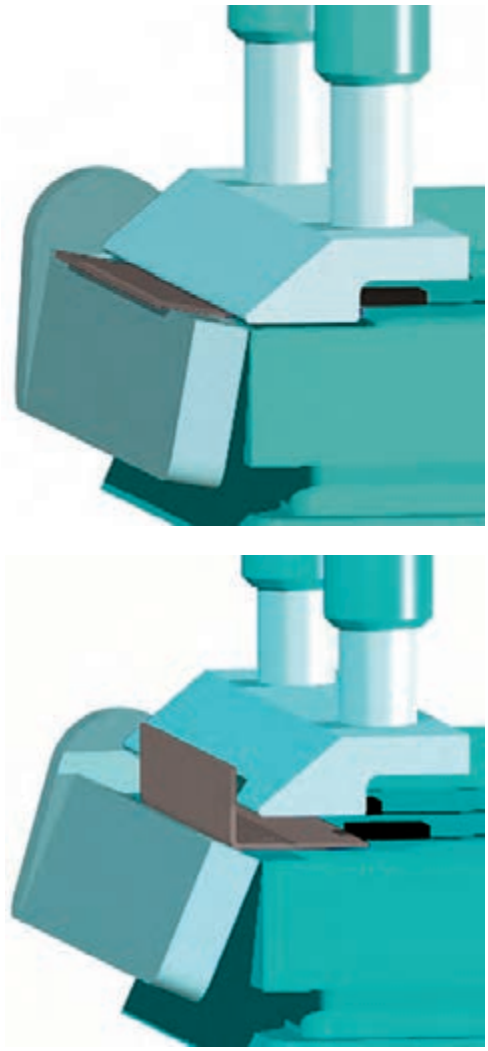


شکل ۲۳ـ بستن ورق بر روی میز کار

**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.

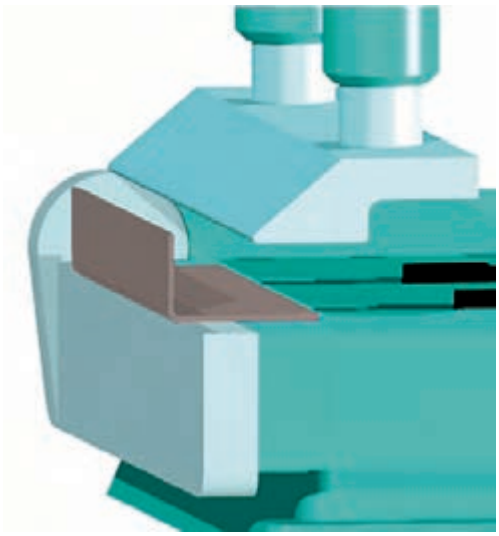
توجه داشته باشید که اهرم مقداری بیشتر بالا بیابد، تا زاویه برگشت ارتجاعی ورق را جبران کند. (یعنی دو تا سه درجه بیشتر خم شود.) برای تغییر شعاع خم بر اساس نقشه با استفاده از پیچ تنظیم شعاع، می‌توان شعاع خم را تغییر داد.



**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.



**شکل ۲۵ـ خم‌کن‌های لقمه‌ای**

در مورد خم‌کاری اشکال یا طرح‌های پیچیده و یا مواردی که قطعه سخت از داخل خم‌کن بعد از خم‌کاری خارج می‌شود، خم‌کن‌های لقمه‌ای طرح و به بازار عرضه شده‌اند.

فک بالایی این خم‌کن‌ها مطابق شکل بـه‌صورت چند تکه بـا عرض‌های مختلف ساخته شده‌اند تا بتوان با فک‌های متحرک، قطعه‌هایی با ابعاد و اندازه‌های مختلف را خم نمود بدون اینکه لبه‌های خم دچار لهیدگی شوند.

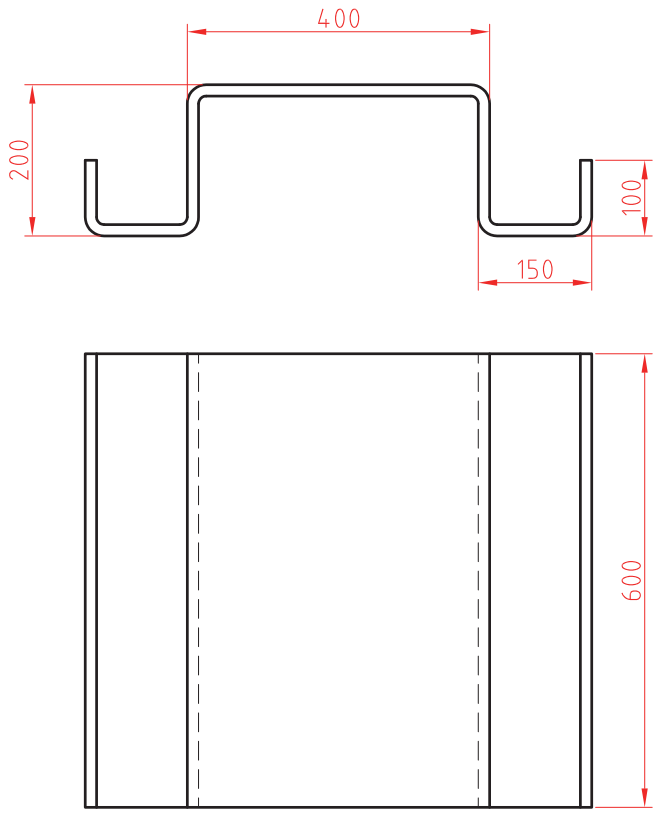
## فعالیت کارگاهی

کار عملی

### خم‌کاری ورق با خم‌کن ماشینی ـ دستی

**شرح فعالیت:** در ابتدا نقشه ۵ را بر روی ورق فولادی پیاده کنید، سپس با ماشین خم‌کن دستی نقاط را خم کنید.

**نقشه شماره ۵**




ابزارهای مورد نیاز خود را برای خم‌کاری بر روی ورق در جدول فهرست کنید.

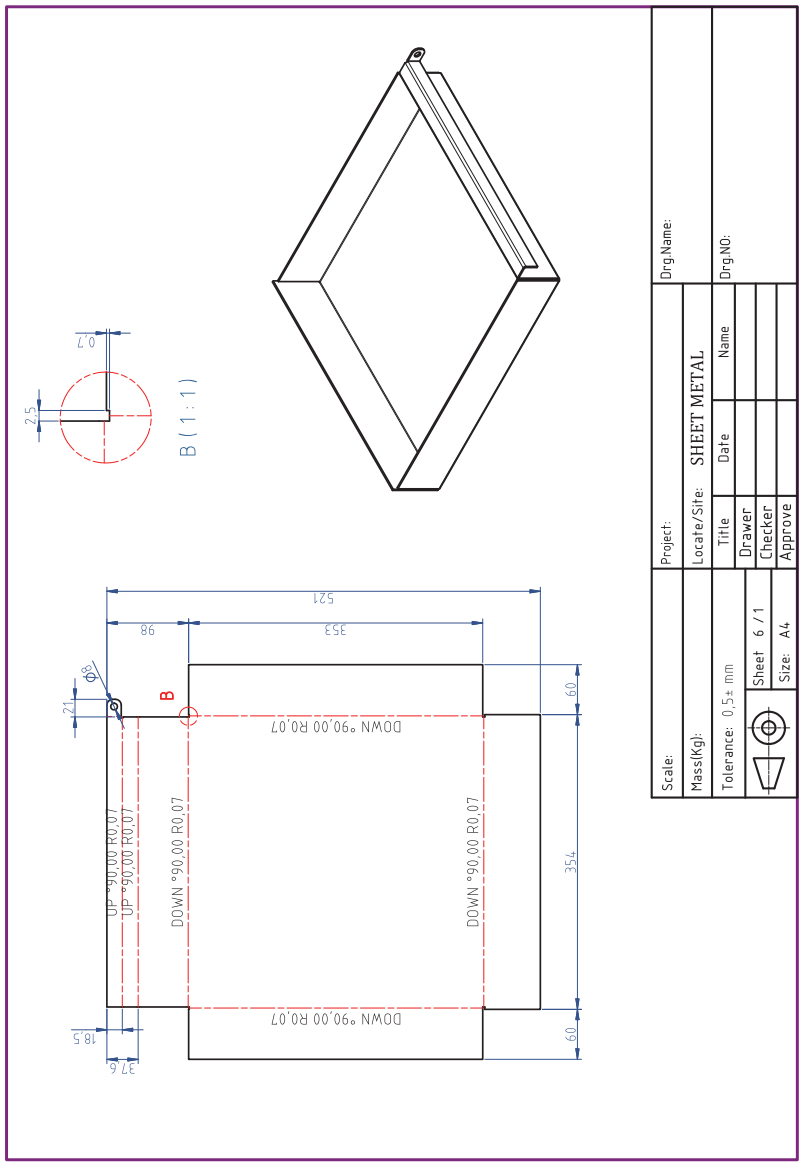
| ابزار | کاربرد | تعداد | توضیحات |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

کار عملی

## خم‌کاری ورق با خم‌کن ماشینی دستی

**شرح فعالیت:** نقشه شماره ۶ را بر روی ورق فلزی رسم کنید، سپس به کمک نقشه گسترده خم، نقاط خم را مشخص نمایید و با ماشین خم‌کن دستی ورق را خم کنید.

**نقشه شماره ۶**




نکات ایمنی

در هنگام استفاده از ماشین خم‌کاری، از دستکش‌های چرمی استفاده کنید. همچنین در هنگام بالا بردن اهرم خم‌کاری مطمئن شوید که خطری شما ، هم‌کلاسی‌هایتان را تهدید نمی‌کند.
هنگام خم‌کاری مراقب انگشتانتان باشید.

| مراحل کار | شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...) | نتایج ممکن | استاندارد (شاخص‌های داوری / نمره‌دهی) | نمره |
|---|---|---|---|---|
| خم‌کاری | کارگاه: ابزارآلات خم‌کاری، دستگاه خم‌کن | آماده‌سازی بالاتر از انتظار | فاق‌بری برابر نقشه، زاویه خم و شعاع خم درست، خم‌کاری درست | ۳ |
| | | آماده‌سازی قابل قبول | فاق‌بری برابر نقشه و خم‌کاری نادرست | ۲ |
| | | آماده‌سازی غیرقابل قبول | فاق‌بری برابر نقشه، زاویه خم و شعاع خم درست، خم‌کاری درست | ۱ |
| شایستگی‌های غیرفنی | مدیریت مواد و تجهیزات | قابل قبول | توجه به همهٔ موارد | ۲ |
| ایمنی و بهداشت | استفاده از لباس کار و دستکش | | | |
| توجهات زیست‌محیطی | | غیرقابل قبول | توجه به ایمنی و بهداشت | ۱ |
| نگرش | | | | |
| معیار: شایستگی انجام کار:<br>کسب حداقل نمره ۲ از مرحله آماده‌سازی<br>کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش<br>کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار | | | | |

## ارزشیابی پایانی ــ خم‌کاری ورق فولادی با ابزارهای دستی و ماشینی

**شرح کار:**
ـ پیاده کردن نقشه
ـ برش‌کاری (برش‌کاری قطعات، برش‌کاری زوایا)
ـ خم‌کاری
ـ صاف‌کاری و پلیسه‌گیری

**استاندارد عملکرد:**
خم‌کاری با استفاده از ابزارهای دستی و ماشین خم‌کن دستی با توجه به نقشه و رعایت الزامات فنی

**شاخص‌ها:**
ـ انتقال دقیق ابعاد و اندازه از نقشه به ورق، خط‌کشی صحیح
ـ برش‌کاری براساس نقشه ـ فاق بری دقیق
ـ خم‌کاری براساس نقشه کار
ـ انطباق نقشه، صاف‌کاری سطوح خم‌کاری شده

**شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:**
**شرایط:** کارگاه مجهز به تجهیزات خم‌کاری و ایمنی، خم‌کاری دستی (گیره، قالب‌های خم‌کاری، خم‌کن دستی، چکش فلزی، قالب تنه، خط‌کش فلزی، سوزن، خط‌کش، متر، قیچی‌های دستی، گونیا، پرگار، چکش لاستیکی، فیبری)
**ابزار و تجهیزات:** ابزار و تجهیزات در بالا رفتن راندمان، سوزن خط‌کش، خط‌کش، گونیا، شابلون، قیچی، چکش، انبردست، متر، گیوتین، خم‌کن، قیچی، قالب‌های خم‌کاری، ورق‌کاری فلزی

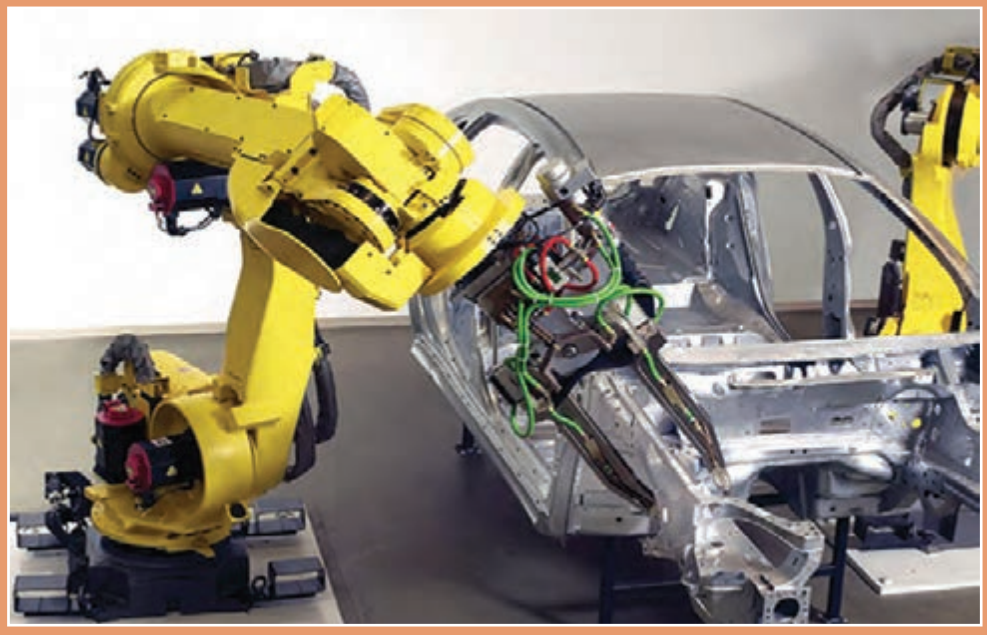
**معیار شایستگی:**

| ردیف | مرحله کار | حداقل نمره قبولی از ۳ | نمره هنرجو |
|---|---|---|---|
| ۱ | آماده‌سازی | ۲ | |
| ۲ | خم‌کاری | ۲ | |
| ۳ | کنترل نهایی | ۲ | |
| ۴ | | | |
| ۵ | | | |
| ۶ | | | |
| **شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:** مسئولیت‌پذیری، سطح ۱، داوطلب شدن برای فعالیت‌های جدید و خاص، دستکش، لباس کار، دقت در پیاده کردن نقشه روی ورق افزایش بهره‌وری | | ۲ | |
| **میانگین نمرات** | | | * |

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

# پودمان 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 به‌حال پی برده‌اید

۱ چند نوع روش اتصال برای یکپارچه کردن قطعات فلزی وجود دارد؟
۲ انرژی چه نقشی در پدید آوردن یک روش جوش‌کاری 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 روش‌های اتصال فلزات، جوش‌کاری مقاومتی و روش‌های آن، تنظیم و راه اندازی دستگاه نقطه جوش، شیوه‌های جوش‌کاری با فرایند نقطه جوش و ارزیابی کیفیت آن می‌باشد. روش‌های اتصال فلزات بسیار متنوع می‌باشند و انتخاب هر یک از این روش‌ها به‌طور کلی به نوع مواد، کاربرد، انعطاف‌پذیری و اقتصاد تولید و امکانات موجود وابسته است.

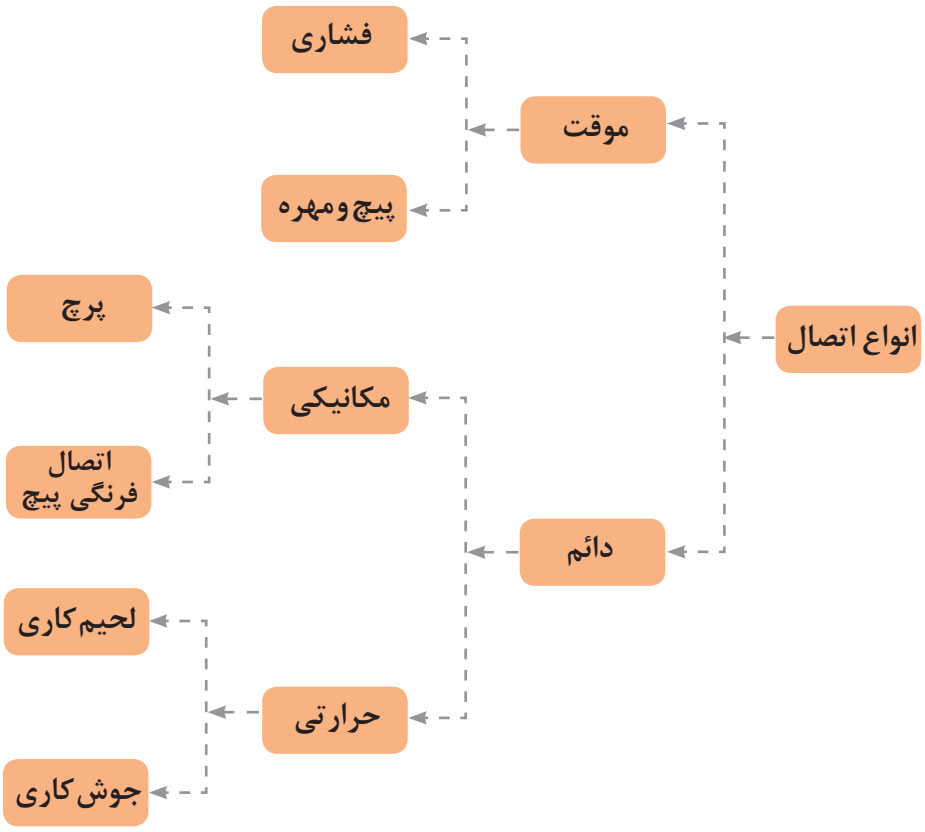
نقطه جوش یکی از روش‌های جوش‌کاری مقاومتی است که کاربرد فراوانی در صنعت دارد. در کتاب کاروفناوری مختصری از روش‌های اتصال دائم و موقت را فرا گرفته‌اید که شامل پیچ و پرچ و لحیم‌کاری می‌باشد. در ادامه کلیاتی از روش‌های اتصال و روش جوش‌کاری با فرایند نقطه جوش را به‌طور کامل خواهید آموخت.

### استاندارد عملکرد

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

## اتصالات بر چه اساسی دسته‌بندی می‌شوند؟

قطعات فلزی به روش‌های مختلفی به یکدیگر متصل می‌شوند. که نوع اتصال می‌تواند به صورت موقت یا دائم باشد. شکل ۱ دسته‌بندی انواع اتصال را از لحاظ دائم و موقت بودن نشان می‌دهد.




شکل ۱ـ دسته بندی انواع اتصال

## اتصال موقت

به اتصالی می‌گویند که بتوان دو قطعه متصل به هم را به راحتی و در مواقع ضروری بدون هیچ‌گونه تخریبی از هم جدا کرده و سپس مجدداً به هم اتصال داد. به‌طور مثال اتصال پیچ و مهره (شکل ۲).



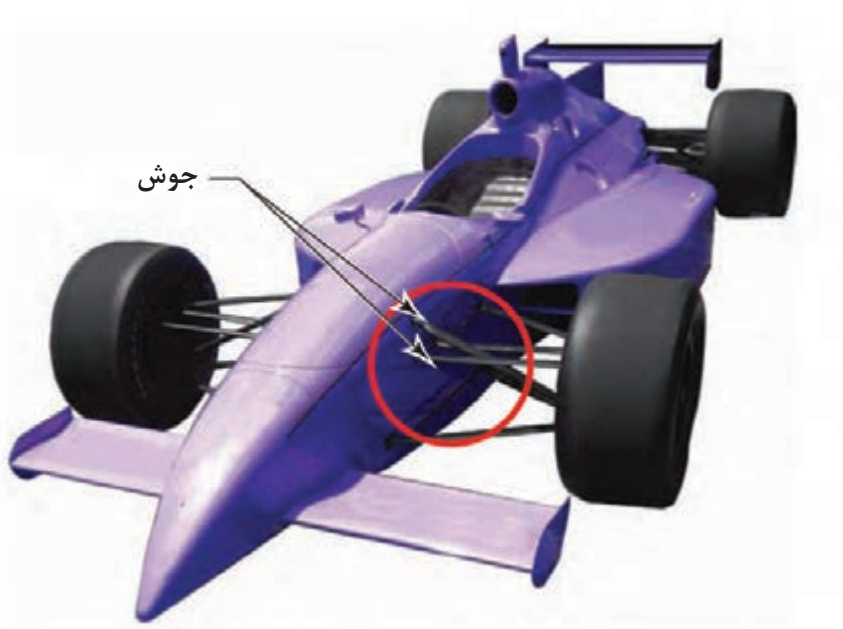
شکل ۲ـ اتصال موقت: پیچ و مهره

## اتصال دائم

اتصالی 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 ۳ـ اتصال دائم : پرچ**




**شکل ۴ـ 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؟

فکر کنید

اطو و سشوار چگونه گرما تولید می‌کنند؟

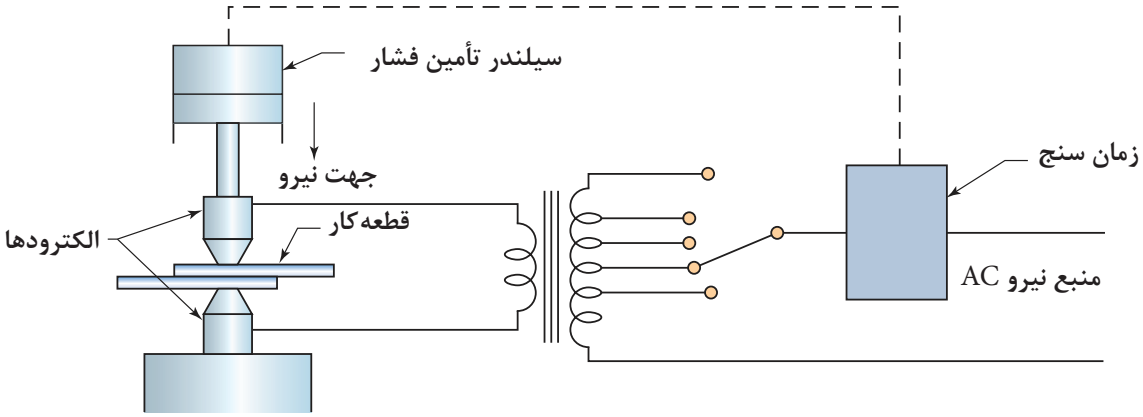
بر اساس تئوری تولید گرما که در اطو و سشوار وجود دارد، روش جوش‌کاری مقاومتی اختراع شده است که به‌واسطه مقاومت الکتریکی می‌توان قطعات را به صورت دائم به یکدیگر متصل کرد.

