بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

فرم‌دهی ورق‌های فلزی

رشته صنایع فلزی

گروه مکانیک

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

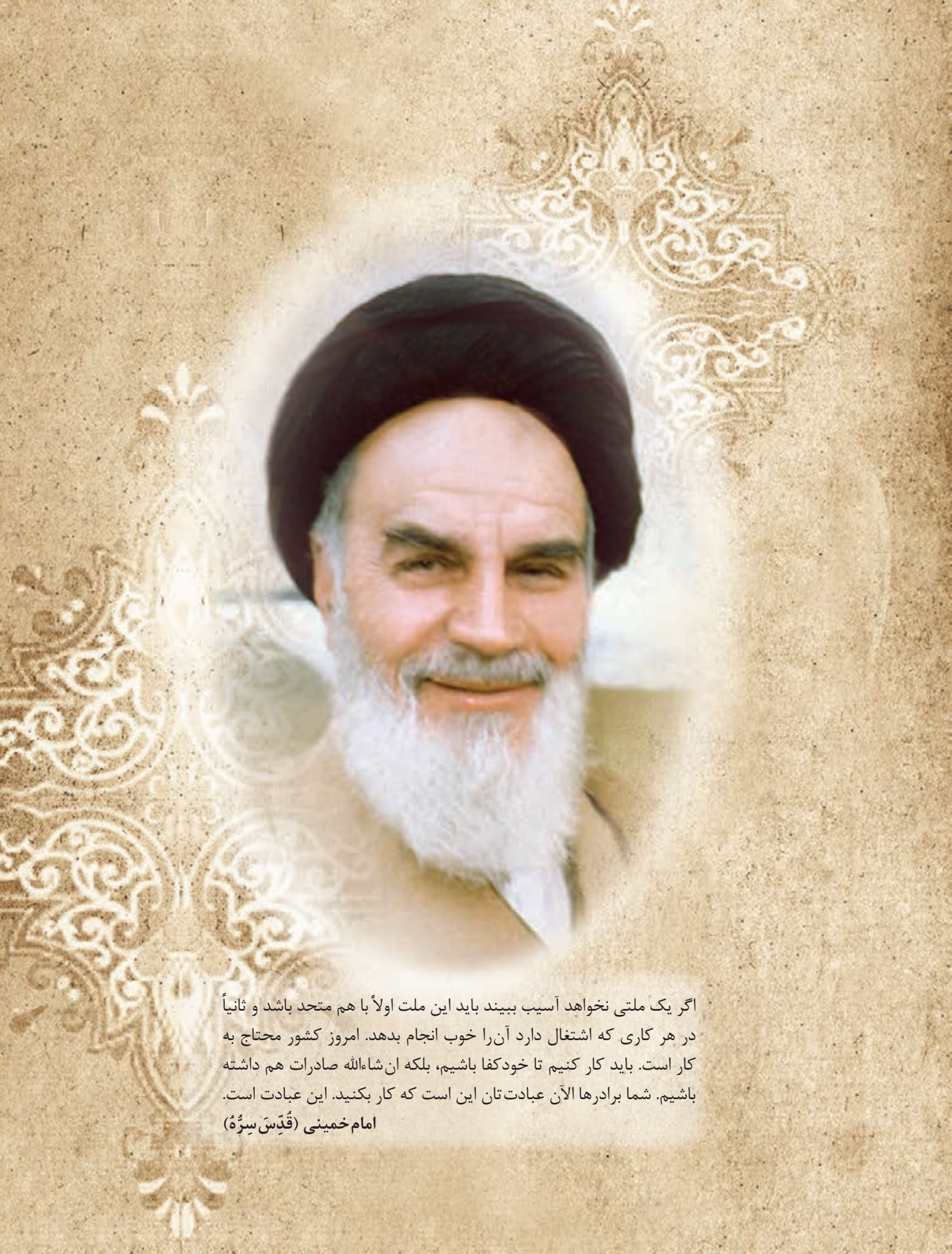
پایهٔ یازدهم دوره دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: فرم‌دهی ورق‌های فلزی ـ ۲۱۱۴۱۱
پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: احمد مرادی، روح‌اله عشیری، محمدرضا پورارباب، بهرام دلیخون، محسن آزموده، حسن ضیغمی و بهمن طبیب‌نژاد (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
احمد مرادی، محمدعلی آقاجان‌پور، علی رجایی، روح‌اله عشیری، بهرام دلیخون و کیوان اسماعیلی (اعضای گروه تألیف)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: احمدرضا امینی(مدیر امور فنی و چاپ) ـ جواد صفری (مدیر هنری) ـ الهه یعقوبی نیا (صفحه‌آرا) ـ مریم کیوان (طراح جلد)ـ فاطمه رئیسیان فیروزآباد (رسام)ـ ریحانه رحیمی‌فر (رسام‌فنی)ـ فاطمه باقری‌مهر، الهام جعفرآبادی، زهرا رشیدی مقدم، فاطمه پزشکی و حمید ثابت کلاچاهی(امور آماده‌سازی)
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 (داروپخش)
تلفن: ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ‌ونشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۴۰۵

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 ۴ -۲۸۷۵ - ۰۵ - ۹۶۴ -۹۷۸ **ISBN 978 – 964 – 05 – 2875–4**



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 (قُدِّسَ سِرُّهُ)

فهرست

پودمان اول: برش‌کاری مکانیکی ۱

واحد یادگیری ۱: برش‌کاری با گیوتین ۲

واحد یادگیری ۲: برش‌کاری با نیبلر ۲۶

پودمان دوم: برش‌کاری حرارتی ۴۳

واحد یادگیری ۱: برش‌کاری اکسی‌گاز ۴۴

واحد یادگیری ۲: برش‌کاری پلاسما ۷۵

پودمان سوم: شکل‌دهی ۱۰۵

واحد یادگیری ۱: فرم‌دهی ۱۰۶

واحد یادگیری ۲: رول‌کاری ۱۳۱

پودمان چهارم: کانال‌سازی ۱۵۳

واحد یادگیری ۱: ساخت کانال ۱۵۴

واحد یادگیری ۲: ساخت اتصالات کانال ۱۸۶

پودمان پنجم: صافکاری ۲۰۹

واحد یادگیری ۱: صافکاری دستی ۲۱۰

واحد یادگیری ۲: صافکاری ماشینی ۲۳۸

منابع ۲۵۷

این کتاب در سال ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ از منظر چهار گروه از دنیای کار (کارفرمایان بزرگ، خبرگان حرفه‌ای، فروشندگان خدمات و کالا و انجمن‌های حرفه‌ای) و چهار گروه از دنیای آموزش (هنرآموزان خبره، مربیان سازمان آموزش فنی وحرفه ای، هنرجویان پایه یازدهم و فارغ‌التحصیلان شاغل) مورد ارزشیابی کشوری قرار گرفت و نتایج آن در محتوا اعمال گردید.

سخنی با هنرجویان عزیز

در دنیای در حال تغییر امروز، مهارت‌آموزی و توانایی انجام کارهای واقعی نقش اساسی در موفقیت شغلی و حرفه‌ای شما ایفا می‌کند. آموزش‌های فنی و حرفه‌ای در نظام جدید آموزشی جمهوری اسلامی ایران، بر پایه رویکرد «شایستگی محور» طراحی‌شده‌اند. در این رویکرد، هدف اصلی آن است که شما بتوانید مهارت‌هایی را که برای ورود به بازار کار و نیز پیشرفت در زندگی شخصی و اجتماعی لازم است، به‌طور کامل کسب کنید. شایستگی در این نظام به معنای توانایی انجام درست و استاندارد یک کار واقعی است که شامل سه بُعد دانش، مهارت و نگرش است. برای تحقق این هدف، چهار دسته شایستگی برای شما در نظر گرفته‌شده است:

۱ـ شایستگی فنی مرتبط با حرفه و بازار کار

۲ـ شایستگی غیرفنی مرتبط با مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مهارت‌های ارتباطی

۳ـ شایستگی مرتبط با فناوری اطلاعات و ارتباطات

۴ـ شایستگی مرتبط با یادگیری مادام‌العمر

کتاب فرم‌دهی ورق‌های فلزی با هدف توسعه شایستگی‌های ذکر شده تدوین گردیده است . کتاب شامل پنج پودمان آموزشی و هر پودمان از دو واحد یادگیری تشکیل‌شده است. شرط لازم برای موفقیت در هر پودمان، کسب شایستگی در هر دو واحد یادگیری است. در صورت عدم احراز شایستگی، فرصت جبران و ارزشیابی مجدد تا پایان سال تحصیلی برای شما فراهم خواهد بود.

ارزشیابی هر واحد یادگیری از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی فنی تشکیل شده است. شرط محاسبه آنها، کسب شایستگی‌های غیرفنی و رعایت استانداردهای ایمنی و بهداشت است. با تمرین و تلاش مستمر و کسب شایستگی در مهارت‌های فنی به موفقیت دست خواهید یافت.

اگر در یکی از پودمان‌ها نمره کمتر از حد انتظار باشد، تنها در همان واحد یادگیری دوباره برای کسب شایستگی مورد ارزشیابی قرار می‌گیرید و در واحد یادگیری‌هایی که پیش‌تر به شایستگی رسیده‌اید نیاز به ارزشیابی دوباره نیست. درس کارگاهی دارای ضریب ۸ است و در معدل کل شما بسیار تأثیرگذار می‌باشد.

توصیه می‌شود در کنار کتاب درسی از سایر اجزای بسته آموزشی مانند «کتاب همراه هنرجو»، فیلم‌ها، نرم‌افزارها و راهنماهای آموزشی نیز استفاده کنید. این منابع به شما کمک خواهند کرد تا در فرایند یادگیری، ارزشیابی و اجرای پروژه‌های عملی، عملکردی موفق و ایمن داشته باشید. کتاب همراه هنرجو را می‌توانید هنگام آزمون و فرایند ارزشیابی همراه داشته باشید. سایر اجزای بسته آموزشی دیگری نیز برای شما درنظر گرفته شده است که با مراجعه به وبگاه رشته خود با نشانی www.tvoccd.medu.ir می‌توانید از عناوین آن مطلع شوید.

رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول اولیه انجام کار است و ضروری است که توصیه‌های هنرآموز محترم خود را با دقت اجرا کنید. با تلاش و کوشش شما عزیزان و هدایت هنرآموزان گرامی، امیدواریم گامی مؤثر در راستای تربیت جوانانی شایسته، ماهر و مؤثر در پیشرفت اقتصادی و اجتماعی کشور برداشته شود.

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

سخنی با هنرآموزان گرامی

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش‌وپرورش، برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و نیازهای متغیر دنیای کار، برنامه درسی رشته صنایع فلزی طراحی و محتوای آموزشی تألیف گردید.این کتاب دارای پنج پودمان است و شرط لازم برای کسب شایستگی در هر پودمان کسب شایستگی در هر دو واحد یادگیری آن پودمان است. در صورت احراز نشدن شایستگی در هریک از واحدهای یادگیری پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی دوباره تا پایان سال تحصیلی وجود دارد. ارزشیابی هر واحد یادگیری نیز از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی فنی تشکیل‌شده است و شرط لازم برای محاسبه این دو بخش، کسب شایستگی‌های غیرفنی است.

از ویژگی‌های کتاب ، طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت‌یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیر فنی ازجمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست‌محیطی است. کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده‌شده برای هنرجویان است و لازم است از سایر اجزای بسته آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم‌افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورداستفاده قرار می‌گیرد.

برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته یادگیری، روش تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیر فنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیر فنی و از ملزومات کسب شایستگی می‌باشند.

کتاب شامل پودمان‌های ذیل است:

پودمان اول: با عنوان «برش‌کاری مکانیکی» شامل دو واحد یادگیری؛ برش‌کاری با گیوتین و برش‌کاری با نیبلر است.

پودمان دوم: با عنوان «برش‌کاری حرارتی» شامل دو واحد یادگیری؛ برش‌کاری اکسی‌گاز و برش‌کاری پلاسما است.

پودمان سوم: با عنوان «شکل‌دهی» شامل دو واحد یادگیری؛ فرم‌دهی و رول‌کاری است.

پودمان چهارم: «کانال‌سازی» شامل دو واحد یادگیری؛ ساخت کانال و ساخت اتصالات کانال است.

پودمان پنجم: با عنوان «صافکاری» شامل دو واحد یادگیری؛ صافکاری دستی و صافکاری ماشینی است.

امید است که با تلاش و کوشش شما همکاران گرامی اهداف پیش‌بینی‌شده برای این درس محقق گردد.

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نظرسنجی کتاب درسی

پودمان اول

برش‌کاری مکانیکی



برش‌کاری با گیوتین



برش‌کاری با نیبلر

برش‌کاری مکانیکی یکی از ارکان اساسی و بنیادی در فرایند تولید مصنوعات فلزی است که کیفیت اجرای آن، مستقیماً بر دقت ابعادی و استحکام محصول نهایی تأثیرگذار است. در این فرایند، بهره‌گیری از گیوتین‌های مکانیکی جهت برش‌های مستقیم و طولی با سرعت‌بالا و استفاده از قیچی‌های نیبلر برای ایجاد برش‌های منحنی و اشکال هندسی پیچیده، امکان اجرای دقیق نقشه‌های فنی را فراهم می‌سازد. دستیابی به نتایج مطلوب در این عملیات، وابسته به شناخت دقیق ابزار، تسلط بر مراحل تنظیم دستگاه و رعایت بی‌قید و شرط دستورالعمل‌های ایمنی است؛ رویکردی که در نهایت منجر به تولید قطعاتی استاندارد، یکنواخت و آماده برای مراحل بعدی ساخت و مونتاژ خواهد شد.

واحد یادگیری ۱

برش‌کاری با گیوتین

آیا تابه‌حال پی برده‌اید؟

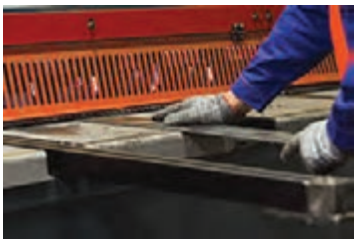
- رعایت اصول ایمنی در هنگام برش‌کاری فلزات می‌تواند از بروز خطرات جدی جلوگیری کند.
- دقت و یکنواختی در برش ورق‌های فلزی بر کیفیت محصول نهایی تأثیر می‌گذارد.
- گیوتین یکی از پرکاربردترین ابزارها در برش ورق‌های فلزی است.
- برش ورق‌ها براساس نقشه، پایه‌گذار فرایند ساخت و تولید مصنوعات فلزی است.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود، با رعایت کامل اصول ایمنی، عملیات برش‌کاری ورق‌های نازک و متوسط فلزی را با گیوتین و به‌صورت دقیق، یکنواخت و کنترل‌شده انجام دهند .

برش‌کاری مکانیکی

فرایندی است که در آن ورق‌های فلزی با استفاده از ابزارهای دستی یا ماشین‌آلات، بدون به‌کارگیری گرما و صرفاً از طریق نیروی مکانیکی برش داده می‌شوند (شکل ۱).

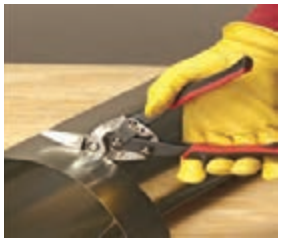




شکل ۱

روش‌های برش‌کاری مکانیکی با براده برداری و بدون براده برداری بوده که در جدول ۱ نشان داده‌شده است.

جدول ۱

	
اره‌کاری	ماشین‌کاری
	
قلم‌کاری	قیچی‌کاری
	
پانچ‌کاری	لوله‌بری

کارکلاسی

با توجه به جدول ۱ برش‌کاری با قیچی اهرمی و گیوتین را از نظر ویژگی‌های خواسته شده مورد بررسی قرار دهید و تفاوت بین آنها را در کلاس مورد بحث و گفت‌وگو قرار دهید.

.....

قیچی گیوتین برای برش مستقیم و خطی ورق‌های فلزی باضخامت و طول‌های مختلف به‌کار می‌رود. فرایند برش با حرکت یکپارچه تیغه متحرک بر روی ورق انجام‌شده و سرعت تولید بالاتری نسبت به‌روش‌های برش‌کاری دستی دارد.

پرسش کلاسی

قیچی اهرمی و گیوتین را مقایسه نموده و تفاوت آنها را در جدول داده‌شده بنویسید.

شکل		
پارامتر	قیچی اهرمی	گیوتین
سرعت برش	.....	.....
فرم بری	.....	.....
کیفیت برش	.....	.....
مقرون‌به‌صرفه	.....	.....
تعمیر و نگهداری	.....	.....

انواع گیوتین

قیچی‌های گیوتین بر اساس نوع نیروی محرک به انواع دستی، مکانیکی و هیدرولیکی تقسیم می‌شوند.

قیچی گیوتین دستی

در گیوتین دستی، حرکت تیغه با استفاده از نیروی دست یا پای برش‌کار و از طریق یک مکانیسم اهرمی تأمین می‌شود. این دستگاه معمولاً در کارگاه‌های کوچک برای برش ورق‌های فلزی باضخامت کم مورداستفاده قرار می‌گیرد (شکل ۲).





شکل ۲

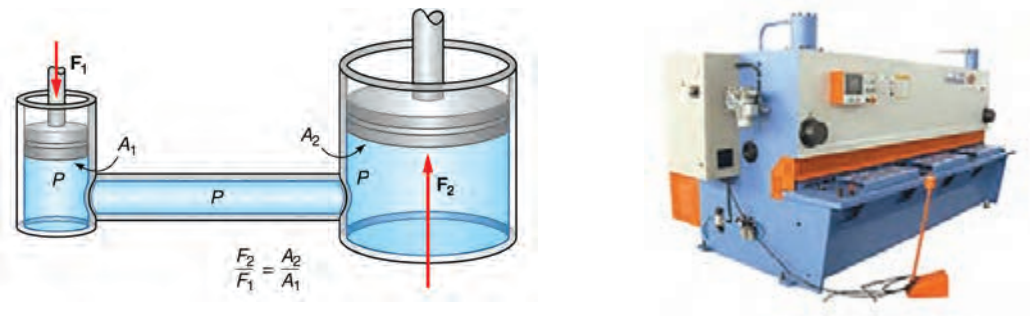
قیچی گیوتین هیدرولیکی

در این نوع قیچی، حرکت تیغه به‌وسیله سیستم هیدرولیکی تأمین می‌شود. این دستگاه از قدرت و دقت بالایی برخوردار است و برای برش ورق‌های ضخیم‌تر و قطعات بزرگ در صنایع فلزی به کار می‌رود (شکل ۳).



شکل ۳

سیستم هیدرولیک: عملکرد دستگاه‌های هیدرولیک مبتنی بر قانون پاسکال است و بیان می‌کند که اگر به بخشی از یک مایع محبوس فشار وارد کنیم، این فشار بدون تغییر به‌تمامی نقاط مایع و دیواره‌های ظرف منتقل می‌شود. از این ویژگی برای تولید نیروی بسیار زیاد در جک‌های دستگاه گیوتین استفاده می‌شود.
در گیوتین‌های هیدرولیکی، موتور دستگاه، روغن را با فشار به داخل سیلندرهای کوچک هدایت می‌کند. چون طبق قانون پاسکال، فشار در کل سیستم پخش می‌شود، این فشار به پیستون‌های بزرگتری که به تیغه قیچی متصل هستند وارد شده و باعث می‌شود نیروی بسیار قدرتمندی برای برش ورق‌های ضخیم فولادی ایجاد شود (شکل ۴).



شکل ۴

از نظر سرعت عملیاتی، گیوتین‌های مکانیکی به دلیل حرکت ضربه‌ای میل‌لنگ، سیکل برش سریعی دارند که این موضوع در کنار مزیت سرعت، حساسیت ایمنی را بالا می‌برد؛ پس از فعال شدن کلاچ، توقف تیغه در میانه راه دشوار است. در مقابل، تیغه در گیوتین‌های هیدرولیکی با سرعت کنترل‌شده و آرام تر پایین می‌آید. این ویژگی علاوه برافزایش دقت در شروع برش، ضریب ایمنی کار با دستگاه را بالاتر می‌برد، اپراتور کنترل بیشتری بر حرکت رفت‌وبرگشت تیغه دارد.

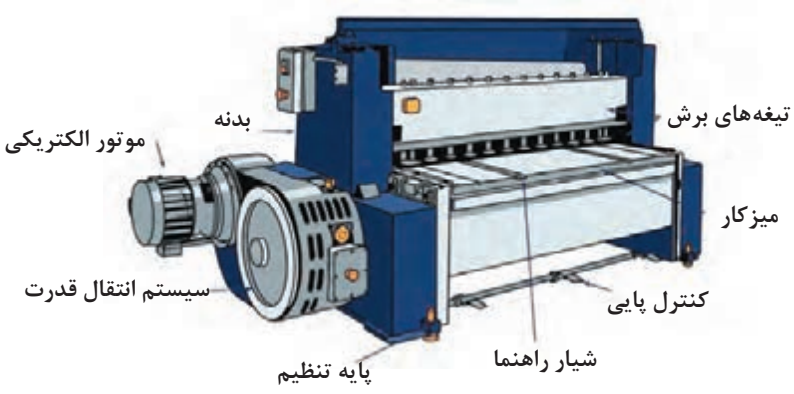
کارکلاسی

جای خالی را تکمیل نمایید.

..... به‌دلیل سرعت بالا، برای برش انبوه ورق‌های نازک (معمولاً تا ضخامت ۶ میلی‌متر) کارایی بیشتری دارند و ..... به‌دلیل قدرت بسیار زیاد و یکنواختی نیرو، گزینه مناسبی برای برش ورق‌های ضخیم و سخت محسوب می‌شوند.

قیچی گیوتین مکانیکی

در این نوع قیچی، حرکت تیغه به‌وسیله موتور الکتریکی و از طریق مکانیسم‌هایی مانند چرخ لنگ و میل‌لنگ تأمین می‌شود. سرعت برش در این دستگاه نسبت به نوع دستی بیشتر بوده و به همین دلیل در بسیاری از کارگاه‌ها و واحدهای تولیدی مورداستفاده قرار می‌گیرد (شکل ۵).



شکل ۵

در جدول ۲ اجزای مختلف گیوتین مکانیکی به همراه کاربرد و ویژگی هریک آورده شده است.

جدول۲

اجزا	شرح
بدنه	از چدن یا فولاد، برای جذب ارتعاشات و تحمل نیروهای برشی، شاسی اصلی جهت نصب قطعات مکانیکی
میزکار	سطح مقاوم و صاف، جهت استقرار ورق حین برش
تیغه ثابت	نصب‌شده در لبه میز کار دستگاه برای برش ورق
نگه‌دارنده ورق	برای ثابت نگه‌داشتن ورق بر روی میزکار و جلوگیری از جابه‌جایی در لحظه برش
الکتروموتور	مولد قدرت برای ایجاد حرکت خطی تیغه متحرک
گیربکس	انتقال قدرت از الکتروموتور به میل‌لنگ
تیغه متحرک	نصب‌شده بر روی فک متحرک با حرکت به سمت پایین
خط‌کش پشت	تنظیم فاصله ورق از تیغه‌های برنده
سیستم محرک	شامل پدال، تابلو برق، موتور، سنسور و کلیدهای حدی (لیمیت سوئیچ) برای انجام فرایند برش

اجزای سیستم محرک: در گیوتین مکانیکی، نیروی لازم جهت به حرکت درآوردن تیغه‌ها توسط سیستم انتقال قدرت مکانیکی تأمین و منتقل می‌شود. در جدول ۳، اجزای اصلی این سیستم به همراه کاربرد آنها ارائه شده‌اند.

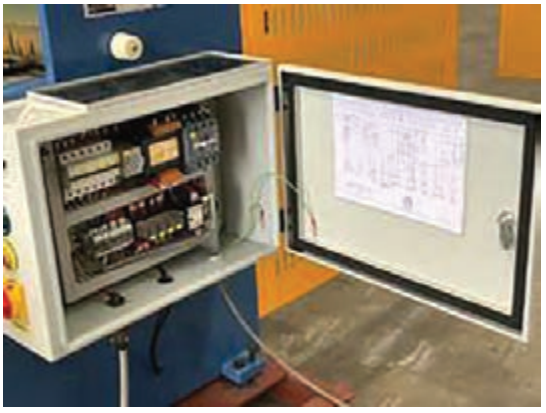
جدول ۳

اجزا	شرح
الکتروموتور	تأمین‌کننده توان با تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی و انتقال حرکت دورانی به سیستم محرک.
فلایویل	ذخیره‌ساز انرژی جنبشی برای یکنواخت‌سازی سرعت دورانی و پایداری عملکرد فک متحرک در لحظات برش.
کلاچ	قطعه‌ای جهت برقراری یا قطع انتقال گشتاور از موتور به سیستم برش.
چرخ‌دنده‌ها	انتقال قدرت و تغییر دور.

اجزا	شرح
میل‌لنگ	تبدیل حرکت دورانی به رفت‌وبرگشتی تیغه متحرک.
فک متحرک	بخش متحرک دستگاه، نگه‌دارنده تیغه و عامل اصلی اجرای عملیات برش.
پدال	رابط کنترل برای راه‌اندازی و فرمان شروع سیکل کاری دستگاه توسط اپراتور.

تابلو برق: تابلو برق گیوتین مکانیکی، مجموعه‌ای از تجهیزات الکتریکی و کنترلی است که برای راه‌اندازی، حفاظت، کنترل و توقف دستگاه گیوتین به‌کار می‌رود. نیروی اصلی برش معمولاً از طریق الکتروموتور، فلایویل، کلاچ و ترمز و مکانیزم مکانیکی انتقال نیرو تأمین می‌شود، اما کنترل شروع، توقف، ایمنی و فرمان برش توسط تابلو برق انجام می‌گیرد (شکل ۶).





شکل ۶

اجزا اصلی تابلو و مدار برق گیوتین مکانیکی به‌همراه وظایف آنها در جدول ۴ آورده شده است.

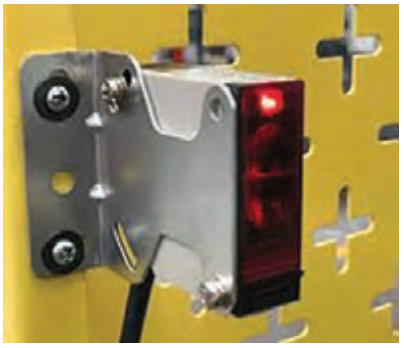
جدول ۴

اجزا	وظیفه	اجزا	وظیفه
کلید اصلی	وصل یا قطع برق کل دستگاه	کنترل فاز	حفاظت موتور درمقابل تغییرولتاژ، دوفازشدن، جابه‌جا شدن فازها
کنتاکتور	وصل و قطع برق موتور دستگاه	رله	اجرای منطق کنترلی دستگاه
فیوز	حفاظت مدار در برابراتصال کوتاه، اضافه‌بار	بی‌متال	حفاظت موتور در برابر اضافه‌بار و جریان بیش از حد مجاز
شاسی‌کنترل	شامل شاسی شروع، توقف، برش تک‌ضرب، سلکتور حالت دستی یا اتومات قطع و وصل برق	مدار ایمنی	شامل شاسی اضطراری، لیمیت‌سوئیچ، پدال یا دو شستی ایمنی و رله ایمنی برای حفاظت دستگاه و افراد

توجه

بین کلاچ، ترمز، لیمیت‌سوئیچ‌ها و حفاظ‌های دستگاه باید ارتباط ایمن وجود داشته باشد تا برش ناخواسته رخ نداده، دستگاه در نیمه سیکل گیر نکند و اپراتور آسیب نبیند.

در پایان کورس گیوتین مکانیکی، باید مکانیزم برش دقیقاً در موقعیت مناسب متوقف شود. برای این‌کار معمولاً از لیمیت‌سوئیچ و یا سنسور موقعیت استفاده می‌شود. لیمیت‌سوئیچ یک وسیله الکترومکانیکی است که توسط نیروی فیزیکی فک متحرک دستگاه، فعال می‌شود. سنسور نوری نیز با تشخیص حضور دست یا جسم در محدوده تیغه، از برش ناخواسته جلوگیری کرده و ایمنی اپراتور را افزایش می‌دهد (شکل ۷).





شکل ۷

عوامل مؤثر در برش‌کاری گیوتین

- ضخامت ورق
- زاویه تیغه‌ها
- جنس ورق
- مقدار لقی بین تیغه‌ها

مراحل برش‌کاری با گیوتین

در جدول ۵، مراحل برش‌کاری با گیوتین مکانیکی به ترتیب آورده شده است.

جدول ۵

شماره	مرحله کاری	شرح
۱	راه‌اندازی و آماده‌سازی دستگاه	روشن کردن دستگاه، چرخش فلایویل و تنظیم پارامترها.
۲	جانمایی و تثبیت ورق	قرار دادن ورق روی میز، تکیه به قرار پشتی (راهنما) و ثابت شدن توسط نگهدارنده‌ها.
۳	صدور فرمان و انتقال نیرو	درگیر شدن کلاچ برای انتقال انرژی فلایویل به مکانیزم برش.
۴	انجام برش	حرکت تیغه متحرک به سمت پایین و قطع شدن ورق بین دو تیغه.
۵	توقف و بازگشت به حالت آماده‌به‌کار	آزاد شدن کلاچ، فعال شدن ترمز، بازگشت تیغه به موقعیت اولیه.

کارکلاسی

با بررسی دقیق مراحل نمایش داده‌شده در شکل‌های داده‌شده، مفهوم و عملکرد هر مرحله را در جدول زیر بنویسید.



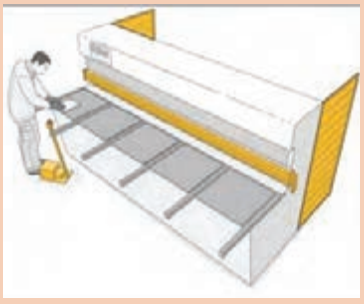
.....



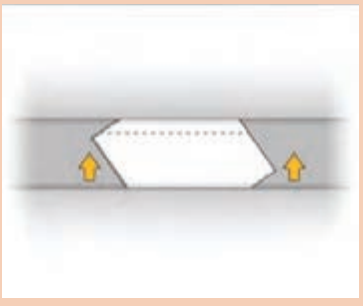
.....



.....



.....



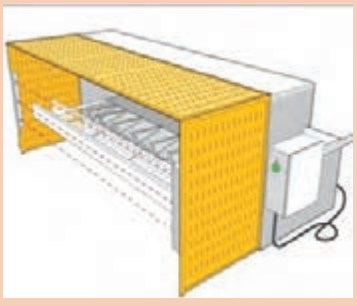
.....



.....



.....



.....



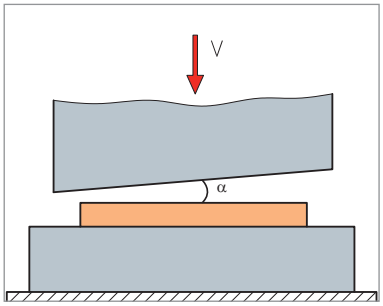
.....

ظرفیت دستگاه گیوتین

هر دستگاه گیوتین براساس دو پارامتر اصلی، حداکثر ضخامت و حداکثر طول برش دارای ظرفیت مشخصی است. برای مثال، برش ورق فولادی به ضخامت ۳ میلی‌متر و طول ۲ متر با استفاده از ورق‌هایی با مشخصات فراتر از این ظرفیت، منجر به آسیب جدی به تیغه‌ها، افت کیفیت لبه‌های برش و تحمیل فشار بیشتر به اجزای مکانیکی دستگاه می‌شود.

همچنین ظرفیت اسمی دستگاه، تابع جنس ورق است به‌طور مثال با تغییر نوع جنس ورق از فولاد معمولی به فولاد زنگ نزن، متغیرهایی نظیر زاویه برش و جنس تیغه‌ها باید متناسب با سختی ورق تنظیم یا انتخاب شوند. برای برش‌کاری ورق‌های نازک از گیوتین مکانیکی و برش ورق‌های ضخیم از گیوتین هیدرولیکی که توان برش بیشتری دارد، استفاده می‌شود.

زاویه تیغه

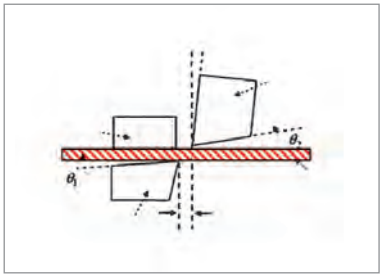


شکل ۸

در اکثر دستگاه‌های گیوتین، تیغه بالایی نسبت به تیغه پایینی تحت یک زاویه مشخص (α) نصب می‌شود. این ویژگی، عملیات برش را از یک سمت ورق به‌صورت تدریجی (قیچی‌وار) آغاز کرده و به سمت دیگر ادامه می‌دهد. مزایای اصلی این طراحی عبارت‌اند از، کاهش نیروی لازم برای برش، توزیع بهینه فشار وارد بر دستگاه، بهبود کیفیت و صافی لبه‌های ورق.

زاویه مناسب برای این تیغه‌ها معمولاً بین ۹ تا ۱۵ درجه است. انتخاب زاویه نامناسب، منجر به تاب‌خوردگی ورق و افت کیفیت برش خواهد شد (شکل ۸).

فاصله بین تیغه‌ها



شکل ۹

لقی تیغه، فاصله بسیار کم و کنترل‌شده‌ای است که بین لبه تیغه ثابت و تیغه متحرک قرار می‌گیرد. تنظیم دقیق این فاصله متناسب با ضخامت و جنس ورق، عامل اصلی در کیفیت برش است.

کاهش بیش‌ازحد لقی، منجر به افزایش اصطکاک، فرسایش زودهنگام لبه‌ها و ریسک برخورد تیغه‌ها می‌شود.

افزایش بیش‌ازحد لقی، منجر به تشکیل پلیسه‌های خشن، تغییر شکل (لهیدگی) لبه و افت کیفیت سطح برش می‌شود.

محاسبه لقی بینِ تیغه

مقدار لقی معمولاً بین ۵ تا ۱۰ درصد ضخامت ورق تعیین می‌شود. برای مثال، برای برش ورق فولادی به ضخامت ۲ میلی‌متر، لقی مناسب در محدوده ۰/۱ تا ۰/۲ میلی‌متر قرار می‌گیرد.

سختی ورق نقش مؤثری در تعیین این مقدار دارد، برای برش ورق‌های سخت‌تر (مانند فولادهای آلیاژی)، انتخاب لقیِ دقیق برای دستیابی به لبه‌های برش تمیز و جلوگیری از شکست‌های نامنظم و پلیسه‌های

بیش‌ازحد، بسیارمهم است. با افزایش سختی ورق، رعایت دقت در تنظیم لقی افزایش می‌یابد تا از فشار جانبی نامتعارف بر تیغه‌ها جلوگیری شود.

لقی بین تیغه‌ها

لقی در همه گیوتین‌ها یکسان است و بر اساس ضخامت و جنس ورق تعیین می‌شود. اما روش تنظیم آن در دستگاه‌های مختلف متفاوت است.در گیوتین‌های مکانیکی تنظیم لقی معمولاً به‌صورت دستی و مکانیکی انجام می‌شود و در گیوتین‌های هیدرولیکی با سیستم‌های تنظیم خودکار یا نیمه‌خودکار انجام می‌شود. به همین دلیل دستگاه‌های هیدرولیکی برای کارهایی که نیاز به تنوع ضخامت ورق و دقت بالا دارند مناسب‌تر هستند.

تنظیم لقی در گیوتین‌های مکانیکی

تنظیم صحیح لقی باعث افزایش کیفیت برش، کاهش پلیسه و استهلاک تیغه‌ها می‌شود. در قیچی‌های گیوتین مکانیکی، لقی با جابجا کردن موقعیت تیغه بالایی تنظیم می‌شود. این کار به روش‌های زیر انجام می‌گیرد:

- شل یا سفت‌کردن پیچ‌های تنظیم تیغه‌ها
- استفاده از صفحات نازکی به نام شیم برای تنظیم دقیق فاصله



شکل ۱۰

تنظیم هم‌راستایی تیغه‌ها

کسب اطمینان از موازی بودن تیغه‌ها در تمام طول مسیر برش ضروری است. پس از تنظیم لقی، با انجام یک برش آزمایشی، کیفیت نهایی بررسی و در صورت مشاهده خطا در کیفیت لبه‌ها، نسبت به اصلاح هم‌راستایی اقدام گردد.