## 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.



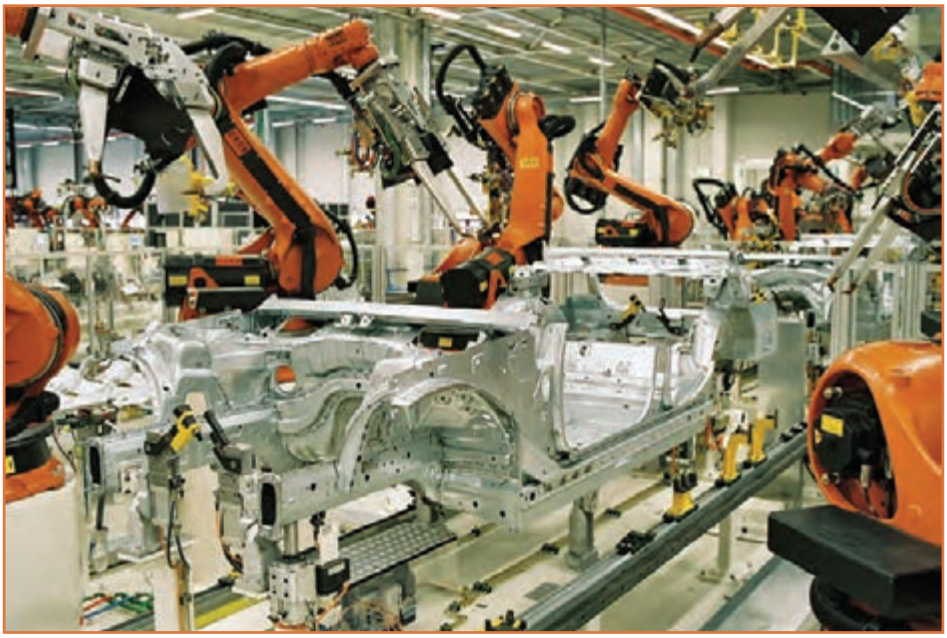

شکل ۵ ـ شماتیک فرایند جوش‌کاری مقاومتی

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 ـ 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.

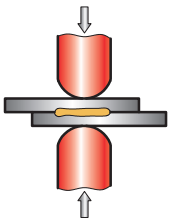
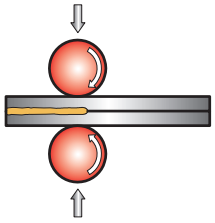
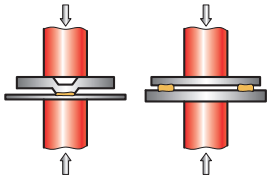
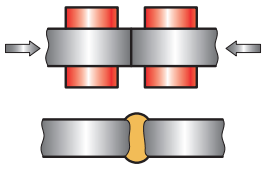
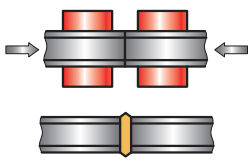


**شکل ۶ـ صنایع خودرو سازی**

## روش‌های جوش‌کاری مقاومتی

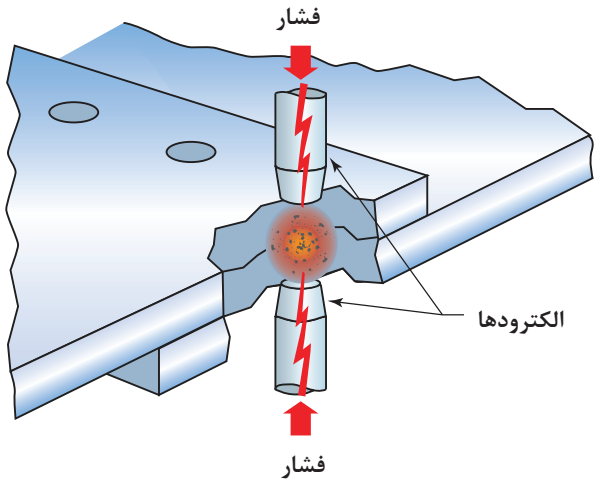
جوش‌کاری مقاومتی بر اساس کاربرد به پنج روش مختلف دسته‌بندی می‌شوند. جدول ۱ روش‌های جوش‌کاری مقاومتی همراه با کاربرد هر یک از آنها را نشان می‌دهد.

**جدول ۱ــ روش‌های جوش‌کاری مقاومتی**

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

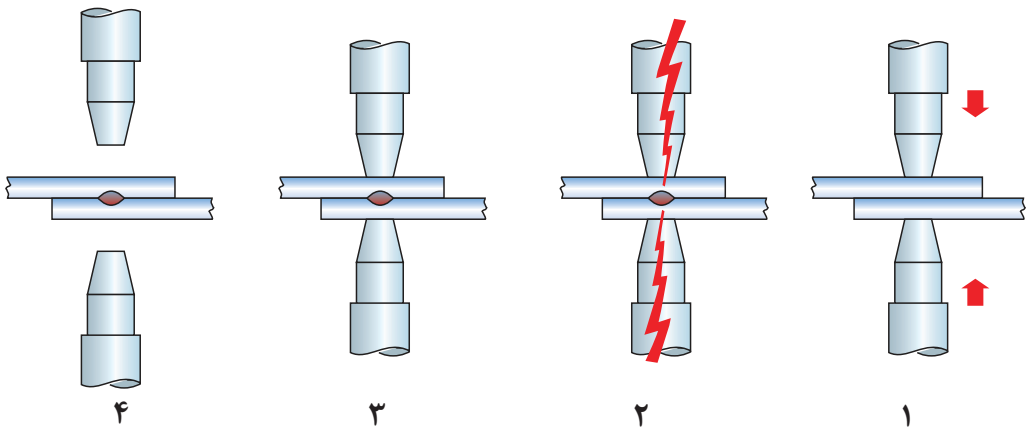
در فرایند نقطه جوش اتصال در چهار سیکل (دوره زمانی) صورت می‌گیرد که در شکل ۸ نشان داده شده است:

**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



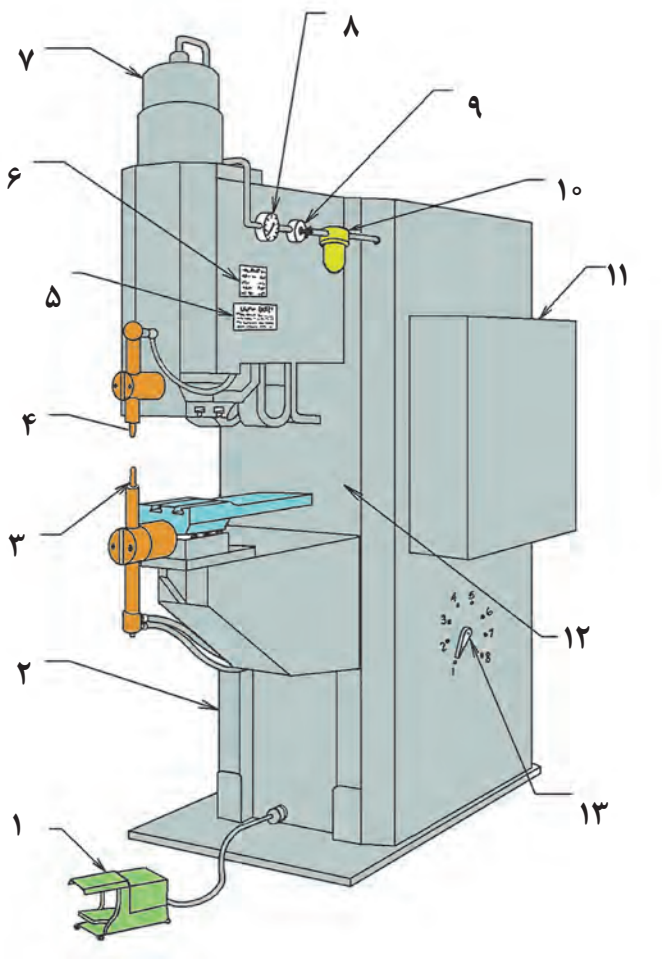
شکل ۱۰ـ روبات نقطه جوش



شکل ۱۱ـ دستگاه نقطه جوش پدالی

## اجزای دستگاه نقطه جوش

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

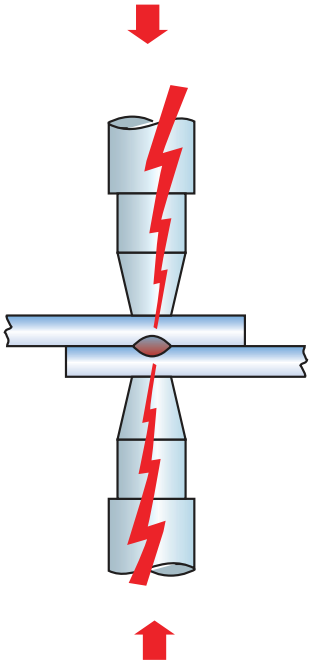



شکل ۱۲ـ اجزای دستگاه نقطه جوش پدالی

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.
سؤال: با توجه به‌شکل ۱۳ وظایف الکترودهای نقطه جوش چیست؟



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 چه کاربردی دارند؟ جدول ۲ ستون مربوط به کاربردها را تکمیل کنید.

**جدول ۲ ـ دسته‌بندی الکترودهای نقطه جوش از لحاظ ظاهری**

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

تحقیق

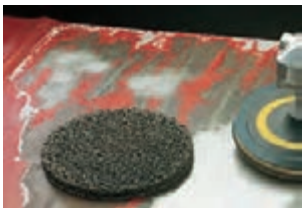
با توجه به اطلاعات جدول ۳، بررسی کنید هر یک از این الکترودها برای چه کاربردهایی مناسب‌می‌باشند.

## 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<br>چسبیدن الکترود به سطح قطعه<br>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<br>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

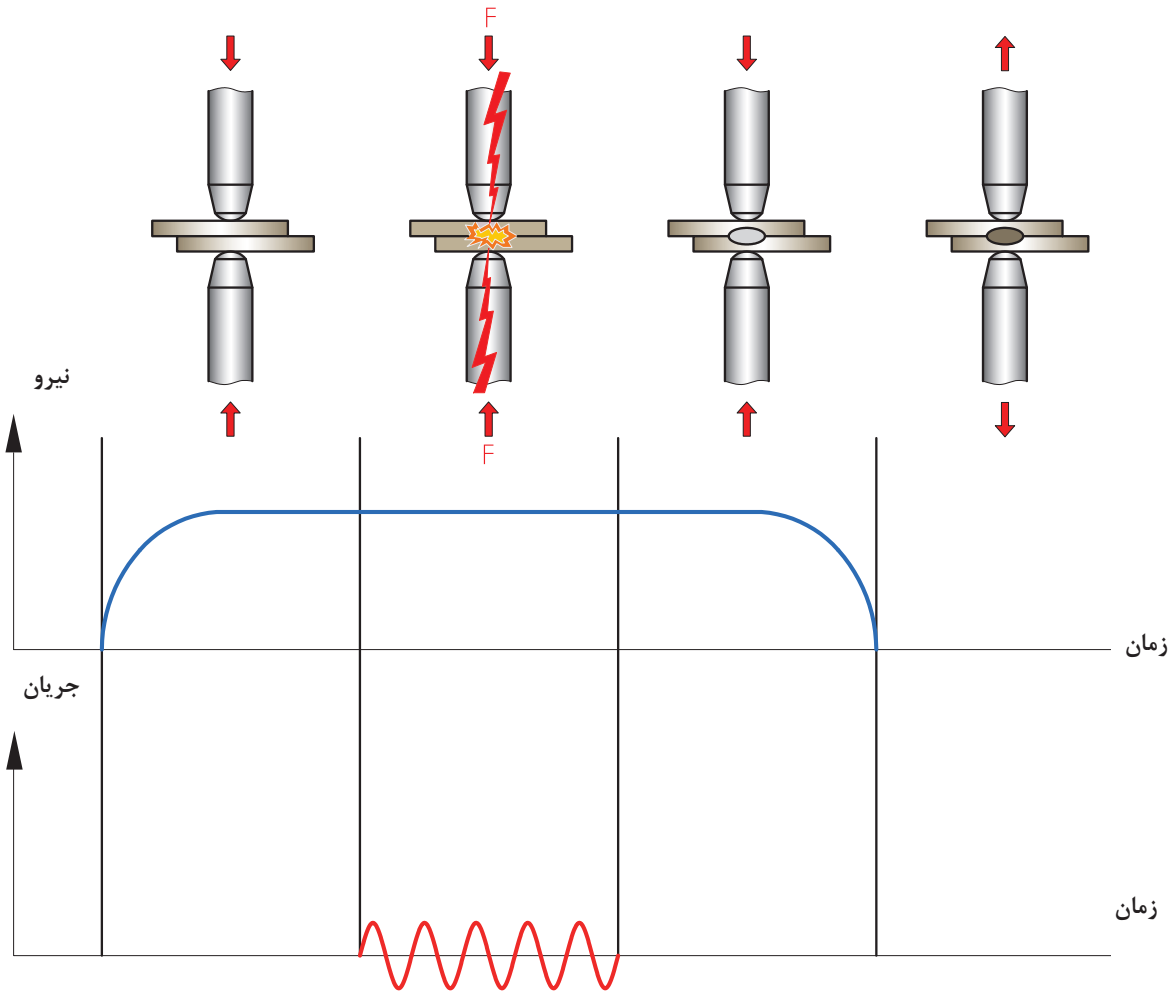
۳ـ کنترل شیلنگ آبگرد و اتصال آن به الکترود و خروجی آب

### 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

## کار کارگاهی

### ۱ـ اتصال دو ورق به صورت لب روی هم با فرایند نقطه جوش

**شرح فعالیت:** دو قطعه ورق فولادی به ابعاد ۸/۰×۵۰×۲۰۰ میلی‌متر انتخاب کنید و بعد از تمیزکاری نقشه شماره ۱ را بر روی آن پیاده کنید.

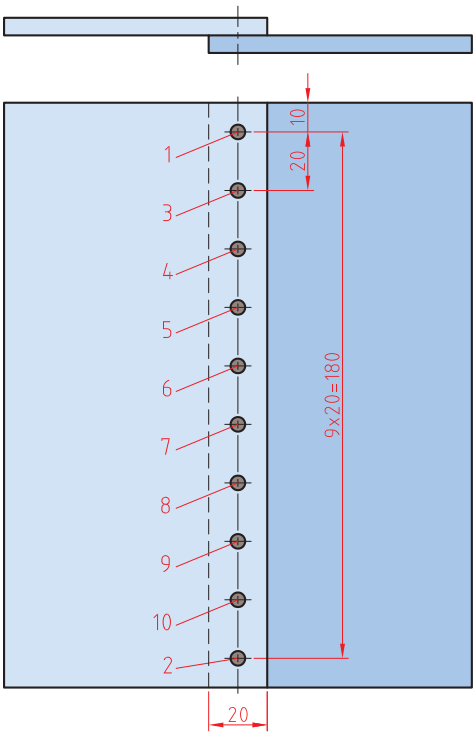
نکته

محل اجرای نقطه جوش‌ها را خط‌کشی و با سنبه نشان مشخص نمایید.

نکات ایمنی

۱ـ در هنگام کار با دستگاه موارد مربوط به کار با برق را رعایت کنید.
۲ـ برای پیشگیری از سوختگی و برندگی از دستکش و پیش‌بند چرمی استفاده کنید.
۳ـ به‌کارگیری عینک سفید برای محافظت از چشم در برابر پاشش جرقه

نقشه شماره ۱




### ابزار مورد نیاز

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

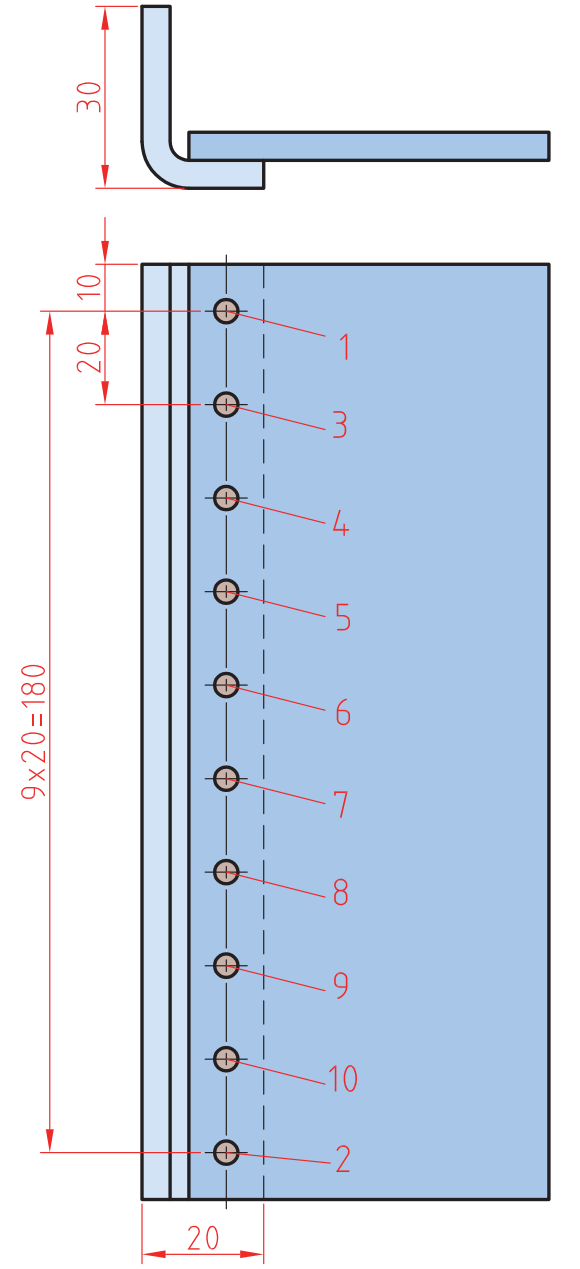
| ابزار | کاربرد | تعداد | توضیحات |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

### ۲ـ اتصال دو قطعه به‌صورت لب روی هم

**شرح فعالیت:** دو قطعه ورق فولادی به ابعاد ۰/۸ × ۵۰ × ۲۰۰ میلی‌متر انتخاب کنید و بعد از تمیزکاری نقشه شماره ۲ را بر روی آن پیاده‌سازی کنید.

محل اجرای نقطه جوش‌ها را خط‌کشی و با سنبه نشان مشخص نمایید.

**نقشه شماره ۲**

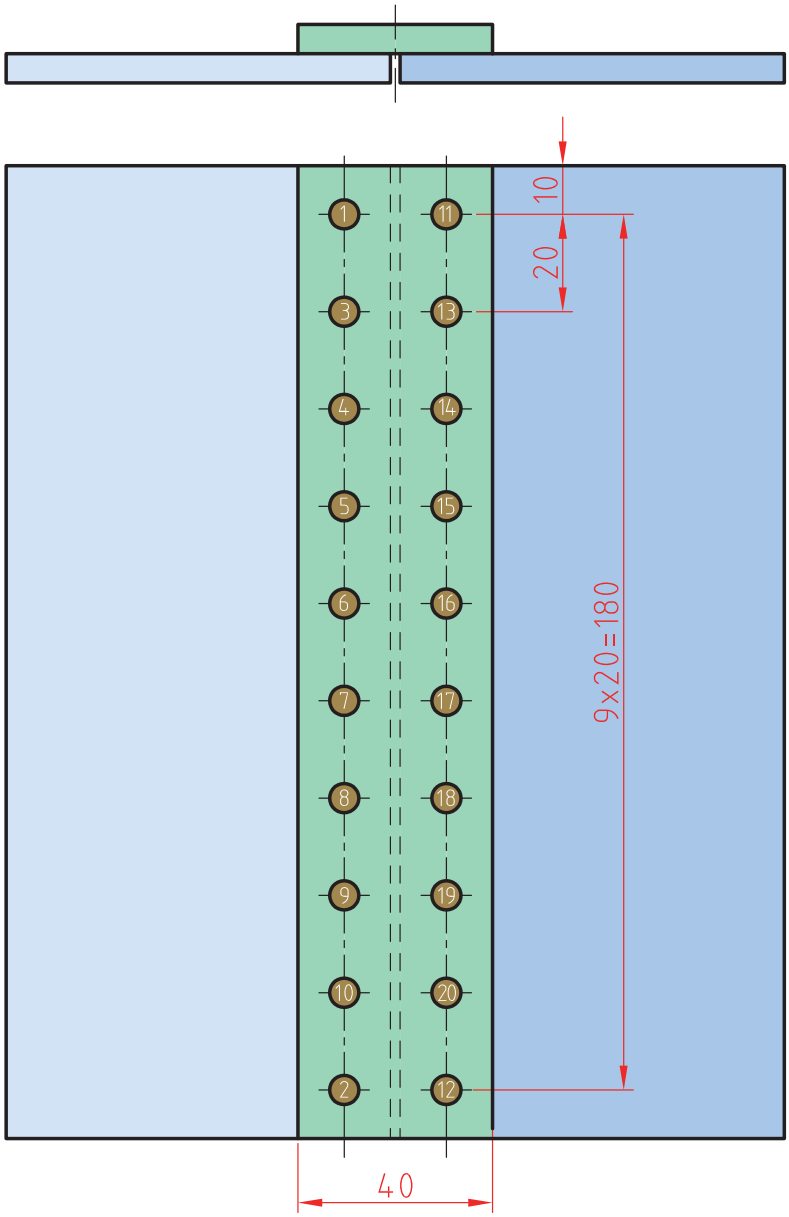


### ۳_ اتصال سربه‌سر دو ورق ( پل‌واره)

**شرح فعالیت:** دو قطعه ورق فولادی به ابعاد ۰/۸ × ۵۰ × ۲۰۰ میلی‌متر انتخاب کنید و بعد از تمیزکاری نقشه شماره ۳ را بر روی آن پیاده کنید.

محل اجرای نقطه جوش‌ها را خط‌کشی و با سنبه نشان مشخص نمایید.

**نقشه شماره ۳**

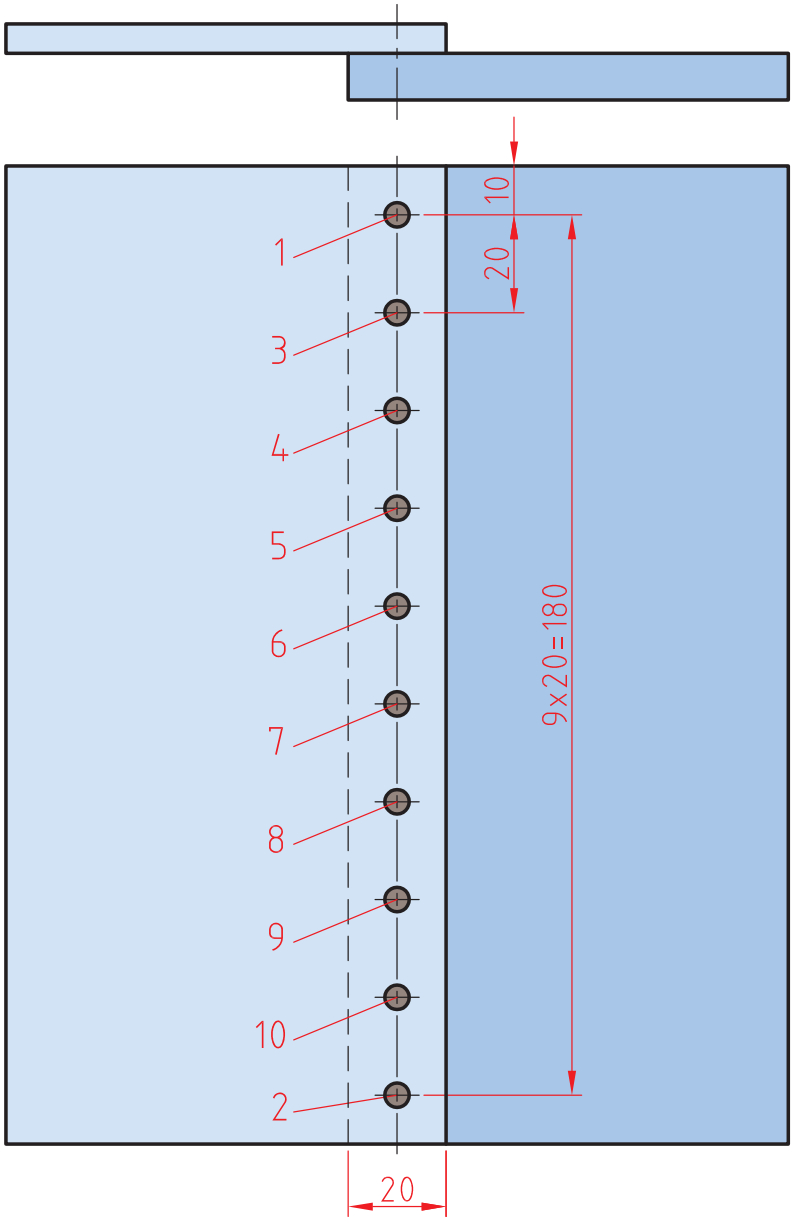


### ۴_ اتصال یک ورق نازک به یک ورق ضخیم در حالت لب روی هم

**شرح فعالیت:** دو قطعه ورق فولادی به ابعاد ۰/۸ × ۵۰ × ۲۰۰ و ۳ × ۵۰ × ۲۰۰ میلی‌متر انتخاب کنید و بعد از تمیزکاری نقشه شماره ۴ را بر روی آن پیاده کنید.

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

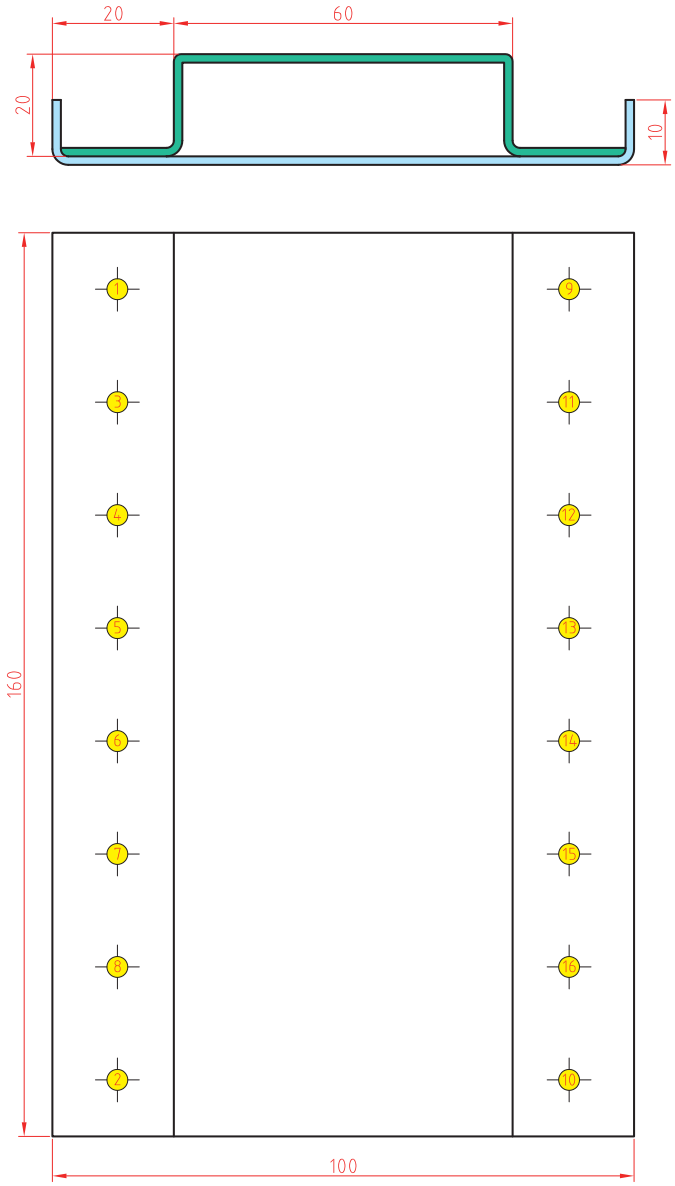
نقشه شماره ۴



### ۵_ اتصال پل با فرایند نقطه جوش

**شرح فعالیت:** دو قطعه ورق فولادی به ابعاد ۱mm × ۱۲۰ × ۱۶۰ و ۰/۸ × ۱۴۰ × ۱۶۰ میلی‌متر انتخاب کنید و بعد از تمیزکاری نقشه شماره ۵ را بر روی آن پیاده کنید. (نقشه نشان داده شده، پل در کمد می‌باشد) به جای الکترود پایینی از قالب مسی صافی با ابعاد ۲۰ × ۲۰ استفاده شود تا در سمت زیرین کار که در معرض دید مشتری است اثر نقطه‌ها مشخص نشود.

**نقشه شماره ۵**



### ۶_ اتصال کف قوطی به دیواره توسط نقطه جوش

**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.

نکات ایمنی

در هنگام برش‌کاری و آماده‌سازی ورق‌ها از انگشتان خود در برابر بریدگی حفاظت نمایید.

نکات ایمنی

هنگام جوش‌کاری از عینک محافظ شفاف استفاده نمایید.

### توجهات زیست محیطی

مدیریت مواد دورریختنی
استفاده از سیستم تهویه در جهت خروج بخارات

| مراحل کار | شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...) | نتایج ممکن | استاندارد (شاخص‌های داوری / نمره‌دهی) | نمره |
|---|---|---|---|---|
| آماده‌سازی | کارگاه: کارگاه استاندارد ورق‌کاری<br>مواد: ورق فولادی<br>ابزار: ابزارهای اندازه‌گیری و خط‌کشی | آماده‌سازی بالاتر از انتظار | ــــــــ | 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:<br>کسب حداقل نمره ۲ از مرحله آماده‌سازی<br>کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش<br>کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار | | | | |

## همه فلزات قابلیت جوش‌پذیری یکسان ندارند

جوش‌پذیری مقاومتی فلزات متفاوت می‌باشند، برخی از فلزات را می‌توان به راحتی با جوش مقاومتی به هم متصل کرد، اما برای تعدادی دیگر با دشواری مواجه هستیم. عوامل مؤثر بر جوش‌پذیری مقاومتی عبارت‌اند از:
الف) مقاومت الکتریکی، ب) خمیری شدن، ج) وجود لایه‌های سطحی

فکر کنید

با توجه به جدول زیر، ورق‌ها را از لحاظ مقاومت الکتریکی دسته‌بندی کنید.

**جدول ۴ـ عوامل تأثیرگذار بر جوش پذیری آلیاژهای مختلف**

| مقاومت الکتریکی | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ورق | بالا ـ ۳ امتیاز | مناسب ـ ۲ امتیاز | متوسط ـ ۱ امتیاز | ضعیف ـ ۰ امتیاز |
| سیاه | | ✓ | | |
| قلع اندود | | ✓ | | |
| گالوانیزه | | ✓ | | |
| روغنی | | ✓ | | |
| آلومینیوم | | | | ✓ |
| برنج | | | | ✓ |
| استیل | ✓ | | | |
| **سهولت خمیری شدن** | | | | |
| **ورق** | **خوب ـ ۳ امتیاز** | **مناسب ـ ۲ امتیاز** | **متوسط ـ ۱ امتیاز** | **ضعیف ـ ۰ امتیاز** |
| سیاه | | ✓ | | |
| قلع اندود | | ✓ | | |
| گالوانیزه | | ✓ | | |
| روغنی | | ✓ | | |
| آلومینیوم | ✓ | | | |
| برنج | ✓ | | | |
| استیل | | | ✓ | |
| **سهولت جوش‌کاری از لحاظ عدم وجود لایه‌های سطحی** | | | | |
| **ورق** | **خوب ـ ۳ امتیاز** | **مناسب ـ ۲ امتیاز** | **متوسط ـ ۱ امتیاز** | **ضعیف ـ ۰ امتیاز** |
| سیاه | ✓ | | | |
| قلع اندود | | | ✓ | |
| گالوانیزه | | | ✓ | |
| روغنی | ✓ | | | |
| آلومینیوم | | | | ✓ |
| برنج | | ✓ | | |
| استیل | | | ✓ | |

فکر کنید



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

**جدول ۵ـ مقایسه جوش پذیری آلیاژهای مختلف**

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

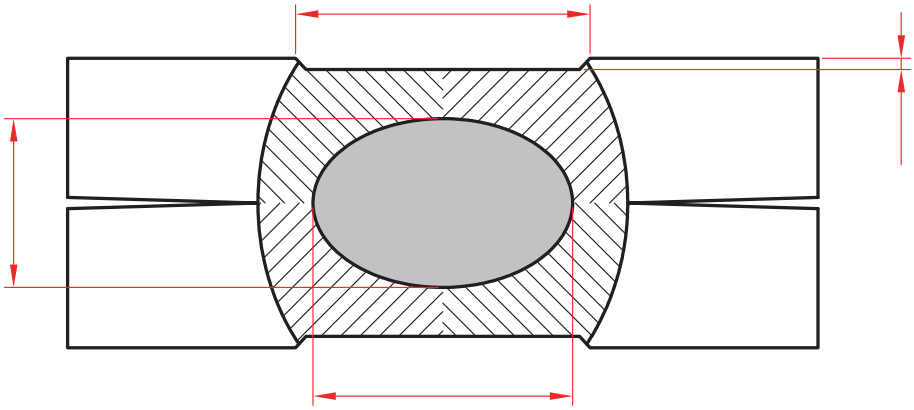
**اگر امتیاز به‌دست آمده کمتر از ۵ شود ⟵ جوش‌پذیری ضعیف است**

**اگر امتیاز به‌دست آمده بین ۵ تا ۷ شود ⟵ جوش‌پذیری متوسط است**

**اگر امتیاز به‌دست آمده ۷ و بیشتر از ۷ شود⟵ جوش‌پذیری 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.



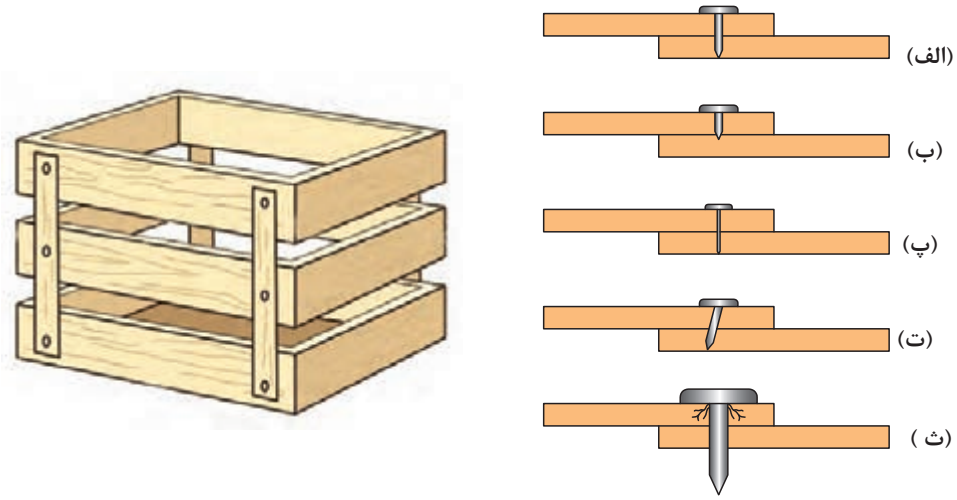
شکل ۱۵ ـ نواحی مختلف یک اتصال نقطه جوش

**جدول ۶ـ مناطق مختلف در یک دکمه جوش مقاومتی نقطه‌ای**

| منطقه | نام منطقه | توضیحات |
|---|---|---|
| الف | فلز جوش | به منطقهٔ 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. |
| پ | منطقه متأثر از گرما | ناحیه‌ای است که در اثر جوش‌کاری داغ شده ولی ذوب نشده است. |
| ت | عمق فرورفتگی | عمق فرورفتگی ناشی از فشار الکترود بر سطح ورق |
| ث | عرض منطقه فرورفته | اندازه عرض ناحیه‌ای از سطح ورق که در اثر فشار الکترود فرو رفته است. |
| ج | عمق جوش | ضخامت فلز جوش |
| چ | فلز پایه | قطعه کار |

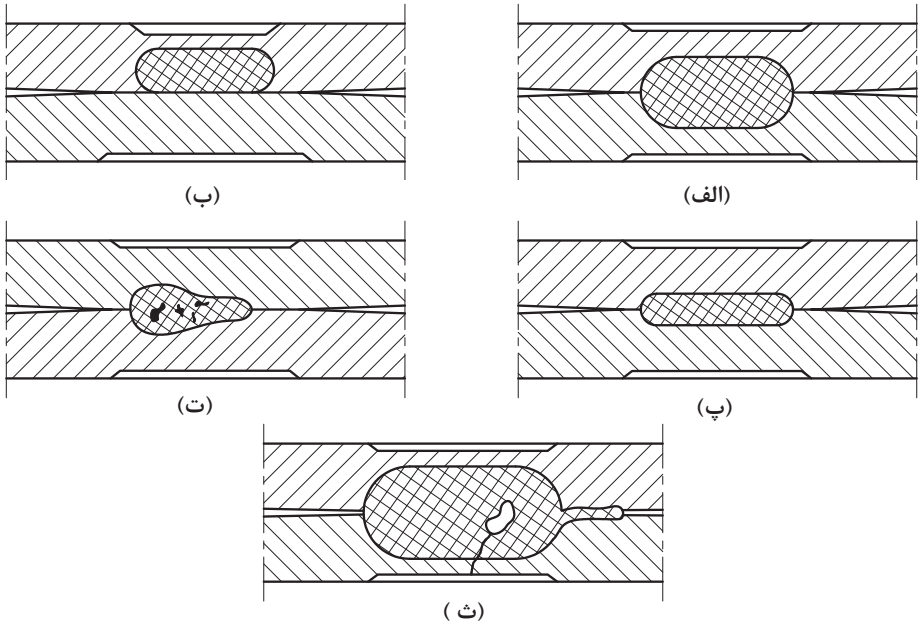
## کنترل کیفی اتصال نقطه جوش

به شکل ۱۶ نگاه کنید. برای ساخت جعبه چوبی کدام میخ مناسب‌تر است و اتصال مقاوم‌تری ایجاد می‌کند؟ سایر میخ‌ها چه مشکلی دارند؟




**شکل ۱۶ــ مقطع نقطه جوش‌های مختلف**

همان‌گونه که ملاحظه کردید، مناسب بودن اندازه و ابعاد میخ در مقاومت اتصال بسیار مهم است. در نقطه جوش نیز برای اتصال دو ورق، ابعاد و اندازه دکمه جوش بسیار مهم است. ارتباط بین شکل‌های ۱۶ (الف‌ـث) را با شکل‌های ۱۷ (الف‌ـث) پیدا کنید و تعیین کنید، کدام‌یک از این اتصالات بیانگر یک اتصال مناسب است.




**شکل ۱۷ــ مقطع نقطه جوش‌های مختلف**

## آزمون‌های ارزیابی کیفیت اتصال

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

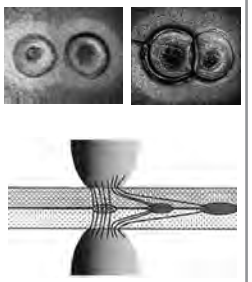
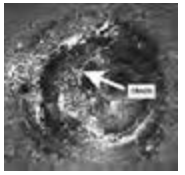
الف) بازرسی چشمی

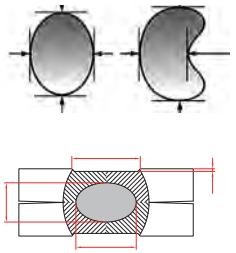
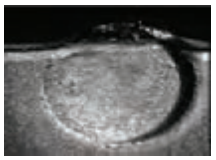
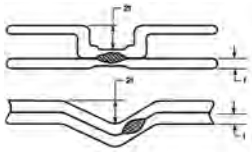
ب) آزمون‌های مکانیکی

**الف) بازرسی چشمی:** پس از انجام جوش‌کاری 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.

**جدول ۷- انواع عیوب جوش در جوش‌کاری مقاومتی نقطه‌ای**

| ردیف | نوع عیب | تصویر | توضیح | دلیل ایجاد عیب | راه کنترل و رفع عیب | حد پذیرش |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | روی هم افتادگی دکمه‌ها و فاصله کم بین آنها |  | عدم رعایت فاصله بین دکمه جوش‌ها سبب عبور بخشی از جریان از دکمه هم‌جوار کاهش ابعاد و مقاومت جوش حاصل می‌شود. | عدم رعایت حداقل فاصله جوش‌ها | رعایت حداقل فاصله متناسب با قطر دکمه جوش | حدود موجود در جدول ۱۱ |
| ۲ | فرورفتگی |  | در اثر اعمال فشار، نقطه اثر الکترود بر روی سطح ورق به‌صورت فرورفتگی باقی می‌ماند که سبب ایجاد ظاهر نامناسب و افت مقاومت اتصال می‌شود. | فشار بیش از حد،<br>شدت جریان زیاد و<br>زمان زیاد | کنترل و تنظیم پارامترهای جوش‌کاری | $\frac{\text{قطر بزرگ}}{\text{قطر کوچک}} < ۰/۳$ |
| ۳ | آلوده شدن سطح الکترود |  | در اثر ذوب و چسبیدن ورق به الکترود عملکرد و رسانایی الکترود کاهش می‌یابد. | فشار کم و جریان زیاد،<br>جنس نامناسب الکترود،<br>عدم تناسب بین فشار، جریان و<br>پهن بودن نوک الکترود | فشار کم و جریان زیاد،<br>جنس نامناسب الکترود،<br>عدم تناسب بین فشار، جریان<br>و پهن بودن نوک الکترود | غیر مجاز |
| ۴ | ترک و حفره |  | وجود آلودگی‌ها و یا تنظیم نبودن پارامترها سبب ایجاد ناپیوستگی، افت خواص و یا شکست دکمه جوش در حین کار می‌شود. | چرب بودن بیش از حد ورق<br>ذوب شدن نوک الکترود و آلوده‌کردن حوضچه<br>شدت جریان بالا<br>حذف فشار قبل از تکمیل انجماد | چرب بودن بیش از حد ورق،<br>ذوب شدن نوک الکترود و آلوده کردن حوضچه<br>شدت جریان بالا و<br>حذف فشار قبل از تکمیل انجماد | غیر مجاز |

| ردیف | نوع عیب | تصویر | توضیح | دلیل ایجاد عیب | راه کنترل و رفع عیب | حد پذیرش |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۵ | دکمه نامتقارن |  | اختلاف در قطرهای دکمه جوش و یا نفوذ سبب ایجاد شکل نامتقارن می گردد. | نوک غیر متقارن الکترود، عدم رعایت فاصله مناسب تا لبه ورق و نقطه هم‌جوار | آماده‌سازی نوک الکترود، تنظیم و کنترل گیره‌ها رعایت فاصله بین دکمه جوش‌ها و فاصله تا لبه کنترل هم‌راستایی الکترودها | $\frac{\text{قطر بزرگ}}{\text{قطر کوچک}} < ۲$ |
| ۶ | سوختن لبه ورق |  | عبور جریان از لبه ورق سبب ذوب‌شدن لبه‌می‌شود. | نزدیکی بیش از حد دکمه به لبه ورق | رعایت فاصله از لبه ورق | فاصله (s) > ۶/۵ |
| ۷ | ذوب شدن و سوختن 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. | فشار کم الکترود، ناهماهنگی بین پارامترها، کثیف بودن سطح ورق | تنظیم زمان، فشار و جریان تمیزکاری سطح ورق‌کنترل شدت جریان و زمان | در سطوح قابل مشاهده مورد قبول نمی‌باشد. |
| ۸ | پیچیدگی |  | در اثر اعمال فشار ممکن است ورق‌ها تغییر شکل داده و دچار اعوجاج شود که سبب ایجاد ظاهر نامناسب و کاهش مقاومت اتصال می‌شود. | محکم نبودن گیره ورق، عدم هم‌راستایی الکترود و فشار بیش از حد | کنترل هم راستایی الکترودها، کنترل قید و بست‌ها و تنظیم فشار | عمق اعوجاج باید کمتر از دو برابر ضخامت باشد. |

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

الف: آزمون خم‌کاری[1]

ب: آزمون قلم و چکش[2]

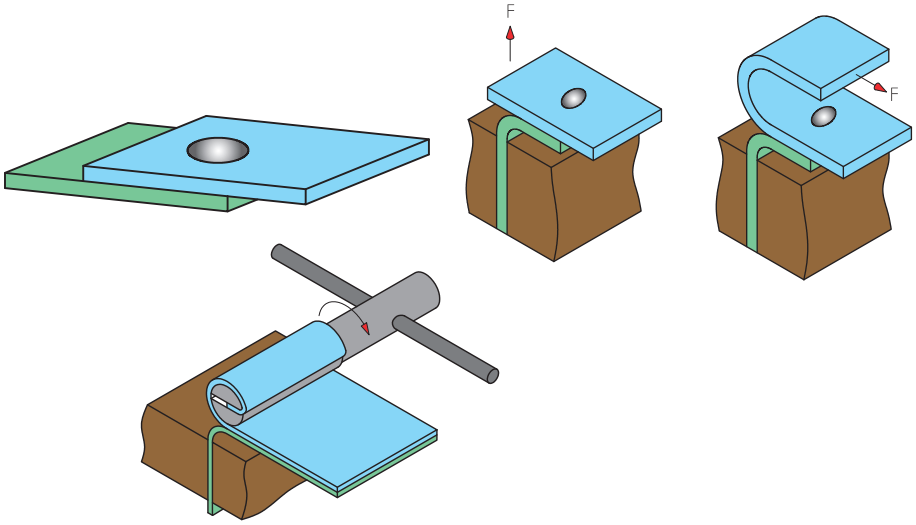
## آزمون خم‌کاری

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

۱ـ خم کردن لبه یکی از ورق‌ها به میزان $90^{\circ}$

۲ـ قرار دادن آن لبه درون گیره

۳ـ چرخاندن لبه ورق آزاد حول ابزار (انبر دست و ...) تا جدا شدن کامل اتصال




**شکل ۱۸ـ آزمون خم‌کاری**

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

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



**شکل ۱۹- نتیجه مطلوب در آزمون خم‌کاری**

۱ـ Peel Test

۲ ـ Chisel Test

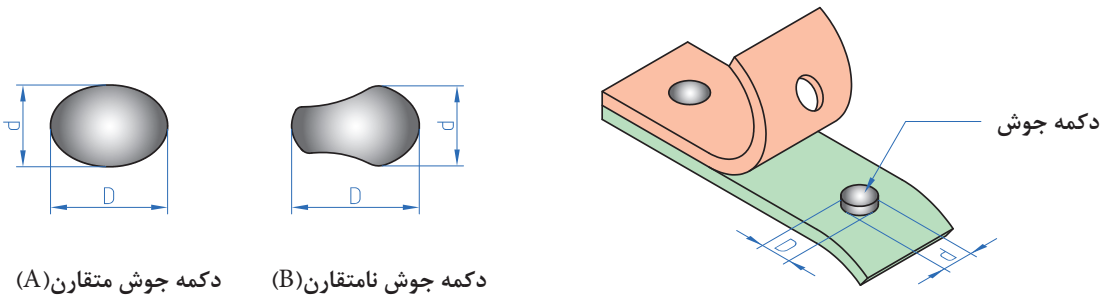
۲ـ قطر دکمه مطابق با جدول ۸ باشد.