روش‌های کنترل موازی بودن تیغه‌ها

برای اطمینان از صحت هم‌راستایی و موازی بودن تیغه‌ها، می‌توانید از دو روش زیر استفاده کنید:

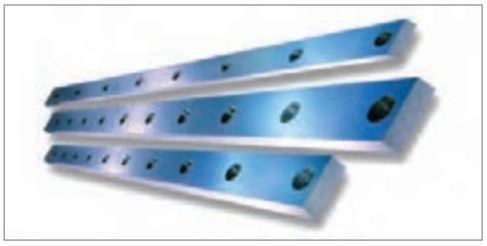
- **آزمون برش:** دو قطعه ورق ترجیحاً با ضخامت متوسط را در سمت راست و چپ میز دستگاه گیوتین قرارداده و برش بزنید. اگر کیفیت لبه‌های برش‌خورده در هر دو سمت کاملاً یکسان بدون لبه وصاف باشد، تیغه‌ها موازی هستند و اگر در سمت دیگر، ورق لبه‌دار شده، نشان‌دهنده عدم موازی بودن تیغه‌ها یا نامناسب بودن لقی در آن ناحیه است.
- **اندازه‌گیری با فیلر:** بهترین روش برای اطمینان از موازی بودن، استفاده از فیلر است. ابتدا دستگاه را در

کورس پایین خاموش کرده و جریان برق را قطع می‌نماییم. در حالی که دستگاه خاموش و ایمن است، فیلر با ضخامت مناسب ورق مورد نظر را در ابتدا، وسط و انتها بین دو تیغه قرار داده، اگر فیلر در تمامی نقاط با درگیری یکسان عبور کند، تیغه‌ها کاملاً موازی هستند. هرگونه لقیِ بیش از حد یا سفتیِ غیرطبیعی در یک ناحیه خاص، بیانگر نیاز به تنظیم مجدد است.

نشانه‌های کند شدن تیغه‌ها

طول عمر مفید تیغه‌های گیوتین به جنس و ضخامت ورق‌های برش‌خورده بستگی دارد. هرچه سختی و ضخامت موادِ برش‌خورده بیشتر باشد، تیغه‌ها زودتر مستهلک شده و به تیزکاری یا تعویض نیاز دارند. نشانه‌های زیر، بیانگر کند شدن تیغه‌ها است (شکل ۱۱).

- کاهش کیفیت لبه‌های برش
- افزایش نیروی مورد نیاز و زمان برش
- کاهش سرعت عملکرد دستگاه
- عدم برش کامل ورق



شکل ۱۱

کارکلاسی

با جستجو در منابع مختلف محدودیت سه مدل گیوتین که در جدول زیر داده‌شده را مقایسه کنید. سپس جدول را تکمیل و در قالب یک گزارش آن را در کلاس ارائه دهید.

گیوتین دستی	ضخامت ورق	گیوتین مکانیکی	ضخامت ورق	گیوتین هیدرولیکی	ضخامت ورق
	.....		.....		.....

خط‌کش و قرار پُشتی

برای برش‌های تکراری دقیق توسط دستگاه قیچی گیوتین از خط‌کش پشتی یا بک‌گیج استفاده می‌شود. این قطعه در پشت تیغه‌ها قرار دارد و فاصله آن از خط برش قابل تنظیم است. هنگامی‌که فاصله موردنظر تنظیم شد، ورق داخل دستگاه قرار داده می‌شود تا به نشانگر خط‌کش برخورد کند. درنتیجه تمام قطعاتی که برش داده می‌شوند اندازه یکسان و دقیق خواهند داشت. این ویژگی در تولید قطعات مشابه بسیار کاربرد دارد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲

جلوگیری از تاب برداشتن یا خم شدن ورق

هنگام برش ورق‌های بزرگ ممکن است ورق به دلیل وزن یا فشار برش تاب برداشته یا خم شود. برای جلوگیری از این مشکل باید ورق به‌طور کامل روی میز دستگاه قرارگرفته و از گیره‌های نگه‌دارنده برای ثابت نگه‌داشتن آن استفاده شود. در صورت بزرگ بودن ورق از کمک فرد دیگر یا تکیه‌گاه استفاده شود تا ورق به‌صورت صحیح و هم‌راستا با تیغه‌ها قرار گیرد. در جدول۶ انواع روش‌های تنظیم اندازه هنگام برش‌کاری با گیوتین داده‌شده است.

جدول۶

نوع تنظیم	شرح
چشمی	تنظیم خطوط برش توسط اپراتور
شابلون دستگاه	تنظیم خطوط برش توسط خط‌کش دستگاه
با دستگاه‌های NC و CNC	تنظیم خطوط برش به‌صورت خودکار

در مواردی که امکان استفاده از خط‌کش وجود ندارد، تنظیم خط برش به‌صورت چشمی انجام می‌گیرد. در این روش، ورقِ خط‌کشی شده روی میز دستگاه قرارگرفته و به سمت تیغه هدایت می‌شود. سپس اپراتور با دقت، لبه خط‌کشی شده ورق را دقیقاً مماس با لبه تیغه ثابت تنظیم نموده و پس از تثبیت موقعیت، عملیات برش را اجرا می‌کند. در برش‌کاری انبوه و سری، استفاده از شابلون حائز اهمیت است. در این روش، ابتدا عرض برش را بر روی خط کش دستگاه مشخص نموده و سپس ورق موردنظر را به خط‌کش (قارپُشتی) دستگاه تکیه می‌دهیم (شکل ۱۳).





شکل ۱۳

برش‌کاری در دستگاه NC و CNC

برای تولیدات دقیق و انبوه از دستگاه‌های پیشرفته خودکار استفاده می‌شود. در این دستگاه‌ها عرض برش، ضخامت و جنس ورق را روی سیستم دستگاه تعریف نموده سپس ورق موردنظر را به سمت میز جلویی ماشین هدایت می‌کنند. قرار پشتی که به‌صورت برقی است به‌اندازه عرض برش به سمت تیغه حرکت کرده با عمل کردن دستگاه و پایین آمدن نگه‌دارنده ورق، عمل برش انجام می‌گیرد (شکل ۱۴).



شکل ۱۴

عیوب رایج در برش با گیوتین

تنظیم نادرست دستگاه یا استفاده از تیغه‌های کند، می‌تواند منجر به بروز عیوبی در لبه ورق شود (جدول ۷).

جدول ۷

نقص	توضیح	دلایل احتمالی نقص
لبه‌های دندانه‌دار	عدم برش‌کاری به‌صورت یکنواخت	کند بودن تیغه‌ها، تنظیم نبودن فاصله بین تیغه‌ها، لقی یا لرزش در مکانیزم دستگاه، نامناسب بودن زاویه تیغه برای ضخامت ورق
پلیسه اضافی	باقی ماندن برجستگی یا زائده در لبه ورق	زیاد بودن خلاصی بین تیغه‌ها، کند یا لب‌پر شدن تیغه، استفاده از تیغه نامناسب برای جنس ورق، فشار ناکافی نگهدارنده ورق
انحراف خط برش	مستقیم نبودن خط برش یا ورق از مسیر	تنظیم نبودن خط‌کش (قرار پشتی)، فشار نامناسب گیره‌های نگهدارنده، تاب‌دار بودن ورق، عدم هم‌راستایی تیغه‌ها
تغییر شکل لبه ورق	فشردگی و له‌شدگی لبه ورق	کند بودن تیغه، نامناسب بودن فاصله تیغه‌ها، استفاده برای ضخامت بیش از ظرفیت مجاز، پایین بودن کیفیت یا سختی نامناسب تیغه
ترک در لبه برش	ترک‌دار شدن لبه برش ورق‌های سخت	انتخاب نامناسب لقی تیغه، سرعت یا ضربه نامناسب برش، سختی زیاد ورق، وجود تنش داخلی در ورق

نکات ایمنی کار با گیوتین

نکات ایمنی در مورد کار با گیوتین در چک‌لیست زیر آورده شده‌اند که قبل از انجام فرایند برش‌کاری باید بررسی شوند.

جدول ۸

موارد	✓ / ✗	شرح
اطراف دستگاه تمیز و بدون مانع است.	☐	
نورکافی روی میز کار وجود دارد.	☐	
مسیر خروج ورق‌ها آزاد است.	☐	
دسترسی به کلید قطع اضطراری امکان‌پذیر است.	☐	
تیغه‌های برش سالم و بدون لب‌پریدگی هستند.	☐	
پیچ‌های تیغه کاملاً محکم هستند.	☐	
فاصله تیغه‌ها متناسب باضخامت ورق تنظیم‌شده است.	☐	
محافظ‌های ایمنی دستگاه سالم هستند.	☐	
عملکرد صحیح پدال یا اهرم کنترل بررسی شد.	☐	
دستگاه لرزش غیرعادی ندارد.	☐	
راهنمای پشتی (Back Gauge) سالم و بدون لقی است.	☐	
محل یاتاقان بندی محور لنگ دستگاه گریس کاری شده است.	☐	

نگهداری، بازرسی و سرویس‌های دوره‌ای

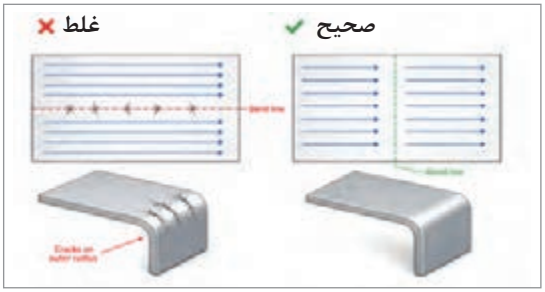
حصول اطمینان از عملکرد ایمن و دقیق دستگاه گیوتین، وابسته به بازرسی‌های منظم و برنامه‌ریزی‌شده است. این فرایند شامل مجموعه‌ای از اقدامات فنی نظیر تنظیم لقی تیغه‌ها، روان‌کاری منظم قطعات متحرک، پاک‌سازی دقیق محوطه کاری از ضایعات و همچنین تیزکاری یا تعویض به‌موقع تیغه‌هاست. اجرای صحیح این دستورالعمل‌ها، علاوه برافزایش کیفیت برش، نقش مؤثری در جلوگیری از حوادث کار و کاهش هزینه‌های تعمیراتی دستگاه دارد.

مدیریت مواد و بهینه‌سازی

در صنعت ورق‌کاری، مدیریت صحیح مصرف ورق نه تنها باعث کاهش هزینه‌های تمام‌شده محصول می‌شود، بلکه گامی اساسی در جهت حفاظت از منابع ملی و زیست‌محیطی است. چیدمان فرایندی است که در آن، نقشه برشِ قطعات به گونه‌ای بر روی سطح ورق طراحی می‌شود که بیشترین بهره‌وری از سطح مفید ورق حاصل گردد و دورریز به حداقل ممکن برسد. برای دستیابی به چیدمانی بهینه در کارگاه، رعایت اصول زیر الزامی است:

توجه به راستای نورد

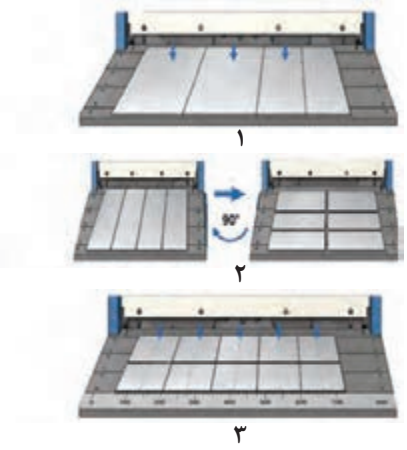
بسیاری از ورق‌های فلزی دارای راستای نورد هستند. اگر قطعهٔ بریده‌شده در مراحل بعدی نیاز به خم‌کاری داشته باشد، باید هنگام چیدمان و برش، راستای خم نسبت به راستای نورد ورق به‌درستی در نظر گرفته شود. معمولاً بهتر است خط خم عمود بر راستای نورد باشد تا احتمال ترک‌خوردگی در محل خم کاهش یابد. بنابراین، توجه به راستای نورد در زمان برش‌کاری با گیوتین، کیفیت قطعه و موفقیت مراحل بعدی ساخت را تضمین می‌کند (شکل ۱۵).



شکل ۱۵

به حداقل رساندن دورریز

تا حد امکان، خطوط برش قطعات را به‌صورت مشترک در نظر گرفته و چیدمان قطعات به‌گونه‌ای باشدکه لبه‌های آنها بر هم منطبق باشند. این کار باعث کاهش تعداد ضربات گیوتین، صرفه‌جویی در زمان و کاهش ضایعات می‌شود.



شکل ۱۶

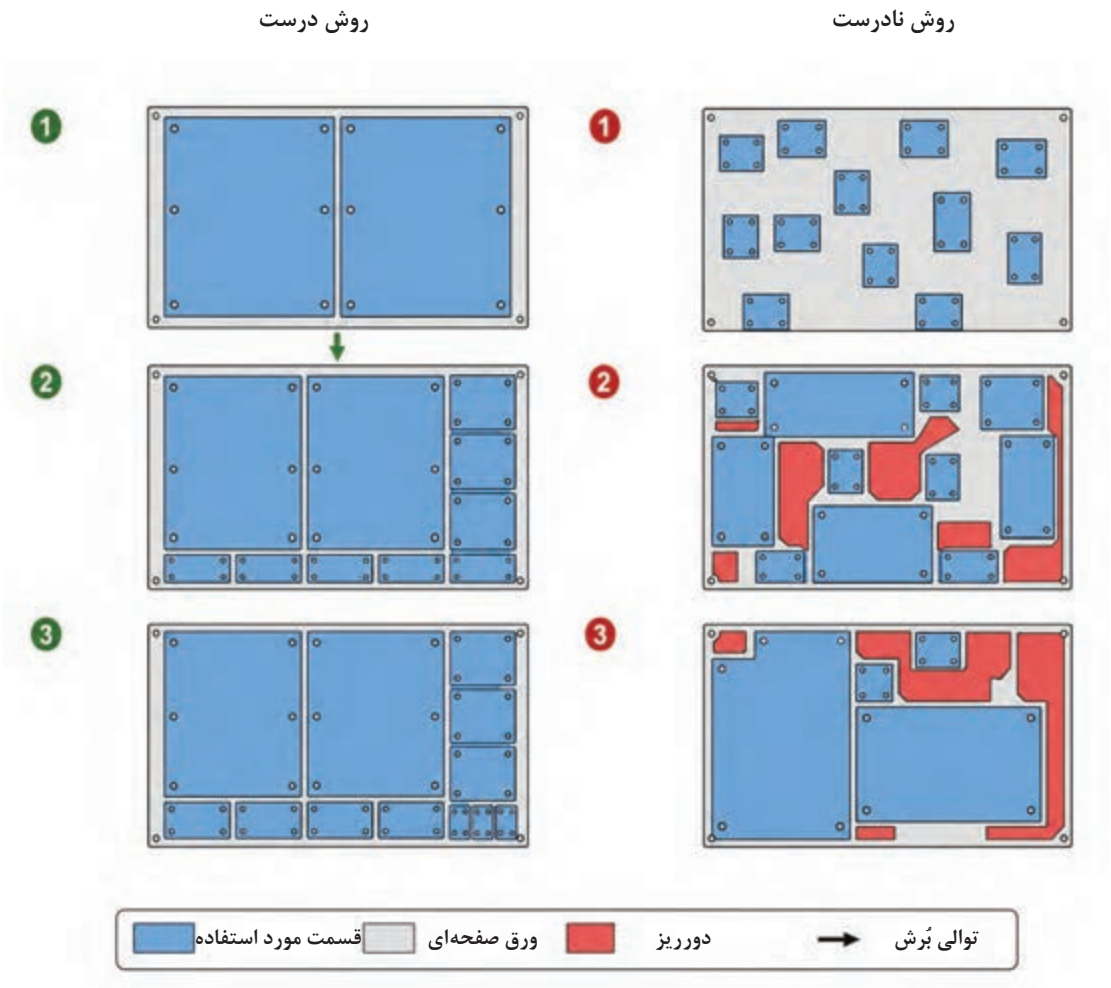
توالی برش و چرخش ورق

با انجام برش‌های اصلی و بزرگ، ابعاد ورق کوچک‌تر و جابه‌جایی آن آسان‌تر می‌شود. این کار دقت اندازه‌گیری در برش‌های ثانویه و نهایی را افزایش می‌دهد. در این مرحله ابتدا برش‌های مستقیم و طولی بر روی ورق انجام شده، ورق اولیه به نوارها یا قطعات کوچک‌تر تقسیم می‌شود و ابعاد آن کاهش می‌یابد. انجام برش‌های اصلی در ابتدای کار، برنامه‌ریزی مراحل بعدی برش را آسان‌تر می‌کند. جابه‌جایی و قرار دادن آنها زیر تیغه گیوتین با دقت و ایمنی بیشتری انجام شده و کنترل اپراتور بر فرایند برش افزایش می‌یابد. به‌دلیل کوچک‌تر شدن قطعات و تسلط بهتر بر موقعیت آنها، اندازه‌گیری و تنظیم محل برش با دقت بیشتری صورت می‌گیرد و کیفیت نهایی قطعه نیز افزایش می‌یابد (شکل ۱۶).

■ اولویت‌بندی بر اساس ابعاد

همیشه ابتدا قطعات بزرگ‌تر را بر روی ورق جانمایی نمایید. این کار باعث می‌شود تا قطعات کوچک‌تر را بتوان از فضاهای خالی که در حین برش قطعات بزرگ ایجاد شده‌اند، استخراج کرد. اگر قطعات کوچک را ابتدا برش دهید، ورق اولیه به قطعاتی تبدیل می‌شود که دیگر قابلیت استفاده را ندارند (شکل ۱۷).

در این مرحله، قطعات بزرگ‌تر با توجه به ابعاد ورق اولیه و نقشه ساخت، در اولویت جانمایی قرار می‌گیرند. این کار باعث می‌شود سطح مفید ورق به صورت منظم تقسیم شده و امکان برنامه‌ریزی دقیق برای استفاده از باقیمانده فراهم گردد. پس از برش قطعات بزرگ، فضاهای باقیمانده شناسایی شده و قطعات کوچک‌تر در این نواحی جانمایی می‌شوند. این روش موجب افزایش بهره‌وری مواد اولیه و کاهش میزان ضایعات می‌گردد. در روش نادرست قطعات کوچک پیش از قطعات بزرگ برش داده‌شده، ورق به قطعات نامنظم و پراکنده تقسیم می‌شود. در نتیجه، امکان استخراج قطعات بزرگ‌تر از بین رفته و میزان دورریز و هزینه تولید افزایش می‌یابد.



شکل ۱۷

دستورالعمل استاندارد برش‌کاری با گیوتین

آماده‌سازی

- پوشیدن لباس کار، کفش ایمنی و دستکش‌های ضد برش برای جابه‌جایی ورق.
- اطراف دستگاه باید از هرگونه ضایعات فلزی و روغن پاک باشد تا خطر لغزش وجود نداشته باشد.
- اطمینان حاصل کنید که روی میز و بین تیغه‌ها هیچ ابزار یا قطعه اضافی باقی نمانده است.







شکل ۱۸

راه‌اندازی

- برق دستگاه را وصل نموده و سپس کلید روشن شدن دستگاه را بزنید.
- وضعیت را روی تک‌برش قرار دهید (هنرجویان نباید هرگز از حالت برش مداوم استفاده کنند).
- تست شاسی توقف اضطراری قبل از شروع، یک‌بار حین حرکت تیغه، شاسی توقف را فشار دهید.






شکل ۱۹

نکته

در گیوتین‌های مکانیکی باید صبر کنید تا صدای چرخش فلایویل به حالت یکنواخت برسد.

■ تنظیمات ابعادی

□ با استفاده از دسته‌گردان، فاصله تکیه‌گاه تا تیغه را مطابق نقشه تنظیم کنید.

□ لقی تیغه دستگاه را بررسی کنید.



شکل ۲۰

توجه

زمانی که از یک جنس، محدوده اندازه و ضخامت خاص استفاده می‌شود، در هر مرتبه اجرا نیاز به تنظیم لقی نیست.

■ نحوه استقرار اپراتور

□ پاها را به عرض شانه بازکنید. پایی که روی پدال قرار می‌گیرد باید مسلط باشد.

□ دست‌ها باید حداقل ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر از لبه تیغه و زیر نگه‌دارنده‌ها فاصله داشته باشند.

□ اپراتور باید مستقیم به خط برش یا محل قرارگیری ورق روی گونیا نگاه کند (نه به پدال زیر پا).



شکل ۲۱

■ ثابت و گونیا کردن ورق

□ لبه کناری ورق را کاملاً به گونیای بغل بچسبانید.

□ ورق را به جلو فشار دهید تا لبه جلویی کاملاً با تکیه‌گاه پشت مماس شود.

□ از لق نبودن ورق مطمئن شوید. در ورق‌های بزرگ، از نفر دوم برای نگه‌داشتن انتهای ورق استفاده کنید.



شکل ۲۲



شکل ۲۳

عملیات برش

- قبل از فشار دادن پدال، دست‌ها در جای امن باشد و هیچ‌کس پشت دستگاه نباشد.
- پدال را با پنجه پا تا انتها فشار دهید و بلافاصله پا را از روی پدال بردارید.
- قبل از برخورد تیغه، فک‌های نگه‌دارنده ورق را ثابت می‌نمایند، در این لحظه دست نباید زیر فک باشد.



شکل ۲۴



شکل ۲۵

نکته

نگه‌داشتن پا روی پدال در برخی دستگاه‌های مکانیکی باعث تکرار ضربه می‌شود که بسیار خطرناک است.

تمیزکاری

هرگز برای برداشتن قطعه بریده شده در پشت دستگاه، دست را از بین دو تیغه عبور ندهید.

پس از اتمام کار، ابتدا دکمه موتور و سپس کلید اصلی برق را قطع کنید.

با استفاده از بُرس، خرده‌ریزها و پلیسه‌ها را از روی میز و شیارهای گونیا پاک کنید.



شکل ۲۶

کارکارگاهی








■ **آماده‌سازی و سرویس دستگاه گیوتین**

■ **مراحل انجام کار**

□ خاموش کردن دستگاه

□ روغن‌کاری و گریس کاری محل‌های مورد نیاز

□ تنظیم قرار پشتی (خط‌کش) با اندازه‌های خواسته شده با نظر هنرآموز محترم

□ ایمن بودن محدوده اطراف آن از نظر ضایعات برش و ....

□ روشن کردن دستگاه توسط کلید اصلی

□ قرار دادن کلید وضعیت برش در حالت تک ضرب

□ اجرای متفاوت این کلید در وضعیت برش سری و چند مرحله‌ای

□ فشردن پدال فرمان

□ استفاده از کلید توقف اضطراری دستگاه

□ خاموش کردن جریان برق دستگاه

□ تحویل گزارش کار برای بررسی و ارزشیابی به هنرآموز محترم

■ **وسایل و تجهیزات**

در جدول مقابل ابزار و تجهیزات موردنیاز را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

□ از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی، ماسک تنفسی استفاده نمایید.

□ کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.

□ هرگونه حادثه را بلافاصله به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.

□ از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

□ قبل از باز کردن حفاظ دستگاه، برق گیوتین را قطع نمایید.

□ دقت نمایید سیم اتصال زمین به دستگاه وصل باشد.

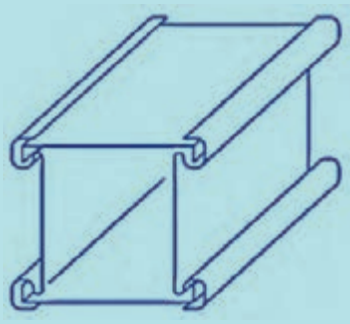
نکات زیست‌محیطی

□ جمع‌آوری ضایعات فلزی، بازیافت و بازگشت مواد به چرخه تولید

□ استفاده صحیح از گیوتین و کاهش مصرف انرژی (روشن بودن دستگاه فقط هنگام استفاده از آن)

کارکارگاهی

برش ورق گالوانیزه مورد نیاز ساخت کانال برابر نقشه

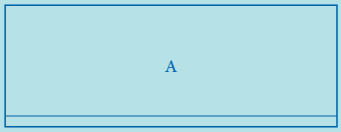


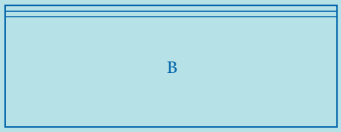
مراحل انجام کار

- ☐ دریافت وسایل مورد نیاز از انبار
- ☐ جانمایی نقشه روی ورق با کمترین میزان دورریز
- ☐ برش‌کاری ورق با گیوتین مکانیکی
- ☐ کنترل نهایی قطعه
- ☐ تحویل گزارش مکتوب خود به هنرآموز

وسایل و تجهیزات

در جدول زیر ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.





ابعاد ورق ۱۵۰×۱۰۰×۰/۵mm دو عدد
۱۵۰×۱۳۰×۰/۵mm دو عدد

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- ☐ از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی، ماسک تنفسی استفاده نمایید.
- ☐ کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- ☐ هرگونه حادثه را بلافاصله به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- ☐ از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.
- ☐ قبل از باز کردن حفاظ دستگاه، برق گیوتین را قطع نمایید.
- ☐ دقت نمایید سیم اتصال زمین به دستگاه وصل باشد.

نکات زیست‌محیطی

- ☐ چیدمان مناسب روی ورق، عامل کاهش ضایعات فلزی و صرفه‌جویی در مصرف مواد اولیه.
- ☐ جمع‌آوری و تفکیک ضایعات فلزی، زمینه‌ساز بازیافت و بازگشت مواد به چرخه تولید.
- ☐ استفاده صحیح از گیوتین و آماده‌سازی نقشه برش پیش از کار، در راستای کاهش مصرف انرژی و استهلاک دستگاه.

کارکارگاهی

برش ورق گالوانیزه مورد نیاز ساخت اتصال کانال برابر نقشه

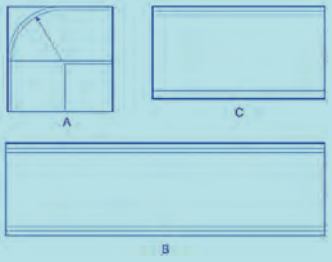


■ مراحل انجام کار

- □ دریافت وسایل مورد نیاز از انبار
- □ جانمایی نقشه روی ورق با کمترین میزان دورریز
- □ برش‌کاری ورق با گیوتین مکانیکی
- □ کنترل نهایی قطعه
- □ تحویل گزارش مکتوب خود به هنرآموز

■ وسایل و تجهیزات

در جدول زیر ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید. سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.



ابعاد ورق ۲۶۰×۱۳۶×۰/۵mm یک عدد
۱۵۵×۱۵۵×۰/۵mm دو عدد
۱۳۶×۱۰۰×۰/۵mm یک عدد

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- □ از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی، ماسک تنفسی استفاده نمایید.
- □ کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- □ هرگونه حادثه را بلافاصله به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- □ از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.
- □ قبل از باز کردن حفاظ دستگاه، برق گیوتین را قطع نمایید.
- □ دقت نمایید سیم اتصال زمین به دستگاه وصل باشد.

نکات زیست‌محیطی

- □ چیدمان مناسب روی ورق، عامل کاهش ضایعات فلزی و صرفه‌جویی در مصرف مواد اولیه.
- □ جمع‌آوری و تفکیک ضایعات فلزی، زمینه‌ساز بازیافت و بازگشت مواد به چرخه تولید.
- □ استفاده صحیح از گیوتین و آماده‌سازی نقشه برش پیش از کار، در راستای کاهش مصرف انرژی و استهلاک دستگاه.

ارزشیابی شایستگی برش‌کاری با گیوتین

نام و نام خانوادگی					
کد حرفه	۷۲۱۳۱۲	حرفه	ورق‌کاران (فلزات)	شماره ملی	
کد وظیفه شغل	۷۲۱۳۱۲۰۳	وظیفه شغل	فرم‌دهی ورق‌های فلزی	کدپیمانه/پودمان	۷۲۱۳۱۲۰۳۱
کد کار	۷۲۱۳۱۲۰۳۱۱	کار	برش‌کاری با گیوتین	سطح صلاحیت	L2
تاریخ ارزشیابی:				سطح شایستگی	مهارت
استاندارد عملکرد: برش‌کاری ورق‌های متوسط و ضخیم فلزی توسط گیوتین‌های مکانیکی و هیدرولیکی برابر نقشه و رعایت اصول ایمنی					

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار،مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده‌سازی	خط‌کش فلزی، سوزن خط‌کش، نقشه کار، سنگ صابون زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، نقشه، آزمون عملکردی	پیاده‌سازی خط برش براساس کمترین مقدار دور ریز برابر دستورالعمل	۳	
				انتخاب قیچی برابر نقشه کار	۲	
				ناتوانی در انتخاب قیچی	۱	
۲	برش‌کاری ورق	گیوتین، فیلرگیج، شابلون برش زمان: یک ساعت	مشاهده کار، آزمون عملکردی	تنظیم لقی بین تیغه‌ها، تنظیم شابلون، تنظیم ورق روی میز	۳	
				تنظیم خط برش، به‌کارگیری ورق‌گیر، فعال‌سازی دستگاه	۲	
				ناتوانی در برش ورق	۱	
۳	کنترل نهایی	خط‌کش فلزی، نقشه کار، متر، کولیس، گونیا، پرگار فلزی زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، آزمون عملکردی	کنترل کیفی ورق برابر دستورالعمل	۳	
				کنترل ابعادی ورق برابر نقشه	۲	
				ناتوانی کنترل ابعادی	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت،توجهات‌زیست‌محیطی و نگرش:		دقت در طراحی برش با کمترین مقدار دورریز، دفع دورریز در بخش بازیافت، مدیریت مواد و تجهیزات (N۶۶)، به‌کارگیری دستکش، لباس کار، عینک	مشاهده، لیست‌وارسی، کارپوشه	رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش)	۲	
				عدم رعایت موارد ایمنی	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐	
					خیر ☐	

توضیحات:

۱ـ معیار شایستگی انجام کار:

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲

برش‌کاری با نیبلر

آیا تابه‌حال پی برده‌اید؟

- انتخاب دقیقِ لقی بین تیغه‌ها در دستگاه نیبلر از ایجاد پلیسه در لبه برش جلوگیری می‌کند.
- تفاوت‌های کوچک در روش خط‌کشی و علامت‌گذاری، باعث ایجاد خطای ابعادی در قطعه نهایی می‌شود.
- چربی و زنگ‌زدایی پیش از آغاز کار، سلامت دستگاه و تیغه‌ها را تضمین می‌کند.
- زاویه برش و سرعت پیشروی مناسب در جلوگیری از تغییر شکل لبه نقش دارد.
- فرایندِ کنترل ابعادی در حین برش‌کاری، دورریز ورق‌های فلزی را به حداقل می‌رساند.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود، با رعایت کامل اصول ایمنی، نقشه کار را روی ورق فلزی پیاده‌سازی کنند. سپس با انتخاب صحیح قیچی نیبلر دستی متناسب باضخامت ورق، عملیات برش را با لبه‌های صاف، بدون پلیسه و با دقت ابعادی موردنظر انجام داده و کنترل نمایند.

قیچی ارتعاشی دستی

نیبلر دستی ابزاری برقی یا بادی است که برای برش ورق‌های فلزی نازک به کار می‌رود. از قیچی نیبلر معمولاً برای برش خطوط منحنی، دایره‌ای و اشکال پیچیده استفاده می‌شود. این ابزار می‌تواند بدون تغییر شکل زیاد در ورق، برش‌های دقیق ایجاد کند. در بسیاری از کارگاه‌های فلزکاری، ساخت کانال‌های تهویه، بدنه‌سازی خودرو، ساخت تابلوهای فلزی و کارهای ورق کاری ظریف از این ابزار استفاده می‌شود.



شکل ۲۷

به دلیل ماهیت حرکت ضربه‌ای تیغه، این قیچی امکان برش‌های مستقیم و منحنی را با دقت مناسب فراهم می‌کند و برای برش ورق‌های فلزی تا ضخامت تقریبی ۲/۸ میلی‌متر کاربرد دارد. در شکل ۲۷ یک نمونه نیبلر با نیروی محرکه الکتریکی نشان داده‌شده است.

مقایسه نیبلر با قیچی‌های دستی و اهرمی

قیچی دستی و قیچی اهرمی با دو تیغه برشی عمل برش را انجام می‌دهند. ورق بین دو تیغه قرار گرفته و با فشار تیغه‌ها ورق بریده می‌شود. این قیچی‌ها برای برش‌های مستقیم و ساده مناسب هستند. قیچی نیبلر با پانچ و ماتریس کار می‌کند و ورق را به صورت تدریجی می‌برد. به همین دلیل فشار کمتری به ورق وارد می‌شود و امکان برش مسیرهای منحنی و اشکال پیچیده راحت‌تر فراهم می‌شود. با نیبلر می‌توان از داخل ورق برش را آغاز نمود در حالی که قیچی‌های معمولی باید از لبه ورق شروع نمایند.

کارکلاسی

تفاوت قیچی دستی و نیبلر را در جدول بررسی نموده و آن را تکمیل نمایید.

شکل		
پارامتر	دستی	نیبلر
کیفیت برش	.....	.....
سرعت برش	.....	.....
نگه‌داری و تعمیر	.....	.....

انواع قیچی نیبلر

نیبلرها بر اساس نوع منبع تولید نیروی محرکه و نحوه استفاده به چند دسته تقسیم می‌شوند.

- **قیچی نیبلر دستی:** نیبلرهای دستی در انواع دستی معمولی، برقی و بادی وجود دارند. نوع دستی معمولی با نیروی دست کاربر کار می‌کند. در این ابزار با فشار دادن دسته‌ها، پانچ داخل ماتریس حرکت کرده و در هر حرکت قسمت کوچکی از ورق را جدا می‌کند. این نوع نیبلر بیشتر برای کارهای سبک و ورق‌های نازک استفاده می‌شود و در کارگاه‌های آموزشی و کارهای ظریف‌کاری کاربرد دارد. از مزایای آن می‌توان به سبک بودن، قابل حمل بودن و عدم نیاز به برق اشاره کرد. با این حال سرعت کار با آن نسبت به انواع برقی کمتر است.
- **قیچی نیبلر برقی،** دارای موتور الکتریکی بوده و با اتصال به برق کار می‌کند. در این ابزار موتور باعث حرکت سریع پانچ می‌شود و عملیات برش با سرعت بیشتری انجام می‌گیرد. نوع برقی مجهز به دوتیغه کوتاه است؛ به‌گونه‌ای که تیغه پایینی ثابت بوده و تیغه بالایی با حرکت رفت‌وبرگشتی سریع (حدود ۱۰۰۰ ضربه در دقیقه) عمل برش را انجام می‌دهد. این نوع بیشتر در کارگاه‌های صنعتی برای ساخت کانال‌های تهویه و بدنه‌سازی خودروها استفاده می‌شود. سرعت بالا و کاهش خستگی کاربر از مزایای آن است.
- **نیبلر بادی** معمولاً در محیط‌های صنعتی که سیستم هوای فشرده وجود دارد مورد استفاده قرار می‌گیرد. نیروی لازم برای حرکت پانچ از طریق هوای فشرده تولید شده توسط کمپرسور تأمین می‌شود. از ویژگی‌های

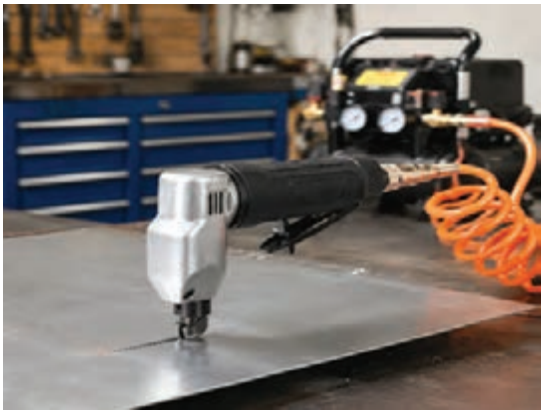
این نوع می‌توان به قدرت، سرعت و دوام بالا اشاره کرد. به دلیل نداشتن موتور الکتریکی، در برخی محیط‌های صنعتی ایمن‌تر محسوب می‌شود (شکل ۲۸).



دستی



برقی



بادی



شارژی

شکل ۲۸

■ **قیچی نیبلر رومیزی:** نیبلر رومیزی از ابزارهای پرکاربرد در کارگاه‌های ورق‌کاری است که به دلیل نصب بر روی میز کار یا پایه‌های مخصوص، از استحکام و قدرت بیشتری نسبت به مدل‌های دستی برخوردار است. در این دستگاه، حرکت پانچ (سنبه) توسط یک سیستم مکانیکی یا اهرم‌بندی دقیق تأمین می‌شود. ثابت بودن دستگاه بر روی میز کار، باعث افزایش دقت در برش شده و کنترل ورق را برای اپراتور آسان‌تر می‌سازد. طول تیغه (پانچ) در این دستگاه‌ها معمولاً بین ۳۰ تا ۵۰ میلی‌متر است و برای برش ورق‌هایی باضخامت ۲ تا ۴/۵ میلی‌متر طراحی شده‌اند (شکل ۲۹).



شکل ۲۹

■ **نیبلر قابل نصب روی دریل:** این نوع نیبلر، ابزاری جانبی است که بر روی سه‌نظام دریل‌های برقی یا شارژی نصب می‌شود. در این حالت، حرکت دورانی دریل توسط مکانیزم تبدیل حرکت داخل دستگاه، به حرکت رفت‌وبرگشتیِ سنبه (پانچ) تبدیل شده و عمل برش ورق صورت می‌گیرد (شکل ۳۰).