**جدول ۸ـ 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 |

حداقل قطر مجاز = ۴ $\sqrt{\text{ضخامت ورق}}$ حداکثر قطر مجاز = ۵/۵ $\sqrt{\text{ضخامت ورق}}$ قطر مطلوب = ۵ $\sqrt{\text{ضخامت ورق}}$

در صورت گرد نبودن دکمه جوش می‌بایست از قطر متوسط به‌جای قطر دکمه جوش استفاده شود. نحوه محاسبه آن در شکل ۲۰ نشان داده شده است.




دکمه جوش متقارن(A)

دکمه جوش نامتقارن(B)

قطر بزرگ = D

قطر کوچک = d

$$\text{قطر متوسط دکمه جوش} = \frac{D+d}{۲}$$

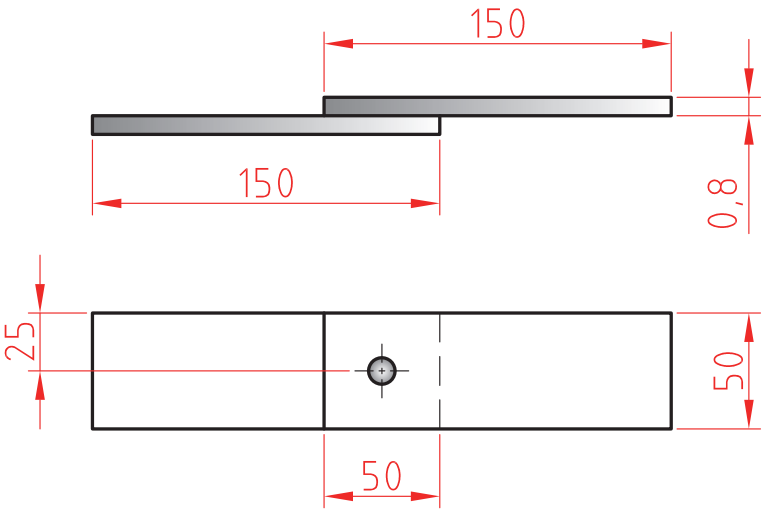
شکل ۲۰ـ محاسبه قطر متوسط دکمه جوش

**آزمون خمش**

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

نتیجه را به‌صورت 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 (شاخص‌های داوری / نمره‌دهی) | نمره |
|---|---|---|---|---|
| خم‌کاری | کارگاه: ابزارآلات خم‌کاری، دستگاه خم‌کن | آماده‌سازی بالاتر از انتظار | فاق‌بری برابر نقشه، زاویه خم و شعاع خم درست، خم‌کاری درست | ۳ |
| | | آماده‌سازی قابل قبول | فاق‌بری برابر نقشه ، خم‌کاری نادرست | ۲ |
| | | آماده‌سازی‌غیر قابل قبول | فاق‌بری برابر نقشه، زاویه خم و شعاع خم درست، خم‌کاری درست | ۱ |
| شایستگی‌های غیرفنی | مدیریت مواد و تجهیزات | قابل قبول | توجه به همه موارد | ۲ |
| ایمنی و بهداشت | استفاده از لباس کار و دستکش | | | |
| توجهات زیست‌محیطی | | غیرقابل قبول | توجه به ایمنی و بهداشت | ۱ |
| نگرش | | | | |
| معیار: شایستگی انجام کار:<br>کسب حداقل نمره ۲ از مرحله آماده‌سازی<br>کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش<br>کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار | | | | |

**شرح کار:**
ـ آماده‌سازی دستگاه
آماده سازی الکترودهای نقطه جوش
انجام جوش‌کاری
عیب‌یابی و کنترل ابعاد

**استاندارد عملکرد:**
اتصال فلزات به روش جوش‌کاری نقطه‌ای براساس استاندارد SWA
**شاخص‌ها:**
ـ سطح تمیز و بدون چربی و بدون لایه های اکسیدی
ـ کنترل سطح الکترود از نظر عدم وجود چربی و کثیفی و نیز هم راستایی نوک الکترودها
ـ کنترل پارامترهای تنظیمی دستگاه جوش‌کاری و اطمینان از درست بودن آنها
ـ اطمینان از انجام جوش‌کاری نقطه‌ای بر محل‌های مورد نظر

**شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:**
**شرایط:** کارگاه استاندارد جوش‌کاری مجهز به تجهیزات، جوش‌کاری نقطه‌ای، دستگاه ویژه نقطه جوش‌کاری، قطعات فلزی، قید و بند، متر، خط‌کش، کولیس، سوزن خط‌کش، سنبه نشان، سوهان و Tip dress
**ابزار و تجهیزات:** دستگاه جوش‌کاری نقطه‌ای

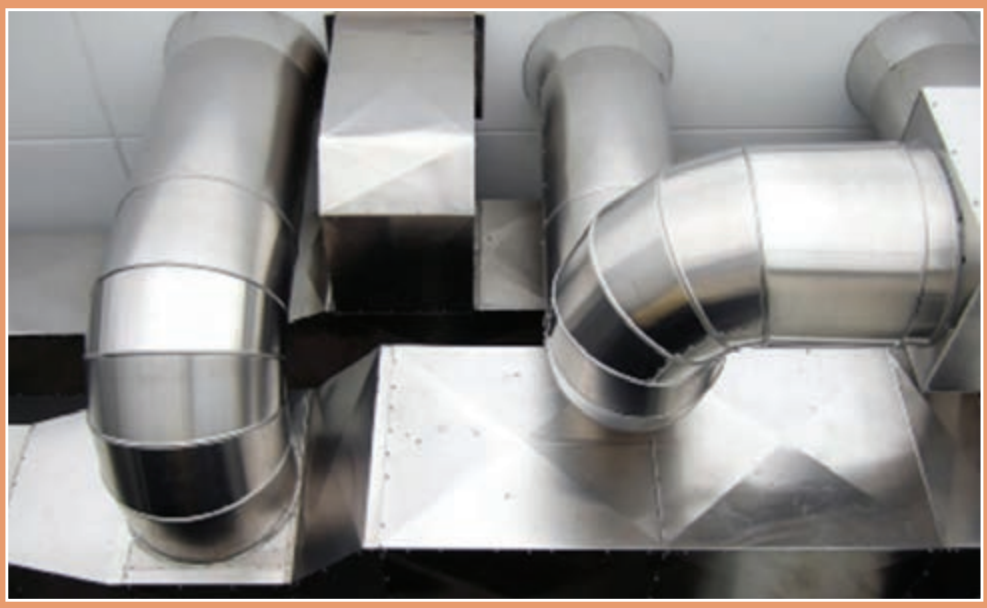
**معیار شایستگی:**

| ردیف | مرحله کار | حداقل نمره قبولی از ۳ | نمره هنرجو |
|---|---|---|---|
| ۱ | آماده‌سازی | ۲ | |
| ۲ | خم‌کاری | ۲ | |
| ۳ | کنترل نهایی | ۲ | |
| ۴ | | | |
| ۵ | | | |
| ۶ | | | |
| | **شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:** مسئولیت‌پذیری، سطح ۱، داوطلب شدن برای فعالیت‌های جدید و خاص، دستکش، لباس کار، دقت در پیاده کردن نقشه روی ورق افزایش بهره‌وری | ۲ | |
| | **میانگین نمرات** | | * |

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

# پودمان ۴

# اتصال پیچک



از جمله روش‌های اتصال ورق‌های نازک می‌توان اتصال فرنگی پیچ را نام برد. مبتکران صنعتی برای ساخت کانال‌ها، قوطی‌های مواد غذایی، بشکه‌های نگهداری مواد سوختنی، بهینه ترین روشی که ابداع کردند فرنگی‌پیچ است که به‌صورت دستی و ماشینی با سرعت بالا می‌توان بدون استفاده از حرارت قطعات را به‌هم متصل کرد که حتی روکش‌های فلز آسیب نبیند. برای اتصال ورق‌های گالوانیزه برای جلوگیری از آلودگی هوا و سمی‌بودن، می‌توان ازاتصال فرنگی پیچ استفاده کرد.

# واحد یادگیری ۵

## شایستگی اتصال پیچک

آیا تا به‌حال پی برده‌اید

پیچک جزء کدام دسته از اتصالات به شمار می‌رود؟
برای ساخت کانال‌ها از چه اتصالاتی استفاده می‌شود؟
چند نوع اتصال پیچک وجود دارد؟
چگونه می‌توان یک اتصال پیچک را ساخت؟

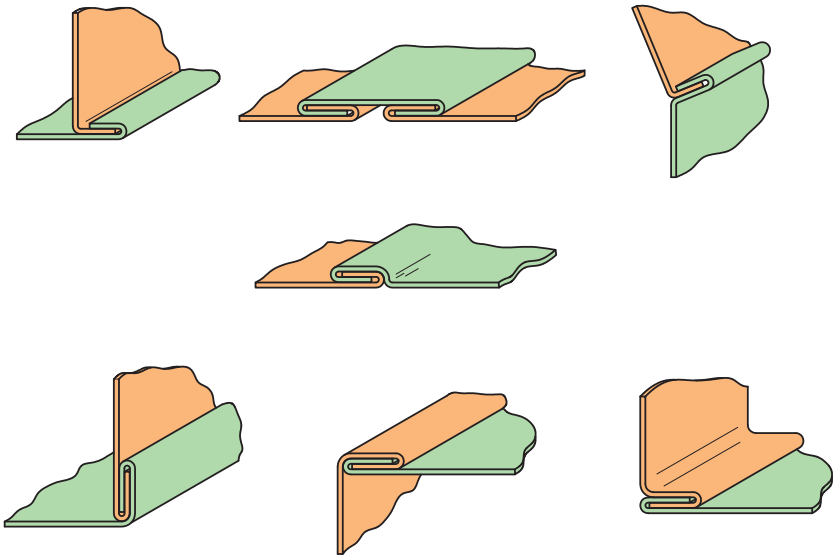
هدف از این شایستگی فراگیری انواع اتصال پیچک (فرنگی پیچ)، کاربرد آنها در تولید مصنوعات فلزی، محاسبه پیچک، روش‌های ساخت پیچک و ابزار و تجهیزات ساخت پیچک می‌باشد. اتصالات پیچک بسیار متنوع می‌باشد که هر یک از آنها کاربرد به‌خصوص دارند، به عنوان مثال اتصالات پیچک برای ساخت محفظه‌های فلزی مواد غذایی، کانال‌ها و جعبه‌های فلزی کاربرد دارند. در این بخش ابتدا با اتصالات پیچک و اهمیت آن در صنعت ورق‌کاری آشنا خواهید شد و سپس روش پیچک‌کردن و ساخت مصنوعات با استفاده از اتصال پیچک را فرا خواهید گرفت.

**استاندارد عملکرد**

اتصال ورق‌های فلزی به یکدیگر در حالت‌های مختلف به روش پیچک، هنرجویان قادر به محاسبه لبه اتصال و پیاده کردن نقشه پیچک بر روی ورق فلزی و ساخت اتصال پیچک خواهند بود.

## پیچک[1] یک اتصال دائم است

فرنگی پیچ که آن را پیچک نیز می‌نامند فرایند اتصالی است که در آن لبه ورق را به فرم خاصی تازده و در یکدیگر قفل می‌نمایند. عمل پیچک می‌تواند توسط دست و یا به‌وسیله ماشین‌های پیچک انجام شود. به عبارت دیگر پیچک یک نوع اتصال دائمی و مکانیکی است که بدون هیچ مواد اضافی، ورق‌های فلزی نازک را به یکدیگر متصل می‌کند.



شکل ۱ـ انواع پیچک

## اهمیت اتصال پیچک

**بحث کلاسی:** در جدول زیر چند روش اتصال را در هر مورد با هم مقایسه کرده و به هر کدام امتیاز یک تا چهار دهید. اعداد در هر سطر می‌توانند امتیاز برابر داشته باشند.

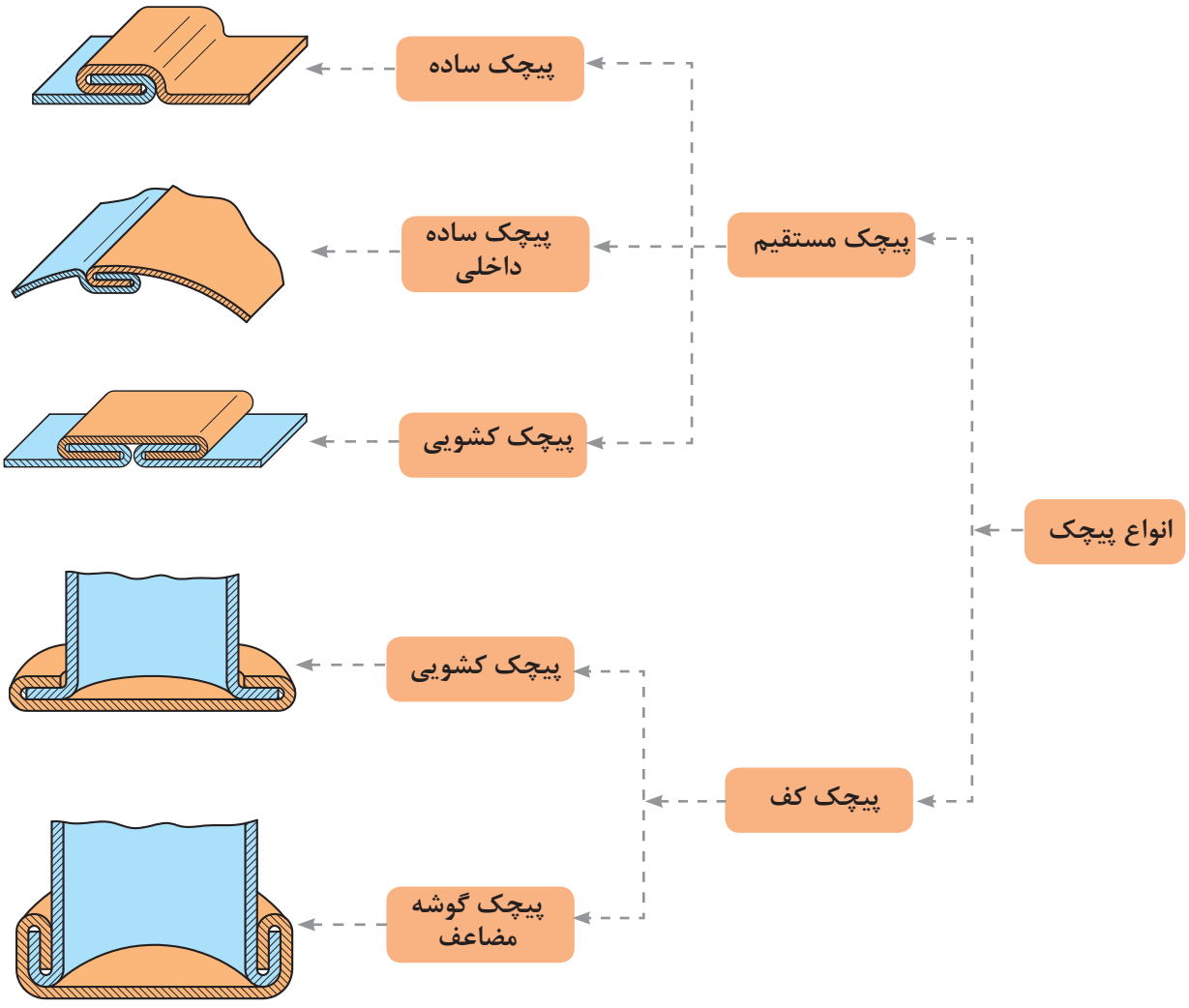
**مقایسه پیچک با سایر روش‌های اتصال**

| نوع اتصال / پارامتر | نقطه جوش | پیچ و مهره | پیچک |
|---|---|---|---|
| سرعت عملکرد | | | |
| اقتصادی بودن | | | |
| استحکام | | | |
| آب‌بند بودن | | | |

۱ـ Self ـ Secured joints: Seam

## انواع اتصالات پیچک

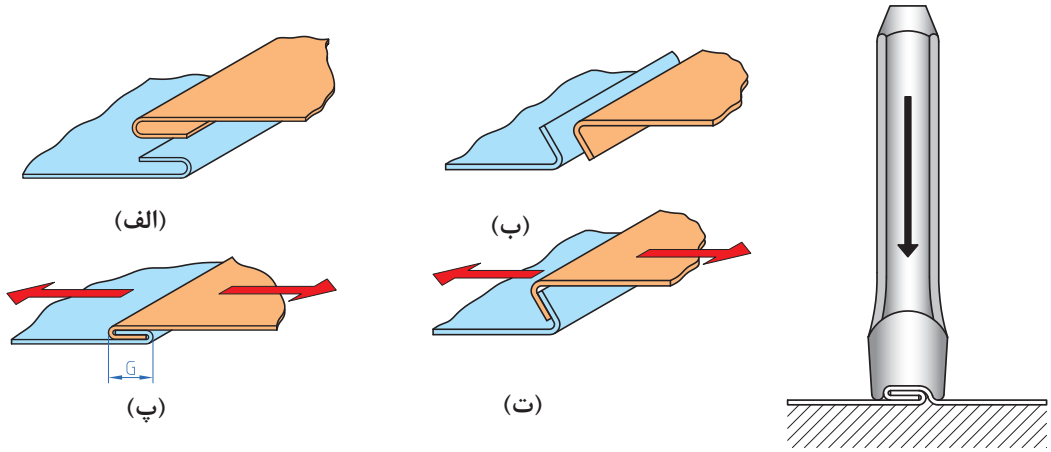
اتصالات پیچک در صنعت ورق‌کاری برای ساخت مصنوعات فلزی استفاده می‌شوند، در شکل ۲ انواع اتصالات پیچک نشان داده شده است.




شکل ۲ـ انواع پیچک

## پیچک ساده (The Grooved Seam)

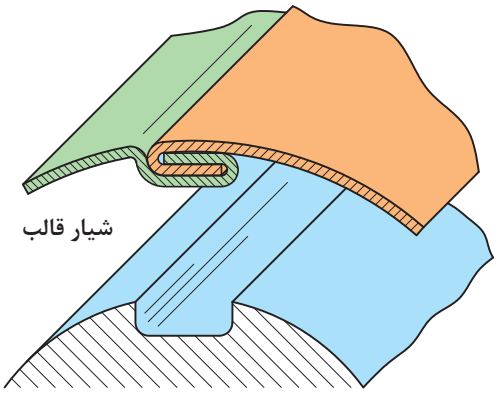
این نوع پیچک از دو لبه خم شده تشکیل شده است(شکل الف۳). دو لبه در یکدیگر به صورت قلاب قرار می‌گیرند (شکل ب۳). لبه‌ها در نهایت با استفاده از قالب پیچک دستی یا ماشینی در یکدیگر قفل می‌شوند (شکل ج۳).




شکل ۳ـ مراحل ساخت پیچک ساده

## پیچک داخلی (The Internal Grooved Seam)

شکل ۴ کاربرد پیچک ساده داخلی را نشان می‌دهد. به نظر شما تفاوت پیچک ساده با داخلی در چیست؟

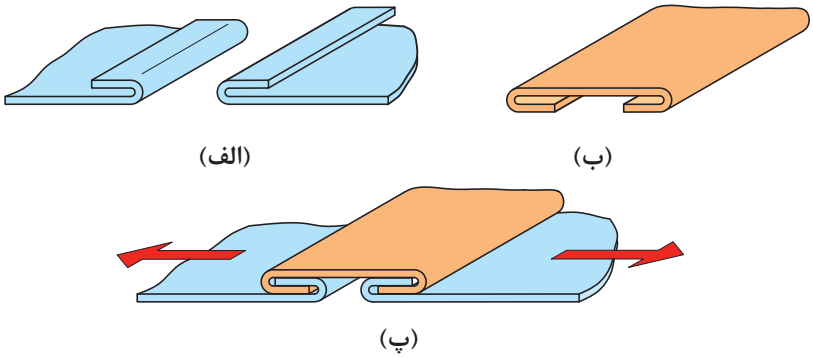



شکل ۴ـ پیچک داخلی

## پیچک کشویی (The Double Grooved Seam)

این نوع پیچک از یک نوار قفل‌کننده برای نگهداری لبه‌های خم شده با یکدیگر، استفاده می‌شود. نقش این نوار در این نوع اتصال افزایش استحکام و زیبایی ظاهری پیچک می‌باشد. شکل ۵ نحوه ساخت این نوع اتصال را نشان می‌دهد. ابتدا لبه‌ها در اندازه مورد نظر به صورت دو لبه قفلی شکل خم می‌شوند، سپس یک نوار فلزی با پهنای دقیق که به سمت داخل خم شده، ساخته می‌شود. در نهایت لبه‌های قفلی شکل وارد نوار فلزی می‌شوند و به‌وسیله چکش این مجموعه در یکدیگر قفل می‌شوند. از این پیچک بیشتر در ساختن

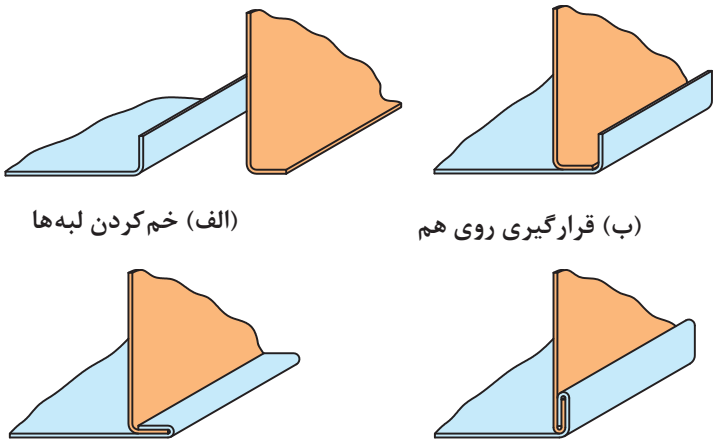
کانال‌ها به‌خصوص در اتصال دو ورق با طول زیاد استفاده می‌شود. از این نوع پیچک که به صورت ساده و زاویه‌ای ساخته می‌شود برای اتصال مصنوعات فلزی بزرگ استفاده می‌شود.




شکل ۵ـ مراحل ساخت پیچک کشویی

## پیچک گوشه ساده (The pened down Joint)

شکل ۶ ساختمان یک پیچک گوشه ساده را نشان می‌دهد. دراین نوع پیچک دو لبه ورق فلزی مورد اتصال، در ابعاد مورد نیاز و زاویه ۹۰ درجه خم می‌شوند (شکل الف۶). این لبه‌های خم شده در موقعیت نشان داده شده در (شکل ب۶) قرار می‌گیرند، سپس یکی از لبه‌ها با استفاده از چکش خم می‌شود و در یکدیگر قفل می‌شوند (شکل ج۶).

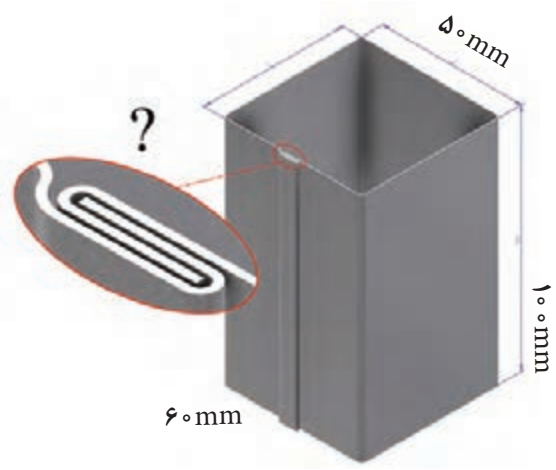



شکل ۶ـ مراحل ساخت پیچک ساده و پیچک گوشه مضاعف

## پیچک گوشه مضاعف (The knocked up Joint)

این نوع پیچک بسیار مستحکم‌تر از نوع قبلی است. در حقیقت همان پیچک گوشه ساده است با این تفاوت که لبه‌های آن به کمک چکش یک با یکدیگر به سمت بالا خم شده است (شکل۶ ت). تفاوت آنها در این است که پیچک گوشه ساده را می‌توان از یکدیگر جدا کرد ولی پیچک مضاعف را نمی‌توان. از این پیچک در مخازن استوانه‌ای استفاده می‌شود.

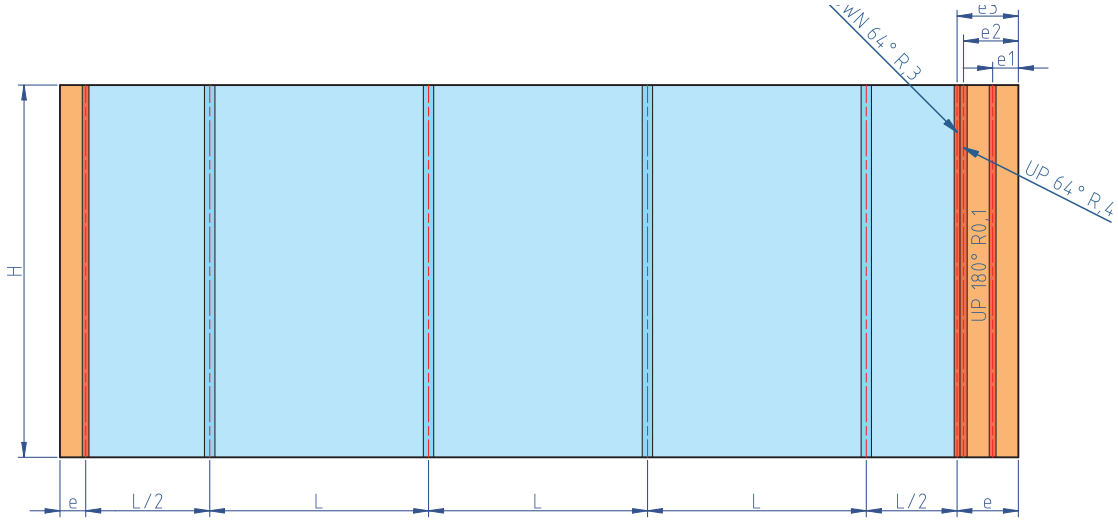
## روش پیاده کردن اتصال پیچک روی ورق




شکل ۷ نقشه یک کانال چهارگوش را نشان می‌دهد. با توجه به آن به‌راحتی می‌توان اطلاعات مورد نیاز برای پیاده کردن نقشه روی ورق را از آن استخراج کرد. اما چگونه می‌توان اطلاعات مورد نیاز برای اتصال فرنگی‌پیچ را به‌دست آورد؟

**شکل ۷ــ کانال چهار گوش**

به قسمت رنگی (e) شکل ۴ نگاه کنید. فکر می‌کنید این قسمت برای چه منظوری در نقشه در نظر گرفته شده است؟ اندازهٔ این قسمت چند میلی‌متر می‌باشد؟




**شکل ۸ــ گسترده کانال به همراه طول مورد نیاز برای فرنگی پیچ**

## اندازه مجاز خم در اتصال پیچک

هنگامی که از اتصال پیچک در ساخت مصنوعات ورق فلزی استفاده می‌شود، باید یک اندازه مجاز برای مقدار ورق فلزی که برای اتصال پیچک لازم است را در نظر گرفت. این مقدار مجاز به دو عامل پایه بستگی دارد؛

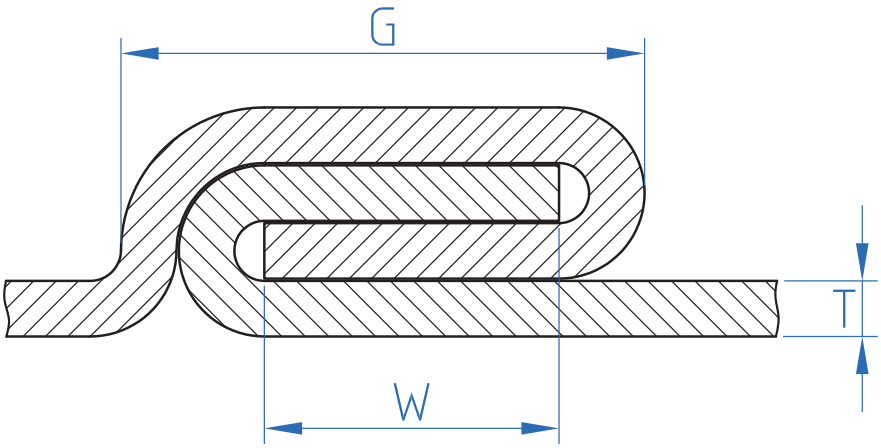
ـ پهنای لبه‌های خم شده

ـ ضخامت ورق فلزی

**اندازه مجاز برای یک فرنگی پیچ ساده چه مقدار است؟** با توجه به شکل ۹ اگر W پهنای لبه خم شده و G پهنای اتصال پیچک باشد (G > W)، پهنای اتصال پیچک ساده عبارت‌اند از:

$G=W+۳t$ که در این رابطه t ضخامت ورق فلزی می‌باشد.

اندازه مجاز کلی($T_a$)[۱] برای یک اتصال پیچک ساده تقریباً سه برابر پهنای اتصال پیچک (یا پهنای قالب فرنگی پیچ) می‌باشد: $T_a=۳G$




**شکل ۹ـ شماتیک یک پیچک ساده**

این مقدار مجاز را می‌توان به یکی از دو روش زیر اجرا کرد.

۱ـ $\frac{۱}{۲}$ این مقدار مجاز در دو طرف الگو (در دو طرف ورق فلزی برای اتصال استفاده می‌شود).

۲ـ $\frac{۱}{۳}$ حد مجاز در یک سمت و $\frac{۲}{۳}$ مقدار مجاز در سمت دیگر ورق در نظر گرفته می‌شود.

۱ـ Total Allowance

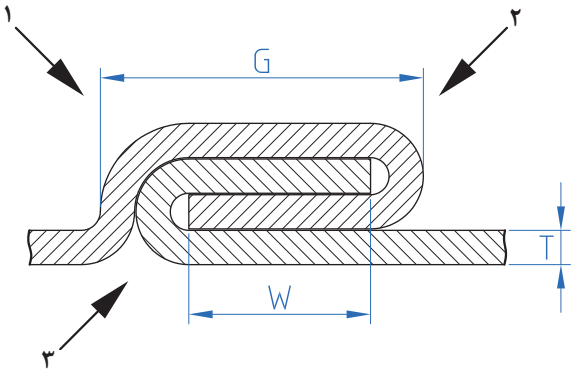
نکته

برای انتخاب قالب فرنگی پیچ مناسب، ضخامت ورق فلزی باید در نظر گرفته شود.

برای محاسبه اندازه مجاز استفاده شدن طول ورق به‌ازای هر خم برای اتصال پیچک ساده، از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$B_a = G - 1/5t$$ (حد مجاز خم)[1]

رابطهٔ بالا به ازای هر خم در اتصال پیچک ساده می‌باشد، اگر تعداد خم افزایش یابد رابطه چه تغییری می‌کند؟




**شکل ۱۰ـ شماتیک یک پیچک ساده**

سؤال ۱: اندازه مجاز یک اتصال پیچک ساده با پهنای اتصال برابر با ۶/۳۵ میلی‌متر را محاسبه کنید.

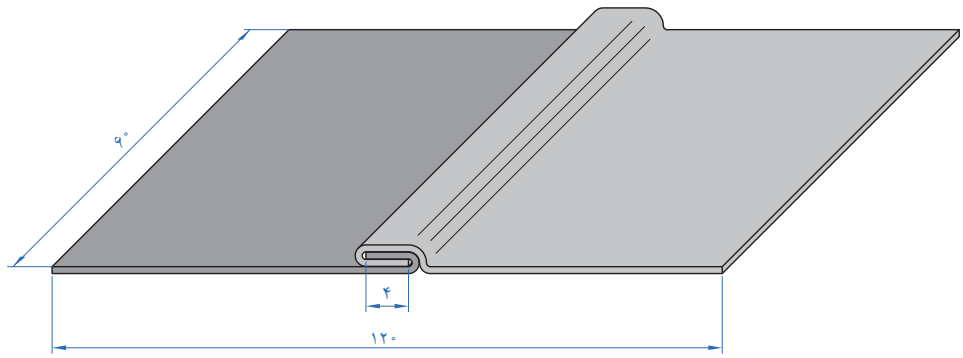
سؤال ۲: برای مثال، اگر پهنای لبه خم برابر با ۶/۳۵ میلی‌متر و ضخامت ورق برابر با ۰/۶ میلی‌متر باشد، مقدار پهنای قالب مورد نیاز برای فرنگی پیچ کردن اتصال فوق را تعیین کنید؟

## کار کارگاهی

### ساخت اتصال پیچک ساده

مطابق نقشهٔ ۱ دو ورق را توسط اتصال پیچک ساده به یکدیگر متصل نمایید. ضخامت ورق برابر با ۰/۵ میلی‌متر می‌باشد.

**نقشه شماره ۱**




(نقشه دو بعدی)

۱ـ Bending Allowance for folding

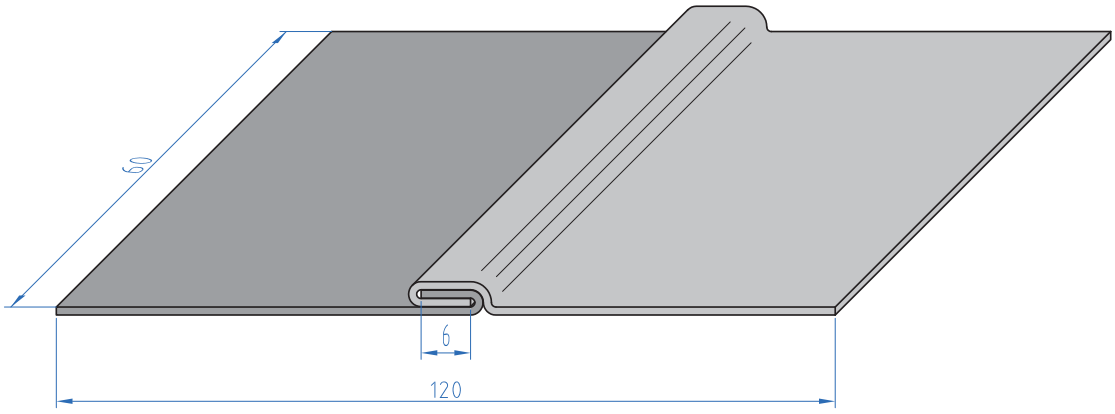
## ابزارهای مورد نیاز

ابزارهای مورد نیاز خود را در جدول فهرست کنید.

| ابزار | کاربرد | تعداد | توضیحات |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

ابتدا محاسبات مربوط به پیچک را انجام داده و سپس نقشه گسترده را بر روی ورق پیاده نمایید، لبه‌های تعیین شده را عکس جهت یکدیگر خم نموده و بعد از آن دور یک لوله ورق را رول نمایید و اتصال پیچک را مونتاژ کنید. محصول یک لوله خواهد بود.

**نقشهٔ شمارهٔ ۲**




**نکات ایمنی**

هنگام خم‌کاری لبه‌های ورق، مراقب انگشت‌هایتان باشید.

## ارزشیابی تکوینی

| مراحل کار | شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...) | نتایج ممکن | استاندارد (شاخص‌های داوری / نمره‌دهی) | نمره |
|---|---|---|---|---|
| آماده‌سازی | کارگاه: کارگاه استاندارد ورق‌کاری<br>مواد: ورق فولادی<br>ابزار: ابزارهای اندازه‌گیری و خط‌کشی | آماده‌سازی بالاتر از انتظار | ــــــــــ | ۳ |
| | | آماده‌سازی قابل قبول | اندازه‌گذاری براساس نقشه، خط‌کشی براساس نقشه، پیاده‌سازی جزئیات نقشه | ۲ |
| | | آماده‌سازی غیرقابل قبول | اندازه‌گذاری براساس نقشه، عدم خط‌کشی و پیاده‌سازی جزئیات نقشه | ۱ |
| شایستگی‌های غیرفنی | مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد | قابل قبول | توجه به همهٔ 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:<br>کسب حداقل نمرهٔ ۲ از مرحلهٔ آماده‌سازی<br>کسب حداقل نمرهٔ ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش<br>کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار | | | | |

## حد مجاز برای یک اتصال پیچک کشویی

حد مجاز برای یک اتصال پیچک کشویی برابر است با: پهنای لبه خم ـ ضخامت ورق فلزی

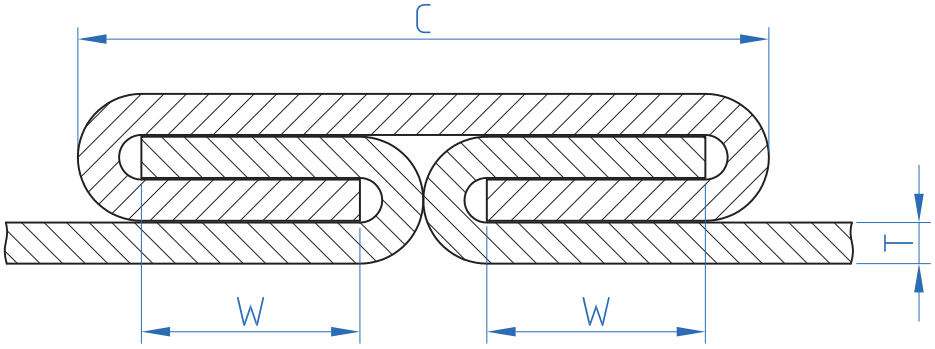
$$B_a = G - 1/5T$$

اگر این مقدار مجاز برای ضخامت ورق فلزی ساخته نشده بود، اندازه سطح کشویی فرنگی پیچ به اندازه دو ضخامت ورق فلزی افزایش می‌یافت. برای محاسبه سطح کشویی (C) فرنگی پیچ به صورت زیر محاسبه می‌شود (شکل ۱۱)؛

$$C = 2W + 4T$$

بنابراین حد مجاز کلی ($T_a$) برای سطح کشویی پیچک برابر است با:

$$T_a = 4W + 4T$$




**شکل۱۱ـاتصال پیچک کشویی**

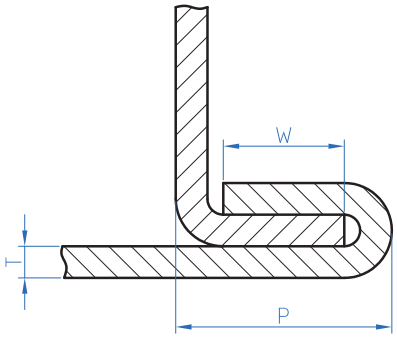
## حد مجاز برای اتصالات پیچک گوشه چه مقدار است؟

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، اتصال پیچک گوشه مضاعف نوع وسعت داده شده از پیچک گوشه ساده می‌باشد. بنابراین، مقدار مجاز برای هر دوی اینها یکسان می‌باشد. همان‌طور که در شکل الف۱۲ و ب۱۲ نشان داده شده است، P اندازه اتصال پیچک گوشه ساده و K اندازه اتصال پیچک گوشه مضاعف می‌باشد. اندازه پیچک‌های ساده و مضاعف توسط پهنای یک لبه خم شده تعیین می‌شود. آزمایشات مقطعی نشان داد که اندازه اتصال پیچک گوشه ساده (P) برابر است با $2W+2T$ درحالی‌که اندازه پیچک گوشه مضاعف (K) برابر است با $2W+3T$ .

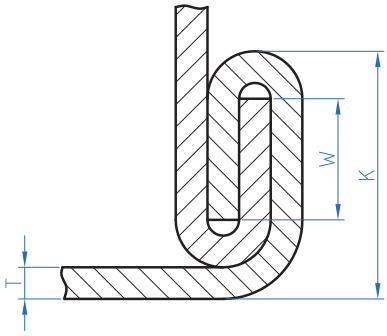
مقدار مجاز برای ساختن این دو اتصال برابر است با:

۱ حالتی که یک لبه خم داشته باشیم: پهنای لبه خم شده

۲ حالتی که دو لبه خم داشته باشیم: دو برابر پهنای خم شده + ضخامت ورق فلزی




(الف)




(ب)

**شکل ۱۲ـ پیچک گوشه ساده و مضاعف**

نکته

مقدار مجاز برای اتصالات پیچک توسط پهنای لبه خم شده و ضخامت ورق فلزی کنترل می‌شود. جدول ۱ مقدار حد مجاز برای هر ۴ نوع اتصال پیچک پرکاربرد را نشان می‌دهد.

**جدول ۱ـ حد مجاز اتصالات پیچک**

| نوع اتصال | مقدار مجاز |
|---|---|
| **پیچک ساده** | مقدار مجاز نهایی = ۳G<br>این حالت به دو صورت اجرا می‌شود:<br>اضافه کردن G ½ به هر لبه از ورق<br>اضافه کردن یک G به یک لبه و ۲G به لبه دیگر از ورق |
| **پیچک کشویی** | اضافه کردن مقدار T_W به هر لبه از ورق مورد اتصال<br>مقدار مجاز نهایی برای نوار کشویی=۴W+۴T |
| **پیچک گوشه ای** | مقدار مجاز برای لبه تکی=W<br>مقدار مجاز برای لبه دوبل=۲W+T |

## روش اجرای پیچک و اتصال آن

**قالب دستی پیچک:** این ابزار ساده برای فشردن اتصال پیچک و قفل کردن لبه‌ها در یکدیگر استفاده می‌شود. جنس این قالب از فولاد ساده کربنی سخت شده می‌باشد. یک شکاف مستطیلی شکل با گوشه شعاعی در سطح کاری آن قرار دارد.

پهنای این شیار به معنای اندازه ابزار می‌باشد. قالب دستی پیچک در اندازه‌های مختلف از ۳/۲ میلی‌متر تا ۱۹ میلی‌متر وجود دارد. (شکل۱۳). با توجه به شکل ۱۳ یک اتصال پیچک کامل پهنایی برابر با اندازه یک لبه خم شده به‌علاوه سه برابر ضخامت ورق فلزی خواهد داشت ضخامت نهایی آن در حدود چهار برابر ضخامت ورق فلزی خواهد بود. بنابراین، هنگامی‌که یک اتصال پیچک با ورق فلزی می‌سازید، دو دیدگاه ممکن وجود دارد:

۱ تعیین پهنای دقیق از یک لبه خم و مقدار مجاز خم

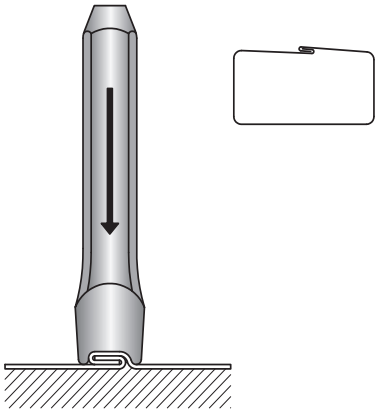
۲ ایجاد قفل داخلی با یک پهنای مشخص از یک لبه خم شده، و انتخاب پیچک در اندازه مناسب برای بستن پیچک

در عمل، دیدگاه دوم در ساخت پیچک در فیت کردن قالب پیچک استاندارد معمولاً به‌کار برده می‌شود. در یک نگاه مقطعی به پیچک نشان می‌دهد که لبه‌های فلز به طور دقیق با گوشه شعاعی شکل قالب پیچک فیت نیست. این به‌طور واضح تأثیر تلرانس بین مقدار مجاز پیچک و اندازه قالب پیچک را بیان می‌کند. بنابراین در مرحله ابتدایی قفل کردن و بستن اتصال پیچک مقدار درجه آزادی بیشتر بین ورق فلزی و قالب ضروری است. به‌طور معمول در عمل باید پهنای قالب ۱/۶ mm بزرگ‌تر از پهنای نهایی اتصال پیچک باشد. به عنوان یک قانون کلی ضخامت ورق فلزی اندازه پیچک را تعیین می‌کند. بنابراین، برای ورق فلزی نازک‌تر لبه‌های کوچک‌تری را برای اتصال فرنگی باید ساخت (جدول ۲).

**جدول ۲ـ حداقل پهنای خم یک خم تک لبه بر اساس ضخامت**

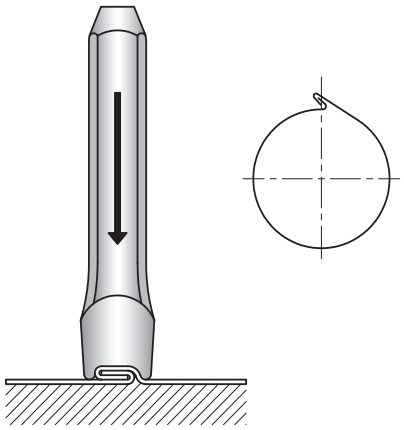
| ضخامت ورق | حداقل پهنا برای یک خم تک لبه |
|---|---|
| ۰/۳۱۵ | ۳ |
| ۰/۴ | ۳/۵ |
| ۰/۵ | ۳/۵ |
| ۰/۶ | ۴ |
| ۰/۸ | ۴ |
| ۱ | ۵ |
| ۱/۲۵ | ۶ |
| ۱/۶ | ۶ |

با توجه به شکل ۳ در عمل برای بستن لبه‌های قفل‌شده پیچک توسط قالب پیچک از دو روش استفاده می‌کنند:
روش اول: در این روش لبه‌های اتصال (مقدار مجاز تعیین شده برای خم) خم می‌شوند و به آرامی درهم با استفاده از قالب پیچک قفل شده و بسته می‌شوند (شکل۱۳ـ الف).



(الف)

روش دوم: در این روش لبه‌های اتصال به صورت تقریبی در زاویه ۶۰ درجه خم می‌شوند. لبه‌هایی که به این شکل آماده می‌شوند هنگام ایجاد قفل داخلی در مصنوعات فلزی استوانه ای یک مزیت به شمار می‌روند. همان‌طور که در (شکل ۱۳ـ ب) نشان داده شده است.



(ب)

**شکل۱۳ـ (الف) روش اول (ب) روش دوم**

## اجرای پیچک

به طور کلی ساخت اتصالات پیچک یک فرایند مشابهی دارد که این فرایند برای همه آنها به یک شکل می‌باشد. مراحل ساخت پیچک به صورت زیر می‌باشد.

۱ پیاده‌سازی نقشه
۲ برش کاری
۳ خم کاری
۴ مونتاژ اتصال
۵ کنترل نهایی

توجه داشته باشید که در هنگام پیاده سازی نقشه، باید ابتدا نوع پیچک مورد نیاز برای مصنوع ورق فلزی مورد نظر را تعیین کرده و سپس مقدار مجاز خم (مقدار ورق اضافی مورد نیاز برای پیچک کردن) براساس نوع فرنگی محاسبه کرده و در نهایت بر روی ورق پیاده می‌شود. در مرحله خم‌کاری، ورق‌ها را به‌وسیله خم‌کن‌های دستی و ماشینی بر اساس نقشه خم می‌کنند. در مرحله مونتاژ با استفاده از قالب تنه اتصال پیچک را درهم قفل می‌کنیم. در مرحله کنترل نهایی اتصال پیچک از لحاظ استحکام، کیفیت ظاهری و ابعاد کنترل می‌شوند.