شکل ۳۰

■ **نیبلر ستونی:** از ماشین‌های قدرتمند و دقیق برای برش ورق‌های فلزی است و امکان کنترل عالی قطعه کار را فراهم می‌کند.

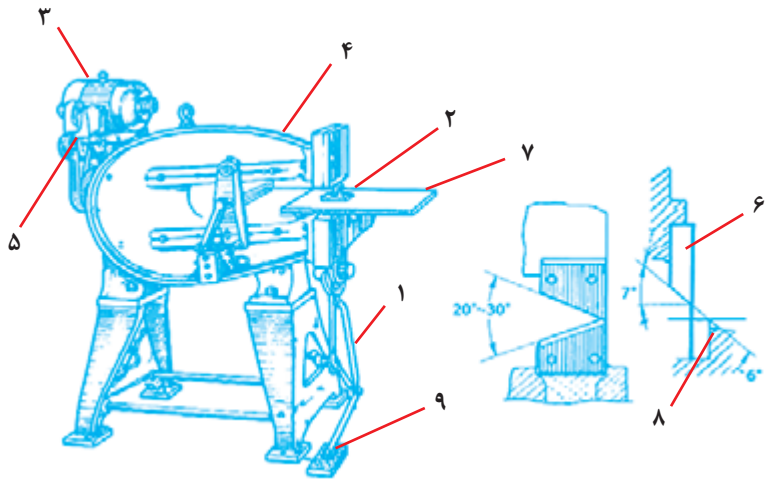
نیبلر ستونی، ماشینی صنعتی و دقیق برای برش‌کاری ورق‌های فلزی است که با بهره‌گیری از مکانیزم رفت‌وبرگشتی عمودیِ سنبه (پانچ) در ماتریسِ ثابت، امکان برش خطوط مستقیم و منحنی‌های بسته با شعاع ۱۵ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر را فراهم می‌کند. این دستگاه که هدایت آن از طریق پدال پایی صورت می‌گیرد، به اپراتور اجازه می‌دهد بدون نیاز به ایجاد سوراخ اولیه، عملیات برش را از هر نقطه‌ای در وسط ورق آغاز کرده و قطعاتی با اشکال پیچیده را با دقت و ایمنی بالا تولید نماید.



شکل ۳۱

در جدول ۹ اجزای تشکیل‌دهنده نیبلر ستونی را مشاهده می‌کنید.

جدول ۹

اجزا	شماره	شماتیک
پایه	۱	
تیغه برش	۲	
الکتروموتور	۳	
قاب نگه دارنده	۴	
سیستم انتقال قدرت	۵	
تیغه بالایی	۶	
میزکار	۷	
تیغه پایینی	۸	
پدال شروع و توقف	۹	

اجزای قیچی نیبلر دستی

اجزای قیچی نیبلر دستی و عملکرد هر قسمت از آن در جدول ۱۰ آورده شده است.

جدول ۱۰

اجزا	عملکرد
دسته‌ها	کاربر با دست آنها را می‌گیرد و با فشار دادن آنها نیروی لازم برای حرکت سنبه را ایجاد می‌نماید.
بدنه	قسمت اصلی ابزار است که اجزای مختلف روی آن نصب شده و از استحکام بالایی برخوردار است.
سنبه	قطعه‌ای بسیار سخت که با حرکت رفت و برگشتی، ورق فلزی را برش می‌دهد.
ماتریس	قطعه‌ای که سنبه داخل آن حرکت نموده و عمل برش در فضای بین سنبه و ماتریس انجام می‌شود.
اتصالات و محور حرکت	این قسمت‌ها باعث انتقال نیرو از دسته‌ها به سنبه می‌شوند.

محدوده کاری نیبلر

قیچی نیبلر برای برش انواعی از ورق‌های فلزی از جمله ورق نازک فولادی، گالوانیزه، آلومینیوم به‌کار می‌رود. این ابزار محدودیت‌هایی دارد که رعایت آنها برای حفظ کیفیت برش و طول عمر ابزار ضروری است. یکی از مهم‌ترین این محدودیت‌ها، حداکثر ضخامت مجاز ورق است. نیبلرهای دستی معمولاً برای برش ورق‌های نازک طراحی می‌شوند و استفاده از آن برای ضخامت‌های بیشتر از حد مجاز دستگاه، موجب آسیب به ابزار و کاهش کیفیت برش می‌شود.

محدودیت دیگر، حداقل شعاع برش است. مسیر برش نباید دارای انحنایی با زاویه تندتر از حد مشخص‌شده باشد. درغیراین‌صورت، ابزار قادر به دنبال‌کردن مسیر نخواهد بود و دقت برش کاهش می‌یابد.

انتخاب قیچی نیبلر

قیچی‌های نیبلر به فرم‌ها و اندازه‌های مختلف از نظر استحکام برشی ساخته می‌شوند و بر اساس ضخامت و جنس ورق انتخاب می‌شوند. در جدول زیر استحکام برشی قیچی برای فلزات گوناگون نشان داده شده است.

جدول ۱۱

انواع فلزات	استحکام برشی (N/mm^2)	حداکثر ضخامت (mm)
فلزات غیرآهنی	۲۵۰	۳
فولادهای ساختمانی	۴۰۰	۲
فولادهای زنگ نزن	۵۵۰	۱/۲
فولادهای آلیاژی	۶۰۰	۱

مراحل کار با قیچی نیبلر

آماده‌سازی ابزار و محیط کار

شامل بررسی سلامت قیچی نیبلر، اطمینان از محکم بودن قطعات، تمیز بودن پانچ و ماتریس و آماده بودن ابزارهای کمکی می‌باشد. آماده‌سازی محیط کار نیز اهمیت زیادی داشته و باید سطح میزکار تمیز و مرتب باشد.

در این مرحله با استفاده از تجهیزات ایمنی شرایط ایمن برای انجام کار باید فراهم باشد.

علامت‌گذاری مسیر برش

با استفاده از ابزارهایی مانند خط‌کش فلزی، گونیا، پرگار و سوزن خط‌کش.

توجه

دقت در این مرحله بسیار اهمیت دارد، زیرا هرگونه خطا در علامت‌گذاری می‌تواند باعث خراب شدن قطعه شود.

گرفتن صحیح قیچی و کنترل ابزار

برای انجام برش دقیق، باید قیچی نیبلر به نحو صحیح با دست مهار شود به گونه‌ای که کنترل کامل روی مسیر حرکت داشته باشد. هنگام حرکت دادن نیبلر روی ورق، فشار یکنواختی اعمال شود تا برش به‌صورت منظم و بدون لرزش انجام گردد.

شروع برش

در این مرحله باید نوک ابزار در ابتدای خط برش قرار گرفته و با حرکت تدریجی ابزار، برش را به‌صورت یکنواخت و دقیق در طول مسیر انجام داد.

مکانیزم عملکرد قیچی نیبلر

عملکرد قیچی نیبلر بر اساس پانچ کردن پیوسته ورق فلزی است. زمانی که کاربر دسته‌های ابزار را فشار می‌دهد، پانچ به سمت پایین حرکت کرده و وارد ماتریس می‌شود. در این لحظه قسمت کوچکی از ورق که بین پانچ و ماتریس قرار دارد بریده شده و جدا می‌شود. با تکرار این حرکت، برش به صورت نقاط کوچک و متوالی در امتداد مسیر مشخص ادامه پیدا می‌کند. این فرایند باعث ایجاد شکافی در ورق می‌شود که به تدریج کامل شده و ورق به دو بخش جداگانه تقسیم می‌شود. به‌دلیل کوچک بودن هر مرحله از برش، امکان تغییر جهت مسیر و ایجاد منحنی‌ها به‌راحتی وجود دارد.

نصب تیغه

تیغه‌ها بایستی با زاویه مناسب به کمک شابلون مخصوص که غالباً همراه قیچی است تیز شوند. تیغه بالایی در بالاترین موقعیت خود با فاصله عمودی بین دو تیغه $b = 0/4mm$ است، محکم می‌شود. تیغه پایینی را با فاصله افقی که متناسب باضخامت ورق است از رابطه $a = 0/2 \times t$ به‌دست آورده، با تیغه بالایی تنظیم نموده و پیچ آن را محکم می‌نمایند (شکل ۳۲).



شکل ۳۲ــ تنظیم فاصله افقی و عمودی تیغه‌ها

برش خطوط مستقیم



شکل ۳۳

برای تقویت کنترل دست و افزایش دقت در هدایت ابزار، باید هنگام برش، ابزار را دقیقاً روی خط علامت‌گذاری شده حرکت داد تا لبه‌های برش تمیز و مستقیم باشند. نیبلر دستی با برق ۲۲۰ ولت کار می‌کند. قیچی باید با دست راست و ورق با دست چپ نگه‌داشته شود، سپس موتور دستگاه را روشن نمود. در طول کار باید قیچی در حالت عمودی قرار گرفته و هیچ‌گونه انحرافی به طرفین نداشته باشد همین‌طور قسمت جلویی قیچی به اندازه ۱۰ تا ۱۵ درجه بالا نگه داشته شود تا قدرت عمل تیغه‌ها زیادتر گردد. لازم به ذکر است در هنگام برش بایستی قسمت‌های بریده شده به سمت پایین خم شود (شکل ۳۳).

برش خطوط منحنی و دایره‌ای

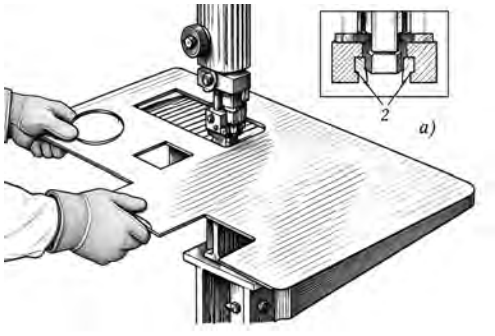


شکل ۳۴

یکی از مهم‌ترین توانایی‌های قیچی نیبلر، امکان برش مسیرهای منحنی است. برای برش منحنی‌های ساده و دایره‌ها یا اشکال پیچیده‌تر باید روی ورق ترسیم شوند و با حرکت تدریجی و تغییر جهت آرام ابزار، برش را در مسیر منحنی ادامه داد. این مهارت نیاز به تمرین و هماهنگی بیشتر بین حرکت دست و کنترل ابزار دارد. یکی از قابلیت‌های مهم نیبلر امکان شروع برش از داخل ورق است. برای انجام این کار ابتدا باید با استفاده از دریل یا پانچ، یک سوراخ در محل شروع برش ایجاد شود. پس از ایجاد سوراخ، نوک نیبلر داخل آن قرار می‌گیرد و برش در مسیر مشخص ادامه پیدا می‌کند (شکل ۳۴).

برش اشکال هندسی

با ترکیب مهارت‌های قبلی می‌توان اشکال مختلفی مانند مربع، مستطیل، دایره و اشکال ترکیبی را از ورق فلزی برش داد. برش اشکال هندسی باعث افزایش دقت و مهارت در کنترل مسیرهای مختلف برش می‌شود. برای برش هر شکل، باید مسیر حرکت ابزار را به درستی انتخاب نموده و از انحراف خطوط علامت‌گذاری شده جلوگیری نمود.

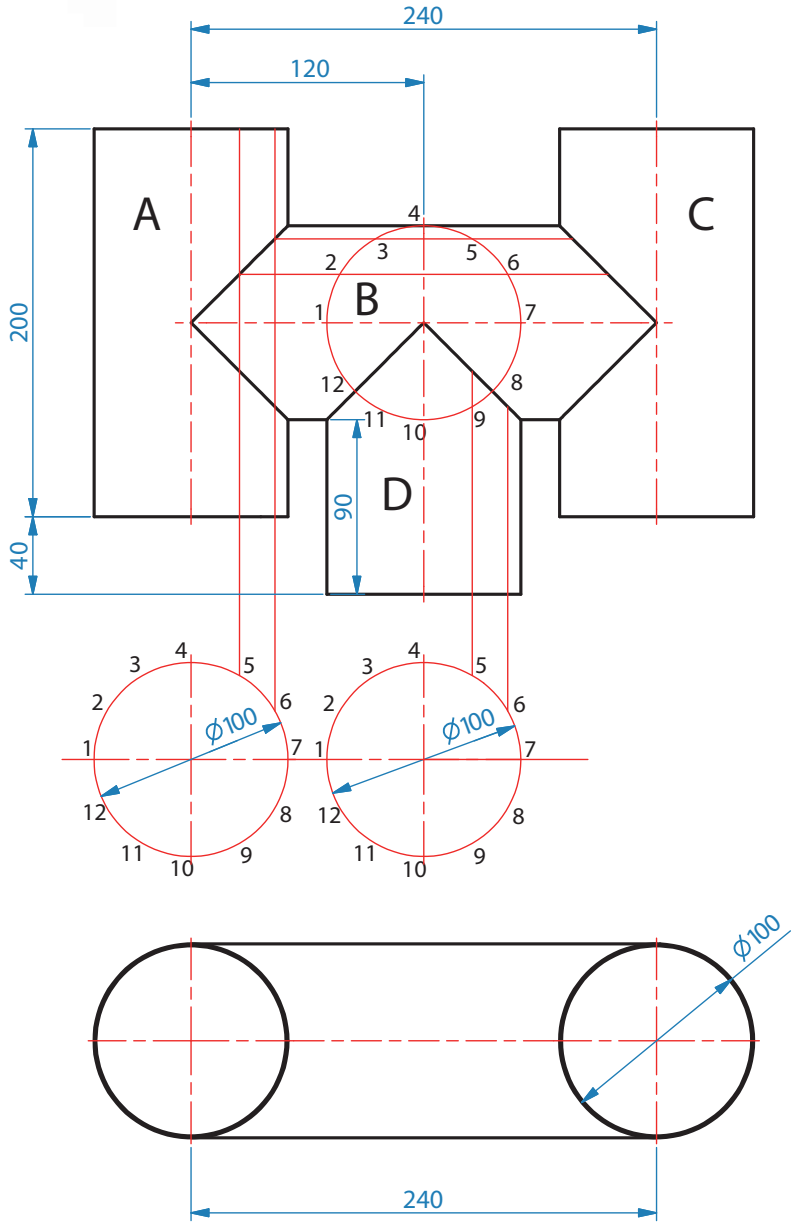


شکل ۳۵

نقشه خوانی



اولین و مهم ترین مرحله ساخت یک قطعه پیاده‌سازی نقشه بر روی ورق فلزی می‌باشد. در این مرحله باید با دقت و مهارت کافی شکل، ابعاد و اندازه موجود در نقشه را بر روی ورق فلزی اجرا نمود (شکل ۳۶).



شکل ۳۶ــ نقشه کلاهک دودکش

کارکلاسی

با توجه به نقشه کلاهک دودکش در شکل ۳۶ جدول زیر را تکمیل کنید.

نام قطعه	ابعاد	سایز
A	.....	.....
B	.....	.....
C	.....	.....
D	.....	.....

اصلاح لبه‌های برش‌خورده

پس از عملیات برش با نیبلر، لبه‌های قطعه کار ممکن است دچار پلیسه شوند که باید توسط ابزارهای دستی مانند سوهان یا سنباده پرداخت و صاف شوند. این مرحله علاوه بر افزایش کیفیت ظاهری و دقت ابعادی قطعه، خطر بریدگی دست در مراحل بعدیِ مونتاژ را نیز کاهش می‌دهد. ایجاد پلیسه‌های بیش از حد یا چروک‌خوردگی لبه‌ها، اغلب ناشی از تنظیم نبودن فاصله بین سنبه و ماتریس یا کندی تیغه‌هاست. بنابراین، کنترل و تنظیم دقیق ابزار پیش از شروع کار و بازرسی نهایی لبه‌های برش‌خورده، از الزاماتِ دستیابی به قطعاتی با کیفیت استاندارد و ایمن است.

تمیزکاری و نگهداری

پس از پایان عملیات برش‌کاری، باید ابزار را تمیز نموده و در محل مناسب قرار داد. پاک کردن براده‌های فلزی، بررسی سلامت ابزار و نگهداری صحیح آن باعث افزایش عمر ابزار و حفظ کیفیت عملکرد آن در استفاده‌های بعدی خواهد شد.

پژوهش کنید

با جستجو در فضای مجازی بررسی کنید، کدام مصنوعات فلزی را می‌توان با دستگاه نیبلر ستونی برش‌کاری نمود.

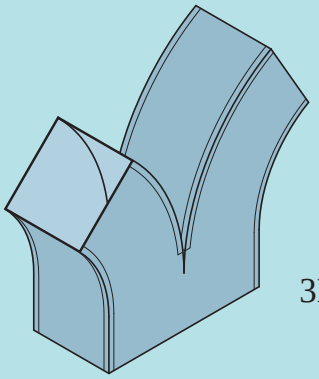
دستگاه‌های برش‌کاری دیگری را نام ببرید که جایگزین مناسبی برای دستگاه نیبلر به لحاظ کیفیت و سرعت عمل باشند؟

پاسخ: .....

.....

.....

کارکارگاهی



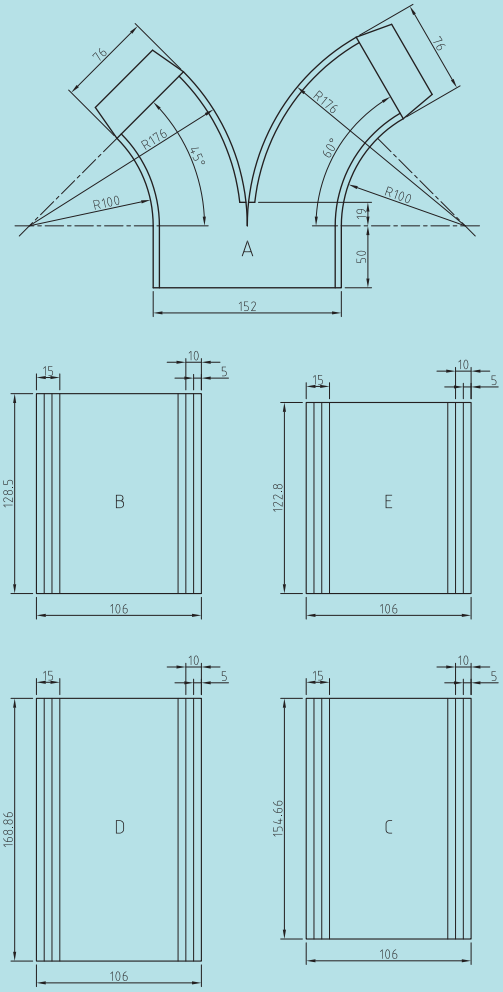
برش‌کاری ورق فلزی با قیچی نیبلر

مراحل انجام کار

- محاسبه سطح ورق مورد نیاز
- انتقال اندازه‌ها مطابق نقشه A روی ورق
- اضافه نمودن درز اتصال به اندازه 2e - 1
- انتقال اندازه‌ها به روی ورق‌های B,C ,D ,E
- اضافه نمودن درز اتصال به لبه ورق‌های B ,C ,D ,E به اندازه 6e - 3L
- برش قطعات مطابق نقشه
- پلیسه‌گیری خطوط برش

وسایل و تجهیزات

در جدول صفحه بعد ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید. سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.



ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- ☐ از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی، ماسک تنفسی استفاده کنید.
- ☐ کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- ☐ هر گونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- ☐ از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.
- ☐ سوزن خط‌کش را داخل جیب لباس کار خود قرار ندهید.

نکات زیست‌محیطی

- ☐ مدیریت مصرف ورق‌های فلزی
- ☐ بازیافت و تفکیک پسماندها

کارکارگاهی

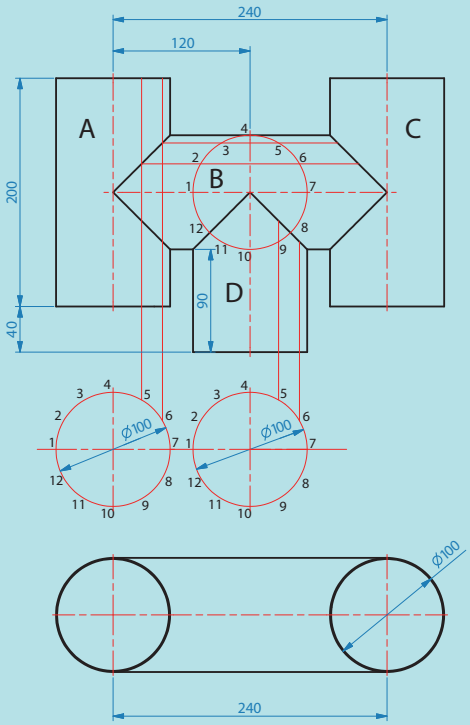
برشکاری ورق فلزی برای ساخت کلاهک H

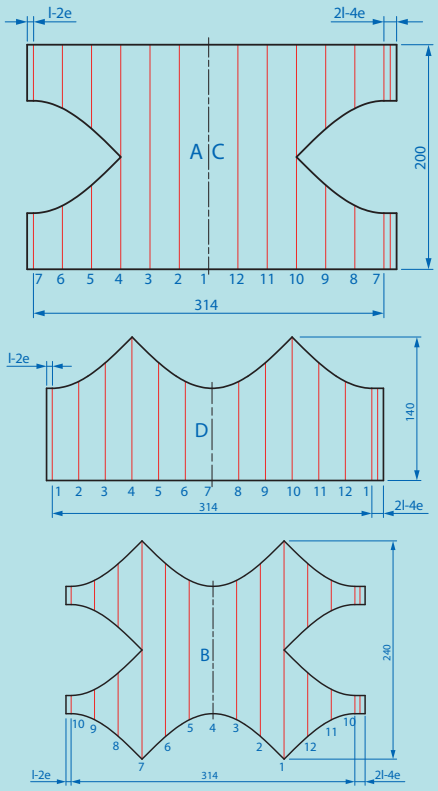
مراحل انجام کار

- محاسبه سطح ورق مورد نیاز
- گسترش قطعات A ,B ,C ,D
- ساخت شابلون قطعات A ,B ,C ,D
- پیاده‌سازی شابلون روی ورق
- اضافه نمودن درز اتصال به لبه ورق‌های A ,B ,C ,D
- برش قطعات با دستگاه نیبلر مطابق نقشه
- پلیسه‌گیری خطوط برش

وسایل و تجهیزات

در جدول صفحه بعد ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید.
سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.





ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- ☐ از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی، ماسک تنفسی استفاده کنید.
- ☐ کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- ☐ هر گونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- ☐ از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.
- ☐ سوزن خط‌کش را داخل جیب لباس کار خود قرار ندهید.

نکات زیست‌محیطی

- ☐ مدیریت مصرف ورق‌های فلزی
- ☐ بازیافت و تفکیک پسماندها

ارزشیابی شایستگی برش‌کاری با نیبلر

نام و نام خانوادگی						
کد حرفه	۷۲۱۳۱۲	حرفه	ورق‌کاران (فلزات)	شماره ملی		تاریخ ارزشیابی:
کد وظیفه شغل	۷۲۱۳۱۲۰۳	وظیفه شغل	فرم‌دهی ورق‌های فلزی	کدپیمانه/پودمان	۷۲۱۳۱۲۰۳۱	استاندارد عملکرد : برش‌کاری ورق‌های نازک با دستگاه نیبلر برابر نقشه با رعایت نکات فنی و ایمنی
کد کار	۷۲۱۳۱۲۰۳۱۲	کار	برش‌کاری با نیبلر	سطح صلاحیت	L2	
				سطح شایستگی	مهارت	

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار،مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده‌سازی	قیچی نیبلر، خط‌کش فلزی، سوزن خط‌کش، نقشه کار زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، نقشه، آزمون عملکردی	پیاده‌سازی خط برش براساس کمترین مقدار دورریز برابر دستورالعمل	۳	
				انتخاب قیچی برابر نقشه کار	۲	
				ناتوانی در انتخاب قیچی	۱	
۲	برش‌کاری ورق	نیبلر دستی و ماشینی زمان: یک ساعت	مشاهده کار، آزمون عملکردی	تنظیم تیغه‌ها، پیاده‌سازی تکنیک‌های برش‌کاری یکنواخت	۳	
				برش مستقیم و منحنی برابر نقشه	۲	
				ناتوانی در برش ورق	۱	
۳	کنترل نهایی	خط‌کش فلزی، نقشه کار، متر، کولیس، گونیا، پرگار فلزی زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، آزمون عملکردی	کنترل کیفی ورق برابر دستورالعمل	۳	
				کنترل ابعادی ورق برابر نقشه	۲	
				ناتوانی درکنترل ابعادی	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:		دقت در طراحی برش با کمترین مقدار دورریز، دفع دورریز در بخش بازیافت، مدیریت مواد و تجهیزات (N۴۲)، به‌کارگیری دستکش، لباس کار، عینک		رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش)	۲	
				عدم رعایت موارد ایمنی	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐	
					خیر ☐	

توضیحات:

۱ـ معیار شایستگی انجام کار:

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

پودمان دوم

برش کاری حرارتی



برش کاری اکسی گاز



برش کاری پلاسما

از گذشته تاکنون، برش کاری یکی از مهم‌ترین فرایندها در صنایع فلزی بوده است. با پیشرفت فناوری، روش‌های مختلفی برای برش فلزات توسعه یافته‌اند که در میان آنها، برش کاری حرارتی به دلیل سرعت بالا، صرفه اقتصادی و کاربرد گسترده، جایگاه ویژه‌ای در صنعت پیدا کرده است. از مهم‌ترین روش‌های برش حرارتی می‌توان به برش اکسی گاز و برش پلاسما اشاره کرد. برش هواگاز به دلیل سادگی تجهیزات، هزینه مناسب و توانایی برش فلزات با ضخامت‌های بالا، از روش‌های رایج و پایه در صنایع فلزی به شمار می‌رود. در مقابل، برش پلاسما به عنوان روشی نوین با استفاده از قوس الکتریکی و گاز یونیزه‌شده، امکان برش سریع و باکیفیت فلزات رسانا را فراهم می‌کند.

واحد یادگیری ۱

برش‌کاری اکسی‌گاز

آیا تابه‌حال پی برده‌اید؟

- رعایت اصول ایمنی در برش‌کاری اکسی‌گاز تا چه حد حیاتی است و از حوادث می‌تواند پیش‌گیری کند.
- گازهای سوختنی خواص فیزیکی و شیمیایی خاصی دارند که بر کیفیت برش تأثیر می‌گذارد.
- بر چه اساسی می‌توان نازل را انتخاب نمود و انتخاب نادرست آن‌چه پیامدهایی بر کیفیت و ایمنی کار دارد.
- بین تکنیک‌های برش‌کاری مستقیم، مایل، پخ‌زنی و سوراخ‌کاری با روش اکسی‌گاز تفاوت وجود دارد.
- برش‌کاری اکسی‌گاز به روش دستی چه زمانی مناسب است و چه موقع باید از روش اتوماتیک استفاده نمود.

استاندارد عملکرد

پس از این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود، با رعایت الزامات ایمنی، بهداشت و حفاظت فردی، تجهیزات و گازهای مورد استفاده در برش‌کاری حرارتی هواگاز را شناسایی و تنظیم نموده و عملیات برش‌کاری قطعات فولادی را به روش دستی، شامل برش مستقیم، برش مایل، پخ‌زنی و سوراخ‌کاری بر اساس نقشه و معیارهای فنی به طور صحیح اجرا نمایند.

برش‌کاری فلزات

برش‌کاری فرایندی است که طی آن قطعه به دو یا چند بخش تقسیم می‌شود. برش‌کاری به دو روش مکانیکی و حرارتی براساس پارامترهایی همچون جنس قطعه، ضخامت قطعه، دقت و سرعت انجام می‌شود.

برش‌کاری اکسی‌گاز (OFC)[1]

فرایندی است که در آن با واکنش گرمازا بین اکسیژن و گاز سوختنی دمای سطح فلز بالا رفته و به نقطه ذوب رسیده سپس با جریان اضافی اکسیژن، فلز گداخته اکسید شده و قطعه سوراخ و برش‌کاری می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱ــ فرایند برش‌کاری اکسی گاز

کارکلاسی

روش برش‌کاری ساخت مصنوعات نشان داده شده را با علامت ✓ مشخص نمایید.

	
برش‌کاری مکانیکی ☐ برش‌کاری حرارتی ☐	برش‌کاری مکانیکی ☐ برش‌کاری حرارتی ☐
	
برش‌کاری مکانیکی ☐ برش‌کاری حرارتی ☐	برش‌کاری مکانیکی ☐ برش‌کاری حرارتی ☐

۱ ـ Oxy Fuel Cutting

برش‌کاری حرارتی به‌طور گسترده در صنعت استفاده می‌شود، زیرا قابلیت برش‌کاری قطعات ضخیم را داشته، تجهیزات آن ساده بوده و به‌صورت دستی یا اتوماتیک انجام می‌شود. از روش دستی برای برش قطعات کوچک، تعداد پایین و عملیات تخریب و قراضه سازی و از روش نیمه اتوماتیک و اتوماتیک برای برش قطعات با تعداد بالا با کیفیت و سرعت زیاد استفاده می‌شود.

مهمترین ویژگی‌های برش‌کاری اکسی گاز

↓

مناسب برای فولاد کربنی

↓

عمق برش زیاد

↓

سرعت برش مناسب

↓

کنترل‌پذیری خوب

توجه

برش‌کاری حرارتی برای فولاد زنگ‌نزن، آلومینیوم، مس و چدن مناسب نیست، زیرا اکسیدهای این فلزات نقطه ذوب بالاتری از خود فلز داشته و یا اکسید پایدار و چسبنده دارند.

فرایند برش‌کاری اکسی‌گاز در دو مرحله انجام می‌شود:

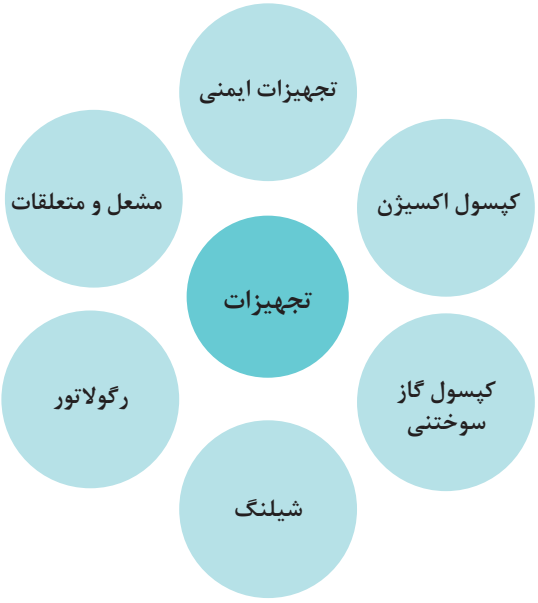
- **پیش گرمایش:** که در آن شعله حاصل از ترکیب گاز سوختنی با اکسیژن، سطح فولاد را تا حدود ۹۰۰ـ۱۱۰۰ °C گرم می‌کند؛ این دما همان نقطه‌ای است که فولاد می‌تواند با اکسیژن خالص واکنش سریع دهد.
- **جریان برش:** که در آن وقتی فلز به دمای مناسب رسید، یک جریان فشار قوی از اکسیژن خالص، فلز داغ را اکسید نموده و اکسیدهای مذاب را از درز برش خارج می‌کند.

پژوهش

درمورد روش های تأمین انرژی حرارتی مورد نیاز برای برش کاری فلزات در منابع گوناگون جست‌وجو نمایید.

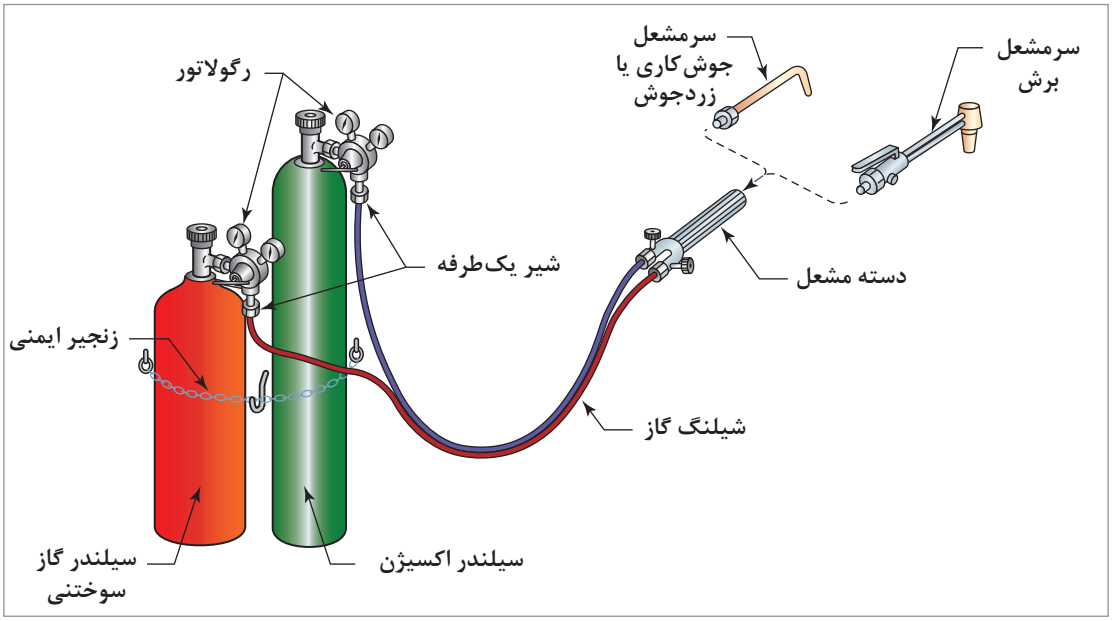
تجهیزات برش‌کاری اکسی‌گاز

تجهیزات برش‌کاری حرارتی عبارتند از: مشعل، نازل برش با سایزهای مختلف، رگولاتورهای فشار گاز، سیلندرهای اکسیژن و گاز و شیلنگ‌های استاندارد می‌باشند که در نمودار ۱ نام برده شده است.



نمودار ۱ـ تجهیزات برش‌کاری اکسی گاز

در شکل ۲ تجهیزات برش‌کاری اکسی‌گاز به‌صورت شماتیک نشان داده شده است.



شکل ۲ـ تجهیزات برش‌کاری اکسی‌گاز

گازها در برش‌کاری اکسی‌گاز

- گازهای سوختنی
- اکسیژن

در برش‌کاری حرارتی گازهای سوختنی داده شده در جدول ۱ رایج بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرند.

جدول ۱ــ گازهای سوختنی در برش‌کاری حرارتی

گاز	شکل	گاز	شکل
استیلن C_2H_2		متان CH_4	
گازی بی‌رنگ و قابل اشتعال که حاوی مقدار اندکی فسفین است و بویی نامطبوع شبیه بوی سیر دارد. این گاز در کپسول‌های پرفشار حاوی مواد متخلخل و استون ذخیره می‌شود.		گازی بی‌رنگ و بی‌بو که از هوا سبک‌تر است، بر اثر تجزیه کربن‌های آلی و همچنین از چاه‌های گاز و همراه نفت تولید می‌شود. این گاز در معادن زغال‌سنگ، محل‌های دفن زباله و چاه‌های فاضلاب نیز وجود دارد.	
دمای شعله ۳۱۶۰ °C		دمای شعله ۲۷۷۰ °C	
نسبت اختلاط ۱: ۱/۲		نسبت اختلاط ۱: ۱/۸	
پروپان C_3H_8		مپ MAPP	
یکی از ترکیبات هیدروکربنی است که سه اتم کربن و هشت اتم هیدروژن در ساختار خود دارد و در اثر کاهش دما و افزایش فشار به حالت مایع در می‌آید.		مَپ نامی تجاری است که از ترکیب متیل‌استیلن و پروپادین به‌دست می‌آید. به‌دلیل تراکم‌پذیری بالاتر و وزن کمتر کپسول‌ها، به‌عنوان جایگزینی مناسب برای استیلن استفاده می‌شود	
دمای شعله ۲۸۲۸ °C		دمای شعله ۲۹۷۶ °C	
نسبت اختلاط ۱: ۳/۴		نسبت اختلاط ۱: ۳/۳	
پروپیلن C_3H_6		هیدروژن H_2	
گازی بی‌رنگ با بوی تند است که غیرسمی اما ناپایدار به‌شمار می‌رود. این گاز در فرایندهای تصفیه بنزین و تولید اتیلن به‌دست می‌آید. همچنین می‌توان آن را از تجزیه مخلوط‌های هیدروکربنی نیز تولید کرد.		گازی بی‌رنگ و قابل اشتعال بوده و با مواد شیمیایی دیگر واکنش نشان می‌دهد. هیدروژن سبک‌ترین گاز است و به‌راحتی با هوا ترکیب انفجاری تشکیل می‌دهد.	
دمای شعله ۲۸۹۶ °C		دمای شعله ۲۸۵۶ °C	
نسبت اختلاط ۱: ۳/۷		نسبت اختلاط ۱: ۰/۴۲	

ویژگی گازهای سوختنی در جدول ۲ ذکر شده است.