## کاربرد مقایسه‌ای اتصالات پیچک

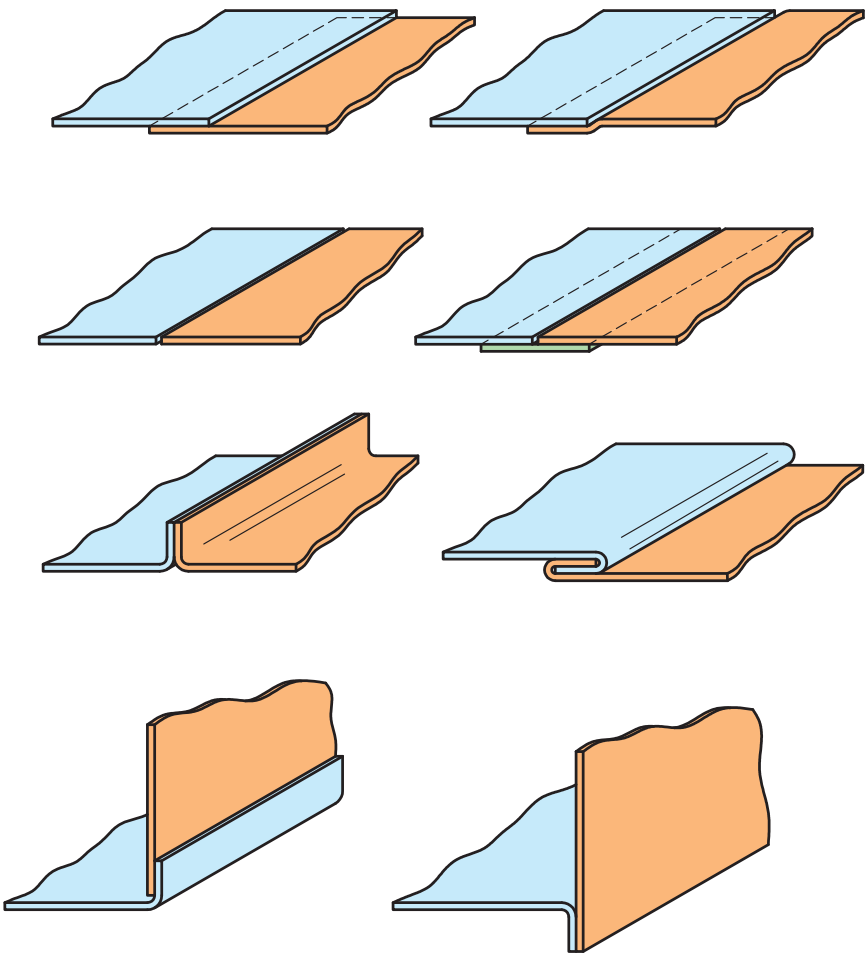
اتصالات پیچک به صورت پیچک مستقیم، پیچک گوشه و پیچک کف به کار می‌رود، در زیر جزئیات هر یک از این کاربردها بیان شده است:

**پیچک مستقیم:** مصنوعات مخروطی، طولی و استوانه ای با سطوح صاف در این دسته وجود دارند. یکی از عمومی‌ترین نوع اتصال پیچک که در این دسته قرار دارد، پیچک ساده می‌باشد. به دلیل شیوه ساخت این نوع اتصال، از ویژگی بارزی برخوردار می‌باشد. به عنوان مثال وقتی نیروی کششی به این نوع پیچک وارد می‌شود، در طول کلی آن توزیع می‌شود. پیچک ساده داخلی در جایی به کار می‌رود که هیچ زائده اضافی در روی سطح بیرونی اتصال پیچک باقی نماند. به عنوان مثال اتصال یک لوله به فلنج. اتصال پیچک کشویی با یک نوار یا کشوی فلزی برای اتصالات موقت یا دائمی به کار می‌رود که به ما نیاز دارد. به عنوان مثال کمدهای بزرگ بایگانی اسناد.

**پیچک گوشه:** این نوع از اتصالات یا به صورت منحنی یا مستقیم می‌باشند که برای گوشه‌های مخازن، کانال‌های مستطیل شکل و جعبه‌ها به کار می‌رود. هنگامی‌که برای اتصال کانال‌های مستطیل شکل با این نوع پیچک، همیشه لبه‌ای با یک خم روی سمت صاف ساخته می‌شود. لبه با دو خم روی در قسمت گلویی و پشت کانال در سمت منحنی وار ساخته می‌شود. اتصالاتی که برای گوشه‌ها به کار می‌روند، پیچک گوشه ساده و گوشه مضاعف می‌باشد. اتصال گوشه مضاعف مستحکم‌ترین اتصال در بین اتصالات پیچک می‌باشد.

**پیچک کف:** این نوع اتصالات برای اتصال کف مصنوعات فلزی به کار می‌رود. به عنوان مثال در ساخت درپوش مخزن استفاده می‌شود. پیچک‌هایی که در نوع کاربردها استفاده می‌شوند، پیچک گوشه ساده و گوشه مضاعف می‌باشند. شکل ۱۴ برخی از مثال‌های کاربردی اتصالات پیچک را نشان می‌دهد.

**آب‌بندی کردن:** اتصالات پیچک به طور گسترده در تولید محفظه‌های نگهداری مواد غذایی و مایعات به کار می‌رود. برای کاربردهای ذکر شده بسیار ضروری است که درزهای اتصال آب‌بندی شوند. برای محفظه‌های حمل مایعات در داخل محفظه‌های پلاستیک قرار می‌دهند و درزهای اتصال را با روش لحیم کاری نرم آب‌بندی می‌کنند. اما برای کاربردهای غیر شرب (فقط حمل مواد غذایی) درزهای اتصال لحیم می‌شود.



شکل ۱۴ـ کاربرد اتصالات پیچک

## فعالیت کارگاهی

### ساخت پیچک گوشه مضاعف

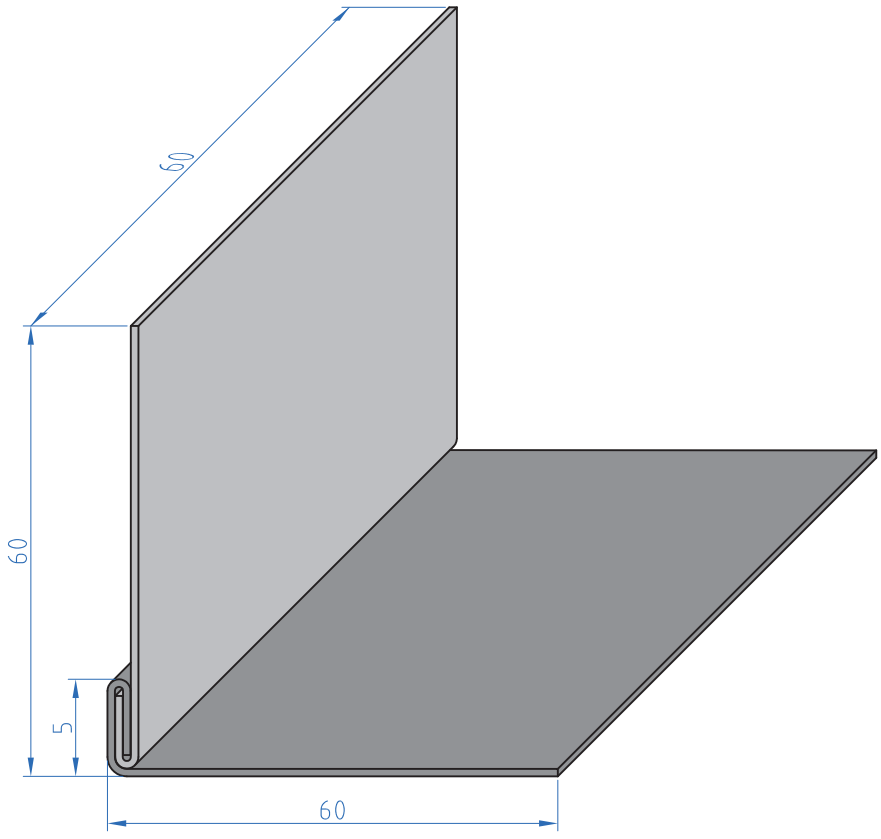
کار عملی

شرح فعالیت: با توجه به نقشه شماره ۳، محاسبات پیچک را انجام داده و گسترده ورق را پیاده‌سازی نمایید و ورق‌های مورد نظر را خم‌کاری کنید. توصیه می‌شود هنگام تا زدن یک ورق داخل خم قرار دهید تا از له‌شدن کشو و خم‌ها جلوگیری شود.

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

| ابزار | کاربرد | تعداد | توضیحات |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

**نقشه شماره ۳**



## ارزشیابی تکوینی

| مراحل کار | شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...) | نتایج ممکن | استاندارد (شاخص‌های داوری / نمره‌دهی) | نمره |
|---|---|---|---|---|
| آماده‌سازی | کارگاه: کارگاه استاندارد ورق‌کاری<br>مواد: ورق فولادی<br>ابزار: ابزارهای اندازه‌گیری و خط‌کشی | آماده‌سازی بالاتر از انتظار | ــــــــــ | ۳ |
| | | آماده‌سازی قابل قبول | اندازه‌گذاری براساس نقشه، خط‌کشی براساس نقشه، پیاده‌سازی جزئیات نقشه | ۲ |
| | | آماده‌سازی 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:<br>کسب حداقل نمره ۲ از مرحله آماده‌سازی<br>کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش<br>کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار | | | | |

## ارزشیابی پایانی ـ اتصال فرنگی پیچ

**شرح کار:**

ـ پیاده کردن نقشه

ـ برش‌کاری (برش‌کاری قطعات، برش‌کاری زوایا)

ـ خم‌کاری

ـ صاف‌کاری و پلیسه‌گیری

**استاندارد عملکرد:**

اتصال ورق‌های فلزی با انواع فرنگی پیچ با استفاده از ابزار دستی و ماشینی با توجه به نقشه و الزامات فنی

**شاخص‌ها:**

ـ استفاده اصولی از ابزارهای نقشه‌کشی

ـ دقت در برش‌کاری و تنظیم تیغه‌های برش

ـ اجرای مراحل خم‌کاری با توجه به اصول نقشه

ـ ادغام کردن قطعات خم شده

**شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:**

کارگاه مجهز به اتصال فرنگی پیچ، چکش فلزی و پلاستیکی، فیبری، خط‌کش فلزی، سوزن خط‌کش، متر، انواع شابلون‌ها، انواع قیچی‌های دستی، گونیا، پرگار، قالب تنه، مشتی، قالب‌های خم‌کاری، گیره

**شرایط:**

**ابزار و تجهیزات:** تجهیزات خم‌کاری اتصال فرنگی پیچ

**معیار شایستگی:**

| ردیف | مرحله کار | حداقل نمره قبولی از ۳ | نمره هنرجو |
|---|---|---|---|
| ۱ | آماده‌سازی ورق | ۲ | |
| ۲ | اتصال با فرنگی پیچ | ۲ | |
| ۳ | پیاده‌سازی نقشه | ۲ | |
| ۴ | | | |
| ۵ | | | |
| ۶ | | | |
| | **شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:** مدیریت مواد و تجهیزات N۶۶، سطح ۱ استفاده از مواد تجهیزات و روش‌های صحیح و ایمن، جمع‌آوری ضایعات در محل مناسب، دقت، صداقت، روابط اجتماعی، به‌کار بردن اصول صحیح خم‌کاری | ۲ | |
| | **میانگین نمرات** | | * |

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

# پودمان ۵

# لحیم‌کاری



روش‌های اتصال مواد بسیار متنوع هستند، که هریک از آنها کاربرد خاصی دارند. لحیم‌کاری یک روش اتصال دائم می‌باشد که برای اتصال بسیاری از مواد مانند فلز، سرامیک و کامپوزیت‌ها استفاده می‌شود. در لحیم‌کاری از یک ماده واسطه که به عنوان پرکننده معروف است، برای اتصال دو قطعه استفاده می‌شود. این پرکننده‌ها به صورت فویل و فیلر می‌باشند که بسته به نوع کاربرد استفاده می‌شوند. امروزه از لحیم‌کاری در صنایع پیشرفته برای اتصال مواد غیر هم جنس همانند فلز به سرامیک به طور گسترده استفاده می‌شود.

# واحد یادگیری ۶

## شایستگی لحیم‌کاری نرم

آیا تا به‌حال پی برده‌اید

برای آب‌بندی قوطی‌های کنسرو از چه روشی استفاده می‌کنند؟
مدارهای الکترونیکی را چگونه به بوردهای فلزی متصل می‌کنند؟
لحیم‌کاری با جوش‌کاری چه تفاوتی دارد؟
ویژگی‌های لحیم نرم چیست؟
ترشوندگی مذاب روی سطح جامد چه تأثیری در اتصال دارد؟

هدف از این واحد شایستگی، فراگیری روش‌های آماده‌سازی و تمیزکاری ورق قبل از لحیم‌کاری، تجهیزات لحیم‌کاری، منابع گرمایی لحیم، انواع طرح اتصال لحیم، لحیم‌پذیری و روش‌های لحیم‌کاری نرم می‌باشد. لحیم‌کاری نرم یکی از روش‌های لحیم‌کاری است که همانند چسب از یک ماده واسطه (آلیاژ لحیم) برای اتصال دو فلز استفاده می‌کند. این ماده واسطه در دمای کمتر از دمای ذوب دو فلز، ذوب می‌شود و پس از سرد شدن باعث چسبیدن و اتصال دو فلز می‌شود. البته این مقدار چسبیدن به خواص فلز پایه (فلز مورد اتصال) و آلیاژ لحیم بستگی دارد.

**استاندارد عملکرد**

پس از اتمام این واحد یادگیری و کسب شایستگی لحیم‌کاری نرم، هنرجویان قادر به آماده‌سازی ورق و تجهیزات لحیم‌کاری و اتصال مصنوعات فلزی خواهند بود.

## تفاوت بین لحیم‌کاری و جوش‌کاری چیست؟

به شکل ۱ نگاه کنید، شکل سمت راست دو فلز را نشان می‌دهد که با روش جوش‌کاری به یکدیگر متصل شده‌اند، و شکل سمت چپ اتصال دو فلز را با لحیم‌کاری نشان می‌دهد. چه تفاوتی بین این دو روش اتصال وجود دارد؟



الف ـ جوش‌کاری دو قطعه فولادی



ب ـ لحیم‌کاری دو قطعه مسی

شکل ۱ـ اتصال دو فلز با روش لحیم‌کاری و جوش‌کاری

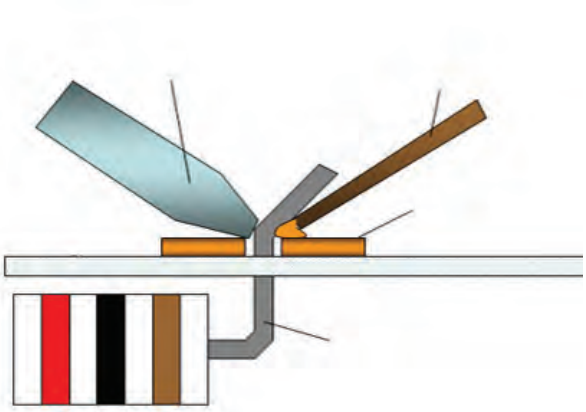
## تفاوت لحیم‌کاری سخت و نرم

تفاوت بین لحیم‌کاری نرم و سخت در جدول زیر آمده است.

| لحیم‌کاری نرم | لحیم‌کاری سخت |
|---|---|
| دمای کار پایین‌تر از ۴۵۰ درجه سلسیوس | دمای کار بالاتر از ۴۵۰ درجه سلسیوس |
| استحکام و پایداری اتصال پایین | استحکام و پایداری اتصال بالا |
| دما و فشار بالای لحیم‌کاری روی اتصال تأثیر می‌گذارد | دما و فشار بالای لحیم‌کاری روی اتصال تأثیر نمی‌گذارد |
| تجهیزات ارزان قیمت | تجهیزات گران قیمت |

## لحیم‌کاری نرم یک روش اتصال دائم است

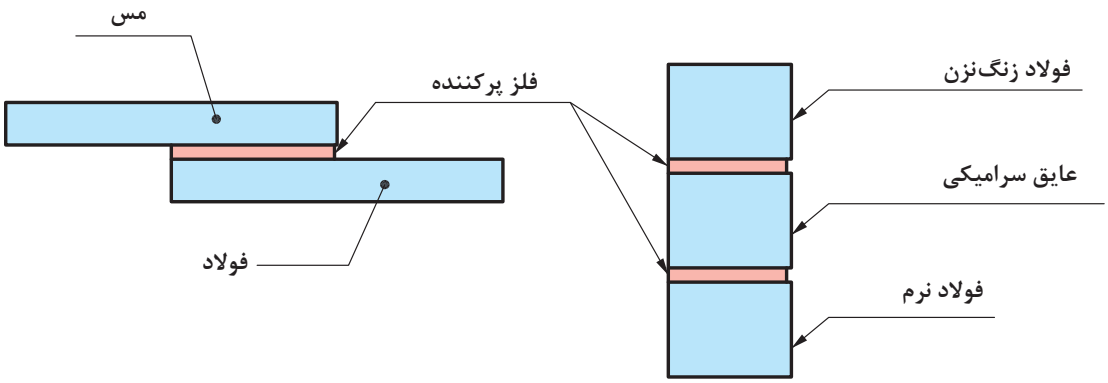
روشی است که دو یا چند فلز توسط ذوب یک فلز یا آلیاژ واسطه، اتصال بین آنها برقرار می‌شود. شکل روبه‌رو شماتیکی از روش اتصال لحیم‌کاری نرم را نشان می‌دهد. این روش برای اتصال ورق‌های فلزی به‌خصوص ورق‌های مسی کاربرد فراوان دارد.



**شکل ۲ـ شماتیک فرایند لحیم‌کاری نرم**

پس از برقراری اتصال، یک فصل مشترک نازک بین قطعات شکل می‌گیرد که از جنس ماده واسطه می‌باشد. خواص این لایه شبیه خواص همان ماده واسطه است. نکته قابل توجه در لحیم‌کاری در مقابل جوش‌کاری، این است که فلز پایه ذوب نمی‌شود.

تحقیق: با توجه به این مزیت از لحیم‌کاری می‌توان در چه کاربردهای دیگر استفاده کرد؟




**شکل ۳ـ قطعات لحیم‌کاری شده**

## تجهیزات لحیم‌کاری

برای ایجاد یک اتصال خوب و با کیفیت در روش لحیم‌کاری، آماده‌سازی تجهیزات و مواد بسیار حائز اهمیت می‌باشد. تجهیزات و مواد مصرفی برای لحیم‌کاری نرم به طور کلی در شکل نشان داده شده است.

۱ـ هویه ۲ـ آلیاژ لحیم ۳ـ منبع گرما ۴ـ تمیز کننده هویه ۵ـ روانساز




**شکل۴ـ تجهیزات و مواد مصرفی لحیم‌کاری نرم**

## آلیاژهای لحیم نرم

سؤال

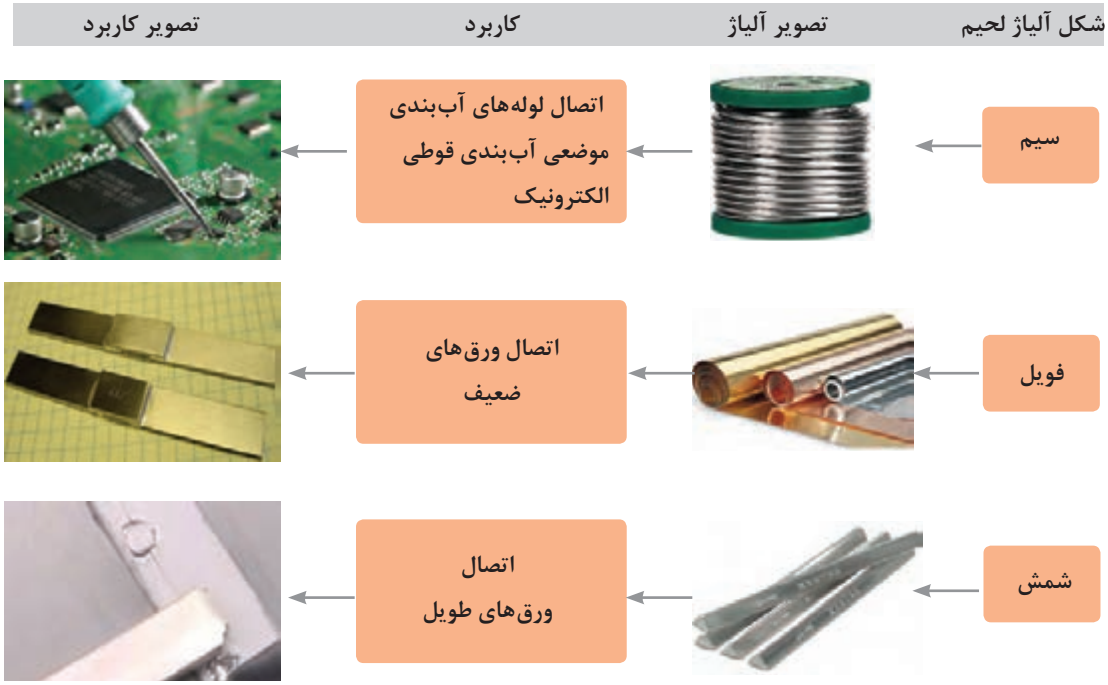
به مخلوط دو یا چند عنصر که حداقل یکی از آنها فلز باشد و مخلوط حاصل خواص فلزی داشته باشد، آلیاژ گویند. به جدول ۱ نگاه کنید و بگویید کدام یک از آنها آلیاژ می‌باشند.

**جدول۱- مقایسه آلیاژها و غیرآلیاژها**

| ردیف | ماده | اجزا | | آلیاژ است | آلیاژ نیست | تصویر |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | اصلی | اضافه شده | | | |
| ۱ | فولاد | آهن | کربن | ☐ | ☐ |  |
| ۲ | زنگ آهن | آهن | اکسیژن | ☐ | ☐ |  |
| ۳ | برنج | مس | روی | ☐ | ☐ |  |
| ۴ | لحیم | قلع | سرب | ☐ | ☐ |  |

## دسته‌بندی آلیاژ لحیم از لحاظ شکل

آلیاژ لحیم در اشکال مختلف در بازار موجود است که در شکل زیر مشخصات و کاربرد آنها مشخص شده است.




**۵ــ شکل‌های مختلف ماده لحیم**

## ویژگی‌های آلیاژ لحیم نرم

آلیاژ لحیم مناسب باید علاوه بر نقطه ذوب پایین دارای خاصیت ترکنندگی و موییننگی مناسب باشد تا بتواند درز اتصال را به راحتی پر نماید و دو ورق را به راحتی به هم بچسباند. در جدول ۲ برخی از این خصوصیات آورده شده‌اند.

**جدول ۲ــ ویژگی‌های آلیاژ لحیم نرم**

| خصوصیات آلیاژ لحیم | شرایط مورد نیاز جهت تأمین | توضیحات |
|---|---|---|
| ترکنندگی زیاد | چگالی بالای ماده لحیم | سبب باقی ماندن مذاب بر روی سطح ماده می‌گردد |
| | ظرفیت حرارتی بالا | سبب دیر سرد شدن مذاب لحیم می‌شود |
| مویینگی قوی | عدم میل شیمیایی با ورق | در سطح اتصال اتم‌های مذاب لحیم و ورق با هم واکنش نداده و حرکت مذاب امکان‌پذیر می‌شود |
| | نقطه ذوب پایین | سطح ورق ذوب نمی‌شود و صافی سطح از بین نمی‌رود و مذاب لحیم می‌تواند بر روی سطح حرکت کند |
| سیالیت بالا | نقطه ذوب پایین | با گرم کردن، آلیاژ لحیم به راحتی ذوب شده و به سهولت حرکت می‌نماید |

## نام‌گذاری آلیاژ لحیم

نام‌گذاری آلیاژهای لحیم بر اساس مقدار دو عنصر قلع و سرب در آن بوده و به صورت زیر می‌باشد:

XX XX

درصد سرب درصد قلع

به عنوان مثال آلیاژ ۷۰/۳۰ آلیاژی است که ۷۰ درصد وزنی قلع و ۳۰ درصد وزنی سرب دارد. در جدول ۳ برخی از آلیاژها نشان داده شده است.