جدول ۲

دمای شعله	بیشترین دمای شعله در ناحیه نوک مخروط داخلی یا شعله اولیه.
نسبت اختلاط	میزان اختلاط گاز سوختنی با اکسیژن و نوع شعله به‌صورت احیایی، خنثی یا اکسیدی
ارزش حرارتی	مقدار گرمای تولید شده از احتراق کامل گاز در واحد جرم یا حجم

اکسیژن

گازی ضروری برای تشکیل هرم احتراق که معمولاً از تقطیر هوای مایع به دست می‌آید.

پژوهش

میزان خلوص اکسیژن چه ارتباطی می‌تواند با سرعت و کیفیت برش‌کاری داشته باشد؟

پاسخ: .....

کپسول‌های گاز

کپسول استیلن به رنگ زرد بوده و برای ذخیره استیلن در داخل آن از مواد متخلخل و مایع اَسِتُن استفاده می‌شود. رنگ کپسول اکسیژن صنعتی مشکی و نوع بیمارستانی آن سفید رنگ و فشار داخل این کپسول‌ها ۱۵۰ bar می‌باشد.



کپسول اکسیژن



کپسول استیلن

شکل ۳ـ کپسول‌های گاز

جستجو کنید

در چه نوع کپسول‌هایی از فیوز ذوب‌شونده یا (Fusible Plug) استفاده می‌شود و چه کاربردی دارد و در آنهایی که این فیوز وجود ندارد دلیل آن چیست؟ پس از رسیدن به جواب آن را در کلاس بحث و گفت‌وگو کنید.

پاسخ: .....

توجه

پس از خالی شدن کپسول استیلن، برای جلوگیری از خروج استن، شیر کپسول را کاملاً ببندید.

پژوهش

با جستجو در اینترنت مشخص کنید چه نوع اطلاعاتی در پلاک شناسایی کپسول‌ها درج می‌شود.

.....		
.....		
.....		
.....		
.....		

کارکلاسی

هنرجویان عزیز پس از مطالعه هر یک از موارد ذکر شده در جدول در ستون مقابل آن علامت ✓ را وارد نمایید.

جدول ۳

موارد ایمنی	چک لیست ✓
جابجایی کپسول‌ها با استفاده از ارابه مخصوص	☐
نصب کلاهک محافظ شیر هنگام جابه‌جایی کپسول	☐
انبار کردن کپسول‌های پر وخالی به‌صورت مجزا	☐
مهار کپسول به‌صورت عمودی با استفاده از زنجیر نگهدارنده	☐
نگهداری کپسول‌ها در انبار با تهویه مناسب	☐
خودداری از غلتاندن کپسول‌ها روی زمین	☐
عدم استفاده از اکسیژن برای پاک کردن لباس کار و باد کردن لاستیک‌ها	☐
آزمایش ایمنی کپسول‌ها هر سه سال یک بار از سوی مؤسسات دارای صلاحیت	☐
جلوگیری از آلوده شدن کپسول و شیر فلکه آنها به روغن و گریس و سایر چربی‌ها	☐
جلوگیری از وارد شدن ضربه و شوک مکانیکی به هر قسمت از کپسول‌ها	☐
محافظت کپسول‌ها از هر نوع منبع حرارتی	☐
عدم تماس شعله هنگام یخ زدن شیر خروج استیلن	☐
ایجاد فاصله (۵ـ۴ متر) محل برش‌کاری تا محل استقرار کپسول‌ها	☐
نصب کلید چراغ انبار نگهداری کپسول‌های استیلن خارج از انبار	☐

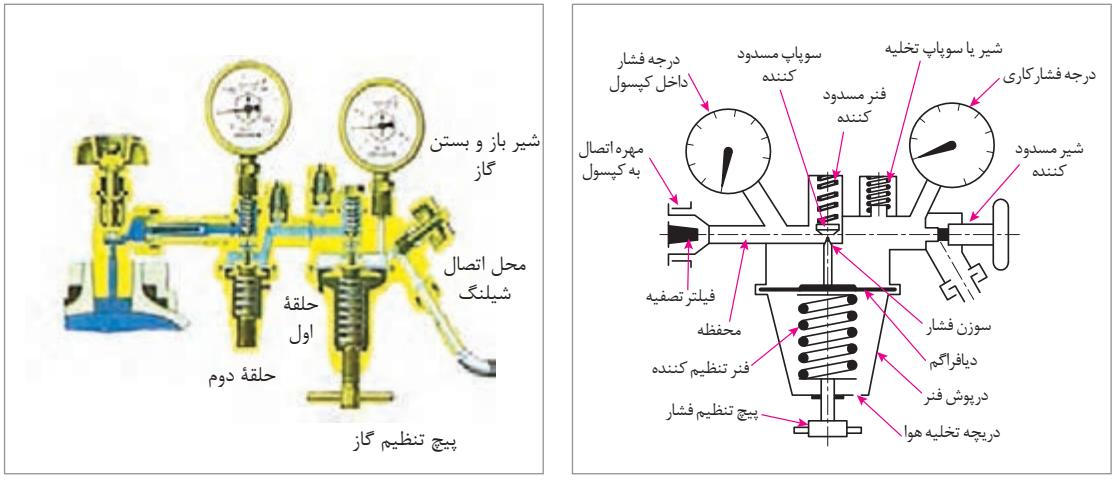
توجه

- هرگز از اتصالات مسی یا آلیاژهایی که بیش از ۷۰ درصد مس دارند برای گاز استیلن استفاده نکنید؛ زیرا در این حالت ترکیبات ناپایدار و قابل انفجار تشکیل می‌شود.
- اگر به هر دلیل کپسول استیلن گرم شد، آن را فوراً به فضای باز منتقل کنید. سپس با استفاده از آب، بدنهٔ کپسول را خنک کرده و گاز داخل آن را به‌آرامی تخلیه کنید.

رگولاتور

گازهای اکسیژن و استیلن در کپسول‌ها با فشار بسیار زیاد ذخیره می‌شوند. این فشار برای انجام عملیات جوشکاری مناسب نیست؛ بنابراین لازم است پیش از استفاده، فشار گاز کاهش یابد. این کار به وسیله رگولاتور انجام می‌شود.

گاز پس از عبور از سوپاپ رگولاتور منبسط شده و فشار آن کاهش می‌یابد. رگولاتور دارای یک پیچ تنظیم است که با چرخاندن آن می‌توان فشار گاز خروجی را در مقدار مورد نیاز تنظیم کرد. در شکل ۴ انواع رگولاتورها نشان داده شده است.



یک مرحله‌ای　　دو مرحله‌ای

شکل ۴ـ انواع رگولاتور

رگولاتورهای دو مرحله‌ای به گونه‌ای طراحی شده‌اند که در هنگام کار نیاز به تنظیم مجدد نداشته باشند. در این نوع رگولاتورها کاهش فشار گاز در دو مرحله انجام می‌شود تا از افت ناگهانی فشار جلوگیری شده و فشار خروجی به‌صورت یکنواخت و پایدار تأمین گردد.

رگولاتورها از نظر قطر لوله خروجی گاز، نوع مهره اتصال، رنگ مانومترها و فشار کاری با یکدیگر تفاوت دارند. قطر لوله خروجی در رگولاتور استیلن نسبت به رگولاتور اکسیژن بیشتر است. همچنین مهره اتصال در رگولاتور اکسیژن راست‌گرد و در رگولاتور استیلن چپ‌گرد طراحی شده است تا از اتصال اشتباه جلوگیری شود.
از نظر رنگ مانومتر نیز تفاوت مشخصی وجود دارد؛ مانومتر اکسیژن به رنگ آبی و مانومتر استیلن به رنگ قرمز است. علاوه بر این، فشار کاری مانومتر اکسیژن از مانومتر استیلن بیشتر است. در شکل ۵ رگولاتورهای مخصوص اکسیژن و استیلن نشان داده شده‌اند.



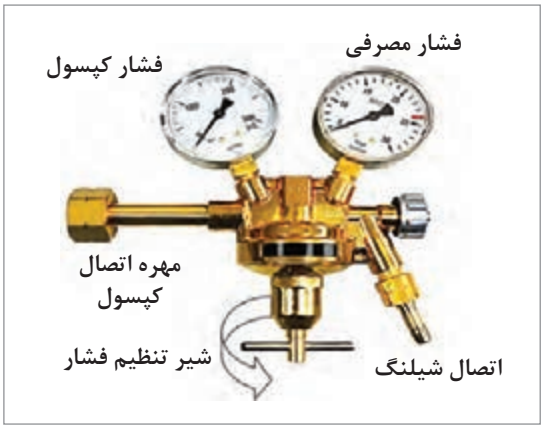
کاهش فشار استیلن تا ۰/۷ بار



کاهش فشار اکسیژن تا ۱/۵ بار

شکل ۵ــ رگولاتورهای اکسیژن و استیلن

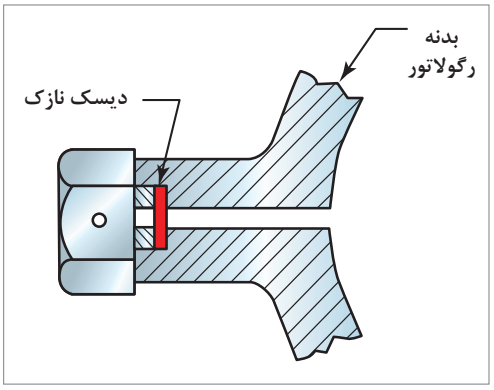
روش کار همه رگولاتورها مشابه است؛ با این حال، نمی‌توان از آنها برای گازهای مختلف به‌جای یکدیگر استفاده کرد.
بر روی هر رگولاتور دو فشارسنج نصب می‌شود. یکی فشارِ کاری و دیگری فشارِ داخل سیلندر را نشان می‌دهد. همچنین، رگولاتور به شیر اطمینان مجهز است تا در صورت افزایش بیش از حد فشار، گاز اضافی را تخلیه کرده و از آسیب‌دیدن رگولاتور جلوگیری کند.



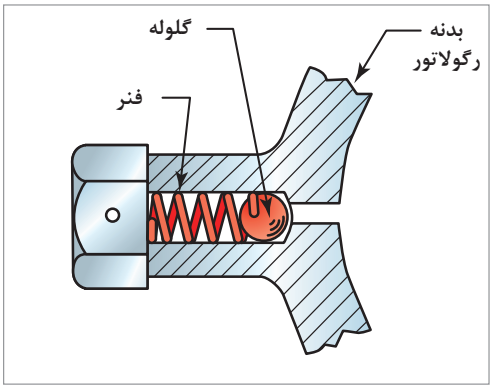
شکل ۶ــ تنظیم فشار

سوپاپ اطمینان

رگولاتورها به یک سوپاپ اطمینان مجهز هستند تا از ایجاد فشار بیش از حد جلوگیری کرده و از آسیب دیدن رگولاتور جلوگیری شود. سوپاپ اطمینان از یک توپک کوچک تشکیل شده است که به وسیلهٔ یک فنر با فشار در مقابل دهانهٔ لوله قرار می‌گیرد. هنگامی که فشار از حد مجاز بیشتر شود، توپک از جای خود کنار رفته و گاز اضافی خارج می‌شود. پس از کاهش فشار و بازگشت آن به مقدار مجاز، سوپاپ اطمینان به طور خودکار به حالت اولیه بازمی‌گردد.
دیسک محافظ قطعه‌ای نازک است که برای آب‌بندی بین دو سطح فلزی قرار می‌گیرد و از نشت گاز جلوگیری می‌کند.



سوپاپ صفحه‌ای



سوپاپ ساچمه‌ای

شکل ۷ـ سوپاپ آزاد کننده فشار

کارکلاسی

از انبار کارگاه یک رگولاتور اکسیژن و استیلن تحویل گرفته سپس جدول زیر را تکمیل نمایید.

نوع رگولاتور	فشار ورودی		فشار خروجی	
	bar	psi	bar	psi
رگولاتور اکسیژن	....	....	....	....
رگولاتور استیلن	....	....	....	....

شیلنگ

برای انتقال اکسیژن و استیلن از رگولاتور به سرِ مشعل، از شیلنگ‌های استاندارد و مخصوص با طول حداقل ۳ متر استفاده می‌شود.

در عملیات برش‌کاری، معمولاً از شیلنگ با قطر $\frac{۳}{۸}$ اینچ استفاده می‌شود. رنگ شیلنگ اکسیژن سبز یا آبی و رنگ شیلنگ گاز سوختنی قرمز است. این تفاوت رنگ به‌منظور تشخیص سریع و افزایش ایمنی در هنگام کار در نظر گرفته شده است (مطابق شکل ۸).



شکل ۸

توجه

برای اتصال شیلنگ به سرشیلنگی، حتماً از بست استاندارد استفاده کنید و از به‌کار بردن سیم مفتولی برای این کار خودداری نمایید.



ایمنی شیلنگ‌های گاز

کارکلاسی

در جدول زیر نکات ایمنی در مورد شیلنگ‌های گاز می‌باشد، جاهای خالی را تکمیل نمایید.

■ دور نگه داشتن شیلنگ‌ها از مجاورت .....
■ عدم اتصال شیلنگ گاز استیلن با استفاده از .....
■ محافظت از شیلنگ‌ها در تماس با لبه‌های .....
■ عدم ترمیم شیلنگ‌های آسیب دیده با ..... و امثال آن
■ عدم عبور ماشین آلات و ..... از روی شیلنگ‌ها
■ کنترل ..... شیلنگ‌ها با آب صابون و کف
■ ..... پودر تالک از شیلنگ‌های نو با هوای فشرده

شیر یک‌طرفه (فلاش بک)

وسیله ایمنی است که از بازگشت جریان گاز و پس‌زدن شعله جلوگیری می‌کند. این قطعه در مسیر شیلنگ و دستهٔ مشعل و یا روی رگولاتور نصب می‌شود. در شکل ۹ دو مدل آن نشان داده شده است.

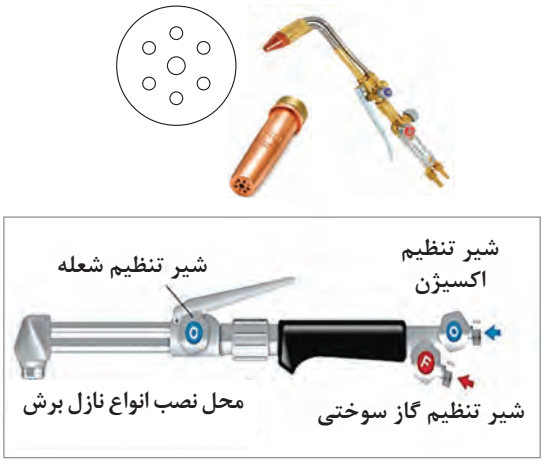


شکل ۹

مشعل برش‌کاری

وظیفهٔ آن اختلاط اکسیژن و گاز سوختنی است. علاوه بر شیرهای تنظیم گاز و اکسیژن، یک شیر اهرمیِ اکسیژنِ اضافی نیز در آن تعبیه شده است که برای اَکسید کردن فلز و پرتاب ذرات مذاب به خارج از مسیر برش‌کاری به‌کار می‌رود (شکل ۱۰).

در نوعی از مشعل‌های برش‌کاری، سرِ مشعل به دسته مشعل جوشکاری متصل می‌شود و از آن بیشتر برای برش‌کاری با حجم کم استفاده می‌گردد. در کارهای سنگین و برای برش قطعات با ضخامت بالا، از مشعل‌های مخصوص استفاده می‌شود. در این نوع، دسته و مشعل به‌صورت یکپارچه ساخته شده‌اند و علاوه بر داشتن لوله‌هایی با قطر بزرگ‌تر



شکل ۱۰ــ مشعل برش‌کاری

برای رساندن بهتر گاز و اکسیژن، طول لوله‌ها نیز بیشتر در نظر گرفته می‌شود تا از انتقال گرما به برش‌کار در هنگام کار جلوگیری شود.
در شکل ۱۱ انواع مشعل‌های مخصوص برش‌کاری را با اندازه‌های طولی متفاوت"۱۸، "۲۷، "۳۶ اینچ و متعلقات مربوط به دسته مشعل برش‌کاری نشان داده شده است.



متعلقات دسته مشعل برش‌کاری



مشعل برش‌کاری با گاز

شکل ۱۱

در فرایند برش‌کاری با شعله گاز، برای ایجاد تمرکز و افزایش حرارت، از سرِ مشعل‌های همگرا استفاده می‌شود. این سرِ مشعل‌ها به گونه‌ای هستند که گازهای سوختنی و اکسیژن را به‌صورت متمرکز به ناحیه مشخصی هدایت می‌نماید و باعث تشکیل شعله متمرکز می‌شود.
تمرکز شعله سبب می‌شود حرارت در سطح کوچکی از قطعه‌کار تجمع یابد و دمای آن ناحیه در مدت کوتاه‌تری به‌دمای لازم برای انجام عملیات برش‌کاری برسد. این ویژگی علاوه بر افزایش سرعت کار، باعث کاهش اتلاف حرارت و بهبود کیفیت عملیات نیز می‌شود.

نکات ایمنی

ایمنی مشعل برش‌کاری

- خودداری از بازکردن و بستن سرِ مشعل و نازل هنگام داغ بودن
- خنک‌سازی مشعل در صورت داغ شدن غیرعادی، مطابق دستورالعمل ایمنی
- رها نکردن مشعل روشن روی زمین یا میز کار
- خاموش نمودن فوری مشعل در صورت بروز هرگونه نقص یا اختلال در حین برش‌کاری
- عدم روغن‌کاری هیچ یک از اجزای مشعل برش‌کاری

نازل مشعل برش‌کاری

وظیفه نازل هدایت و خروج گازهای مخلوط‌شده در محفظه اختلاط از طریق سوراخ‌های اطراف سوراخ مرکزی (شکل ۱۰) برای ایجاد شعله است. همچنین اکسیژن اضافی از سوراخ مرکزی خارج شده و با ایجاد جریان متمرکز، باعث اکسید شدن و پرتاب ذرات فلز مذاب از محل برش می‌شود.
برای شناسایی و انتخاب نازل‌ها از کدهای مخصوصی که روی آن‌ها حک شده است، استفاده می‌شود. استاندارد یکسان و ثابتی برای شماره‌گذاری نازل‌ها وجود ندارد، اما شرکت‌های سازنده معمولاً مشخصات

اصلی نازل‌ها را در جداول انتخاب ارائه می‌کنند که مشخصات شامل نوع اتصال نازل به مشعل، آرایش و اندازه سوراخ‌های نازل و نوع گاز مورد استفاده است.

در برخی از نازل‌های برش‌کاری، شماره‌هایی مانند ۶، ۸، ۱۲، ۱۵، ۲۰، ۲۴، ۳۲، ۴۰، ۴۸ و ۶۴ روی نازل درج می‌شود. این شماره‌ها بسته به شرکت سازنده ممکن است نشان‌دهنده اندازه سوراخ مرکزی، ظرفیت برش یا کد شناسایی نازل باشند. بنابراین، تفسیر دقیق آنها باید بر اساس جدول مشخصات همان سازنده انجام شود (شکل ۱۲).



شکل ۱۲

پژوهش

از کاتالوگ شرکت های تولید تجهیزات برش‌کاری، سایز و نوع نازل سرمشعل‌های برش‌کاری را بیابید.

پاسخ: .....

انتخاب نازل

با توجه به ضخامت قطعه‌کار و فشار گاز می‌توان از جدول ۳ برای انتخاب نازل مناسب استفاده نمود.

جدول ۳ـ انتخاب نازل

ضخامت قطعه mm	فشار استیلن kPa	فشار اکسیژن kPa	سایز نازل
۳		۱۰۰	۸
۶		۱۸۰	۸
۱۲		۲۰۰	۱۲
۲۰	۱۰۰	۲۳۵	۱۲
۲۵		۲۵۰	۱۵
۴۰		۳۰۰	۱۵
۵۰		۳۵۰	۱۵

جدول ۳ مشخصات انواع نازل‌های برش مشعل را نشان می‌دهد که با گازهای مختلف استفاده می‌شوند. هر ردیف، یک مدل نازل مشخص با کاربرد خاص است.

- شماره نازل مثال: CN-۰۳، GO_2-S، G_1-A این کد برای سفارش، تعویض و انتخاب صحیح نازل استفاده می‌شود.
- نوع طراحی نازل که نحوه اختلاط گاز، شکل شعله و کاربرد صنعتی مشخص می‌نماید. به طور مثال: (M / A) نازل‌های معمولی، (ANM / PNM / ANME/ PNME) نازل‌های دقیق‌تر و صنعتی، (AGNM / ASNM) نازل‌های خاص یا زاویه‌دار می‌باشند.

- سایز نازل یا اندازه سوراخ برش به طور مثال ۱،۲،۳ و ۱/۳۲/۸،۱/۶۴/۳،۶۴/۵،۱۶/۱،۶۴/۱،۳۲/۱ که هرچه عدد بزرگ‌تر باشد ضخامت فلز قابل برش، مصرف گاز و عرض برش بیشتر خواهد بود.
- نوع گاز، گاز استیلن با ویژگی برش سریع‌تر، شعله داغ‌تر و گاز مایع با شعله ملایم‌تر و اقتصادی‌تر است.
- مدل مشعل، که نازل روی آن نصب می‌شود. به طور مثال: GO-۴۴۰، GO_2-۲۰۰، GO-۳۵۰A

نکته

نازل استیلن و LPG قابل جایگزینی با هم نیستند.

جدول ۴ــ نازل‌های رایج در برش‌کاری

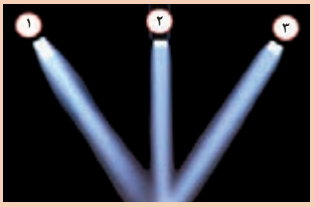
مشعل برش‌کاری	گاز	سایز نازل	نوع نازل	شکل	شماره نازل
GO_1-۴۴۰ GO_1-۴۴۰ GO_1-۴۴۰	L.P.G	۱، ۲، ۳	M		CN-۰۳
	Acetylene		M		CN-۰۴
GO_1-۵۲۰	L.P.G		A		CN-۰۵
	Acetylene		A		C-۰۶
GO_2-۲۰۰ GO_2-۲۵۰ GO_2-۳۰۰ GO_1-۱۲۰	Acetylene	۱/۳۲, ۳/۶۴, ۱/۱۶, ۵/۶۴, ۳/۳۲, ۱/۸	ANM		GO_2-S
	L.P.G		PNM		GO_3-S
	Acetylene		ANME		GO_2-E
	Acetylene		ANME		GO_2
	Acetylene		PNME		GO_3
	Acetylene	-	AGNM		GO_2-B
	Acetylene	۱/۸, ۳/۱۶, ۱/۴	ASNM		GO_2-D
GO_2-۳۵۰ GO_2-۳۵۰A	Acetylene	۱۰/۱۰،۳۰/۱۰،۲۵/۱۰،۱۶/۱۰	-		G_1-A
	L.P.G	،۱۰/۱۰،۱۶/۱۰ ۱۰/۱۰،۲۵/۲۰	-		G_1-P

توجه

- اگر از استیلن استفاده می‌کنید از نازل‌های سری ANM یا GO_2 استفاده نمایید که دارای سوراخ‌های پیش‌گرم کمتر و بزرگ‌تر هستند.
- اگر از گاز مایع استفاده می‌کنید از نازل‌های سری PNM یا GO_3 استفاده نمایید که دارای سوراخ‌های پیش‌گرم ریزتر و بیشتر هستند.

پژوهش

نوع گاز سوختنی چه تأثیری در طراحی نازل و سوراخ‌های محیطی آن دارد؟ (توجه کنید گاز مورد استفاده در نازل‌های شماره ۲ و شماره ۴ یکسان می‌باشد).





در فرایند برش‌کاری اکسی‌گاز متعلقات دیگری نیز استفاده می‌شوند که در جدول ۵ آورده شده‌اند.

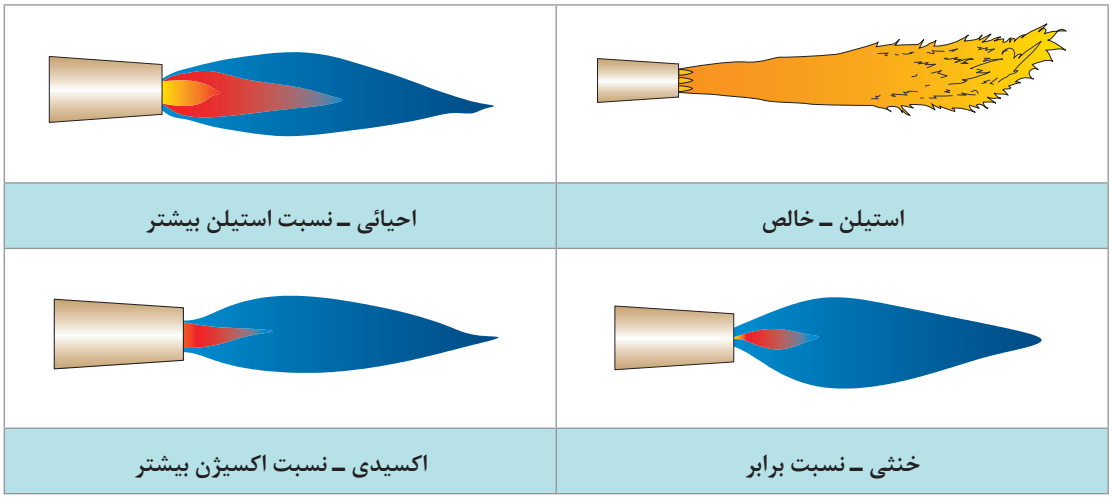
جدول ۵ـ سایر متعلقات برش‌کاری اکسی‌گاز

فندک جهت روشن کردن مشعل 	**عینک** جهت جلوگیری از تابش اشعه و پرتاب جرقه‌ها به چشم با شماره تیرگی ۵ یا ۶ 
آچار مخصوص برای نصب رگولاتور، باز و بسته کردن شیر کپسول استیلن و اجزای سر مشعل 	**سوزن سربک** مفتول‌های آج دار بر اساس سایز نازل، برای زدودن مذاب رسوب شده در دهانه خروجی نازل 

انواع شعله

در فرایند برش‌کاری، هدف از پیش گرما، افزایش دمای سطح قطعه‌کار تا مرز ذوب شدن است. این فرایند از طریق احتراق مخلوطی از اکسیژن و گازهای سوختنی انجام می‌گیرد.

شعله اکسیدکننده (اکسیدی) به دلیل داشتن مخروط داخلی کوتاه و سفید درخشان، بالاترین تمرکز حرارتی را فراهم می‌کند. در شکل ۱۳ انواع شعله بر اساس نسبت اختلاط اکسیژن به گاز سوختنی و مشخصات فیزیکی داده شده است.



شکل ۱۳ـ انواع شعله

بحث‌کلاسی

در مورد این که کدام نوع از گازهای سوختنی برای برش‌کاری و کدام برای جوشکاری مناسب می‌باشند، گفت‌وگو نمایید.

آلودگی‌های گازی

از سوختن گازها به همراه اکسیژن آلودگی‌های گازی تولید می‌شود که در جدول ۶ به برخی از آنها اشاره شده است.

جدول ۶ـ آلودگی گازی

نوع آلودگی گازی	مشخصات و عوارض آن
گاز CO_2	سنگین تر از هوا بوده و با انتشار آن اکسیژن محل کم می‌شود.
گاز CO	سمّی بوده و موجب سرگیجه، تهوع و تاری چشم می‌شود.
بخارات فلزی	استنشاق بخارات فلزی مانند تبخیر روی درقطعات گالوانیزه موجب تب بخارات فلزی می‌شود.

تهویه مناسب محل انجام فرایند و تصفیه آن، روش مناسبی برای برطرف نمودن آلودگی‌های گازی می‌باشد.

وسایل ایمنی فردی در برش‌کاری اکسی‌گاز

تجهیزات فردی مورد نیاز هنگام برش‌کاری با شعله اکسی سوخت لباس کار، پیش‌بند چرمی، دستکش چرمی، کفش ایمنی، پابند چرمی، عینک جوشکاری و کلاه ایمنی هستند که در شکل ۱۴ نشان داده شده‌اند.



شکل ۱۴ــ تجهیزات ایمنی فردی

آماده‌سازی تجهیزات برش‌کاری اکسی‌گاز

آماده‌سازی تجهیزات برش سیار به ترتیب، مطابق جدول ۷ صورت می‌گیرد.

جدول ۷ــ مراحل آماده‌سازی

		
استقرار کپسول‌ها روی ارابه و مهار با زنجیر	بازنمودن شیر برای خروج گردوغبار دهانه شیر	نصب رگولاتورها روی شیر کپسول‌ها
		
		
اتصال شیلنگ‌ها به خروجی رگولاتورها	نصب شیر یک‌طرفه به انتهای شیلنگ‌ها	باز کردن شیر و تنظیم فشار و نشت‌یابی

پس از نصب تجهیزات، برای اطمینان از عدم نشتی، کلیه نقاط اتصال را باید تست نمود. برای این منظور مراحل زیر را باید انجام داد.

- بستن کامل شیرهای روی دسته مشعل
- باز نمودن شیر کپسول و تثبیت فشار گاز مانومتر روی یک عدد
- بستن شیر کپسول
- چک کردن فشار روی مانومتر پس از چند دقیقه

اگر فشار مانومتر ثابت بود، سیستم نشتی ندارد و اگر فشار کم شده باشد به این معناست که سیستم دارای نشتی است. پیدا کردن نشتی نقاط اتصال را می‌توان با قلم‌مو و آب صابون انجام داد.

توجه

به هیچ عنوان از شعله برای تست نشتی استفاده ننمایید.

تنظیم فشار گاز

فشار گاز استیلن را بین ۸ـ۵ psi و فشار گاز اکسیژن را بین ۴۰ـ۲۵ psi می‌توان تنظیم نمود. در شکل ۱۵ مقدار عددی فشارها نشان داده شده است.

توجه

هنگام باز کردن شیر کپسول، باید دقت شود که فشارسنج در مقابل صورت قرار نداشته باشد. در صورت بروز نقص فنی یا شکستگی مانومتر، امکان پرتاب قطعات آن وجود دارد که می‌تواند موجب آسیب جدی به فرد شود. بنابراین هنگام باز کردن شیر کپسول، همواره در کنار کپسول ایستاده و از قرار دادن صورت در مقابل فشارسنج خودداری کنید.



استیلن



اکسیژن

شکل ۱۵ـ تنظیم فشار گاز

پرسش کلاسی

به کمک شکل‌های داده شده، درجه‌بندی فشارسنج های اکسیژن و استیلن را مقایسه و مقدار عددی ورودی و خروجی هر کدام را بنویسید.

پاسخ: .....





با استفاده از جدول ۸ می‌توان فشار گاز، فاصله سربک و سرعت پیشروی مشعل در برش‌کاری با شعله اکسی‌گاز را انتخاب نمود.

جدول ۸

ضخامت قطعه (mm)	فشار اکسیژن (bar)	فشار استیلن (bar)	فاصله نازل تا قطعه (mm)	سرعت برش (mm/min)
۳ ـ ۱۰	۲ ـ ۱/۵	۰/۲	۲	۴۲۰ ـ ۵۸۰
۱۰ ـ ۲۵	۳/۵ ـ ۲	۰/۳	۳	۲۶۰ ـ ۴۲۰
۲۵ ـ ۵۰	۵ ـ ۳/۵	۰/۴	۴	۲۱۰ ـ ۲۶۰
۵۰ ـ ۸۰	۶/۵ ـ ۵	۰/۵	۵	۱۷۰ ـ ۲۱۰

کار کلاسی

با استفاده از جدول ۸ اگر ضخامت قطعه فولادی ۲۰ میلی‌متر باشد، موارد خواسته شده را بنویسید.

فشار اکسیژن	فشار استیلن	فاصله نازل تا قطعه	سرعت برش .....

با استفاده از جدول ۹ میزان مصرف گازهای سوختنی و اکسیژن را براساس ضخامت قطعه‌کار و نوع نازل تعیین کنید.

جدول ۹

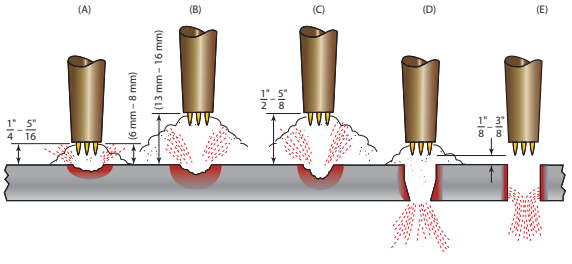
ضخامت قطعه	سایز نازل	سرعت برش	مصرف اکسیژن		مصرف استیلن	
mm	mm	m/s	Lit/hr	Lit/min	Lit/hr	Lit/min
-----	۰/۹۵ - ۱	۳۰ - ۴۵	۱۲۶۰ - ۱۵۴۰	۳۵ - ۴۲	۱۹۶ - ۲۵۲	۶ - ۷
۵	۰/۹۵ - ۱/۵	۲۴ - ۳۹	۱۴۰۰ - ۲۶۰۴	۵۹ - ۶۷	۲۵۲ - ۳۰۸	۸ - ۱۱
۱۰	۰/۹۵ - ۱/۵	۲۲/۵ - ۳۶	۱۶۸۰ - ۳۲۲۰	۷۵ - ۹۰	۲۸۰ - ۳۳۶	۱۰ - ۱۲
۱۲	۱/۲ - ۱/۵	۱۸ - ۳۳	۱۸۴۸ - ۳۵۰۰	۱۰۳ - ۱۰۶	۲۸۰ - ۳۶۴	۱۲ - ۱۶
۲۰	۱/۲ - ۱/۵	۱۸ - ۳۰	۳۲۷۶ - ۴۰۰۴	۱۳۳ - ۱۸۲	۳۳۶ - ۴۲۰	۱۴ - ۱۹
۲۵	۱/۲ - ۱/۵	۱۳/۵ - ۲۷	۳۶۴۰ - ۴۴۸۰	۱۶۶ - ۲۶۹	۳۶۴ - ۲۵۶	۱۷ - ۲۷
۴۰	۱/۵ - ۲	۹ - ۲۱	۴۰۰۴ - ۴۹۸۴	۱۸۳ - ۲۹۶	۴۲۰ - ۵۰۴	۲۰ - ۳۱
۵۰	۱/۷ - ۲	۹ - ۱۹/۵	۵۱۸۰ - ۶۴۶۸	۳۳۱ - ۵۷۳	۴۴۸ - ۵۶۰	۲۹ - ۵۰

کار کلاسی

با استفاده از جدول ۹ اگر ضخامت قطعه فولادی ۱۰ میلی‌متر باشد، موارد خواسته شده را بنویسید.

سایز نازل	سرعت برش	دبی اکسیژن (Lit/min)	دبی استیلن (Lit/min)
.....	.....	.....	.....

با توجه به شکل ۱۶ مراحل برش‌کاری به ترتیب زیر می‌باشد.



A گرم کردن قطعه تا مرز سرخ شدن

B تشکیل حوضچه مذاب

C دمیدن اکسیژن اضافی به سطح حوضچه مذاب

D شروع برش‌کاری و تداوم فشار اکسیژن اضافی تا ایجاد شیار

E خارج نمودن اکسیدهای مذاب از درز برش

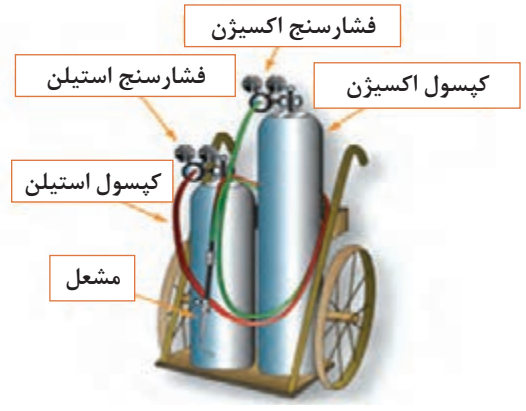
شکل ۱۶ــ مراحل برش‌کاری

توجه

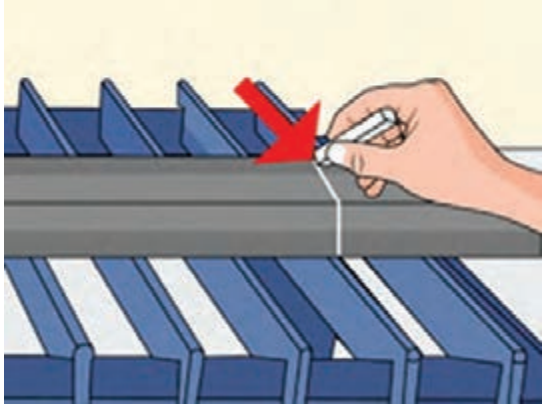
در حین برش‌کاری مطمئن شوید که ذرات اکسید فلزی آزادانه از شکاف برش به خارج پرتاب شده و در کف شیار جمع نشوند، در غیر این صورت مانع برش کامل شده و لبه‌های خشن و دندانه‌دار ایجاد می‌شود.

تکنیک برش‌کاری

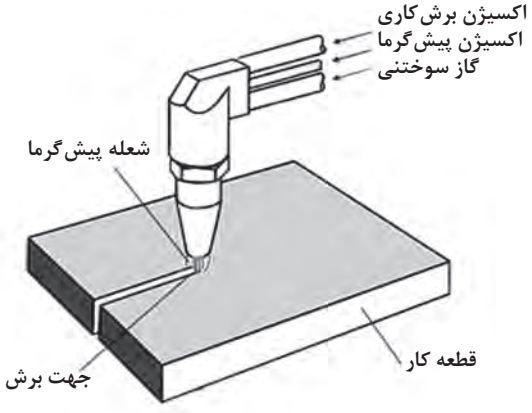
برای برش‌کاری ساده به روش دستی، مطابق شکل ۱۷ پس از آماده‌سازی قطعه، تجهیزات برش‌کاری و تنظیم شعله مناسب، پیشنهاد می‌شود مشعل را در دست چپ نگه داشته و از دست راست برای حرکت دادن مشعل در امتداد خط برش استفاده شود و از شست دست راست نیز برای فشردن و به کار انداختن اهرم اکسیژن اضافی استفاده گردد. نوک مخروط شعله گرم کننده حدود ۱/۵ mm بالاتر از سطح ورق نگه داشته شود و هنگامی که ابتدای قطعه فلزی به رنگ قرمز روشن در آمد، اهرم اکسیژن اضافی را فشار داده تا عمل بریدن شروع شود. پس از پایان برش‌کاری ابتدا شیر گاز سوختنی و سپس شیر اکسیژن بسته تا شعله خاموش شود.



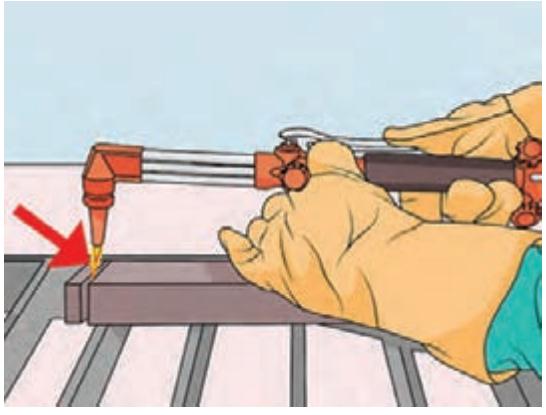
۱



۲



۳



۴

شکل ۱۷

توجه

برای برش‌کاری قائم قطعات، سر مشعل برش باید از تمام جهات به سطح قطعه عمود باشد.

تکنیک برش‌کاری مایل

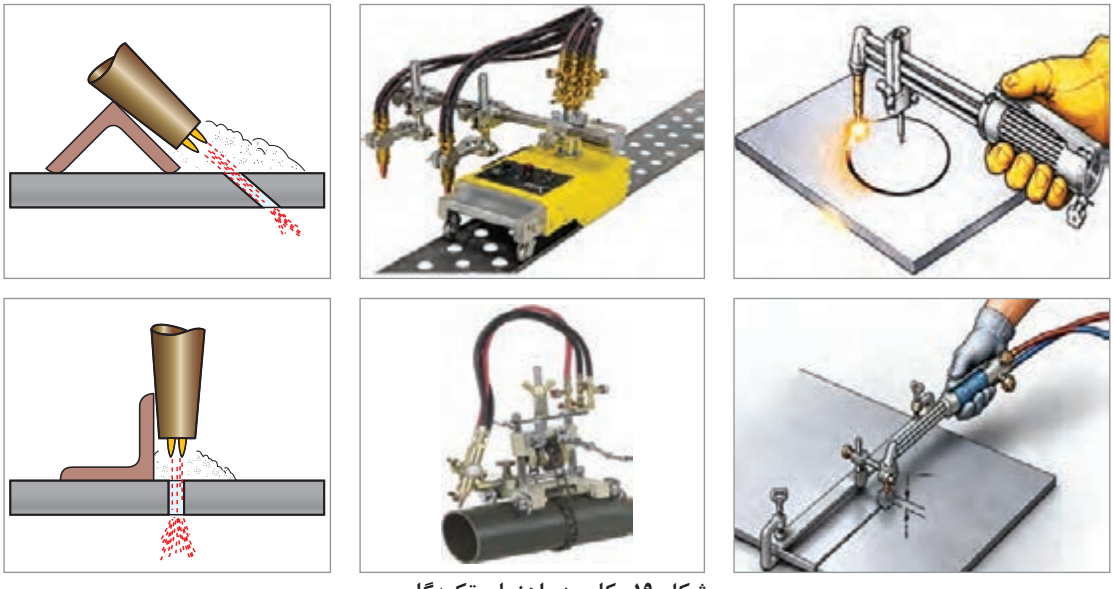
به هر برشی که زاویه‌ای غیر از ۹۰ درجه با سطح قطعه‌کار ایجاد کند، اطلاق می‌شود. یعنی خط برش، عمود بر سطح قطعه نیست و یک شیب دارد. هدف از برش‌کاری مایل می‌تواند ایجاد یک لبه زاویه‌دار برای اهداف طراحی یا مونتاژ باشد، یا صرفاً یک برش که به دلیل موقعیت‌گیری خاص دستگاه یا قطعه، به‌صورت مایل انجام شده است. برای برش‌کاری مایل به روش دستی، سر مشعل را به اندازه زاویه مشخص شده در نقشه، نسبت به ورق مایل نگه داشته و عملیات برش‌کاری را انجام می‌دهند (شکل ۱۸).



شکل ۱۸ــ برش‌کاری مایل

مشعل متناسب با عمل برش انتخاب می‌شود و برحسب نوع گاز، ضخامت فلز و اندازه نازلی که استفاده می‌گردد سرعت پیشروی تغییر می‌کند.

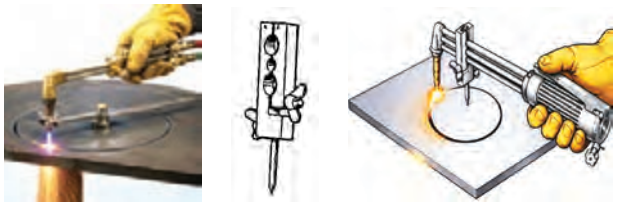
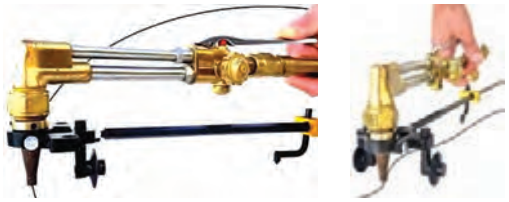
در برش‌کاری یکنواختی سرعت حرکت و ثابت بودن فاصله نازل تا قطعه‌کار به مهارت و تجربه زیاد برش‌کار بستگی دارد. اما برای افزایش سرعت و بالا بردن کیفیت برش در برش‌کاری ماشینی و دستی می‌توان از قطعات کمکی مانند نبشی، تکیه‌گاه و یا راهنما برای حرکت دقیق‌تر مشعل برش‌کاری استفاده نمود (شکل۱۹).



شکل ۱۹ــ کاربرد راهنما و تکیه‌گاه

سرعت پیشروی مشعل باید ثابت و یکنواخت باشد. اگر مشعل به جلو و عقب نوسان داشته باشد، شکاف برش غیریکنواخت خواهد شد و علاوه بر آن سطوح شکاف دندانه‌دار می‌شود. برای ساده‌تر شدن کار می‌توان از برخی تجهیزات کمکی راهنما استفاده نموده، زاویه و مسیر حرکت را ثابت نمود. در جدول ۱۰ برخی از تجهیزات کمکی راهنمای مورد استفاده در برش‌کاری اکسی‌گاز نشان داده شده‌اند.

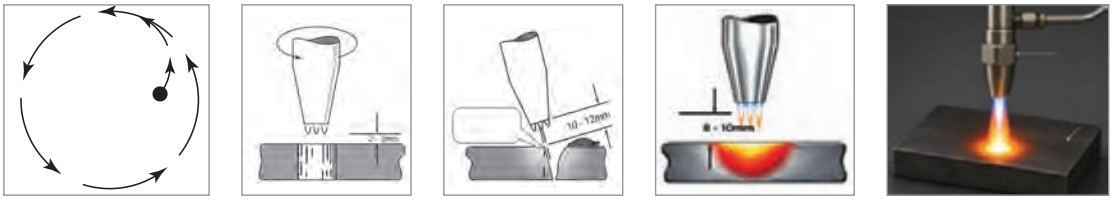
جدول ۱۰ــ تجهیزات کمکی در برش‌کاری اکسی‌گاز

نام وسیله راهنما	شکل و نحوه عملکرد
برش‌کاری خطی	
برش‌کاری دایره‌ای با شعاع کم	
برش‌کاری دایره‌ای با شعاع زیاد و منحنی	
برش‌کاری تحت زاویه	

تکنیک سوراخ‌کاری با شعله

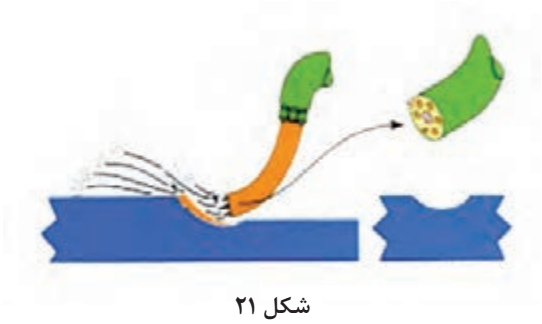
برای سوراخ‌کاری با شعله باید نازلی با یک سایز بیشتر انتخاب نمود. برای کاهش تمایل برگشت اکسیدهای فلزی به نوک مشعل، فشار گاز اکسیژن را روی ۲۵ psi تنظیم نمایید. با توجه به ضخامت قطعه‌کار آن را تا نقطه گداخته و سرخ شدن گرما دهید. فاصله نوک مشعل تا قطعه را به اندازه ۳ـ۲ mm حفظ نمایید. پس از گداخته شدن قطعه‌کار، به آهستگی مشعل را تا فاصله ۱۰ـ۸ mm از قطعه‌کار بالا آورده و به مشعل زاویه داده می‌شود. در این هنگام با فشردن اهرم اکسیژن یک لایه از روی سطح قطعه جدا می‌شود و اکسیدهای

فلزی از اطراف نازل به بیرون پرتاب می‌شوند. با سوراخ شدن قطعه مشعل را به آرامی پایین آورده و اهرم اکسیژن را کامل فشار داده و در صورت نیاز با حرکت دورانی قطر سوراخ افزایش داده می‌شود. در شکل ۲۰ مراحل سوراخ کردن قطعه فلزی نشان داده شده است.



شکل ۲۰ـ مراحل سوراخ‌کاری با شعله اکسی گاز

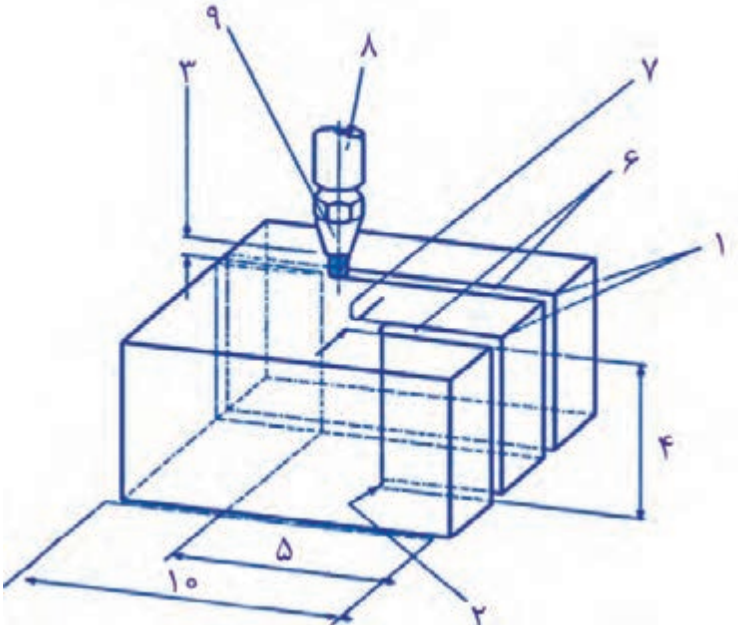
برای پشت برداری از خطوط جوش و ایجاد شیار برای جوش‌کاری پشت قطعه کار و یا برداشت عیوب جوش می‌توان از مشعل برش‌کاری مخصوص شیارسازی استفاده نمود (شکل ۲۱).



شکل ۲۱

کارکلاسی

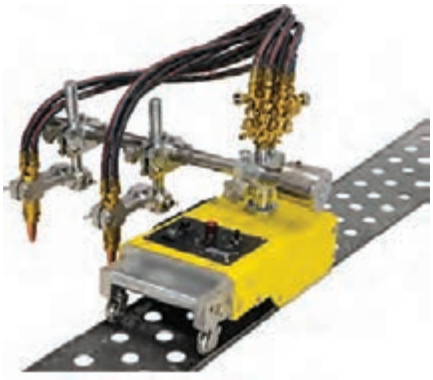
قسمت‌های ذکر شده در جدول زیر را با شماره، روی شکل مشخص نمایید.



۱	شروع برش
۲	انتهای برش
۳	فاصلهٔ نازل
۴	ضخامت برش
۵	طول برش خورده
۶	شیار
۷	عرض شیار
۸	مشعل
۹	نازل
۱۰	طول برش

برش‌کاری ماشینی

با رشد روزافزون تکنولوژی، افزایش تولید و نیاز به قطعات با کیفیت، امروزه در تولیدات انبوه و صنعتی بیشتر از ماشین‌های برش‌کاری ساده ریلی و دستگاه‌های برش CNC استفاده می‌شود.



شکل ۲۲

دستگاه برش ریلی

این دستگاه، روی یک ریل مستقیم با سرعت قابل تنظیم حرکت نموده و فاصله نوک مشعل تا کار قابل تنظیم است. برای پخ‌زنی و برش مایل نیز می‌توان زاویه مشعل نسبت به کار را تنظیم نمود. این دستگاه، دارای یک محور شعاعی است که می‌تواند حول آن محور با شعاع قابل تنظیم، خطوط دایره‌ای با شعاع‌های متفاوت را برش‌کاری نمود (شکل ۲۲).

پرسش کلاسی

به نظر شما مزیت‌ها و محدودیت‌های استفاده از دستگاه برش اکسی‌گاز ریلی نسبت به روش دستی چیست؟

پاسخ: .....

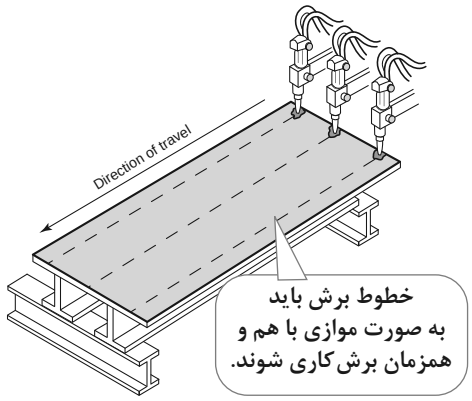
دستگاه مستقیم‌بُر چند نازله

این دستگاه یک مجموعه متحرک است که در جهت طول و عرض قابلیت جابه‌جایی به‌صورت دستی و اتوماتیک را دارد.

این دستگاه دارای چند مشعل برش‌کاری در جهت طول و یک مشعل عرضی می‌باشد. از این دستگاه مواقعی که نیاز به برش‌کاری مستقیم طولی و به تعداد زیاد، بر روی یک یا چند قطعه باشد، استفاده می‌شود. از قابلیت‌های این دستگاه برش‌کاری هم‌زمان چند مشعل با هم بوده که این امر موجب سرعت بسیار بالای برش‌کاری می‌شود.

توجه

در برش‌کاری ماشینی، برای جلوگیری از به وجود آمدن پیچیدگی در قطعات کار با برش‌های موازی و طول زیاد، باید بالانس حرارتی در قطعه برقرار نمود.



پژوهش

۱ با جستجو در اینترنت راه‌های دیگری برای جلوگیری از پیچیدگی قطعات با روش برش‌کاری اکسی‌گاز را پیشنهاد دهید.
۲ آیا امکان نصب سیستم‌های پردازش و کنترل بر روی دستگاه برش اکسی‌گاز مستقیم‌بُر وجود دارد؟
۳ در چه مواقعی نصب سیستم‌های پردازش و کنترل توجیه خواهد داشت؟ مزایا و معایب آن را بیان کنید.




دستگاه برش‌کاری اکسی‌گاز CNC

دستگاه برش‌کاری اکسی‌گاز CNC دارای یک سیستم پردازش بوده و با گرفتن اطلاعات و نقشه از کاربر آن را به فرمان برش‌کاری تبدیل می‌نماید. دستگاه دارای یک نازل برش گاز یا پلاسما بوده که قابلیت فرم بری و برش اشکال پیچیده را دارد (شکل ۲۳).

مشخصه‌های مقطع برش مطلوب: از مشخصات مقطع برش خوب در برش‌کاری اکسی‌گاز می‌توان به شکل و اندازه صحیح درز برش‌کاری شده، سطح برش صاف، لبه‌های بالا و پایین برش یکنواخت و نچسبیدن اکسیدهای فلزی روی سطح یا جدا شدن راحت آنها اشاره نمود.




شکل ۲۳

پرسش کلاسی

برای رسیدن به کیفیت بالای سطح و درز برش، به چه نکاتی باید توجه شود؟

.....

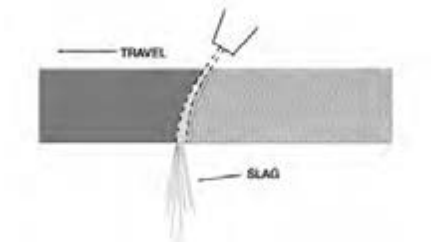
.....

عیوب برش‌کاری اکسی‌گاز: از رایج‌ترین مشکلات برش‌کاری حرارتی، سطح و درز خشن و خارج نشدن کامل اکسیدهای فلزی از درون درز ایجاد شده می‌باشد که علت این امر کثیف بودن نوک نازل مشعل است. برای جلوگیری از این عیب باید نوک نازل توسط سوزن سربک تمیز شود (شکل ۲۴).



شکل ۲۴

یکی دیگر از مشکلات رایج، خطوط برش مایل به سمت پشت مشعل و شکل گرفتن سطح زبر و در نهایت تشکیل حباب روی سطح بوده که دلیل آن سرعت زیاد پیشروی می‌باشد (شکل ۲۵).



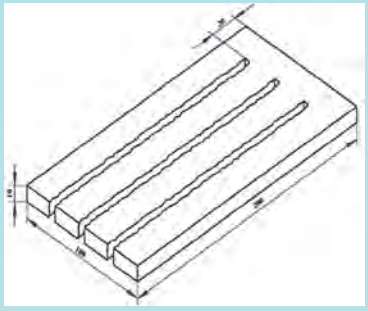
شکل ۲۵

در جدول ۱۱ سطح مقطع برخی عیوب با ذکر دلیل به وجود آمدن آنها نشان داده شده است.

جدول ۱۱ــ سطح مقطع برخی عیوب برش‌کاری اکسی‌گاز

<table>
<tr><td colspan="2">شرایط و تنظیمات برش‌کاری به‌گونه‌ای انتخاب می‌شوند تا کیفیت سطح برش قابل قبول به همراه بالاترین سرعت برش حاصل شود که به رعایت موارد زیر بستگی دارد.
■ فاصله نازل تا قطعه‌کار: زیاد بودن یا کم بودن فاصله، جریان اکسیژن برش را مختل و آشفته می‌کند.
■ شعله پیش‌گرمایش: شعله بسیار قوی منجر به ذوب‌شدن لبه بالایی قطعه‌کار می‌گردد.
■ اکسیژن برش: دبی جریان کم، تخلیه ناقص سرباره و دبی جریان زیاد موجب زبری و افت کیفیت سطح می‌شود.</td></tr>
<tr><td>برش مناسب
</td><td>سرعت برش بیش‌از حد
</td></tr>
<tr><td>ویژگی: لبه گونیا، سطح برش صاف و یکنواخت، لبه زیر عاری از سرباره، خطوط شیار ریز</td><td>نشانه: خطوط پس‌افتادگی درشت و با زاویه نسبت به سطح کار، چسبیدن مقادیر زیاد سرباره به لبه زیرین ورق
علت: عدم رسیدن اکسیژن کافی به لبه تحتانی شیار برش</td></tr>
<tr><td>فاصله زیاد نازل
</td><td>دبی (جریان) بیش از حد اکسیژن برش
</td></tr>
<tr><td>نشانه: سطح برش ناهموار با ذوب‌شدگی شدید لبه بالایی و خطوط پس‌افتادگی درشت در بخش پایینی
علت: عدم تمرکز دقیق شعله پیش‌گرم روی سطح ورق و آشفتگی و انحراف جت اکسیژن</td><td>نشانه: چسبیدن بیش از حد سرباره به دیواره سطح برش، ایجاد حفره‌های موضعی، ذوب‌شدگی بیش از حد لبه بالایی
علت: ایجاد اغتشاش و تداخل جریان میان شعله پیش‌گرم و فشار اکسیژن برش</td></tr>
</table>

کارکارگاهی





■ برش‌کاری قطعه فولادی

برش‌کاری حرارتی قطعه به ابعاد mm ۱۰×۱۰۰×۲۰۰ مطابق نقشه

■ مراحل انجام کار

- □ آماده‌سازی قطعه‌کار
- □ تنظیم فشار رگولاتورکپسول‌های استیلن و اکسیژن
- □ بازکردن شیرهای استیلن و اکسیژن
- □ روشن کردن مشعل برش‌کاری
- □ تنظیم شعله
- □ گرم کردن قطعه
- □ برش محل‌های خط‌کشی‌شده طبق نقشه
- □ خاموش نمودن مشعل
- □ سرد نمودن قطعه‌کار و بررسی آن

■ وسایل و تجهیزات

در جدول زیر ابزار وتجهیزات مورد نیاز را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- □ از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی، عینک برش‌کاری، ماسک تنفسی استفاده نمایید.
- □ کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- □ هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- □ از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.
- □ اتصالات کپسول اکسیژن و مشعل را هیچ‌گاه روغن‌کاری یا گریس‌کاری ننمایید.
- □ شیلنگ‌های آسیب‌دیده را تعویض نمایید.

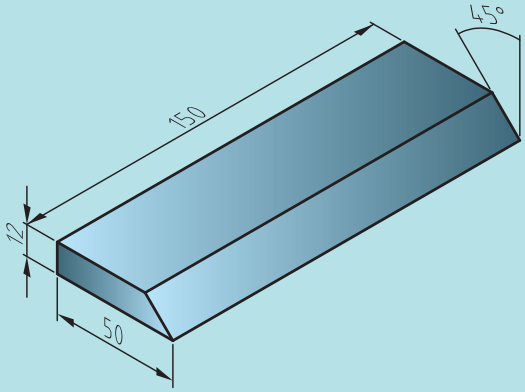
نکات زیست‌محیطی

- □ استفاده از گازهای سوختنی را مدیریت کنید.
- □ از سیستم تهویه برای خروج دود و گازهای مضر استفاده نمایید.
- □ پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

کارگاهی

اجرای پخ‌زنی

قطعه فولادی به ابعاد ۱۵۰×۵۰×۱۲ mm مطابق نقشه



مراحل انجام کار

- ☐ آماده‌سازی قطعه‌کار
- ☐ تنظیم فشار رگولاتورکپسول‌های استیلن و اکسیژن
- ☐ بازکردن شیرهای استیلن و اکسیژن
- ☐ روشن کردن مشعل برش‌کاری
- ☐ تنظیم شعله
- ☐ گرم کردن قطعه
- ☐ برش محل‌های خط‌کشی‌شده طبق نقشه
- ☐ خاموش نمودن مشعل
- ☐ سرد نمودن قطعه‌کار و بررسی آن

وسایل و تجهیزات

در جدول روبه‌رو ابزار وتجهیزات مورد نیاز را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		
۴		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- ☐ از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی، عینک برش‌کاری، ماسک تنفسی استفاده کنید.
- ☐ کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- ☐ هرگونه حادثه را بلافاصله به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- ☐ از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.
- ☐ اتصالات کپسول اکسیژن و مشعل را هیچ‌گاه روغن‌کاری یا گریس‌کاری ننمایید.
- ☐ شیلنگ‌های آسیب‌دیده را تعویض نمایید.

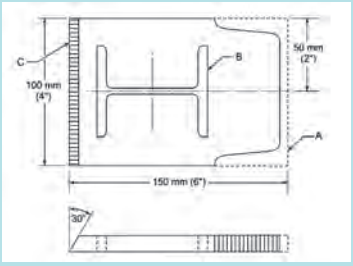
نکات زیست‌محیطی

- ☐ استفاده از گازهای سوختنی را مدیریت کنید.
- ☐ ازسیستم تهویه برای خروج دود و گازهای مضر استفاده نمایید.
- ☐ پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

کارکارگاهی

اجرای برش‌کاری

مطابق نقشه برش‌کاری قطعه فولادی به ابعاد ۱۵۰×۱۰۰×۱۰ mm





مراحل انجام کار

- ☐ آماده‌سازی قطعه‌کار
- ☐ تنظیم فشار رگولاتورکپسول‌های استیلن و اکسیژن
- ☐ بازکردن شیرهای استیلن و اکسیژن
- ☐ روشن کردن مشعل برش‌کاری
- ☐ تنظیم شعله
- ☐ گرم کردن قطعه
- ☐ برش محل‌های خط‌کشی‌شده مطابق نقشه
- ☐ خاموش نمودن مشعل
- ☐ سرد نمودن قطعه‌کار و بررسی آن

وسایل و تجهیزات

در جدول روبه‌رو ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید. سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز

ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		
۴		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- ☐ از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی، عینک برش کاری، ماسک تنفسی استفاده کنید.
- ☐ کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- ☐ هر گونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- ☐ از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.
- ☐ اتصالات کپسول اکسیژن و مشعل را هیچ‌گاه روغن‌کاری یا گریس‌کاری ننمایید.
- ☐ شیلنگ‌های آسیب‌دیده را تعویض نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- ☐ استفاده از گازهای سوختنی را مدیریت کنید.
- ☐ ازسیستم تهویه برای خروج دود و گازهای مضر استفاده نمایید.
- ☐ پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

ارزشیابی شایستگی برش‌کاری اکسی‌گاز

نام و نام خانوادگی						
کد حرفه	۷۲۱۳۱۲	حرفه	ورق‌کاران (فلزات)		شماره ملی	تاریخ ارزشیابی:
کد وظیفه شغل	۷۲۱۳۱۲۰۳	وظیفه شغل	فرم‌دهی ورق‌های فلزی	کدپیمانه/پودمان	۷۲۱۳۱۲۰۳۲	استاندارد عملکرد: برش‌کاری فولادهای ساختمانی با روش اکسی‌گاز با روش دستی و ماشینی برابر نقشه با رعایت نکات فنی و ایمنی
کد کار	۷۲۱۳۱۲۰۳۲۱	کار	برش‌کاری اکسی گاز	سطح صلاحیت	L2	
				سطح شایستگی	مهارت	

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده‌سازی	کپسول گاز اکسیژن، کپسول گاز استیلن، تجهیزات اکسی گاز، خط‌کش فلزی، سوزن خط‌کش، نقشه کار، متر، دستکش، عینک برش‌کاری، لباس کار، کفش ایمنی، کلاه ایمنی، ماسک تنفسی، کپسول آتش‌نشانی زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، نقشه، آزمون عملکردی	انتخاب گاز، تنظیم فشار گاز برابر ضخامت برش	۳	
				انتخاب سربک برابر دستورالعمل	۲	
				ناتوانی در انتخاب تجهیزات برش گرم	۱	
۲	برش‌کاری	دستگاه ماشینی و دستی برش اکسی گاز زمان: یک ساعت	مشاهده کار، آزمون عملکردی	برش‌کاری با دستگاه ماشینی برش گرم	۳	
				خط‌کشی محل برش، پیش‌گرمی قطعه، برش با اکسی گاز برابر دستورالعمل	۲	
				ناتوانی در برش گرم	۱	
۳	کنترل نهایی	خط‌کش فلزی، نقشه کار، متر، سوهان و سنگ فرز. زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، آزمون عملکردی	کنترل کیفی قطعه برابر دستورالعمل	۳	
				کنترل ابعادی قطعه برابر نقشه	۲	
				ناتوانی در کنترل ابعادی	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش		دقت در عدم نشتی مسیر گاز راه‌اندازی سیستم تهویه، انتخاب گاز سوختنی دوستدار محیط‌زیست مدیریت کیفیت (N۶۳)، به‌کارگیری دستکش، لباس کار، عینک برش‌کاری، ماسک تنفسی، کلاه، کفش ایمنی، کپسول آتش‌نشانی		رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش)	۲	
				عدم رعایت موارد ایمنی	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐	
					خیر ☐	

توضیحات:

۱ـ معیار شایستگی انجام کار:

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲

برش‌کاری پلاسما

آیا تابه‌حال پی برده‌اید؟

- رعایت نکردن فاصله مناسب تورچ پلاسما تا سطح قطعه بر کیفیت برش و عمر نازل تأثیر منفی می‌گذارد.
- انتخاب نادرست شدت جریان و سرعت حرکت در برش پلاسما باعث ایجاد سرباره و ناصافی در لبه‌ها می‌شود.
- عدم استفاده از تجهیزات حفاظت فردی هنگام برش‌کاری پلاسما، خطرات جدی ایجاد می‌کند.
- تمیز بودن نازل، الکترود و مسیر هوای فشرده نقش مهمی در کیفیت و یکنواختی برش پلاسما دارد.
- اجرای صحیح برش‌کاری از تابیدگی و تغییر شکل قطعه جلوگیری می‌کند.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجو قادر خواهد بود با رعایت کامل اصول ایمنی، بهداشت کار و الزامات حفاظت فردی، دستگاه برش پلاسما دستی را به‌درستی آماده‌سازی، تنظیم و راه‌اندازی نموده و عملیات برش‌کاری ورق و قطعات فلزی را مطابق نقشه و دستورالعمل فنی به طور صحیح اجرا نماید.

روش‌های نوین برش در صنعت

در فرایندهای صنایع فلزی، انتخاب روش برش مناسب به عواملی مانند جنس قطعه، ضخامت، دقت مورد نیاز، کیفیت سطح برش، سرعت انجام کار و هزینه بستگی دارد. با پیشرفت فناوری، روش‌های برش نوین جایگزین بسیاری ازروش‌های سنتی شده‌اند و امکان برش دقیق‌تر، سریع‌تر و با آسیب کمتر به قطعه را فراهم نموده‌اند.
از جمله روش‌های برش نوین می‌توان به برش لیزر، برش واترجت و وایرکات اشاره نمود. در برش لیزر، از انرژی متمرکز پرتو نور برای ذوب یا تبخیر ماده استفاده می‌شود. این روش به دلیل دقت بالا، در صنایع مختلف کاربرد فراوانی دارد.
در برش واترجت نیز یک جریان آب پرفشار، گاهی همراه با ذرات ساینده، برای جدا کردن ماده به‌کار می‌رود. این روش به دلیل نداشتن اثر حرارتی، برای موادی که نسبت به حرارت حساس هستند بسیار مناسب است.
یکی دیگر از مهم‌ترین روش‌های نوین برش فلزات، برش‌کاری پلاسما است که در این واحد یادگیری به شرح آن می‌پردازیم (شکل ۲۶).





شکل ۲۶

لیزر ابزاری است که نور را به‌صورت پرتوهای موازی و بسیار باریک که طول موج مشخصی دارند ساطع می‌کند.

گفت وگوی کلاسی

□ آیا می‌توانید تعدادی از کاربردهای معمول اشعه لیزر را نام ببرید؟

پاسخ: .....

□ دلیل به کارگیری اشعه لیزر در مواردی که نام بردید چیست؟

پاسخ: .....

پژوهش

در مورد ماهیت پرتو نور تحقیق نموده و جدول زیر را تکمیل نمایید.

ماهیت نور	.....
طول موج نور	.....
طیف رنگ‌ها	.....
سرعت نور	.....

پرسش کلاسی

به تصاویر زیر دقت نموده و بگویید چه ویژگی اشعه لیزر، باعث به کارگیری آن در هر یک از زمینه‌ها شده است.

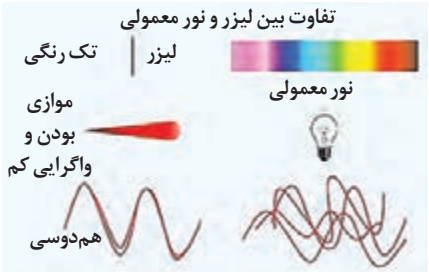
لیزر از نظر ماهیت هیچ تفاوتی با نور عادی ندارد اما خواص فیزیکی لیزر است که آن را از سایر پرتوهای نوری متمایز می‌سازد.

پژوهش

۱ با تحقیق وجست‌وجو در اینترنت در مورد نحوه تولید اشعه لیزر جدول زیر را تکمیل نمایید.

مکانیزم تولید اشعه لیزر:

.....

خواص فیزیکی اشعه لیزر	شرح	تصویر
تک‌رنگ تقریباً	.....	
پرتو لیزر بسیار همگرا	.....	
هم دوسی (موج هم‌فاز)	.....	

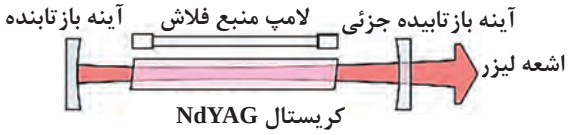
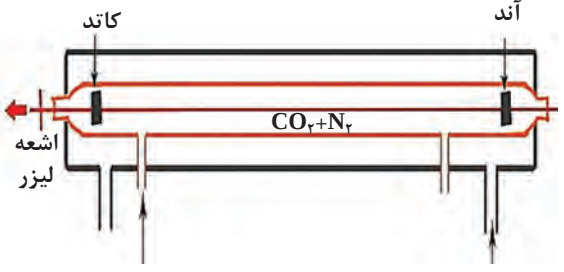
۲ در مورد رابطه طول موج با انرژی در موج‌های الکترومغناطیسی تحقیق نموده و جدول زیر را تکمیل نمایید.

اشعه لیزر با طول موج کم	اشعه لیزر با طول موج متوسط	اشعه لیزر با طول موج زیاد
.....	.....	.....

از کاربردهای اشعه لیزر در صنعت، برش‌کاری مواد است که به آن برش‌کاری لیزر گفته می‌شود. در این فرایند از اشعه لیزر برای بریدن و جدا کردن موادی نظیر فلزات استفاده می‌شود.

کارکلاسی

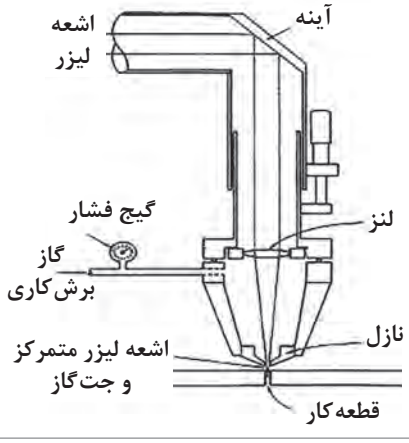
انواع منابع تولید اشعه لیزر که در برش‌کاری به کار می‌رود را نام برده و شرح دهید.

تصویر	شرح	منبع
	.....	.....
	.....	.....

مراحل برش‌کاری با لیزر

با تولید پرتو توسط منبع لیزر مطابق جدول ۱۲ برش‌کاری انجام می‌شود.