**جدول ۳ـ ویژگی‌های آلیاژ لحیم نرم**

| آلیاژ | کد محصول | حد اکثر نقطه ذوب | کاربرد |
|---|---|---|---|
| ۷۰/۴۰<br>۶۰/۴۰ | ۷۰<br>۶۰ | ۱۹۲<br>۱۹۰ | اتصال قطعات الکترونیکی |
| ۵۰/۵۰ | ۵۰ | ۲۱۷ | اتصال ورق |
| ۴۰/۶۰ | ۴۰ | ۲۳۵ | اتصال لوله‌های مسی |
| ۳۰/۷۰ | ۳۰ | ۲۵۵ | مناسب برای لحیم‌کاری با مشعل رادیاتورها، تأسیسات و لوله‌های مسی |

## انواع روان ساز (Flux)

تنه‌کار ماده‌ای شیمیایی است که با هدف تمیزکاری سطوح و کمک به ایجاد اتصالی سالم و کامل استفاده می‌شود. تنه‌کارها معمولاً به صورت‌های خمیری و مایع موجودند در صورتی که فلاکس به صورت خمیری باشد معمولاً ماده لحیم را به آن آغشته می‌کنند ولی فلاکس مایع توسط قلم‌مو و بر روی سطح اتصال مالیده می‌شود (شکل ۶).




**شکل ۶ـ تنه‌کار (فلاکس)**

تنه‌کارها با اهداف مختلفی در لحیم‌کاری استفاده می‌شوند که برخی از آنها عبارتند از:

۱ تمیزکاری سطح قبل از لحیم‌کاری

۲ مراقبت از سطوح داغ شده (هویه و لبه‌های اتصال) از زنگ‌زدگی

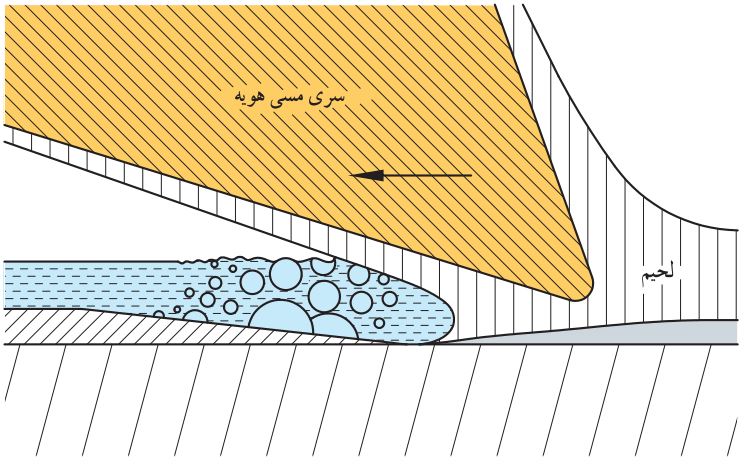
۳ کمک به سیلان بهتر لحیم در درز اتصال (بهبود خاصیت تر شوندگی)

فلاکس مناسب دارای خصوصیات زیر می‌باشد:

۱ـ هنگام لحیم‌کاری به‌صورت مایع باقی مانده و همه سطح را پوشش دهد.

۲ـ زنگ‌زدگی و چربی را حل کند.

۳ـ به راحتی توسط مذاب لحیم بخار شده و مذاب لحیم جایگزین آن شود (شکل ۷).




**شکل ۷ـ نمایی از پوشش فلاکس و تبخیر آن در هنگام لحیم‌کاری**

در جدول ۴ به انواع تنه‌کار و کاربرد آنها اشاره شده است.

**جدول ۴ـ انواع تنه‌کار**

| ردیف | نوع تنه‌کار | وظیفه | مزایا | معایب | کاربرد |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | غیر فعال | حفاظت سطح اتصال از اکسید شدن | بقایای آن بعد از لحیم‌کاری سبب زنگ‌زدگی قطعه نمی‌شود. | سطح قطعه قبل از لحیم‌کاری باید توسط سنباده یا مواد شیمیایی تمیز شود. | اتصالات الکتریکی |
| ۲ | فعال | حفاظت سطح اتصال از اکسید شدن انحلال و حذف آلودگی‌ها | نیازی به تمیزکاری قبل از لحیم‌کاری ندارد. | بقایای آن بعد از لحیم‌کاری می‌تواند سبب زنگ‌زدگی قطعه شود و باید پس از لحیم‌کاری سریعاً تمیز شوند. | اتصال ورق‌های فلزی |

## لحیم‌پذیری[1]

چهار طلق پلاستیکی صاف به ابعاد دلخواه ببرید. دو عدد از این طلق‌ها را با کمک چسب مایع بپوشانید. سطح دو طلق باقی‌مانده را با استفاده از یک ماده چرب نظیر روغن، کرم و ... کاملاً بپوشانید و سپس آنها را با کمک چسب به هم بچسبانید.

سؤال: در کدام حالت اتصال ایجاد شده مقاوم‌تر است؟

۱ ـ Solder ability

برای صرفه‌جویی می‌توانید از ظروف مستعمل و دور ریز استفاده نمایید. در این صورت سطح طلق‌های بریده شده را کاملاً شسته و خشک نمایید تا چرب و آلوده نباشند.

همان‌گونه که ملاحظه کردید: قابلیت چسبیدن ورق‌ها با تغییر شرایط سطحی تغییر می‌کند (برخی چسب‌پذیری بهتر و برخی دیگر چسب‌پذیری ضعیف‌تری دارند).

سهولت اتصال سطوح فلزی توسط عملیات لحیم‌کاری را لحیم‌پذیری گویند.

لحیم‌پذیری به عوامل مختلفی وابسته است که عبارتند از:

۱ـ لقی[۱] بین سطوح لحیم

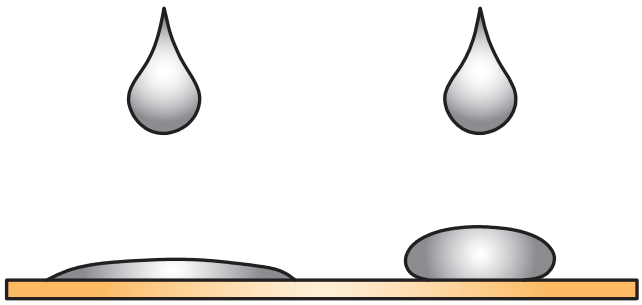
۲ـ تر شوندگی[۲] سطوح توسط ماده لحیم

۳ـ خاصیت مویینگی[۳] ماده لحیم بر روی سطح

که در ادامه هر یک از این عوامل توضیح داده شده‌اند.

## خاصیت ترشوندگی

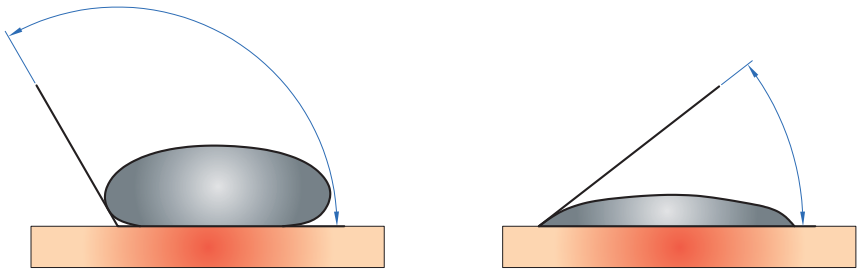
به شکل زیر نگاه کنید، در کدام حالت قطره مذاب سطح جامد را بیشتر ترکرده است؟



**شکل ۸ـ قابلیت ترشوندگی کننده مایع بر روی سطح جامد**

به قابلیت چسبیدن مولکول‌های مایع بر روی سطح جامد، خاصیت ترشوندگی می‌گویند. این خاصیت در لحیم‌کاری از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد. هر چه مقدار ترشوندگی آلیاژ لحیم بیشتر باشد، اتصال مستحکم‌تر خواهد شد.

در شکل ۹ نحوهٔ قرارگیری قطره آب بر روی سطوح ورق‌های مثال قبل نشان داده شده است. به زاویه بین قطره و سطح ورق، زاویه ترشوندگی گویند. به نظر شما ارتباط بین زاویه ترشوندگی و قابلیت ترشوندگی چیست؟



**شکل ۹ـ ترشوندگی در شرایط مختلف**

۱ - Clearancy
۲ - Wettability
۳ - Capillary Action

## خاصیت مویینگی[1]

دو تکه پارچه سفید رنگ را به طول دلخواه (حداقل طول پارچه ۳۰ سانتی‌متر باشد) تهیه کنید، همانند شکل ۱۰ یک سر پارچه‌ها را در لیوان‌های آب‌رنگ قرار دهید. سر دیگر پارچه را در لیوانی خالی قرار دهید. با گذشت زمان اتفاق رخ داده شده را یادداشت نمایید. علت این امر را چه می‌دانید؟



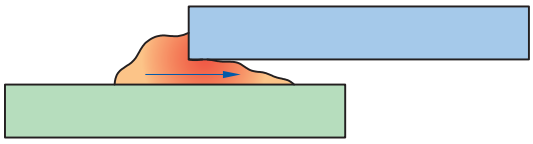
**شکل ۱۰ــ خاصیت مویینگی در پارچه**

خاصیت نفوذ مداوم و آرام یک سیال بین دو سطح یا درون یک جسم جامد را مویینگی گویند.

در عملیات لحیم‌کاری، لحیم مذاب دو وظیفه به عهده دارد:

**الف)** نفوذ در درون درز اتصال (شکل ۱۱)

**ب)** چسبیدن مذاب لحیم به سطح ورق‌ها ( شکل ۱۲)



**شکل ۱۱ــ نفوذ مذاب لحیم در درون درز اتصال**



**شکل ۱۲ــ چسبیدن مذاب لحیم به سطح ورق**

به نظر شما به خاصیت الف و ب چه می‌گویند؟

## لقی

به فضای خالی موجود بین دو سطح کنار هم در طرح اتصال لقی گفته می‌شود (شکل ۱۳). در صورتی‌که مقدار لقی بیش از ۰/۵ میلی‌متر باشد، خاصیت مویینگی حذف خواهد شد و نفوذ آلیاژ لحیم به سختی انجام خواهد گرفت.

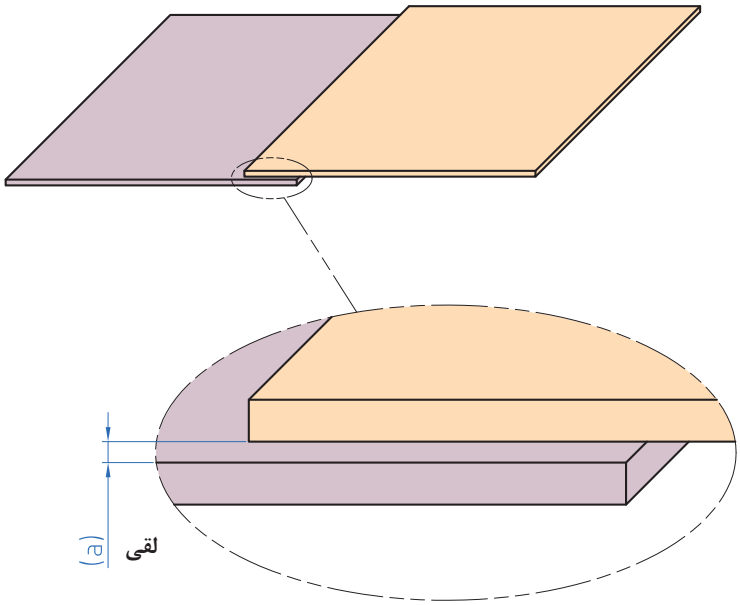
هر اندازه لقی کمتر باشد، استحکام اتصال بهتر خواهد بود. به نظر شما علت این مسئله چیست؟ در جدول ۵ لقی مورد نیاز در قطعات مختلف آورده شده است.

---

۱- Capillarity

**جدول ۵ــ لقی مورد نیاز برای لحیم**

| ردیف | نوع ورق | لقی (µm) |
|---|---|---|
| ۱ | روغنی | کمتر از ۷۵ |
| ۲ | سیاه | کمتر از ۷۵ |
| ۳ | قلع اندود | کمتر از ۲۵ |




**شکل ۱۳ــ لقی در لحیم‌کاری**

## منابع تأمین گرما

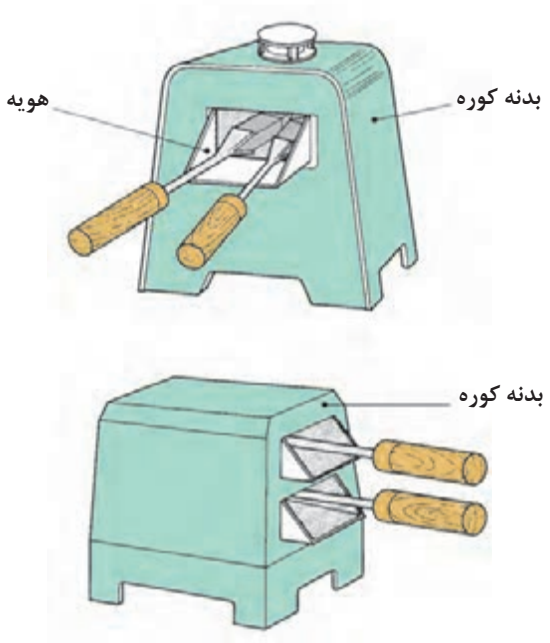
منابع گرما در لحیم‌کاری متنوع می‌باشند که چند نمونه آن در ادامه آورده شده است.



**شکل ۱۴ــ هویه**

## منبع گرمای کوره‌ای

این روش از قدیمی‌ترین روش‌های گرم کردن هویه می‌باشد. به این روش، لحیم‌کاری با منبع غیر دائمی می‌گویند (شکل ۱۵). به نظر شما علت این نام‌گذاری چیست؟ و چه مزایا و معایبی دارد؟




**شکل ۱۵ــ کوره**

## منبع گازی

در این روش هویه را با کمک یک مشعل گازی گرم می‌کنند. به این روش، لحیم‌کاری با منبع دائمی گفته می‌شود( شکل ۱۶). به نظر شما علت این نام‌گذاری چیست؟ و چه مزایا و معایبی دارد؟




**شکل ۱۶ــ اجزای هویه مشعلی**

## منبع الکتریکی

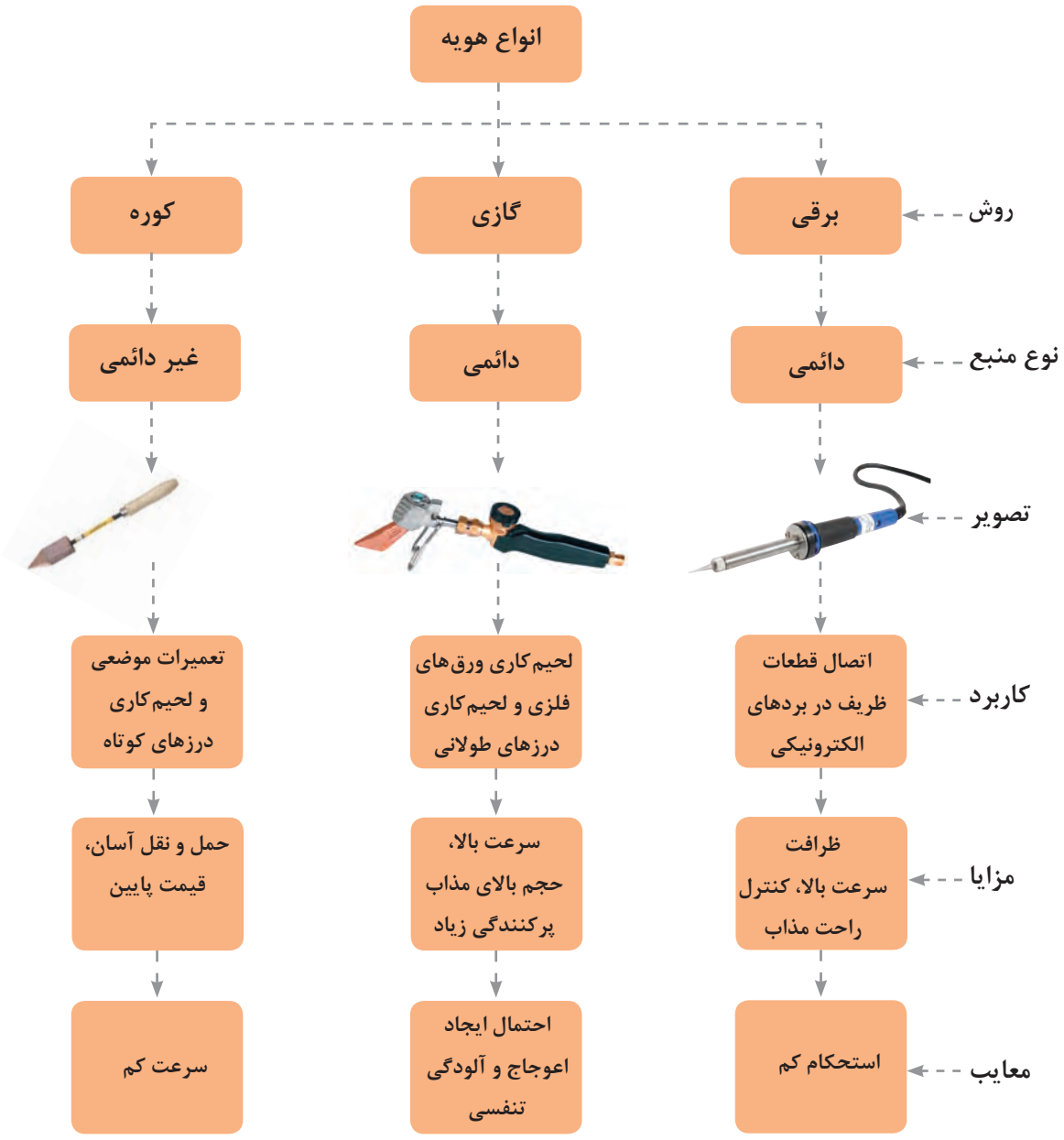
در این روش به کمک المنت برقی که درون هویه تعبیه شده است هویه را گرم می‌کنند (شکل ۱۷). به نظر شما این روش لحیم‌کاری با استفاده از منبع دائمی است یا غیر دائمی؟ و چه مزایا و معایبی دارد؟



**شکل ۱۷ــ منبع الکتریکی (هویه)**

## مقایسه روش‌های لحیم‌کاری با هویه

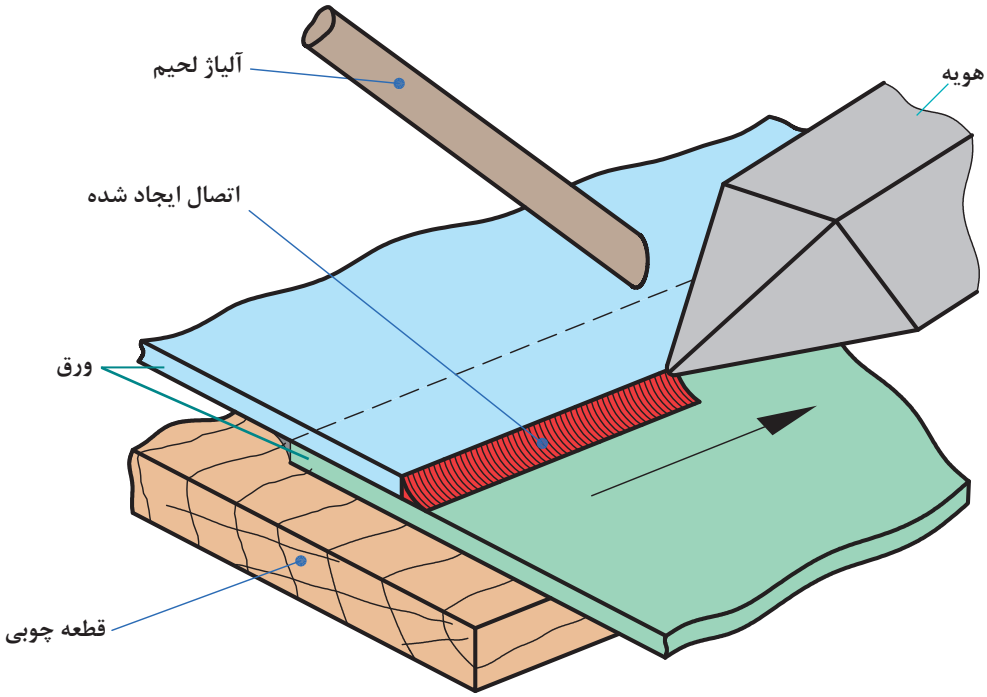
شکل ۱۸ انواع روش‌های لحیم‌کاری با کمک هویه را نشان می‌دهد. با توجه به شکل می‌توانید مقایسه‌ای بین روش‌های مختلف داشته باشید.




شکل ۱۸ــ انواع روش‌های لحیم‌کاری با هویه

## لحیم‌کاری با هویه

لحیم‌کاری به روش هویه قدیمی‌ترین روش لحیم‌کاری است. اتصال بسیاری از جواهرآلات و ظروف که در زمره آثار باستانی محسوب می‌شوند به کمک این روش انجام شده است.
در این روش ذوب ماده لحیم توسط فلز داغ انجام می‌شود. به این قطعه فلزی هویه می‌گویند.
همان‌طور که در شکل ۱۹ ملاحظه می‌شود هویه علاوه بر تأمین گرما می‌تواند به حرکت مذاب در سرتاسر اتصال و نفوذ آن به درون درز اتصال کمک نماید.

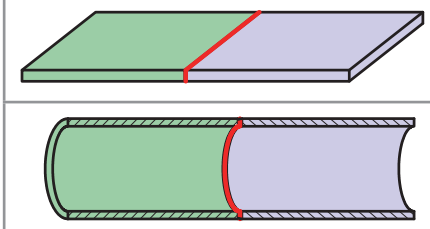
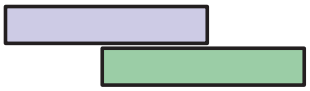
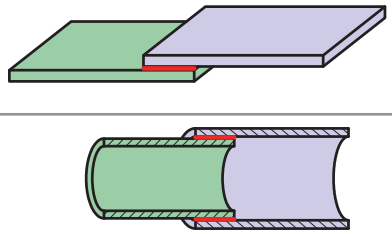
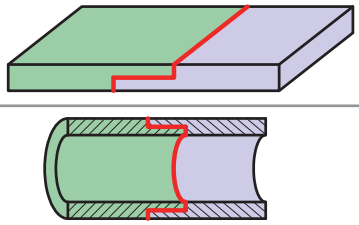
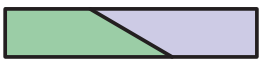
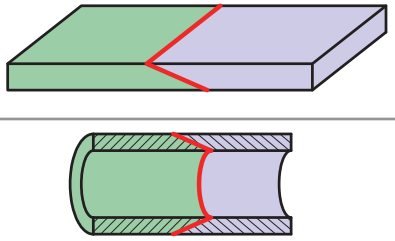
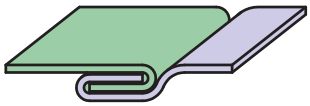
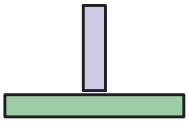
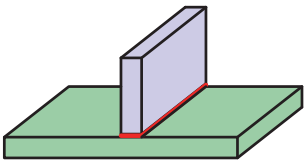



شکل ۱۹ـ روش کم‌کاری با هویه

## انواع طرح اتصال

همانند چسب‌کاری برای اتصال فلزات به کمک لحیم‌کاری، نیاز به ایجاد یک طرح اتصال قبل از انجام لحیم‌کاری می‌باشد. انتخاب طرح اتصال به گونه‌ای باید باشد که علاوه بر شکل مناسب چسبندگی و مقاومت مناسب نیز به همراه داشته باشد. در جدول ۶ برخی از طرح‌های اتصال رایج در لحیم‌کاری آورده شده است.