جدول ۱۲

مراحل	شماتیک نازل	شکل
گسیل اشعه لیزر ازمنبع تولید		
تمرکز اشعه بر روی فلز		
گرم شدن تا نقطه ذوب		
خروج مذاب با دمیدن جت گاز		
برش‌کاری مسیر با حرکت اشعه لیزر		

مزایای برش‌کاری لیزر

- سرعت و دقت بالا
- عدم نیاز به تمیزکاری بعد از فرایند
- قابلیت کنترل فرایند به‌صورت کامپیوتری
- باریک بودن ناحیه متأثر از حرارت
- تماسی نبودن فرایند
- فرایند بسیار کم سر و صدا
- پایین بودن هزینه‌های فرایند
- بالا بودن ایمنی

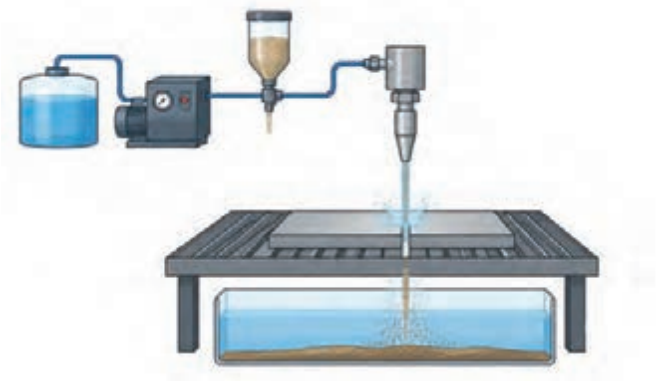
نکات ایمنی

موارد ایمنی کار با لیزر

- اجتناب از نگاه مستقیم و تماس آن با پوست
- استفاده از عینک مخصوص
- عدم برداشتن هر یک از تجهیزات ایمنی دستگاه
- استفاده از تهویه مناسب
- دقت در به کارگیری برای جلوگیری از آتش‌سوزی

برش‌کاری واتر جت

یکی از روش‌های نوین برش‌کاری است که در آن، جریان بسیار پرفشار آب و در برخی موارد آب به همراه ذرات ساینده برای برش مواد مختلف به‌کار می‌رود. در این روش، انرژی لازم برای برش از فشار زیاد سیال تأمین می‌شود و چون در بیشتر موارد حرارت تولید نمی‌شود، این فرایند را جزو روش‌های برش سرد می‌دانند (شکل ۲۷).



شکل ۲۷ـ برش‌کاری واترجت

دستگاه واترجت از بخش‌های پمپ فشار قوی، مخزن آب، نازل، لوله انتقال، مخزن ساینده و سیستم کنترل تشکیل می‌شود. آب توسط پمپ با فشار بسیار بالا از نازل بسیار باریک عبور نموده و سرعت آب به‌شدت افزایش می‌یابد و یک جت متمرکز و پر انرژی ایجاد می‌شود. این جت با برخورد به سطح قطعه‌کار، ماده را جدا کرده و برش انجام می‌شود. برای برش مواد سخت‌تر، ذرات ساینده مانند گارنت به جریان آب افزوده می‌شود تا توان برش افزایش یابد. از فرایند واترجت برای برش مواد نرم مانند کاغذ، لاستیک، فوم، برخی مواد غذایی،

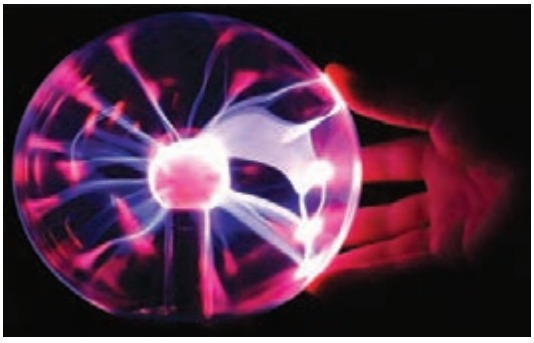
پارچه و برای برش مواد سخت‌تر مانند فولاد، آلومینیوم، شیشه، سنگ و سرامیک استفاده می‌شود. در جدول ۱۳ مزایا و محدودیت‌های برش‌کاری واترجت آورده شده است.

جدول ۱۳ــ مزایا و معایب برش‌کاری واترجت

مزیت	محدودیت
قابلیت برش مواد متنوع	هزینهٔ اولیه بالای دستگاه
دقت بالا	هزینهٔ نگهداری زیاد
کاهش تغییر شکل قطعه	سرعت کم برش برخی مواد
امکان برش قطعات ضخیم	مصرف مواد ساینده در نوع ساینده‌دار

پلاسما

پلاسما یکی از حالت‌های فیزیکی ماده است (شکل ۲۸). این حالت در طبیعتِ زمین نسبتاً نادر است و معمولاً در شرایط خاص یا به‌صورت کنترل‌شده تولید می‌شود. پلاسما در واقع گازی بسیار داغ و یونیزه است که شامل ذرات باردار الکتریکی (یون‌ها و الکترون‌ها) است و به همین دلیل می‌تواند جریان الکتریکی را هدایت کند.



شکل ۲۸

پرسش کلاسی

به مواد اطراف خود و شکل‌های داده‌شده زیر دقت نموده و به سؤالات زیر پاسخ دهید.



- مواد در چه حالت‌هایی در طبیعت وجود دارند؟ .....
- آیا حالت‌های دیگری از ماده، غیر از حالت‌های شناخته‌شده، می‌شناسید؟.....
- چه عواملی باعث تغییر حالت ماده می‌شوند؟.....

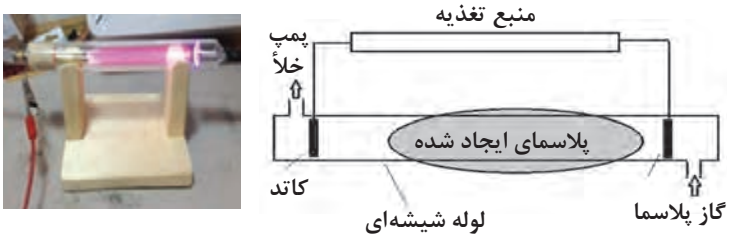
پژوهش

- تفاوت اصلی پلاسما با حالت گازی ماده چیست؟
- بخش بزرگی از ماده موجود در جهان به حالت پلاسما است. آیا این گزاره درست است؟ درباره آن تحقیق کرده و توضیح دهید.

برای تولید پلاسما، باید انرژی کافی به ذراتِ گاز داده شود تا یونیزه شوند. یکی از روش‌های رایج برای تولید پلاسما، تخلیه الکتریکی در گاز است.

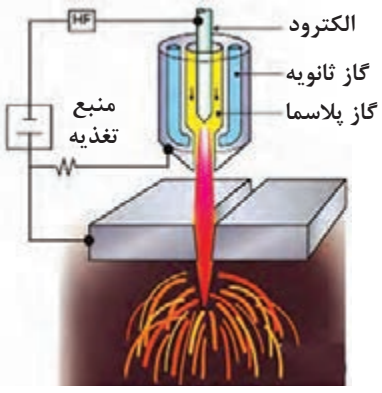
کارکلاسی

در مورد تولید پلاسما به وسیله تخلیه الکتریکی، جدول داده شده را تکمیل کنید.

مکانیزم تولید پلاسما	تصویر
.....	
.....	
.....	

برش پلاسما

در دستگاه برش پلاسما، قوس الکتریکی بین الکترودِ داخل تورچ و قطعه‌کار برقرار می‌شود. هم‌زمان، گاز از داخل تورچ عبور می‌کند و در اثر این قوس الکتریکی یونیزه می‌شود. سپس گاز یونیزه شده به جت پلاسما تبدیل می‌گردد. این جت با دمای بسیار بالا (بیش از ۲۰۰۰۰ c) به سطح فلز برخورد می‌کند و سبب ذوب شدن فلز در محل برش می‌شود. فشار گاز نیز فلز مذاب را از محل برش خارج می‌کند و در نتیجه، شکافی باریک در فلز ایجاد می‌شود. شکل ۲۹ مکانیزم تشکیل قوس پلاسما را نشان می‌دهد.



شکل ۲۹

پژوهش

برش پلاسما را با برش هواگاز مقایسه و تفاوت‌های آنها را بررسی نموده و نتیجه را درجدول بنویسید.

پارامتر	برش‌کاری اکسی سوخت	برش‌کاری پلاسما
سرعت برش	.....	.....
نوع فلز	.....	.....
کیفیت برش	.....	.....
ضخامت فلز	.....	.....

■ **اجزای اصلی و متعلقات برای سیستم برش پلاسمای دستی عبارتند از:**

□ منبع تغذیه، که تولید جریان الکتریکی لازم برای ایجاد قوس پلاسما را بر عهده دارد.

□ تورچ پلاسما، ابزاری که برش‌کار آن را در دست گرفته و عملیات برش را انجام می‌دهد.

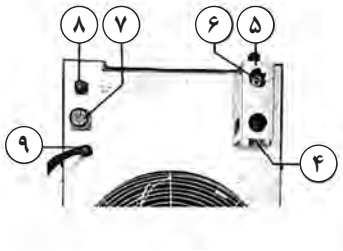
□ گاز، هوای فشرده کمپرسور یا گازهای ذخیره شده درکپسول برای تشکیل پلاسما و خارج کردن مذاب استفاده می‌شود.

□ کابل اتصال زمین، برای تکمیل مدار الکتریکی و برقراری قوس بین دستگاه و قطعه‌کار استفاده می‌شود.

□ میزکار، که برای برش قطعات از آن استفاده می‌شود.

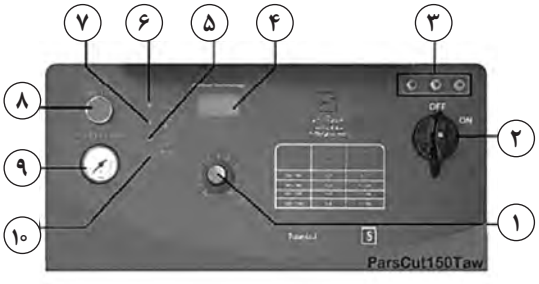
منبع تغذیه

در شکل ۳۰ اجزای منبع تغذیه برش پلاسما نشان داده شده است.

شماره	نام اجزا	شکل
۱	پنل دستگاه	 
۲	محل نصب تورچ	
۳	گیره اتصال	
۴	جذب‌کننده رطوبت هوا	
۵	تنظیم‌کننده فشار هوا	
۶	ورودی هوا	
۷	کانکتور CNC	
۸	کانکتور اتصال برق	
۹	کابل برق	

شکل ۳۰

پنل دستگاه برش پلاسما از قسمت‌های نشان داده شده در شکل ۳۱ تشکیل شده است.

شماره	نام	شکل
۱	پتانسیومتر تنظیم جریان	
۲	کلید اصلی	
۳	چراغ سیگنال برق ورودی	
۴	نمایشگر جریان	
۵	LED نشانگر worn out electrode	
۶	LED نشانگر عدم کافی بودن فشار هوا	
۷	LED نشانگر عملکرد ترموستات	
۸	شستی تست هوا	
۹	فشارسنج	
۱۰	LED نشانگر عدم کافی بودن فشار آب	

شکل ۳۱

تورچ پلاسما

ابزاری است که برش‌کار آن را در دست می‌گیرد و به کمک آن عملیات برش انجام می‌شود. در این بخش، گاز و جریان الکتریکی هدایت و کنترل می‌شوند تا قوس پلاسما تشکیل شده و برش فلز با دقت انجام گیرد (جدول ۱۴).

جدول ۱۴



اجزا	شکل	اجزا	شکل
الکترود قطعه‌ای رسانا در داخل تورچ برای تشکیل قوس الکتریکی		**گاز پخش کن** پایداری و تمرکز قوس پلاسما با ایجاد جریان چرخشی در گاز	
سانترال تورچ برای اتصال یکپارچه و سریع تورچ به دستگاه برش		**گپ تورچ** محافظت از نازل و الکترود در برابر پاشش ذرات فلز مذاب و هدایت جریان گاز	
نازل قطعه‌ای برای متمرکز کردن قوس پلاسما و افزایش سرعت گاز خروجی		**بدنه تورچ** محفظه‌ای عایق برای جای دادن اجزا در خود و امکان در دست گرفتن و هدایت تورچ	
ایزولاتور قطعه‌ای برای محافظت از نازل و هدایت بهتر جریان گاز در اطراف قوس پلاسما		**فنر پایه و قرقره**	

توجه

- از آنجایی که نازل، تمرکز قوس را بر عهده دارد، اگر سوراخ آن گشاد یا دفرمه شود، کیفیت برش به شدت افت می‌کند. به همین دلیل جزء قطعات مصرفی است.
- نازل‌ها بر اساس سایز سوراخ طبقه‌بندی می‌شوند (مثلاً ۱.۰، ۱.۲، ۱.۴ میلی‌متر) انتخاب سایز درست آن باید بر اساس آمپر دستگاه و ضخامت ورق انجام شود.
- اگر قوس پلاسما به‌جای اینکه مستقیم و عمود بر مسیر برش باشد، منحرف شده یا جرقه به اطراف پرتاب می‌شود، باید نازل مورد بررسی قرار گیرد.

بدنهٔ دسته تورچ جزء قسمت‌های غیرمصرفی می‌باشد که کابل‌های قدرت و شیلنگ‌های گاز از آن عبور می‌کنند و به قسمت سر تورچ متصل می‌شود. مجموعه نازل و الکترود از جنس تنگستن یا مس بوده و در داخل کلاهک نگه‌دارنده قرار می‌گیرند. نازل دارای یک روزنه کوچک مخروطی شکل است که جریان گاز پلاسما را کنترل و متمرکز می‌کند و با خروج گاز پلاسما از آن قوس پلاسما ابتدا بین الکترود و نازل تشکیل می‌شود و سپس به قطعه‌کار منتقل می‌شود. گاز محافظ نیز که باهدف حفاظت از ناحیه برش‌کاری و متمرکز کردن قوس اضافه می‌شود از قسمت محافظ در تورچ خارج‌شده و به ناحیه برش‌کاری دمیده می‌شود. تورچ پلاسما آب خنک و یا هوا خنک است.

کارکلاسی

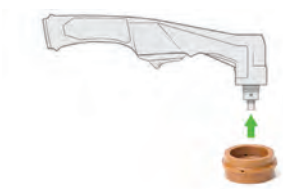
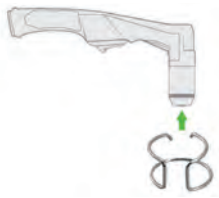
با راهنمایی هنرآموز محترم، جدول زیر را که به مقایسه‌تورچ پلاسمای هواخنک و آب خنک اختصاص دارد، تکمیل نمایید.

ویژگی	تورچ هواخنک	تورچ آب‌خنک
ماده خنک‌کننده	هوای فشرده	.....
نحوه عملکرد	عبور جریان هوا از فضای بین قطعات مصرفی	گردش آب در مدار بسته دور الکترود و نازل
محدوده آمپر	.....	مخصوص آمپرهای بالاتر از ۱۰۰
سیکل کاری	نیاز به استراحت بیشتر تورچ	.....
ابعاد و وزن کابل	.....	سنگین و ضخیم
هزینه نگهداری	فقط نیاز به تعویض نازل و الکترود	نیاز به یونیت آب، پمپ و کنترل نشتی
طول عمر قطعات	فرسایش سریع‌تر به‌دلیل حرارت زیاد	.....
کاربرد	برش‌های دستی، کارگاهی و ورق‌های نازک	دستگاه‌های CNC و برش ورق‌های ضخیم
تجهیزات جانبی	کمپرسور باد	کمپرسور باد و یونیت خنک‌کننده آب

مونتاژ تورچ پلاسما

با توجه به مصرفی بودن قطعات تورچ برای تعویض این قطعات می‌توان مطابق جدول ۱۵ عمل نمود.

جدول ۱۵

	
۱ـ نصب الکترود	۲ـ قرار دادن پخش‌کن گاز
	
۳ـ نصب ایزولاتور روی حلقه چرخان	۴ـ قرار دادن نازل برش
	
۵ـ نصب بدنه کلاهک محافظ	۶ـ نصب فنر پایه

نکته

مهم‌ترین قطعات مصرفی تورچ الکترود، نازل، حلقه چرخان گاز و کلاهک محافظ هستند که تعویض به‌موقع این قطعات نقش مهمی در کیفیت برش، افزایش عمر دستگاه و کاهش عیوب برش دارد.



در برش‌کاری قطعات مدور، با استفاده از پلاسمای دستی از یک راهنمای غلتکی استفاده می‌شود تا تورچ در مسیر مناسب حرکت کند. این روش باعث حفظ فاصله یکنواخت، افزایش دقت برش و بهبود کیفیت لبه‌های بریده‌شده می‌شود (شکل ۳۲).



شکل ۳۲

گازهای مصرفی پلاسما

برای تشکیل پلاسما از هر گاز یا مخلوط گازی می‌توان استفاده کرد اما پرکاربردترین گازهای مورد استفاده در برش پلاسما در جدول ۱۶ آورده شده‌اند.

جدول ۱۶

نوع گاز	شرح
هوای فشرده	رایج‌ترین گاز پلاسما برای برش فولادهای کربنی، فولاد زنگ‌نزن و آلومینیوم است. این گاز سرعت برش خوب و کیفیت برش متوسط فراهم می‌کند. به دلیل امکان اکسیداسیون و نیتراته‌شدن لبه برش، در کاربردهای حساس کمتر استفاده می‌شود.
اکسیژن	گاز بسیار پرکاربردی برای برش فولادهای کربنی است و کیفیت برش بسیار خوب و سرعت برش بالا فراهم می‌کند. استفاده از آن برای برش فولاد زنگ‌نزن و آلومینیوم معمولاً توصیه نمی‌شود.
نیتروژن	گازی پرکاربرد در برش‌کاری پلاسما آلومینیوم، فولادهای زنگ‌نزن، مس و چدن است. استفاده از آن می‌تواند کیفیت لبه برش را بهبود دهد و عمر قطعات مصرفی را نسبت به هوای فشرده افزایش دهد. در برش‌کاری ضخامت‌های بالا معمولاً کارایی آن کاهش می‌یابد و استفاده از آن محدودتر می‌شود.
آرگون ـ هیدروژن	مخلوطی داغ و مناسب برای برش ضخامت‌های بالای آلومینیوم و فولادهای زنگ‌نزن است و کیفیت سطح برش بسیار خوبی فراهم می‌کند. این ترکیب معمولاً از ۶۵٪ آرگون و ۳۵٪ هیدروژن تشکیل می‌شود.

کارکلاسی

با راهنمایی هنرآموز محترم خود جدول زیر را تکمیل نمایید.

گاز پلاسما	معیار	فولاد	فولاد زنگ نزن	آلومینیوم
Air	کیفیت	.....	.....	.....
	سرعت	.....	.....	.....
Co_2	کیفیت	.....	.....	.....
	سرعت	.....	.....	.....
N_2	کیفیت	.....	.....	.....
	سرعت	.....	.....	.....

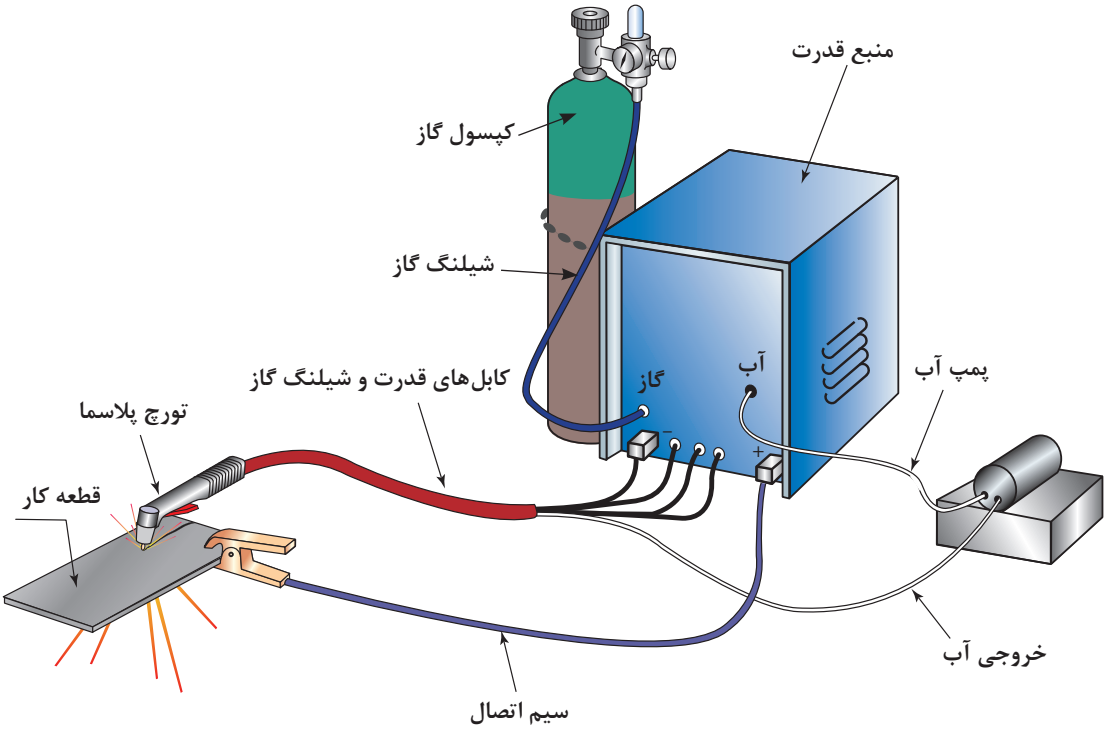
پژوهش

درباره قطعات مصرفی تورچ پلاسما پژوهش نموده و بررسی نمایید این قطعات پس از چه مدت استفاده نیاز به تعویض داشته و فرسودگی آنها چه تأثیری بر کیفیت برش دارد. نتیجه تحقیق خود را در کلاس ارائه دهید.

.....

.....

شکل ۳۳ تجهیزات برش‌کاری پلاسما آب خنک را نشان می‌دهد.



شکل ۳۳

پرسش کلاسی

با راهنمایی هنرآموز محترم خود به سؤالات زیر پاسخ دهید.

□ در فرایند برش پلاسما، قوس الکتریکی چه نقشی در ایجاد برش دارد؟

پاسخ: .....

□ نازل در تورچ پلاسما چه نقشی در کیفیت برش دارد؟

پاسخ: .....

فلزات قابل برش با پلاسما

برش پلاسما برای تمام فلزات رسانای الکتریکی همچون فولاد کربنی، فولاد زنگ‌نزن، آلومینیوم، مس، برنج قابل استفاده است، این ویژگی باعث شده است که برش پلاسما در صنایع و کارگاه‌های مختلف، از جمله ساخت سازه‌های فلزی، کارگاه‌های تولید قطعات فلزی، تعمیرات صنعتی، صنایع خودروسازی، صنایع کشتی‌سازی، ساخت تجهیزات صنعتی و همچنین در کارگاه‌های کوچک برای برش سریع ورق‌های فلزی بسیار کاربرد دارد.

پژوهش

درباره کاربردهای برش پلاسما در یکی از صنایع خودروسازی، سازه‌های فلزی و تعمیرات صنعتی پژوهش نموده و نتایج را بنویسید.

.....

.....

آماده‌سازی دستگاه

قبل از انجام عملیات برش با دستگاه پلاسما، لازم است دستگاه به‌طور صحیح آماده‌سازی شود. آماده‌سازی صحیح دستگاه باعث افزایش کیفیت برش، کاهش خرابی قطعات و جلوگیری از بروز خطرات احتمالی می‌شود. اگر دستگاه بدون بررسی و تنظیم مناسب استفاده شود، ممکن است مشکلاتی مانند برش نامناسب، ایجاد سرباره زیاد یا آسیب دیدن قطعات تورچ به وجود آید.

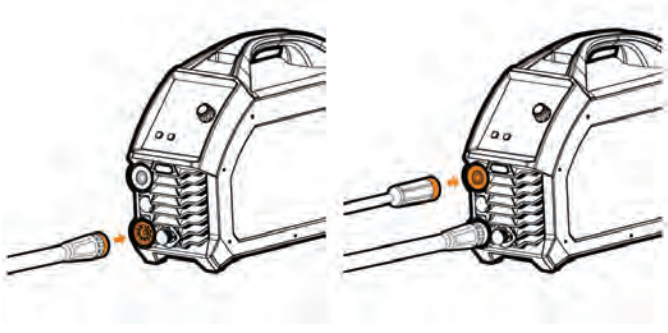
بررسی اولیه دستگاه

قبل از روشن کردن دستگاه، اپراتور باید وضعیت کلی دستگاه را بررسی کند. مواردی که باید کنترل شوند شامل سالم بودن کابل‌های برق و تورچ، محکم بودن اتصالات، تمیز بودن محل کار، سالم بودن قطعات مصرفی تورچ و وجود جریان مناسب هوا یا گاز است. بررسی اولیه از بروز مشکلات بسیاری در حین کار جلوگیری می‌کند.

راه‌اندازی و اجرای برش

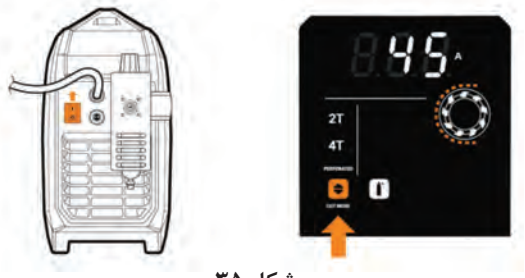
طبق مراحل زیر راه‌اندازی دستگاه برش پلاسما دستی انجام می‌شود (شکل ۳۴).

- وصل کردن کابل تورچ به منبع تغذیه
- وصل کردن کابل اتصال به دستگاه
- وصل کردن دوشاخه به پریز برق
- روشن کردن دستگاه



شکل ۳۴

■ انتخاب حالت برش با دکمه CUT MODE



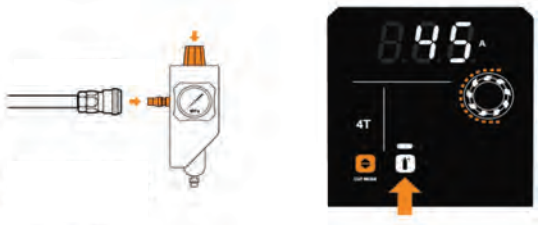
شکل ۳۵

■ تنظیم آمپراژ با پتانسیومتر و وصل کردن گیره اتصال به قطعه‌کار



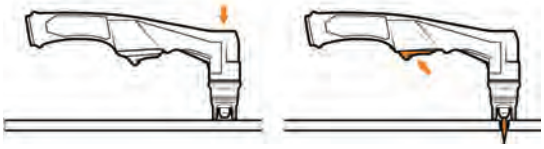
شکل ۳۶

■ اتصال شیلنگ هوا از کمپرسور به رگولاتور دستگاه
■ پس از روشن کردن کمپرسور تا رسیدن به فشار مناسب باید صبر کرد
■ زدن دکمه تست گاز روی پنل دستگاه



شکل ۳۷

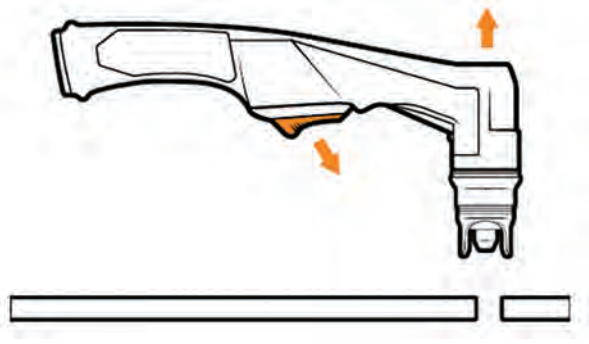
■ بررسی قطعات مصرفی تورچ
■ قرار دادن تورچ به‌صورت عمودی روی قطعه کار
■ فشار دادن شاسی تورچ برای انجام برش کاری
■ حرکت یکنواخت تورچ در مسیر برش
■ رها کردن کلید تورچ برای اتمام برش



شکل ۳۸

نکته

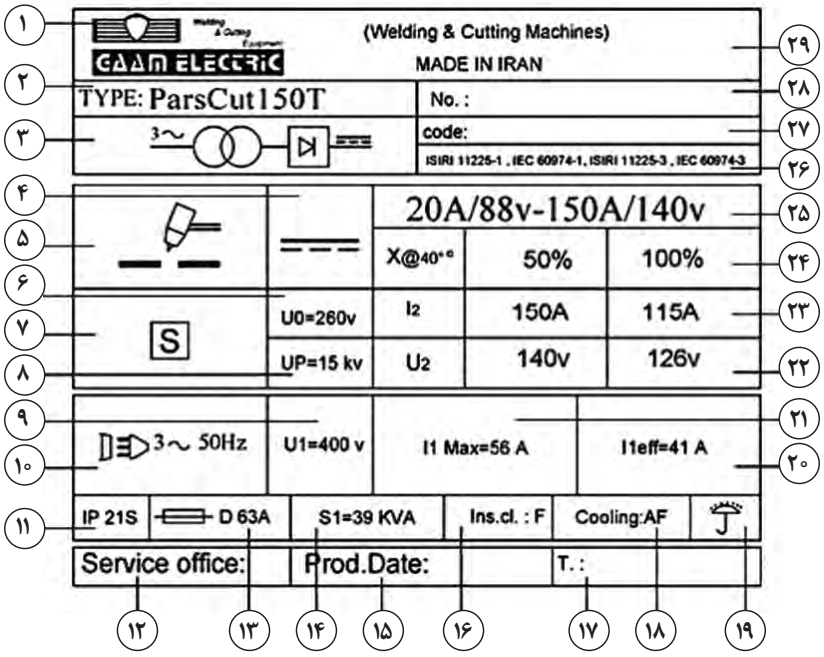
جریان هوا طبق جریان پس از برش تنظیم شده و برای خنک کردن سر مشعل ادامه خواهد یافت. تا زمانی که این دوره خنک شدن کامل نشده است، هوا را قطع نکنید. عدم انجام این کار منجر به آسیب سر مشعل خواهد شد.



معرفی پلاک دستگاه برش پلاسما

در جدول ۱۷ پلاک یک دستگاه نمونه برش پلاسما آورده شده است.

جدول ۱۷

شکل


شماره	نام	شماره	نام	شماره	نام
۱	کارخانه سازنده	۱۱	کلاس حفاظتی	۲۱	ماکزیمم جریان اولیه
۲	نام دستگاه	۱۲	دفتر مرکزی	۲۲	ولتاژ جوش‌کاری
۳	سه فاز با یکسو ساز	۱۳	فیوز	۲۳	جریان جوش‌کاری
۴	جریان خروجی	۱۴	توان	۲۴	سیکل کاری
۵	برش‌کاری	۱۵	تولید	۲۵	جریان و ولتاژ برش‌کاری
۶	ولتاژ خروجی	۱۶	کلاس عایقی	۲۶	شماره استاندارد
۷	استاندارد	۱۷	زمان تولید	۲۷	کد دستگاه
۸	ولتاژ پیک	۱۸	سیستم خنک کننده	۲۸	شماره سریال
۹	ولتاژ ورودی	۱۹	ممنوعیت هنگام بارندگی	۲۹	کشور سازنده
۱۰	برق ورودی	۲۰	ماکزیمم جریان مؤثر اولیه		

عوامل زیر در جدول ۱۸ در تنظیم شدت جریان مناسب برای برش پلاسما تأثیر دارند.

جدول ۱۸

ضخامت قطعه (mm)	جریان (A)	نوع نازل
۱ ـ ۵	۲۰ ـ ۵۰	۱/۱
۵ ـ ۲۰	۵۰ ـ ۹۰	۱/۳
۲۰ ـ ۳۰	۹۰ ـ۱۲۰	۱/۶
۳۰ ـ ۴۰	۱۲۰ ـ ۱۵۰	۱/۸

آزمایش دستگاه قبل از شروع برش

قبل از شروع برش روی قطعه اصلی، بهتر است دستگاه روی یک قطعه فلز آزمایشی امتحان شود. در این مرحله باید مواردی همچون پایداری قوس پلاسما، صدای مناسب خروج گاز، کیفیت برش اولیه و عدم وجود مشکل در تورچ بررسی شوند. در صورت مشاهده مشکل، تنظیمات دستگاه باید دوباره چک شوند.

پرسش کلاسی

با راهنمایی هنرآموز محترم خود به سؤالات زیر پاسخ دهید.

□ چرا قبل از شروع برش باید قطعات مصرفی تورچ بررسی شوند؟

پاسخ: .....

□ اتصال ارت، چه تأثیری در عملکرد دستگاه برش پلاسما دارد؟

پاسخ: .....

تکنیک‌های صحیح برش پلاسما

■ کیفیت برش تنها به تنظیمات دستگاه وابسته نیست، بلکه مهارت اپراتور در اجرای صحیح اهمیت زیادی دارد. رعایت روش صحیح حرکت تورچ، زاویه مناسب و سرعت برش باعث می‌شود که لبه‌های برش صاف‌تر، میزان سرباره کاهش، دقت ابعادی افزایش و قطعات مصرفی دیرتر فرسوده شوند.

■ ایستادن در وضعیت متعادل، حفظ دید مناسب روی خط برش، نگه داشتن تورچ با تسلط کامل، جلوگیری از خم شدن بیش از حد بدن و ثابت نگه داشتن دست در هنگام حرکت می‌تواند باعث افزایش دقت برش شود.

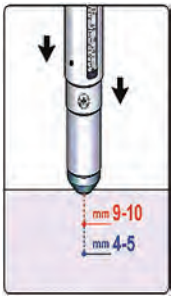
■ تورچ باید به شکلی در دست گرفته شود که حرکت آن روان و قابل کنترل باشد. حرکت دست یکنواخت بوده و از ضربه زدن تورچ به قطعه جلوگیری شود.

■ فاصله نوک تورچ تا سطح فلز بسیار مهم است. اگر فاصله بیش از حد کم باشد، نازل آسیب دیده و اگر بیش از حد زیاد باشد، قوس ناپایدار شده و کیفیت برش کاهش می‌یابد (شکل ۳۹).

توجه

بهترین کیفیت در صورتی حاصل می‌شود که نازل در فاصله تقریبی ۴ mm از سطح کار نگه داشته شود.

در بیشتر موارد، تورچ باید عمود بر سطح قطعه نگه داشته شود. زیرا زاویه نامناسب می‌تواند باعث کج شدن لبه برش، افزایش سرباره و کاهش دقت ابعادی شود. در برخی شرایط خاص، اپراتور ممکن است برای خروج بهتر مذاب، زاویه کمی به تورچ بدهد (شکل ۳۹).



فاصله نوک تورچ تا سطح قطعه کار



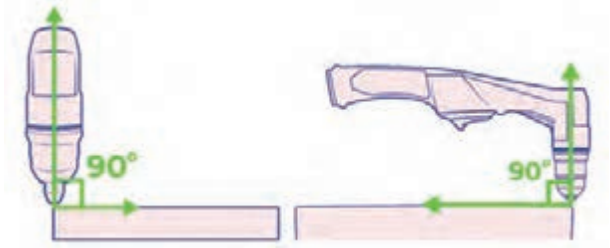
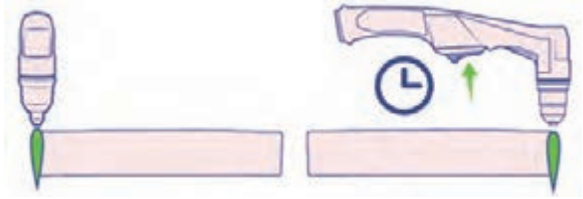
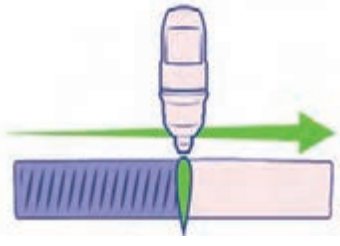
زاویه تورچ نسبت به سطح قطعه کار

شکل ۳۹

برش از لبه

برای به حداکثر رساندن بهره‌وری از مواد مصرفی، توصیه می‌شود همیشه برش خود را از لبه قطعه‌کار شروع کنید. برای برش مستقیم بهتر است از خط‌کش یا ریل راهنما استفاده شود. حرکت تورچ یکنواخت و نگاه اپراتور روی مسیر برش متمرکز باشد. برش مستقیم صحیح دارای ویژگی‌هایی همچون لبه صاف، عرض یکنواخت و حداقل سرباره است. برای انجام باید مطابق مراحل داده شده در جدول ۱۹ عمل نمود.

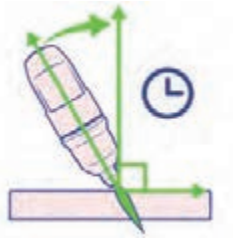
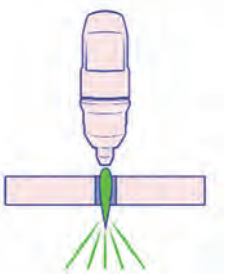
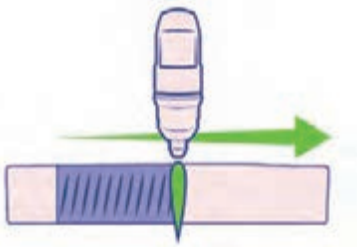
جدول ۱۹

مرحله اول	 نوک مشعل را به‌صورت عمودی (۹۰ درجه) نسبت به لبه قطعه‌کار نگه دارید.
مرحله دوم	 قوس را شروع کنید و در لبه مکث کنید تا قوس به طور کامل از قطعه‌کار عبور کند.
مرحله سوم	 مشعل را به‌آرامی روی قطعه‌کار بکشید و سرعت ثابت و یکنواختی را حفظ کنید.

سوراخ کردن قطعه‌کار

برای سوراخ کردن قطعه‌کار همیشه نمی‌توان برش را از لبه قطعه‌کار شروع کرد، ممکن است لازم باشد از وسط صفحه شروع کنید. برای انجام باید مطابق مراحل داده شده در جدول ۲۰ عمل نمود.

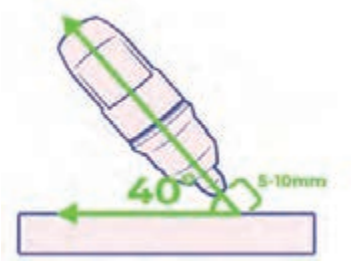
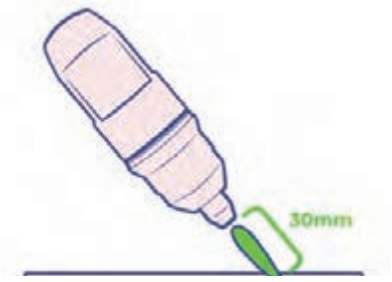
جدول ۲۰

مرحله اول	
	تورچ را با زاویه ۳۰ درجه نسبت به قطعه کار نگه دارید و نوک تورچ را ۱/۵ میلی متر از قطعه کار فاصله دهید.
مرحله دوم	
	برش را شروع کنید و سپس تورچ را به آرامی به حالت عمودی (۹۰ درجه) بچرخانید.
مرحله سوم	
	همچنان شاسی را فشار دهید. جرقه‌ها از زیر قطعه‌کار خارج می‌شوند، قوس فلز را سوراخ کرده است.
مرحله چهارم	
	پس از سوراخ شدن فلز، تورچ را به آرامی در امتداد قطعه‌کار بکشید و سرعت ثابت و یکنواختی را حفظ کنید.

شیارزنی قطعه‌کار

شیارزنی با استفاده از جت بسیار داغ پلاسما که بخشی از سطح فلز ذوب و خارج می‌شود تا یک شیار روی قطعه ایجاد شود، بدون اینکه قطعه به طور کامل برش داده شود. این روش برای آماده‌سازی جوش یا برداشتن عیوب سطحی فلز استفاده می‌شود. برای انجام این کار باید مطابق مراحل داده شده در جدول ۲۱ عمل نمود.

جدول ۲۱

مرحله اول	 
	تورچ را با زاویه ۴۰ درجه و نوک آن را در فاصله حدود ۵ تا ۱۰ میلی‌متر از قطعه‌کار نگه دارید. ماشه را فشار دهید تا قوس شروع شود.
مرحله دوم	
	تورچ را به عقب بکشید و قوس را تقریباً تا ۳۰ میلی‌متر بکشید. قوس پلاسما را در جهت شیاری که می‌خواهید ایجاد کنید، فشار دهید. فاصله بین دو شیار را افزایش دهید تا شیار کم‌عمق‌تر و پهن‌تر شود.

نکته

تغییر زاویه مشعل، ابعاد شیار را تغییر می‌دهد.

پرسش کلاسی

با راهنمایی هنرآموز محترم خود به سؤالات زیر پاسخ دهید.

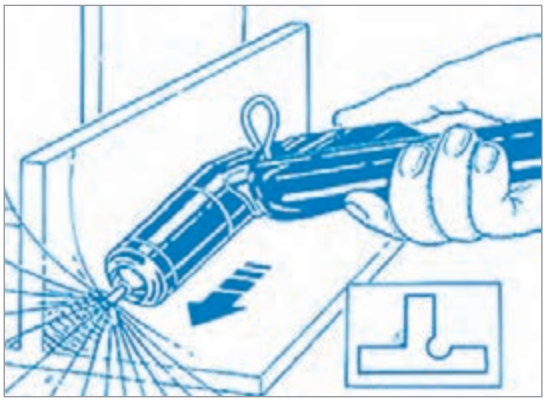
□ چرا کنترل سرعت حرکت تورچ در کیفیت برش پلاسما اهمیت دارد؟

پاسخ: .....

□ زاویه نامناسب تورچ چه تأثیری بر لبه برش ایجاد می‌کند؟

پاسخ: .....

برای انجام گوجینگ تورچ باید زاویه‌دار روی قطعه‌کار نگه داشته شود و به گونه‌ای حرکت داده شود که هوای فشرده خروجی از تورچ، مواد مذاب را به سمت جلو و خارج از شیار هدایت نماید (شکل ۴۰).



شکل ۴۰

پرسش کلاسی

□ به نظر شما قطعه‌کار باید به کدام قطب منبع قدرت وصل باشد؟

پاسخ: .....

شروع برش

برای شروع برش باید مراحلی همچون، قرار دادن تورچ در محل شروع، فشردن کلید تورچ، تشکیل کامل قوس پلاسما و شروع حرکت آرام تورچ انجام شود. شروع عجولانه حرکت تورچ ممکن است باعث ناقص شدن ابتدای برش گردد.

سرعت حرکت تورچ نیز یکی از مهم‌ترین عوامل کیفیت برش است. اگر تورچ بیش از حد سریع حرکت کند، برش کامل انجام نشده، جرقه‌ها از سطح بالایی فلز خارج نشده و لبه برش ناصاف می‌شود. اگر سرعت خیلی کم باشد نیز سرباره افزایش یافته، لبه‌ها بیش از حد ذوب شده و عرض برش زیاد می‌شود. اپراتور با تمرین، می‌تواند سرعت مناسب را تشخیص دهد.

در انتهای برش باید سرعت حرکت کمی کاهش یابد و اجازه داده شود برش کامل شده و تورچ ناگهانی از قطعه جدا نشود.

پژوهش

درباره روش‌های کاهش سرباره در برش پلاسما پژوهش نموده و نتایج را به‌صورت خلاصه در کلاس ارائه دهید.

تکنیک برش منحنی و دایره‌ای در برش‌کاری پلاسما

برای اجرای باکیفیت برش‌های منحنی، حرکت تورچ باید یکنواخت و پیوسته با سرعت کنترل‌شده باشد تا از ایجاد لبه‌های ناصاف جلوگیری شود. در برش‌های دایره‌ای، استفاده از ابزارهای کمکی مانند پرگار یا دایره‌زن برای حفظ دقت ابعادی و شعاع ثابت ضروری است. همچنین رعایت اصول شروع برش و تنظیم دقیق فاصله نازل تا قطعه، ضامن حفظ کیفیت لبه و محافظت از تجهیزات در هر دو روش است (شکل ۴۱).



شکل ۴۱

نکات ایمنی

ایمنی و بهداشت کار در برش پلاسما

□ برش پلاسما به دلیل استفاده از قوس الکتریکی، دمای بسیار بالا و ایجاد جرقه و گازهای ناشی از ذوب فلز، از عملیات‌های صنعتی پرخطر به‌شمار می‌رود. رعایت نکردن اصول ایمنی می‌تواند باعث سوختگی، برق‌گرفتگی، آسیب چشمی، استنشاق دودهای فلزی و آتش‌سوزی شود.

□ در دستگاه برش پلاسما از جریان الکتریکی نسبتاً بالا برای ایجاد قوس استفاده می‌شود. تماس با قسمت‌های برق‌دار یا کابل‌های آسیب‌دیده می‌تواند موجب برق‌گرفتگی شود. بررسی سلامت کابل‌ها، اتصال صحیح کابل زمین به قطعه‌کار، استفاده از دستکش و کفش عایق و پرهیز از کار در محیط‌های مرطوب ضروری است.

□ قوس پلاسما نور بسیار شدید و اشعه فرابنفش تولید می‌کند که می‌تواند به چشم و پوست آسیب برساند. برای جلوگیری از این خطر باید از عینک یا ماسک مخصوص برش‌کاری و لباس کار مناسب استفاده شود.

□ در هنگام برش، ذرات فلز مذاب و جرقه‌های داغ به اطراف پرتاب می‌شوند و احتمال سوختگی یا آتش‌سوزی وجود دارد. استفاده از دستکش نسوز، لباس کار مقاوم، میز کار فلزی مناسب و دور نگه داشتن مواد قابل اشتعال ضروری است.

□ در فرایند برش، دود و گازهای حاصل از اکسیدهای فلزی تولید می‌شود که استنشاق آنها برای سلامتی مضر است. استفاده از سیستم تهویه مناسب و ماسک تنفسی، و قرار گرفتن اپراتور در جهت مناسب جریان هوا توصیه می‌شود.

□ برش پلاسما صدای نسبتاً زیادی تولید می‌کند و کار طولانی‌مدت در این شرایط ممکن است به شنوایی آسیب برساند. برای پیشگیری باید از گوشی‌های محافظ صدا استفاده شود.

توجه

رعایت کلیه نکات ایمنی ذکرشده برای تمامی افراد در هنگام کار با دستگاه برش پلاسما الزامی است.
شروع کار بدون استفاده از تجهیزات حفاظت فردی و آماده‌سازی ایمن محیط کارگاه ممنوع می‌باشد.

پژوهش

درباره خطرات ناشی از دود و گازهای تولید شده هنگام برش پلاسما پژوهش نموده و بررسی نمایید این دودها از چه موادی تشکیل شده و چه اثراتی بر سلامت انسان دارند.

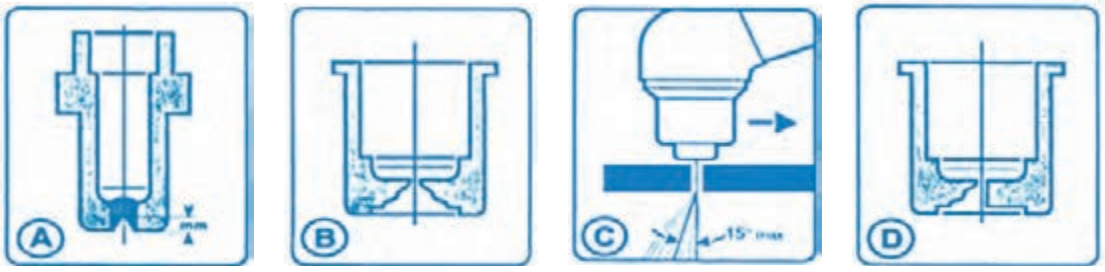
پاسخ: .....

.....

نگهداری تورچ برش‌کاری

- از قرار دادن تورچ و کابل آن روی قطعات داغ خودداری کنید.
- به طور متناوب عدم نشتی شیلنگ‌ها و اتصالات گاز را بررسی کنید.
- منتشر کننده گاز را از جرقه‌های برش‌کاری تمیز کنید.
- از روشن نگه داشتن دستگاه در صورت عدم نیاز اجتناب کنید.
- الکترود را زمانی که در وسط قسمت انتهایی آن ۱/۵ mm گودی ایجاد شد تعویض کنید.
- هنگامی که سوراخ نازل صدمه دید یا خیلی گشاد شده آن را تعویض کنید.
- سرعت برش به اندازه‌ای باشد که قوس از قطعه کامل عبور نماید.
- زاویه نگهداری تورچ هنگام برش‌کاری کمتر از ۱۵ درجه باشد.

در شکل ۴۲ برخی از نکات نگهداری تورچ نشان داده شده است.



شکل ۴۲

کیفیت برش پلاسما

برای ارزیابی کیفیت برش، چند عامل مهم از قبیل صاف بودن لبه برش، عمود بودن لبه‌ها، میزان سرباره، کامل بودن برش و دقت ابعادی بررسی می‌شوند. لبه‌های برش باید تا حد امکان صاف و یکنواخت باشند. لبه ناصاف معمولاً نشان‌دهنده حرکت نامناسب تورچ، تنظیم نبودن دستگاه و فرسودگی قطعات مصرفی است. کج بودن لبه‌ها ممکن است به علت زاویه نامناسب تورچ، سرعت نادرست حرکت و فرسودگی نازل باشد. در یک برش باکیفیت میزان سرباره باید کم باشد و سرباره به‌راحتی جدا شود. برش باید در تمام ضخامت قطعه نفوذ کرده باشد که اگر برش ناقص باشد قطعه به‌طور کامل جدا نشده و نیاز به دوباره‌کاری می‌باشد. مهارت در کنترل کیفیت باعث افزایش دقت، کاهش ضایعات و بهبود عملکرد کارگاه می‌شود.

دقت ابعادی

ابعاد قطعه برش‌خورده باید مطابق اندازه مشخص‌شده باشد. خطای ابعادی ممکن است به علت علامت‌گذاری نادرست، انحراف تورچ و حرکت نامنظم دست ایجاد شود.

عیوب رایج در برش پلاسما

عیوبی که هنگام کار با برش پلاسما در قطعه ایجاد می‌شوند در جدول ۲۲ آورده شده‌اند.

جدول ۲۲

عیب	علل ایجاد عیب	روش اصلاح
ایجاد سرباره زیاد	سرعت کم حرکت تورچ، آمپر نامناسب، فشار نامناسب گاز، فرسودگی نازل	تنظیم سرعت مناسب، بررسی فشار گاز تعویض قطعات مصرفی
لبه ناصاف	لرزش دست، حرکت نامنظم تورچ، فاصله نامناسب تورچ از قطعه	حرکت یکنواخت دست، حفظ فاصله مناسب استفاده از راهنما
برش ناقص	سرعت زیاد حرکت، کم بودن شدت جریان، ضخامت زیاد قطعه	کاهش سرعت حرکت، افزایش آمپر انتخاب دستگاه مناسب
کج شدن لبه برش	زاویه نادرست تورچ، فرسودگی نازل	تنظیم زاویه صحیح، تعویض نازل فرسوده
پهن شدن خط برش	نازل فرسوده یا دهانه گشاد شده آمپر بیش از نیاز، سرعت کم حرکت	تعویض نازل، کاهش آمپر، افزایش سرعت حرکت
بریدگی‌های نامنظم در ابتدا و انتهای برش	توقف بیش از حد در نقطه شروع، خروج ناگهانی تورچ در پایان مسیر، کنترل نامناسب سرعت	پرهیز از مکث طولانی در نقطه شروع پایان دادن نرم و کنترل‌شده به حرکت تمرین بر روی صفحات تمرینی
تاب برداشتن قطعه پس از برش	حرارت بیش از حد در یک منطقه، سرعت بسیار کم، تمرکز طولانی قوس روی یک نقطه	افزایش سرعت، تقسیم مسیر طولانی به چند مرحله، شروع برش از نقاط کم‌تنش
پاشش زیاد جرقه و ذرات مذاب	فشار زیاد گاز، تنظیم نبودن جریان فاصله بسیار کم تورچ از قطعه	بررسی و تنظیم فشار، حفظ فاصله استاندارد کنترل آمپر

پژوهش

درباره روش‌های صنعتی کنترل کیفیت در برش پلاسما تحقیق نمایید.

پاسخ: .....

.....

بررسی چشمی کیفیت برش

پس از پایان کار، برش‌کار باید قطعه را به‌صورت چشمی بررسی کند و مواردی همچون یکنواخت بودن مسیر برش، صاف بودن لبه‌ها، مقدار سرباره، کامل بودن برش و تغییر شکل نداشتن قطعه را کنترل نماید. بررسی چشمی اولین مرحله کنترل کیفیت در کارگاه است. برای کنترل دقیق‌تر کیفیت برش می‌توان از ابزارهای اندازه‌گیری همانند متر فلزی، کولیس، گونیا، خط‌کش فلزی استفاده نمود. این ابزارها برای بررسی ابعاد قطعه، صاف بودن خطوط و کنترل زاویه برش استفاده می‌شوند.

پرسش کلاسی

- چرا میزان سرباره یکی از معیارهای مهم کیفیت برش محسوب می‌شود؟

پاسخ: .....

- فرسودگی نازل چه تأثیری بر کیفیت برش پلاسما دارد؟

پاسخ: .....

نقش قطعات مصرفی در کیفیت برش

کیفیت قطعات مصرفی تأثیر زیادی بر نتیجه نهایی دارد. فرسودگی الکترود و نازل می‌تواند باعث ناپایداری قوس، افزایش سرباره و کاهش دقت برش شود. به همین دلیل، قطعات مصرفی باید به‌صورت منظم بررسی و در صورت نیاز تعویض شوند.

اصلاح عیوب برش

برش‌کار باید بتواند پس از مشاهده عیب، علت آن را تشخیص داده و اصلاح کند. این مهارت نقش مهمی در افزایش کیفیت کار دارد.

مراحل اصلاح عیب‌شناسایی نوع عیب، بررسی تنظیمات دستگاه، کنترل قطعات مصرفی، اصلاح روش حرکت تورچ و انجام آزمایش مجدد می‌باشند.

کارکلاسی

چند نمونه قطعه برش‌خورده با کیفیت‌های مختلف را بررسی نموده، عیوب هر قطعه را شناسایی و علت احتمالی ایجاد آنها را در جدول ثبت نمایید.

جدول ۲۲

قطعه	عیب	علت احتمالی
قطعه ۱		
قطعه ۲		
قطعه ۳		

سرویس و نگهداری دستگاه

دستگاه برش پلاسما برای عملکرد صحیح و تولید برش باکیفیت نیاز به نگهداری منظم و سرویس دوره‌ای دارد. در صورتی‌که دستگاه به‌درستی نگهداری نشود، مشکلاتی مانند کاهش کیفیت برش، افزایش عیوب، خرابی قطعات و حتی خطرات ایمنی ممکن است ایجاد شود. اپراتور دستگاه باید علاوه بر مهارت در برش‌کاری، توانایی بازرسی، نگهداری و سرویس اولیه دستگاه را نیز داشته باشد. نگهداری صحیح دستگاه برش پلاسما مزایای زیادی از جمله افزایش عمر مفید دستگاه، کاهش خرابی و توقف کار، بهبود کیفیت برش، کاهش هزینه تعمیرات و افزایش ایمنی در کارگاه را به دنبال دارد. برای نگهداری دستگاه برش‌کار باید موارد زیر انجام شود.

- **بازرسی دستگاه قبل از شروع کار، که اپراتور باید کنترل کند عبارت‌اند از:**

جدول ۲۳

سالم بودن کابل‌های برق	محکم بودن اتصالات گاز
سالم بودن کابل تورچ	سالم بودن نازل و الکترود
سالم بودن گیره اتصال زمین	تمیز بودن تورچ

توجه

در صورت مشاهده هرگونه مشکل، باید قبل از شروع به کار آن را برطرف نمود.

بررسی قطعات مصرفی تورچ

در دستگاه برش پلاسما برخی قطعات به‌مرور زمان فرسوده می‌شوند و باید تعویض شوند. مهم‌ترین قطعات مصرفی الکترود، نازل، حلقه چرخان گاز، کلاهک محافظ می‌باشند که فرسودگی این قطعات باعث ناپایداری قوس، کاهش کیفیت برش، افزایش سرباره و انحراف مسیر برش می‌شود. به همین دلیل این قطعات باید به‌طور مرتب بررسی شوند. برای تعویض قطعات مصرفی باید مراحل زیر را انجام داد.

جدول ۲۴

۱	خاموش کردن دستگاه و قطع برق	۴	نصب قطعات جدید
۲	باز کردن کلاهک تورچ	۵	بستن صحیح قطعات
۳	خارج کردن قطعات فرسوده	۶	انجام آزمایش برش

توجه

هنگام تعویض قطعات باید دقت شود که قطعات به‌درستی در جای خود قرار گیرند.

تمیزکاری دستگاه

گردوغبار و ذرات فلزی می‌توانند در عملکرد دستگاه اختلال ایجاد کنند. بنابراین تمیزکاری دستگاه باید به‌صورت منظم انجام شود. مهم‌ترین نقاطی که باید تمیز شوند بدنه دستگاه، دریچه‌های تهویه، تورچ و محل اتصال کابل‌ها هستند. تمیزکاری باید با ابزار مناسب مانند برس نرم یا هوای فشرده انجام شود.

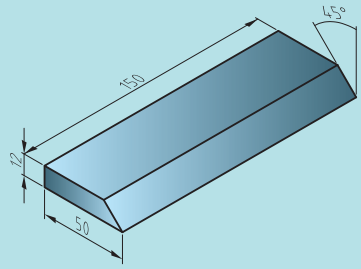
بررسی سیستم گاز

گاز یکی از عوامل اصلی در ایجاد قوس پلاسما است. بنابراین سیستم گاز باید به‌طور مرتب بررسی شود. موارد قابل بررسی شامل فشار مناسب گاز، سالم بودن شیلنگ‌ها، محکم بودن اتصالات و نبود نشتی در مسیر گاز است. وجود نشتی یا کاهش فشار گاز می‌تواند باعث کاهش کیفیت برش شود.

بررسی سیستم برق دستگاه

سیستم برق دستگاه نیز باید به‌صورت دوره‌ای کنترل شود. موارد مهم در این بررسی سالم بودن کابل برق، سالم بودن دوشاخه یا اتصال برق، سالم بودن کابل تورچ و سالم بودن گیره اتصال زمین است. هرگونه آسیب در کابل‌ها باید فوراً برطرف شود.

کارکارگاهی





■ **اجرای پخ‌زنی مطابق نقشه**

■ **مراحل انجام کار**

□ علامت‌گذاری خطوط برش روی قطعه‌کار

□ آماده‌سازی قطعه‌کار برای برش

□ حرکت تورچ پلاسما در مسیر برش

□ برش با زاویه پخ ۴۵° با کیفیت مناسب و حداقل سرباره

□ سرد نمودن قطعه‌کار و ارزیابی کیفیت خطوط برش

■ **وسایل و تجهیزات**

در جدول زیر ابزار وتجهیزات مورد نیاز این کار کارگاهی را بنویسید. سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

□ از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی، ماسک تنفسی استفاده شود.

□ کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.

□ هرگونه حادثه را بلافاصله به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.

□ از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

□ از سلامت کابل‌ها و شلینگ‌ها و اتصال صحیح کابل زمین اطمینان حاصل کنید.

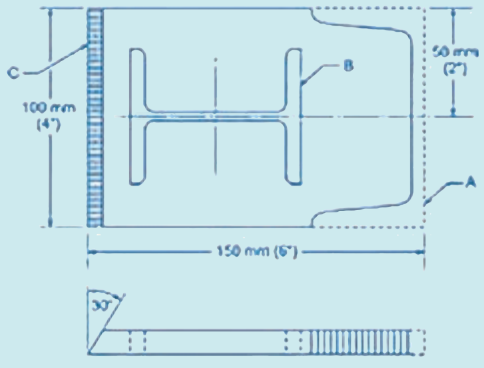
□ محیط کار را از مواد قابل اشتعال تمیز کنید.

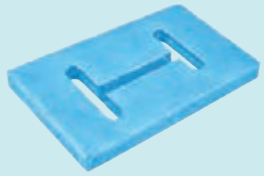
نکات زیست‌محیطی

□ استفاده ازسیستم تهویه برای خروج دود و گازهای مضر

□ خاموش کردن دستگاه و قطع جریان برق پس از پایان کار

کارکارگاهی





■ **برش مسیر منحنی بر روی قطعه فولادی مطابق نقشه**

■ **مراحل انجام کار**

□ علامت‌گذاری خطوط برش روی قطعه‌کار

□ آماده‌سازی قطعه‌کار برای برش

□ حرکت تورچ پلاسما در مسیر منحنی

□ برش یک مسیر منحنی با کیفیت مناسب و حداقل سرباره

□ سرد نمودن قطعه‌کار و ارزیابی کیفیت خطوط برش

■ **وسایل و تجهیزات**

در جدول زیر ابزار وتجهیزات مورد نیاز این کار کارگاهی را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

□ از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی، ماسک تنفسی استفاده شود.

□ کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.

□ هرگونه حادثه را بلافاصله به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.

□ از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

□ از سلامت کابل‌ها و شلینگ‌ها و اتصال صحیح کابل زمین اطمینان حاصل کنید.

□ محیط کار را از مواد قابل اشتعال پاک‌سازی کنید.

نکات زیست‌محیطی

□ استفاده از سیستم تهویه برای خروج دود و گازهای مضر.

□ خاموش کردن دستگاه و قطع جریان برق پس از پایان کار.

ارزشیابی شایستگی برش‌کاری پلاسما

نام و نام خانوادگی					
کد حرفه	۷۲۱۳۱۲	حرفه	ورق‌کاران (فلزات)	شماره ملی	
کد وظیفه شغل	۷۲۱۳۱۲۰۳	وظیفه شغل	فرم‌دهی ورق‌های فلزی	کدپیمانه/پودمان	۷۲۱۳۱۲۰۳۲
کد کار	۷۲۱۳۱۲۰۳۲۲	کار	برش‌کاری پلاسما	سطح صلاحیت	L2
تاریخ ارزشیابی:				سطح شایستگی	مهارت
استاندارد عملکرد: برش‌کاری فلزات با قوس پلاسما برابر نقشه با رعایت نکات فنی و ایمنی					

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده‌سازی	کمپرسور هوا ، تجهیزات برش پلاسما، خط‌کش فلزی ، سوزن خط‌کش ، نقشه کار ، متر، پرگار فلزی، برس سیمی ،دستکش چرمی نسوز ، عینک UV و IR ، لباس کار پنبه‌ای ، کفش ایمنی ، کلاه ایمنی ، ماسک تنفسی، کپسول آتش‌نشانی. زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، نقشه، آزمون عملکردی	انتخاب گاز با توجه به ضخامت و جنس قطعه	۳	
				آماده‌سازی سطح برش برابر دستورالعمل	۲	
				ناتوانی در آماده‌سازی سطح برش	۱	
۲	برش‌کاری	دستگاه برش پلاسما زمان: یک ساعت	مشاهده کار، آزمون عملکردی	راه‌اندازی کمپرسور هوا، تنظیم فشار گاز، تنظیم جریان برق برابر دستورالعمل	۳	
				خط‌کشی محل برش و انتخاب تورچ برابر دستورالعمل، برش قطعه برابر نقشه	۲	
				ناتوانی در برش قطعه	۱	
۳	کنترل نهایی	خط‌کش فلزی، نقشه کار، متر، سوهان، سنگ فرز زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، آزمون عملکردی	کنترل کیفی قطعه برابر دستورالعمل	۳	
				کنترل ابعادی قطعه برابر نقشه	۲	
				ناتوانی در کنترل ابعادی	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش		دقت در انتخاب تورچ ، به‌کارگیری سیستم تهویه برای جذب و خروج گازهای مضر، انتخاب و به‌کارگیری فناوری‌های مناسب(N۴۱)، به‌کارگیری دستکش چرمی نسوز ، لباس کار پنبه‌ای، عینک UV و IR		رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش)	۲	
				عدم رعایت موارد ایمنی	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐	
					خیر ☐	

توضیحات:

۱ـ معیار شایستگی انجام کار:

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

پودمان سوم

شکل‌دهی



فرم‌دهی



رول کاری

فرایندهای شکل‌دهی و رول کاری به‌عنوان ستون‌های اصلی صنایع ورق کاری (Sheet Metal Fabrication)، نقشی حیاتی در تبدیل ورق‌های اولیه به هندسه‌های پیچیده و کاربردی ایفا می‌کنند. این فنون که بر پایه اصول تغییر شکل پلاستیک استوارند، بدون نیاز به براده‌برداری و با حفظ یکپارچگی ساختاری، امکان تولید قطعات دقیق در صنایع استراتژیک نظیر مخزن‌سازی، هوافضا و سازه‌های فلزی را فراهم می‌سازند. تسلط و دانش فنی در بهره‌گیری از تجهیزات دستی و ماشین‌های نورد، سنگ‌بنای دست‌یابی به دقت هندسی و کیفیت مطلوب در تولید مصنوعات فلزی است. موضوعاتی که در این پودمان به‌عنوان اصول پایه و کاربردی تحلیل و بررسی می‌شوند.

واحد یادگیری ۱

فرم‌دهی

آیا تابه‌حال پی برده‌اید؟

- چگونه ورق‌های نازک را با ابزار دستی می‌توان فرم‌دهی نمود.
- با تغییر شکل لبهٔ ورق فلزی می‌توان استحکام آن را افزایش داد.
- می‌توان با ورق‌های فلزی کانال‌های تهویه مطبوع را با فرم‌دهی تولید نمود.
- با استفاده از فورجینگ (آهنگری) قطعات را می‌توان تغییر شکل داد.
- راه مقابله با برگشت رول در ورق‌های ضخیم چگونه است.

استاندارد عملکرد

هنرجو پس از پایان این واحد یادگیری، قادر خواهد بود با رعایت کامل اصول ایمنی و با استفاده از ابزار، تجهیزات و مواد مناسب، نیم‌ساخته‌های فلزی را با ابزار دستی برابر نقشه فرم‌دهی نماید.

فرم‌دهی فلزات (Forming)

شامل گروه بزرگی از فرایندهای ساخت است که در آن از تغییر شکل پلاستیک (خمیری) برای تغییر شکل قطعات فلزی استفاده می‌شود. روش‌های فرم‌دهی فلزات عبارت‌اند از:

- **فرم‌دهی حجمی:** تغییر شکل عمدتاً در کل حجم قطعه رخ می‌دهد و نسبت سطح به حجم کوچک‌تر است.
  - نورد (Rolling)
  - آهنگری (Forging)
  - اکستروژن (Extrusion)
  - کشش (Drawing)

  ریخته‌گری تحت فشار در برخی طبقه‌بندی‌ها در این گروه قرار می‌گیرد.
- **فرم‌دهی ورق:** قطعه معمولاً ورق است و تغییر شکل بیشتر به‌صورت موضعی یا در سطح رخ می‌دهد.
  - خم‌کاری (Bending)
  - کشش عمیق (Deep Drawing)
  - کشش ورق (Stretch Forming)
  - فلنج‌کاری (Flanging)
  - لبه‌زنی یا لول‌کردن لبه (Hemming)
  - پرس‌کاری ورق و عملیات وابسته (Sheet Metal Press)
- **متالورژی پودر:** به‌عنوان روشی مجزا اما مرتبط شناخته می‌شود.
  - فشرده‌سازی پودر فلز (Press Powder)
  - تَف جوشی (Sintering)

پرسش کلاسی

به شکل‌های زیر نگاه کنید و نوع فرایند شکل‌دهی آنها را بنویسید.

	
فرایند.....	فرایند.....

فرایندهای شکل‌دهی را می‌توان به دو گروه اصلی شکل‌دهی سرد و شکل‌دهی گرم تقسیم‌بندی نمود (شکل ۱).

	
شکل‌دهی سرد	شکل‌دهی گرم

شکل ۱

شکل‌دهی سرد شامل شکل دادن به فلز در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی‌گراد) است، درحالی‌که شکل‌دهی گرم شامل شکل دادن به فلز در دمای بسیار بالا می‌باشد.

■ آهنگری

آهنگری به‌عنوان یکی از قدیمی‌ترین روش‌های فلزکاری شناخته می‌شود که از زمان‌های باستان با گرم کردن آهن و کوبیدن آن به‌وسیله سنگ آغاز شد. امروزه، این روش که پیشرفت‌های زیادی کرده، به تولید اشکال مختلف فلزی کمک می‌کند. چکش‌های پرقدرت و پرس‌های مکانیکی جایگزین چکش‌های دستی شده‌اند و قالب‌های فولادی به‌جای سندان‌های قدیمی‌استفاده می‌شوند.

آهنگری یا فورجینگ فرایندی است که در آن با استفاده از نیروهای فشاری موضعی، فلزات تحت تغییر شکل پلاستیک قرار می‌گیرند. این کار با استفاده از قالب و ابزارهای خاص انجام می‌شود.



شکل ۲

اصول آهنگری

- **انتخاب دمای مناسب:** هر فلز دارای محدوده دمایی مشخصی برای آهنگری است و حرارت بیش از حد یا کمتر از حد استاندارد می‌تواند کیفیت قطعه را کاهش دهد.
- **اعمال فشار یکنواخت:** فشار یا ضربه باید به‌صورت کنترل‌شده و یکنواخت وارد شود تا ساختار فلز به‌درستی شکل بگیرد و دچار تنش داخلی نشود.
- **انتخاب متریال مناسب:** نوع فلز و ترکیب آلیاژی آن تأثیر مستقیمی‌بر فرایند آهنگری و کیفیت قطعه دارد.
- **سرعت تغییر شکل:** تغییر شکل بیش از حد سریع یا کند می‌تواند باعث ایجاد ترک، شکست یا کاهش خواص مکانیکی فلز شود.
- **خنک‌کاری اصولی:** نحوه سرد شدن قطعه بعد از آهنگری اهمیت زیادی دارد. خنک‌کاری نامناسب می‌تواند موجب تغییر ساختار یا کاهش مقاومت فلز شود.
- **استفاده از ابزار و قالب استاندارد:** کیفیت ابزار، قالب و تجهیزات آهنگری در دقت ابعاد و کیفیت نهایی قطعه نقش مهمی دارد.

کاربرد آهنگری

آهنگری نقش مهمی در تولید قطعاتی دارد که باید در برابر فشار، ضربه و سایش مقاومت بالایی داشته باشند. به‌دلیل ایجاد ساختار متراکم‌تر در فلز و افزایش استحکام نهایی، این فرایند در بسیاری از صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاربردهای آهنگری را در جدول ۱ مشاهده می‌نمایید.

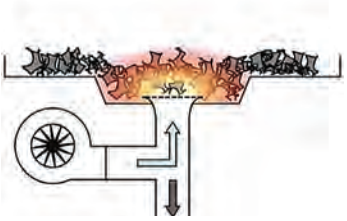
جدول ۱

کاربرد	شرح
خودروسازی	تولید قطعاتی مانند میل‌لنگ، شاتون، چرخ‌دنده و محور که نیاز به مقاومت بالا دارند
نفت و گاز	ساخت اتصالات، فلنج‌ها، شیرآلات صنعتی و قطعات تحت فشار برای خطوط انتقال
ساختمان	تولید قطعات فلزی سازه‌ای، اتصالات مقاوم و ابزارهای ساختمانی
حمل‌ونقل	ساخت چرخ، محور و قطعات سنگین مورد استفاده در قطارها و واگن‌ها
کشتی‌سازی	تولید قطعات مقاوم در برابر فشار و شرایط سخت محیطی برای تجهیزات دریایی
نظامی	ساخت قطعات حساس با استحکام بالا برای تجهیزات دفاعی و هواپیماها
ابزارآلات	ساخت ابزارهایی مانند چکش، آچار، تیغه و تجهیزات سنگین صنعتی

ابزار و تجهیزات آهنگری

مهم‌ترین ابزار و تجهیزات آهنگری شامل موارد داده شده در جدول ۲ هستند.

جدول ۲

شکل / شرح	شکل / شرح
	
پتک **برای ضربه شدید به فلزات و تغییر شکل با نیروی دست**	**کوره** **برای گداخته نمودن فلزات و قابلیت شکل‌پذیری آنها**
	
چکش مکانیکی **برای ضربه شدید به فلزات و تغییر شکل با نیروی دستگاه مکانیکی**	**چکش** **برای ضربه به فلزات ظریف و تغییر شکل با نیروی دست**
	
سندان **تکیه‌گاهی برای ضربه‌زنی تغییر شکل، فرم‌دهی**	**انبر** **برای نگهداری و جابه‌جایی آسان قطعات داغ فلزی**
	
مغار یا اسکنه **برای تزیین و اعمال تغییر شکل‌های ظریف بر روی فلزات**	**گیره** **برای ثابت نگه‌داشتن قطعه آهنگری**

■ **تکنیک‌های آهنگری** در این روش می‌توان با استفاده از خم کردن، سوراخ کردن، کشیدن، پیچیدن و فشردن برای تغییر شکل، اتصال و تبدیل فولاد به محصولات مختلف در فرم‌دهی فلزات استفاده نمود، و این تکنیک‌ها عبارتند از:

■ **سوراخ کاری:** در آهنگری، با استفاده از سنبه و بدون براده‌برداری، سوراخ در قطعه گداخته ایجاد می‌شود. با سنبه‌کاری دوطرفه، ابعاد دقیق سوراخ حاصل می‌شود (شکل ۳).



شکل ۳

■ **برش‌کاری:** در برش‌کاری گرم، قطعه گداخته با ابزار قلم برش و بر روی سندان به‌سرعت جدا می‌شود. این روش با زاویه برشی مناسب، سرعت تولید را افزایش می‌دهد (شکل۴).



شکل ۴

■ **شکل دادن:** تغییر فرم پلاستیک فلز گداخته از طریق تکنیک‌هایی مانند افزایش طول برای رسیدن به شکل محصول نهایی است. در این فرایند، مهارت آهنگر در هدایت ضربات برای کنترل شکل فلز و پیشگیری از عیوب ساختاری است (شکل۵).

■ **اتصال:** در جوش پتکه‌ای، دو قطعه فولادی تا دمای گداخته شدن حرارت دیده و با استفاده از تنه کار جهت اکسیدزدایی، تحت ضربات پتک در حالت جامد با هم یکی می‌شوند. این اتصال با برقراری پیوند اتمی، اتصالی یکپارچه و مقاوم ایجاد می‌کند (شکل۶).



شکل ۵

■ **انواع روش‌های آهنگری**

امروزه آهنگری با روش‌های مختلفی در کارگاه‌ها انجام می‌گیرد که در ادامه به آن‌ها اشاره خواهیم نمود . آهنگری براساس دمای کار شامل آهنگری گرم، نیمه‌گرم و سرد و براساس نوع قالب شامل آهنگری آزاد یا قالب‌باز و آهنگری قالب‌بسته است. همچنین براساس وسیله اعمال نیرو، آهنگری به روش‌های چکشی، پرسی، غلتکی و کله‌زنی انجام می‌شود.