**جدول۶ـ انواع طرح اتصال در لحیم‌کاری**

| ردیف | نام طرح اتصال | نمای اتصال | تصویر شماتیک |
|---|---|---|---|
| ۱ | لب به لب[۱] |  |  |
| ۲ | لب روی هم[۲] |  |  |
| ۳ | لب روی هم سر به سر[۳] |  |  |
| ۴ | سر به سر مورب[۴] |  |  |
| ۵ | فرنگی پیچ[۵] |  |  |
| ۶ | T شکل (سه‌پر)[۶] |  |  |

۱ـ Butt joint ۲ـ Lap joint ۳ـ Butt–lap joint ۴ـ Scarf joint ۵ـ Lack Seam joint ۶ـ Tjoint

## روش اجرای لحیم‌کاری نرم

برای اجرای یک لحیم‌کاری موفق مراحل زیر را به دقت اجرا کنید.

۱ **آماده سازی:** جدولی مطابق با جدول ۷ آماده کنید و همواره قبل از کار از بابت موجودی لوازم مورد نیاز اطمینان حاصل نمایید. این جدول را با کمک هنرآموز محترم خود تکمیل نمایید.

**جدول ۷- چک لیست تجهیزات موجود**

| ردیف | روش | تجهیزات و مواد مصرفی | | |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | مشعل گازی | ۱ـ<br>۲ـ<br>۳ـ | ۴ـ<br>۵ـ<br>۶ـ | ۷ـ<br>۸ـ<br>۹ـ |
| ۲ | هویه برقی | ۱ـ<br>۲ـ<br>۳ـ | ۴ـ<br>۵ـ<br>۶ـ | ۷ـ<br>۸ـ<br>۹ـ |
| ۳ | هویه گازی | ۱ـ<br>۲ـ<br>۳ـ | ۴ـ<br>۵ـ<br>۶ـ | ۷ـ<br>۸ـ<br>۹ـ |
| ۴ | هویه کوره‌ای | ۱ـ<br>۲ـ<br>۳ـ | ۴ـ<br>۵ـ<br>۶ـ | ۷ـ<br>۸ـ<br>۹ـ |

۲ **تمیز کاری سطح اتصال:** سطح اتصال را بازبینی نمایید، اگر سطح چرب یا زنگ زده باشد باید با استفاده از یک فلاکس فعال سطح را آغشته نمایید. در غیر این صورت با کمک سنباده زنگ‌زدگی و با کمک پارچه آغشته به الکل، یا اسیدشویی چربی‌ها و اکسیدها را بزدایید.

**۳ کنترل تمیزی نوک هویه:** نوک هویه را با چشم کنترل کنید. اگر اثری از آلودگی (زنگ زدگی، چربی و ...) ملاحظه شد، با مالیدن نوک هویه درون فلاکس فعال و یا کشیدن پارچه آغشته به فلاکس مایع عمل تمیزکاری را انجام دهید.



الف ـ هویه آلوده

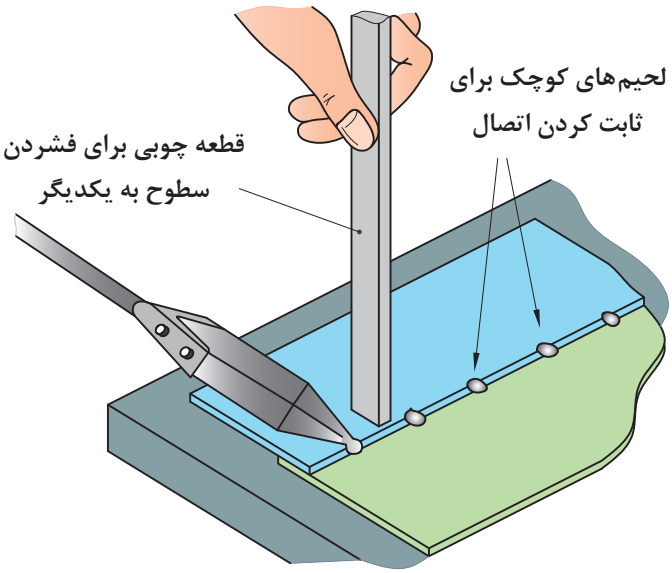


ب ـ تمیزکاری هویه

شکل ۲۰

**۴ گرم کردن هویه:** برای اطمینان از گرمایش کافی هویه، نوک آن را به آلیاژ لحیم بچسبانید. در صورت تولید قطرات مذاب، دمای هویه مناسب است. در صورتی‌که لحیم مذاب دود کند و تیره رنگ شود دما بیش از اندازه است و باید هویه کمی خنک شود.

**۵ مونتاژ قطعات:** در اتصال ورق‌ها برای ثابت نگه‌داشتن لبه‌های اتصال باید قبل از لحیم‌کاری فواصل مناسبی از قطعه را با ریختن اندکی مذاب لحیم به یکدیگر اتصال داد تا در هنگام اجرای لحیم‌کاری محکم در جای خود بماند (شکل ۲۱).




شکل ۲۱ـ ثابت کردن اتصال با استفاده از لحیم

۶ **ذوب و جاری کردن آلیاژ لحیم:** شکل ۲۲ نمایی از پرکردن درز اتصال توسط مذاب لحیم را نشان می‌دهد.



**شکل ۲۲ ـ پرکردن درز اتصال به‌وسیله مذاب لحیم**

۷ **تمیز کاری پس از لحیم‌کاری:** پس از انجام لحیم‌کاری باید اطمینان حاصل کنید که اثری از فلاکس بر روی سطح اتصال باقی نمانده باشد در غیر این صورت با پارچه تنظیف سطح لحیم را تمیز کنید.

۸ **کنترل نهایی:** پس از تمیزکاری، سطح لحیم را به دقت بازرسی کنید تا از پوشش یکنواخت ماده لحیم اطمینان حاصل شود تا در صورت نیاز جهت ترمیم نقاط معیوب اقدام شود.



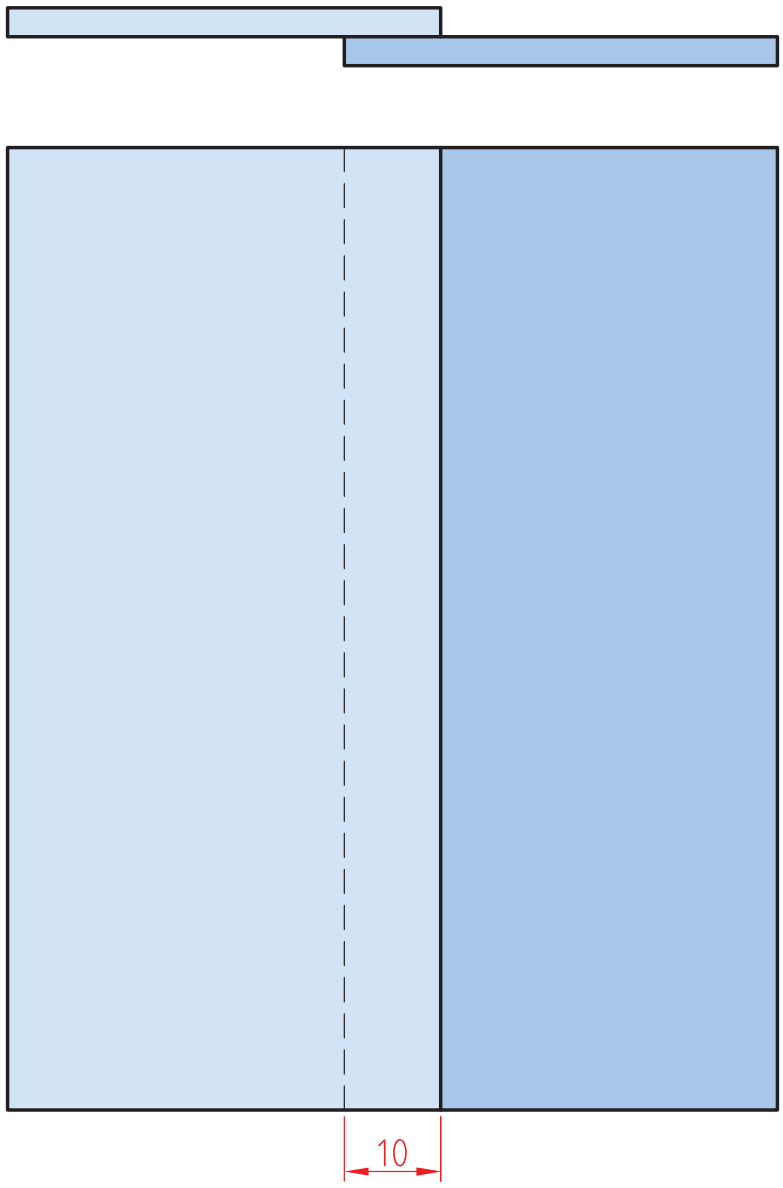

**شکل ۲۳**

## کار کارگاهی

### ۱ـ لحیم‌کاری اتصال لب روی هم

**شرح فعالیت:** دو قطعه ورق با ابعاد ۰/۵× ۵۰ ×۱۲۰ میلی‌متر انتخاب کنید. پس از تمیزکاری قطعات با استفاده از قلم مو یا پنبه فصل مشترک اتصال را به فلاکس آغشته نمایید و قطعات را همانند نقشه۱ مونتاژ و لحیم نمایید.

نقشه شماره ۱



## ابزارهای مورد نیاز

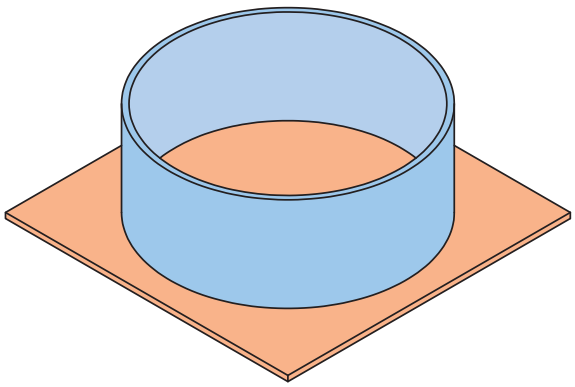
ابزارهای مورد نیاز خود را برای ایجاد نقطه جوش در جدول فهرست کنید.

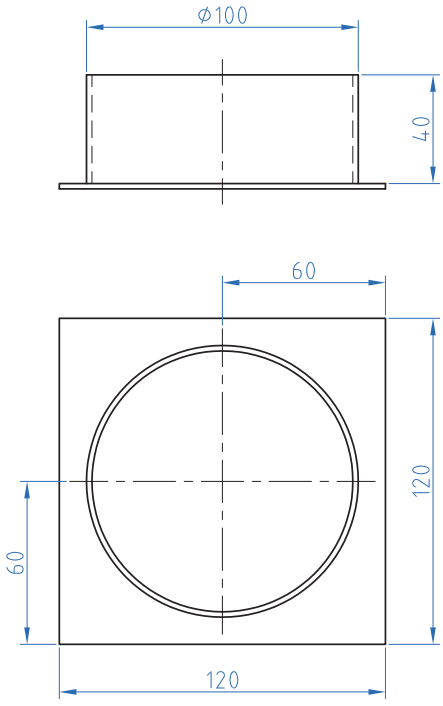
| ابزار | کاربرد | تعداد | توضیحات |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

### ۲ـ لحیم‌کاری لوله به فلنج

**شرح فعالیت:** با ورق روغنی به ضخامت ۰/۵ لوله‌ای همانند نقشه شماره ۲ بسازید و آن را به ورقی با ابعاد ۱mm ×۱۲۰× ۱۲۰ مونتاژ و لحیم کنید.

**نقشه شماره ۲**

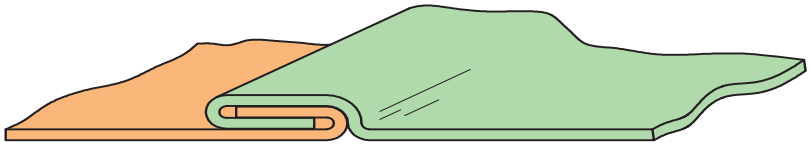




### ۳ـ لحیم‌کاری اتصال فرنگی پیچ

**شرح فعالیت:** با دو ورق روغنی به ابعاد ۰/۵ × ۵۰ × ۱۲۰ یک اتصال فرنگی پیچ را همانند نقشه ۳ آماده‌سازی و سپس لحیم نمایید.

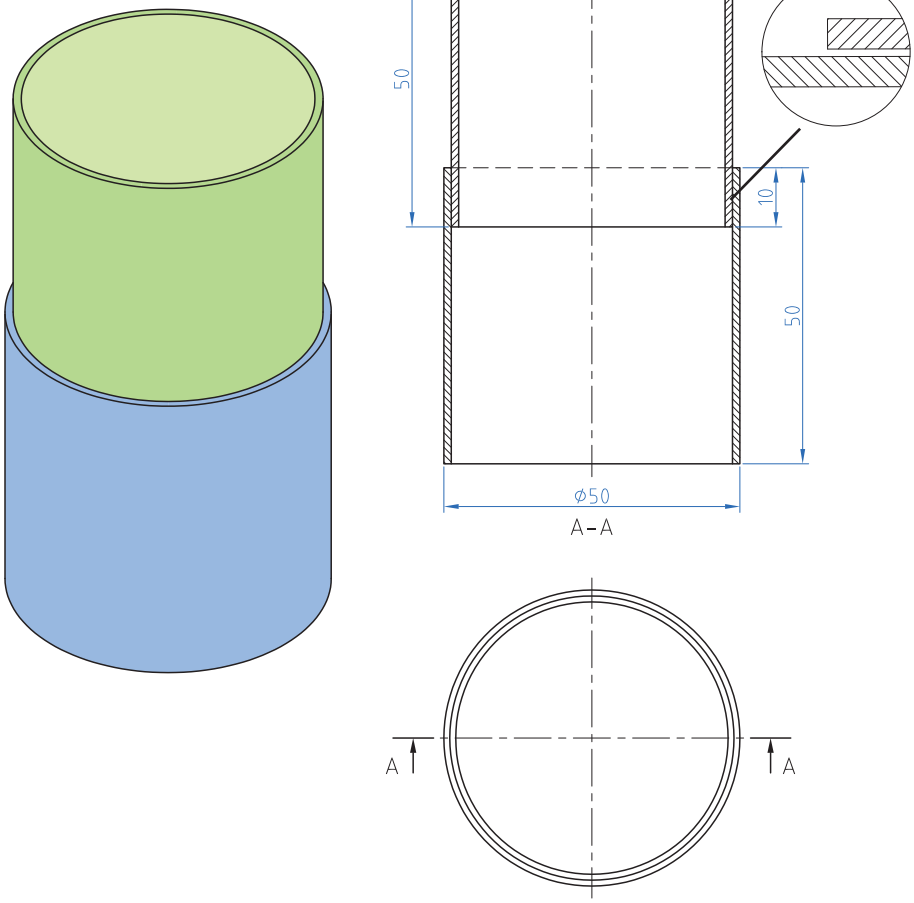
نقشه شماره ۳



### ۴ـ لحیم‌کاری اتصال لوله به لوله

**شرح فعالیت:** با ورق ۰/۵ دو لوله همانند نقشه شماره ۴ بسازید و پس از مونتاژ کردن، آنها را لحیم نمایید.

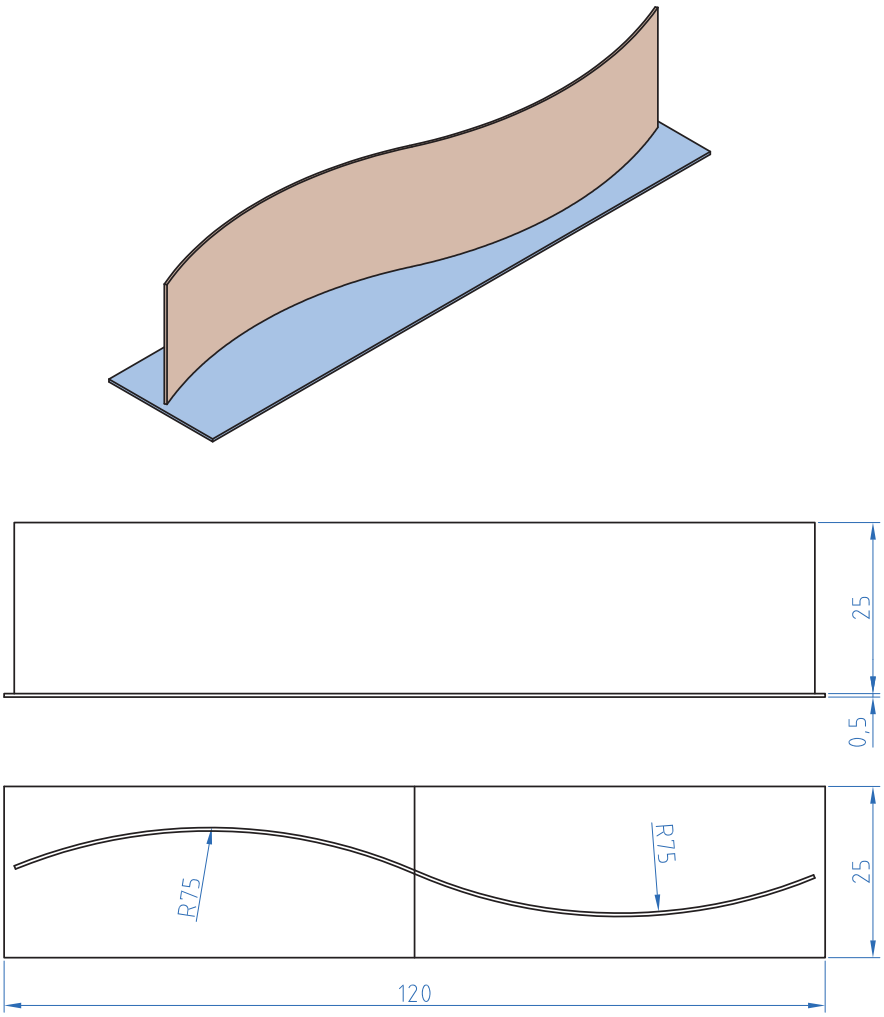
نقشه شماره ۴



### ۵ـ لحیم‌کاری اتصال سه پری s شکل

**شرح فعالیت:** دو ورق به ابعاد ۰/۵× ۲۵ ×۱۲۰ را همانند نقشه شماره ۵ مونتاژ و سپس لحیم نمایید.

**نقشه شماره ۵**



## ارزشیابی تکوینی

| مراحل کار | شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...) | نتایج ممکن | استاندارد (شاخص‌های داوری / نمره‌دهی) | نمره |
|---|---|---|---|---|
| لحیم‌کاری | کارگاه: ورق‌کاری<br>مواد: ورق فولادی، آلیاژ لحیم، روان‌ساز<br>ابزار: تجهیزات لحیم‌کاری | بالاتر از انتظار | ــــــــ | ۳ |
| | | قابل قبول | اندازه‌گذاری براساس نقشه، خط‌کشی براساس نقشه، پیاده‌سازی جزئیات نقشه | ۲ |
| | | 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:<br>کسب حداقل نمره ۲ از مرحله آماده‌سازی<br>کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش<br>کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار | | | | |

**شرح کار:**
ـ تمیزکاری و آماده‌سازی تجهیزات
ـ راه‌اندازی منابع حرارتی
ـ لحیم‌کاری
ـ تمیزکاری پسماندها و آلودگی‌ها

**استاندارد عملکرد:**
لحیم‌کاری نرم قطعات فلزی با کاری تجهیزات مربوطه
**شاخص‌ها:**
ـ تمیز بودن، انتخاب درست وسائل لحیم‌کاری
ـ عملکرد درست منبع حرارتی
ـ لحیم‌کاری با پیوستگی کامل مواد لحیم
ـ قطعه تمیز بدون پسماندهای (اسیدی، روان‌ساز)

**شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:**
**شرایط:** کارگاه (محیط کار)، مجهز به تهویه، تجهیزات لحیم‌کاری، منبع حرارتی، مواد مصرفی (شمش لحیم، روان‌ساز) حلال‌های شیمیایی، برس سیمی و برقی، سنگ سمباده، قلم موئی، کاغذ سمباده، نشادر
**ابزار و تجهیزات:** تجهیزات و منابع حرارتی، وسائل ایمنی

**معیار شایستگی:**

| ردیف | مرحله کار | حداقل نمره قبولی از ۳ | نمره هنرجو |
|---|---|---|---|
| ۱ | آماده‌سازی مواد | ۲ | |
| ۲ | آماده‌سازی دستگاه | ۱ | |
| ۳ | لحیم‌کاری | ۲ | |
| ۴ | تمیزکاری | ۱ | |
| ۵ | | | |
| ۶ | | | |
| | **شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:** مسئولیت‌پذیری، سطح ۲، اطمینان از کیفیت کار انجام شده، ایمنی در محل کپسول، ایمنی در شیلنگ‌ها، ایمنی در محیط از نظر تمیز بودن قطعه‌کار و محیط کار از نظر روغن و غیره، ایمنی در محیط از نظر عوامل آتش‌زا و انفجاری، ایمنی فرایند. | ۲ | |
| | **میانگین نمرات** | | * |

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

## فهرست منابع


۱ برنامه درسی رشته صنایع فلزی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه ای، کاردانش، ۱۳۹۴

۲ **Timings, Roger. Fabrication and welding engineering. Routledge, 2008.**

۳ **Jeffus, Larry. Welding and Metal Fabrication. Cengage Learning, 2011.**

۴ **Humpston, Giles, and David M. Jacobson, eds. Principles of soldering. ASM international, 2004.**

هنرآموزان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظر اصلاحی خود را درباره مطالب کتاب‌های درسی از طریق سامانه «نظرسنجی از محتوای کتاب درسی» به نشانی «nazar. roshd.ir» یا نامه به نشانی تهران ـ صندوق پستی ۴۸۷۴ ـ ۱۵۸۷۵ ارسال کنند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

Www.IranEstekhdam.Ir

## «لینک‌های مفید و مرتبط»

**دانلود منابع آزمون استخدامی هنرآموز صنایع فلزی**

**خرید و دانلود**

**دانلود نمونه سوالات آزمون استخدامی هنرآموز صنایع فلزی**

**خرید و دانلود**

سرویس خصوصی خدمات عام المنفعه اخبار شغل و استخدام

Www.IranEstekhdam.Ir

خواننده گرامی؛ در جهت بهبود کیفیت این فایل؛ لطفاً هرگونه انتقاد و پیشنهاد خود در مورد مطالب آن

و یا گزارش مشکل را به آدرس ایمیل و یا با شماره تلفن زیر مطرح نمایید:

شماره تلفن تماس: ۰۲۱-۹۱۳۰۰۱۱۳ آدرس ایمیل: soal@iranestekhdam.ir