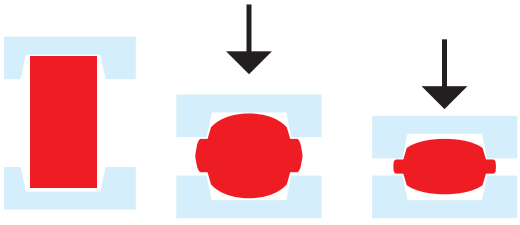


شکل ۶

توجه

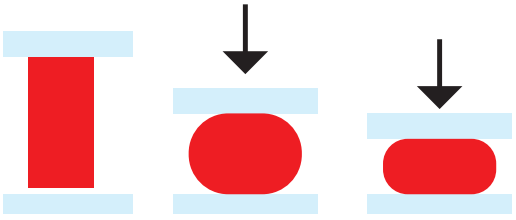
آهنگری گرم، سرد و نیمه‌گرم نشان‌دهنده دمای عملیات‌اند. اما آهنگری آزاد و قالبی به چگونگی قرارگرفتن و شکل‌گیری قطعه در قالب مربوط می‌شوند. بنابراین این دو دسته با یکدیگر تداخل ندارند.

■ **آهنگری قالب بسته:** فلز حرارت دیده درون قالبی که به سندان متصل شده، قرار داده می‌شود. سپس چکش مکانیکی با سرعت و فشار زیاد و در فواصل زمانی کوتاه روی فلز موردنظر فرود می‌آید. این کار آنقدر ادامه پیدا می‌کند تا فلز به شکل مورد نظر برسد. البته بخشی از فلز نیز به‌عنوان بخش‌های زائد حذف خواهد شد. آهنگری قالب بسته برای تولید قطعاتی با وزن کم بسیار مناسب است (شکل ۷).



شکل ۷

■ **آهنگری قالب باز:** در آهنگری قالب باز همه سطوح فلز حرارت دیده محصور نمی‌گردد و تنها به بخش‌هایی که در تماس با قالب باشند، محدود می‌گردد. این شیوه به بهبود ریزساختارهای فلز کمک کرده و موجب مقاومت در برابر خستگی و استحکام بهتر محصول نهایی می‌شود. معمولاً روش قالب باز برای ساخت محصولات فلزی بزرگ و ساده مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۸).



شکل ۸

کارکلاسی

در جدول زیر انواع آهنگری براساس نوع قالب با شماره مشخص شده، شماره گزینه مناسب را در مقابل شرح فرایند بنویسید.

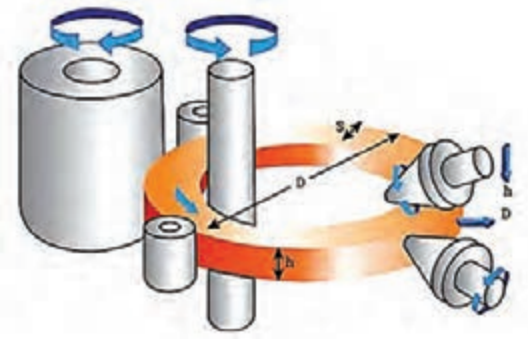
شماره	نوع آهنگری	پاسخ	شرح فرایند
۱	آهنگری آزاد	.....	قطعه در حفره قالب قرار گرفته و شکل قالب را به خود می‌گیرد.
۲	آهنگری قالب‌باز	.....	قطعه میان دو قالب ساده قرار می‌گیرد و فلز می‌تواند به اطراف جریان پیدا کند.
۳	آهنگری قالب‌بسته	.....	قطعه در قالب‌های دقیق و با کنترل جریان فلز تولید می‌شود.
۴	آهنگری دقیق	.....	قطعه بین سندان و چکش یا صفحات پرس، بدون محصورشدن کامل در قالب، شکل داده می‌شود.

■ **آهنگری غلتکی:** برای اجرای آهنگری غلتکی از استوانه‌هایی بهره‌گرفته می‌شود که با اعمال فشار روی فلز حرارت دیده، سبب ایجاد تغییر در آن می‌شوند. این روش معمولاً با هدف کاهش سطح مقطع فلزات، کمتر شدن ضخامت و افزایش طول محصول نهایی استفاده می‌شود. لازم به توضیح است که یکی از مزایای مهم آهنگری غلتکی، کاهش ضایعات خواهد بود (شکل ۹).



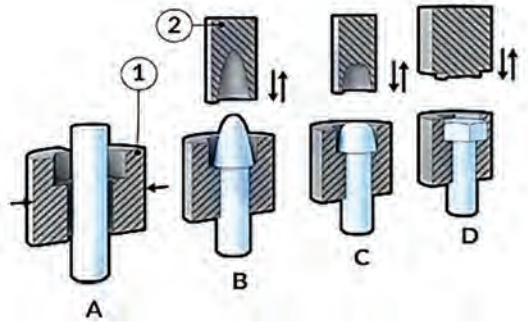
شکل ۹

■ **آهنگری پرسی:** در برخی از روش‌های آهنگری، از ضربات چکش متوالی به‌منظور تغییر در ساختار و فرم‌دهی به فلز استفاده می‌کنند. اما نحوه کار بدین‌شکل است که فشار مشخصی به‌صورت ممتد به فلز حرارت دیده وارد خواهد شد. آهنگری پرسی امکان کنترل فشار و حرکت قالب را فراهم خواهد ساخت. این روش برای فعالیت‌های کارگاهی و صنعتی با حجم کار بالا، بسیار مناسب است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰

■ **آهنگری کله‌زنی:** ابزار مورد استفاده در آهنگری کله‌زنی نوعی پرس است که با اعمال فشار بر فلز حرارت دیده، منجر به کاهش ضخامت و افزایش طول آن خواهد شد. روش کله‌زنی کمک می‌کند تا با تولید حداقل ضایعات، به محصول موردنظر رسید. ضمن اینکه سرعت کار در این روش بسیار بالاست (شکل ۱۱).



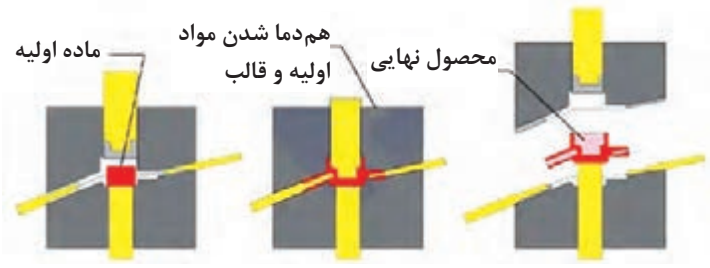
شکل ۱۱

■ **آهنگری اتوماتیک:** با استفاده از ابزارهای کاملاً اتوماتیک انجام می‌پذیرد. در این شیوه، فلزی که در دمای محیط قرار دارد، وارد دستگاه شده و پس از گداخته شدن و اعمال فرایندهای آهنگری، محصول نهایی تولید خواهد شد که سبب کاهش ضایعات و افزایش سرعت فرایند آهنگری می‌گردد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲

■ **آهنگری هم‌دما:** اگر مقدار کربن فلز کمتر از ۰/۲۵٪ باشد، فلز حاصل از فراوری آهن، به‌عنوان آهن فرفورژه یا فولاد نرم شناخته خواهد شد. این نوع فولاد قابلیت آهنگری بیشتری خواهد داشت و فرم‌دهی آن در دمای بالا و هم‌دما با ابزار شکل‌دهی صورت می‌گیرد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳

کارکلاسی

در جدول زیر دسته‌بندی روش‌های آهنگری براساس نحوه اعمال نیرو داده شده است، آن را کامل نمایید.

روش	نحوه اعمال نیرو	ویژگی
چکشی	.....	سرعت زیاد و مناسب تولید بسیاری از قطعات
پرسی	وارد کردن فشار تدریجی و پیوسته با دستگاه پرس	.....
غلتکی	.....	مناسب کاهش سطح مقطع و تولید قطعات کشیده
کله‌زنی	فشردن انتهای قطعه و افزایش سطح مقطع آن	.....

شاید بارها ظرف‌های مسی یا برنجی زیبایی را دیده باشید که روی آنها طرح‌های برجسته و ظریفی حک شده است. این هنر اصیل ایرانی، قلم‌زنی نام دارد. در ظاهر، این یک کار هنری دستی است. اما از دیدگاه یک متخصص صنایع فلزی، قلم‌زنی شکل‌دهی موضعی قطعه تحت ضربه محسوب می‌شود (شکل ۱۴).



شکل ۱۴

جستجو کنید

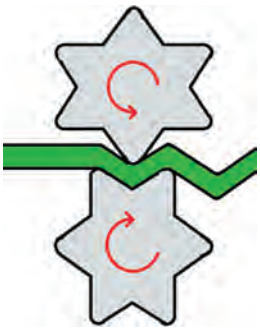
با جست‌وجو در اینترنت بررسی نمایید که استادکار قلم‌زن با شناخت دقیق از رفتار فلز، بدون استفاده از پرس‌های سنگین هیدرولیک، ورق را با چه ابزارهایی و چگونه به شکل دلخواه تغییر می‌دهند.
نتایج را نوشته و در کلاس مورد بحث و گفت‌وگو قرار دهید.

.....

.....

فرم‌دهی ورق‌های فلزی

خم‌کاری



شکل ۱۵

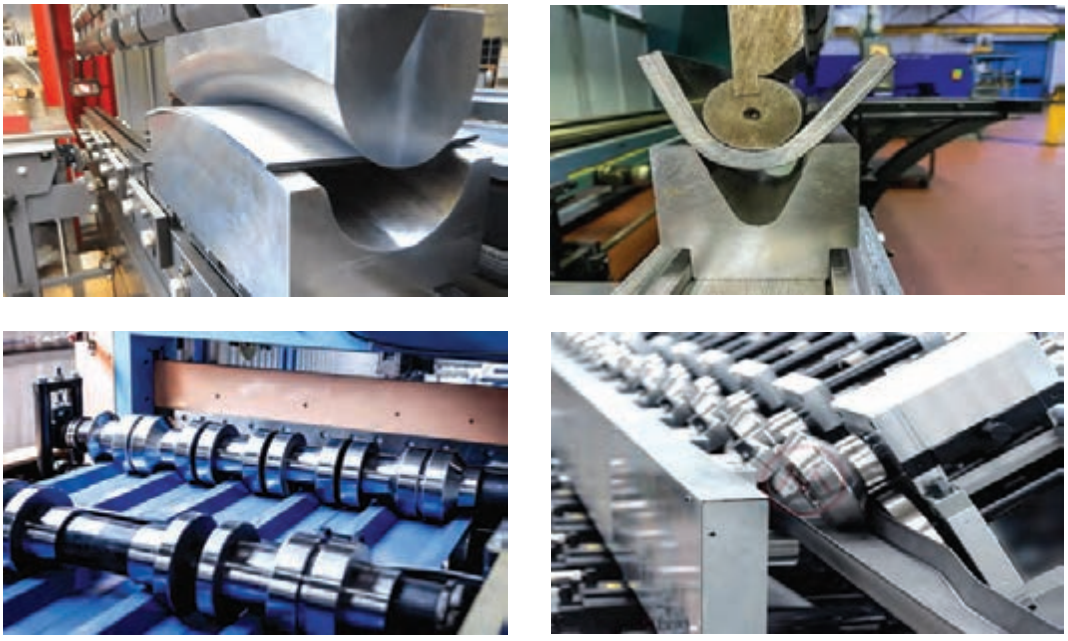
رایج‌ترین شکل فرم‌دهی سرد است که شامل خم کردن ورق‌های فلزی به شکل دلخواه با استفاده از دستگاه خم‌کن است. قالب خم‌کاری ابزاری اساسی در فرایند شکل‌دهی ورق‌های فلزی است که برای ایجاد خم‌های دقیق و یکنواخت در ورق به‌کار می‌رود. این قالب‌ها با اعمال نیرو بر روی ورق، آن را به شکل دلخواه خم می‌کنند. انتخاب نوع قالب مناسب به عوامل مختلفی از جمله جنس ورق، ضخامت، شعاع خم و پیچیدگی شکل نهایی بستگی دارد. انواع قالب‌ها براساس شکل هندسی عبارت‌اند از:

V شکل: ساده‌ترین نوع، برای خم‌های مستقیم

U شکل: برای خم‌های عمیق‌تر

R شکل: برای خم‌های با شعاع بزرگ‌تر

ترکیبی: ترکیبی از اشکال مختلف برای خم‌های پیچیده

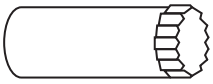
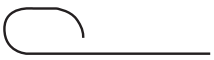


شکل ۱۶ــ انواع قالب براساس شکل هندسی

فلانجینگ

فرایند خم‌کاری لبه‌های یک ورق فلزی یا یک قطعه به سمت داخل یا خارج برای ایجاد یک لبه یا «فلانج» است. این فلانج‌ها می‌توانند برای اهداف مختلفی مانند اتصال به قطعات دیگر و افزایش استحکام لبه استفاده شوند. فلانجینگ معمولاً با استفاده از پانچ و قالب‌های مخصوص انجام می‌شود و نیاز به کنترل دقیق برای جلوگیری از ترک‌خوردگی لبه دارد (جدول۳).

جدول ۳

نام فرایند	شکل
چین‌دار (موج‌دار) کردن	
فلانج کردن	
رخ انداختن	
لب برگردان	

یکی از ماشین‌های مورد استفاده در صنعت ورق‌کاری ماشین چرخ ورق‌کاری یا دستگاه رخ‌زن می‌باشد این ماشین در عین داشتن ساختمان ساده، کاربرد وسیعی در این صنعت دارد و به‌وسیله آن می‌توان عملیات مختلف مانند رخ انداختن روی ورق، فلانج کردن لبه ورق به داخل یا خارج، لبه دادن، کنگره‌ای کردن لبه ورق، آماده کردن لبه‌های ورق برای فرنگی‌پیچ و درنهایت بریدن ورق را انجام داد. (شکل ۱۷).



شکل ۱۷

این چرخ از دو محور بالا و پایین تشکیل شده است محور بالا به کمک دسته ال و واسطه فنری در جهت‌های بالا و پایین و عقب و جلو قابل تنظیم می‌باشد. نیروی محرکه به‌وسیله دست یا موتورالکتریکی تأمین شده و به‌وسیله دسته لنگ به چرخ‌دنده‌ها و محور که در انتهای آنها قرقره‌ها نصب شده‌اند انتقال می‌یابد. حرکت محورها درخلاف جهت یکدیگر می‌باشد. این امر باعث کشش ورق در هنگام کار شده و با توجه به نوع قالب بسته شده شکل موردنظر را بر روی ورق ایجاد می‌نماید.

■ لبه‌زنی

یک فرایند خم‌کاری دو مرحله‌ای است که در آن لبه ورق فلز به‌طور کامل بر روی خود تا می‌شود تا یک لبه صاف، ایمن و محکم ایجاد شود. در مرحله اول، لبه ورق معمولاً تا زاویه حدود ۱۸۰ درجه خم می‌شود و سپس در مرحله دوم، این خم



شکل ۱۸



شکل ۱۹

به‌طور کامل روی خود فشرده می‌شود. هِمینگ به‌طور گسترده در صنایع خودروسازی برای ایمن‌سازی لبه‌های درب‌ها، کاپوت‌ها و صندوق عقب‌ها برای جلوگیری از آسیب و زیبایی استفاده می‌شود. این فرایند استحکام لبه را به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد و لبه‌های تیز را از بین می‌برد. از دستگاه لبه‌زنی در ایجاد درز اتصال طولی (پیستبورگ) کانال‌های تهویه مطبوع نیز استفاده می‌شود (شکل ۱۹).

اتصال فرنگی پیچ (Seaming)

سیمینگ، فرایندی است که در آن دو لبه ورق فلزی به یکدیگر متصل می‌شوند تا یک درز یا اتصال محکم ایجاد شود. این کار معمولاً از طریق یک سری عملیات خم‌کاری و فشرده‌سازی انجام می‌شود که در آن لبه‌ها به یکدیگر قفل می‌شوند. سیمینگ می‌تواند به‌صورت تک‌درز، دو درز یا حتی درزهای پیچیده‌تر برای ایجاد اتصالات ضد آب یا ضد هوا در محصولاتی مانند قوطی‌های فلزی، کانال‌های تهویه و سایر ظروف استفاده شود. برخلاف جوش‌کاری که از حرارت برای اتصال استفاده می‌کند، سیمینگ یک فرایند مکانیکی است.
پیچک یا فرنگی‌پیچ یک روش فرم‌دهی برای اتصال ورق‌های فلزی است که در آن لبه ورق را به فرم خاصی تا زده و در یک دیگر چفت می‌نمایند و سپس با قالب دستی یا ماشینی آن‌را کوبیده تا ورق‌ها به هم درگیر و فشرده شوند. برای ایجاد پیچک از روش‌های دستی و ماشینی استفاده می‌شود. ابزارهایی مانند قالب تنه، چکش و قالب پیچک در نوع دستی استفاده می‌شوند. ماشین لبه‌زن هم برای اجرای انواع مختلف درزهای اتصال در طول‌های زیاد و در زمان کوتاه به‌کار می‌رود. در شکل ۲۰ انواع درز اتصال نشان داده شده است.



شکل ۲۰

اتصال لب برگردان (Curling)

کرلینگ فرایند خم‌کاری لبه ورق فلز به‌صورت یک لوله یا رول‌گرد است. این کار معمولاً برای ایجاد یک لبه ایمن، صاف و زیبا در محصولاتی مانند لبه قوطی‌ها، سینی‌ها یا سایر ظروف استفاده می‌شود. کرلینگ همچنین می‌تواند به افزایش استحکام و سختی لبه کمک کند و از بریدگی یا خراشیدگی جلوگیری کند. این فرایند معمولاً با استفاده از یک ابزار چرخشی یا یک پانچ و قالب مخصوص انجام می‌شود که به‌تدریج لبه را به شکل موردنظر می‌پیچاند.

■ شکل‌دهی کششی

فرایندی، شامل کشش ورق فلزی روی قالب برای ایجاد اشکال پیچیده است. این فرایند برای ایجاد قطعات با ضخامت یکنواخت و استحکام بالا استفاده می‌شود. نمونه‌هایی از این محصولات در شکل ۲۱ نشان داده شده است.



شکل ۲۱

در فرایندهای کشش عمیق و سطحی، ورق به‌صورت فنجانی شکل کشیده خواهد شد که اگر عمق آن کمتر از کوچک‌ترین ضلع چهارگوش یا قطر گرد بلنک باشد کشش سطحی و در غیر این صورت کشش عمیق نامیده می‌شود.

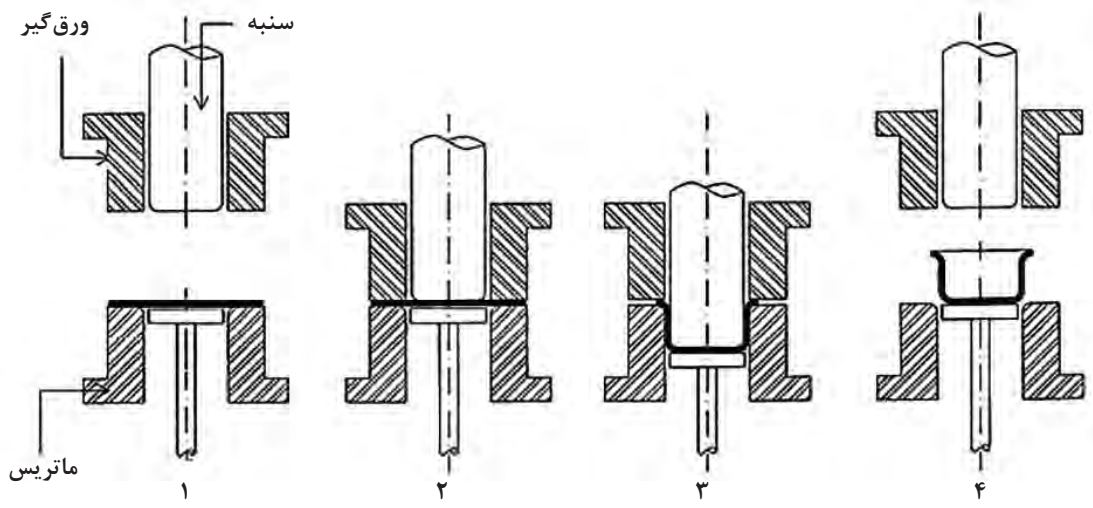


شکل ۲۲

نکته

در فرایندهای ورق کاری به ورق‌های برش خورده شده برای پرس‌کاری بلنک گفته می‌شود که می‌تواند در شکل‌های مختلفی بریده شده باشد (دایره‌ای، چهارگوش و...).

در قالب‌های کشش عمیق و سطحی از اجزای مشترکی استفاده می‌شود که عبارت‌اند از ماتریس، سنبه و ورق‌گیر و عملکرد آنها به این شکل است که روی ماتریس حفره‌ای تعبیه شده و نهایتاً بلنک با هدایت سنبه روی آن کشیده خواهد شد، در شکل ۲۳ نحوه انجام فرایند به‌صورت مرحله‌ای نمایش داده شده است.



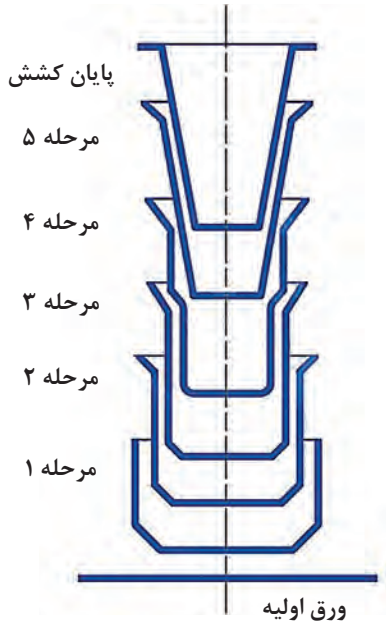
شکل ۲۳

ورق‌گیر برای جلوگیری از جابه‌جایی نامطلوب و چروک شدن ورق مورد استفاده قرار می‌گیرد و حرکت فلز را کنترل می‌کند، لذا با افزایش نیروی ورق‌گیر چروکیدگی کاهش می‌یابد اما حرکت فلز محدود شده و احتمال پارگی ورق افزایش خواهد یافت.

نکته

ممکن است در مواردی نیازی به استفاده از ورق‌گیر نباشد چرا که چروک شدن با افزایش ضخامت کاهش یافته و گاهاً بدون استفاده از ورق‌گیر کشش سطحی در ورق‌های ضخیم امکان‌پذیر می‌شود. در چنین مواردی برای موقعیت دهی از پین استفاده می‌شود.

هر دو فرایند کشش سطحی و عمیق از مکانیزم و عملکرد مشابهی استفاده می‌کنند با این تفاوت که در انواع عمیق برای جلوگیری از پارگی ورق ممکن است از چند مرحله کشش استفاده شود (شکل ۲۴). در هر مرحله از بازکشش، نرخ کشش کمتری در دسترس قرار می‌گیرد بدین‌صورت که نرخ کشش در مرحله اول بیشتر از مرحله دوم و مرحله سوم و مراحل بعدی است.



شکل ۲۴

پژوهش

هنرجویان عزیز، با دقت به تصویر یک کارگاه مسگری سنتی و یک خط تولید سینک ظرفشویی فولاد زنگ نزن، به سؤالات زیر پاسخ دهید.

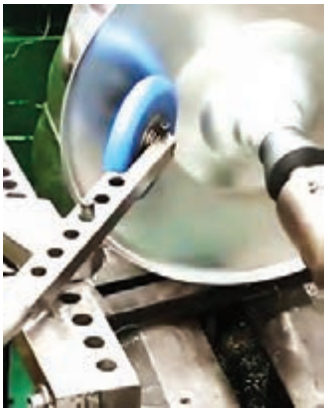


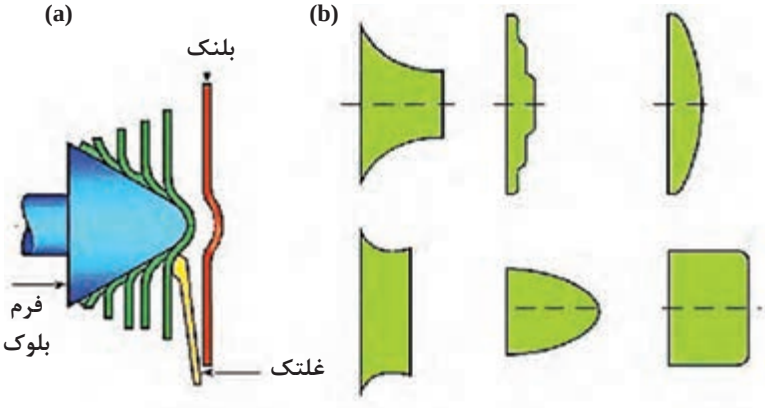


- چگونه یک مسگر بدون استفاده از پرس هیدرولیک و قالب‌های فولادی، می‌تواند ورقی مسطح را به یک دیگ بزرگ تبدیل کند؟ پاسخ: .....
- تفاوت سرعت تولید، هزینه ابزار و کیفیت سطحی دو روش مسگری دستی و پرس صنعتی را مقایسه کنید. نتیجه: .....

شکل‌دهی چرخشی

در شکل‌دهی چرخشی سنبه روی محور دوران (Spindle) بسته می‌شود. سپس قطعه کار با فرم بلوک چسبیده به آن و با چرخش سه نظام بدون داشتن حرکت نسبت به یکدیگر دوران خواهد کرد (شکل ۲۵).

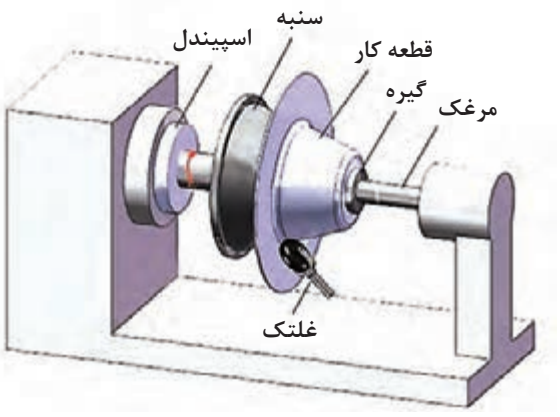




شکل ۲۵

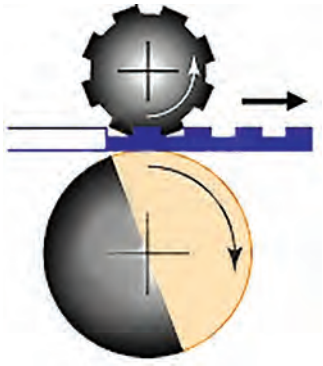
برای کنترل چرخش قطعه کار از مرغک استفاده می‌شود، یک سمت قطعه کار در تماس با فرم بلوک و سمت دیگر آن به مرغک متصل می‌باشد. پس از شروع چرخش، غلتک شکل‌دهنده با حرکات محوری اپراتور یا CNC به‌صورت موضعی قطعه کار را شکل خواهد داد تا نهایتاً روی فرم بلوک قرار بگیرد. این فرایند از نوع خمش است.

در فرایند شکل‌دهی چرخشی برشی فاصلهٔ غلتک تا فرم بلوک از ضخامت قطعه کار کمتر خواهد شد. بدین‌ترتیب ورق روی فرم بلوک کشیده شده و از ضخامت دیوارهٔ آن کاسته می‌شود. برای توزیع متقارن نیرو و تسریع فرایند، استفاده از دو غلتک به‌جای یک غلتک نیز امکان‌پذیر است (شکل ۲۶).

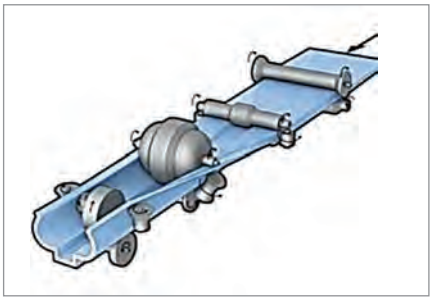


شکل ۲۶

■ **برجسته‌کاری:** قالب‌های برجسته‌کاری عموماً برای ایجاد کردن شکل حروف، اعداد و طرح‌های مختلف به‌صورت کششی و با عمقی معادل حداکثر سه برابر ضخامت ورق به‌کار گرفته می‌شوند. در این فرایند ورق از میان دو غلتک عبور نموده و با فشار غلتک پایینی برجسته‌کاری انجام می‌شود. امکان اجرای این فرایند در هر دو حالت سرد و گرم وجود دارد و روی طیف وسیعی از فلزات قابل انجام است. نمونه‌ای از فراورده‌های برجسته‌کاری محصولات صنعتی شکل‌دار یا حالت‌دار پله‌ای است (شکل ۲۷).


شکل ۲۷

■ **رول فرمینگ:** در فرایند رول فرمینگ، ورق فلزی به‌صورت پیوسته از میان مجموعه‌ای از غلتک‌ها عبور داده می‌شود و به‌تدریج به شکل مقطع موردنظر مانند پروفیل، ناودانی، زد، سی، سقفی و انواع مقاطع سفارشی تبدیل می‌شود. رول فرمینگ در صنایع مختلفی مانند ساختمان‌سازی، سوله‌سازی، خودروسازی، تجهیزات صنعتی، سازه‌های سبک فولادی و حتی تولید پنل‌های خورشیدی کاربرد گسترده دارد (شکل ۲۸).



شکل ۲۸

رول فرمینگ نسبت به سایر روش‌های شکل‌دهی فلزات مزایای زیادی دارد که در زیر آورده شده‌اند.

- سرعت و دقت تولید بسیار بالا
- کاهش ضایعات ورق فلزی
- یکنواختی در طول تولید انبوه و کاهش هزینه
- امکان تولید پروفیل‌های پیچیده
- مناسب برای تولید انبوه قطعات صنعتی و ساختمانی

روش‌های رول فرمینگ

دو روش دارد که هرکدام انواع خاصی از پروفیل‌ها را تولید می‌کنند. فرمینگ گرم که برای ورق‌های ضخیم استفاده می‌شود و فرمینگ سرد که برای ورق‌هایی با ضخامت کم استفاده می‌شود (شکل ۲۹).



شکل ۲۹ــ دستگاه رول فرمینگ

روش گرم: از فرایند رول فرمینگ گرم در شکل‌دهی ورق‌های فولادی با ضخامت بالا در گریدهای مختلف استفاده می‌شود. در طی فرایند رول فرمینگ گرم، ورق در معرض حرارت قرار خواهد گرفت. حرارت کمک می‌کند تا ورق‌های ضخیم با نیروی کمتر شکل بگیرند. نورد گرم، برای تولید تیرآهن، نبشی یا ورق‌های ضخیم کاربرد دارد. تیرآهن یکی از محصولات فرمینگ گرم است. کنترل حرارت در فرمینگ گرم بسیار اهمیت دارد. در صورتی که حرارت یکنواخت نباشد یا به یک‌باره افزایش یا کاهش پیدا کند، ورق از بین خواهد رفت (شکل ۳۰).



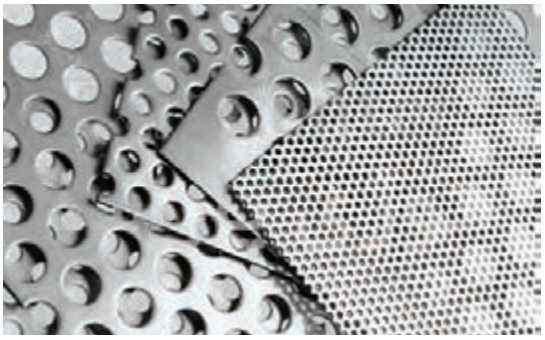
شکل ۳۰

روش سرد: از روش سرد، برای شکل‌دهی ورق‌های فولادی کم کربن، ورق‌های استیل، ورق‌های آلومینیومی، ورق‌های گالوانیزه و انواع ورق‌های طرح‌دار دیگر استفاده می‌شود. در فرمینگ سرد نیازی به حرارت نیست یا حرارتی که وارد می‌شود، خیلی زیاد نبوده چون ورق‌های استفاده شده در فرمینگ سرد از ضخامت کمتر از ۳mm برخوردارند درنتیجه مشکلی در شکل‌دهی آنها پیش نمی‌آید. دستگاه‌های رول فرمینگ برای ساخت مواردی همچون پانل‌های سقفی و دیواری، چهارچوب درب، ساندویچ پانل، تولید لوله، عرشه فولادی، کرکره سینوسی، سقف کاذب، گارد ریل‌ها و پروفیل‌ها به‌کار می‌روند.



شکل ۳۱

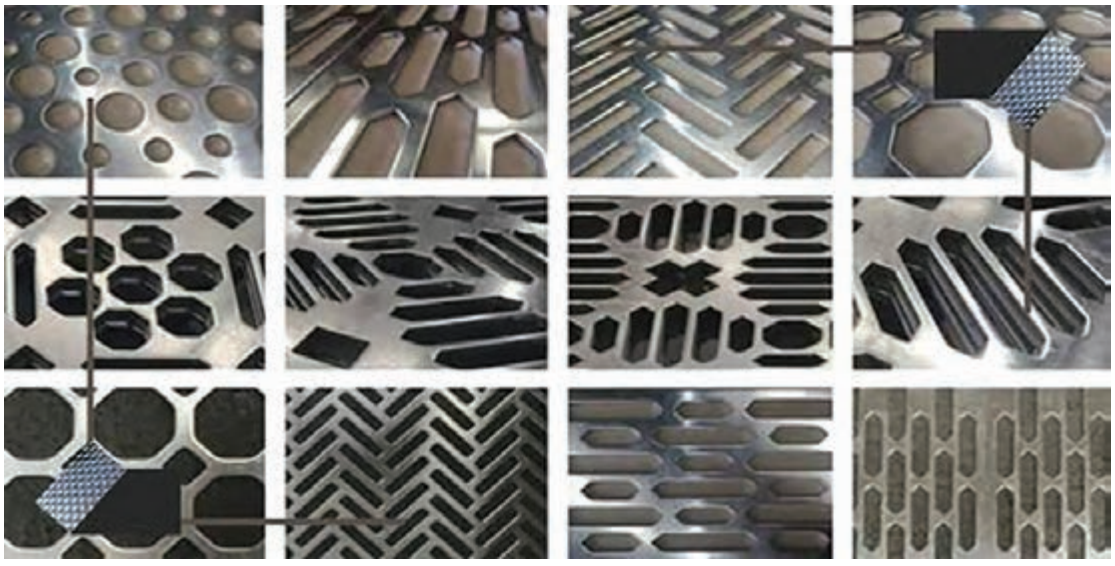
پانچ‌کاری



شکل ۳۲

در فرایند پانچ‌کاری، ورق توسط یک قالب و پانچ برش داده می‌شود. در این فرایند با استفاده از یک دستگاه پانچینگ سوراخ‌هایی با اشکال خاص و فواصل منظم ایجاد می‌شود. اندازه، شکل و الگوی سوراخ‌های پانچ زده ممکن است براساس نیازهای خاص هر صنعت متغیر باشند (شکل ۳۳). پانچ کردن ورق فلزی طبق مراحل زیر انجام می‌شود.

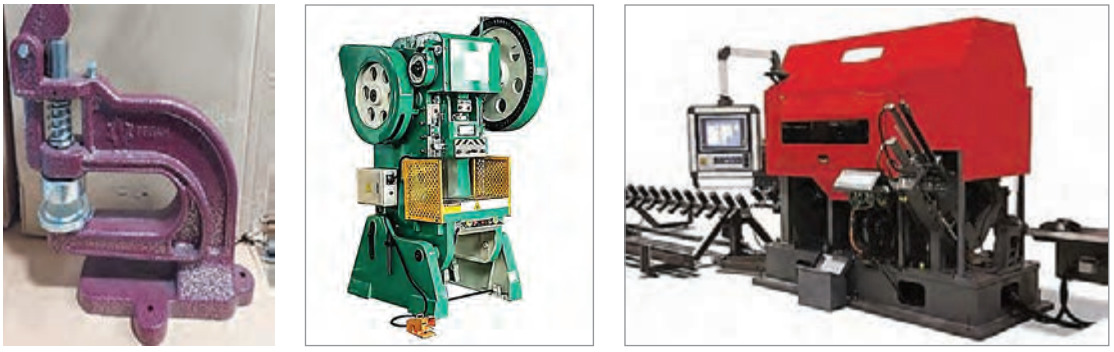
- **انتخاب ورق،** نوع و ضخامت ورق باید برای کاربرد موردنظر مناسب باشد تا طی فرایند پانچینگ خراب نشود.
- **طراحی و چینش،** ابعاد، شکل و فواصل سوراخ‌ها بر روی ورق مشخص می‌شوند.
- **انتخاب ابزار،** برای ایجاد الگویی خاص روی ورق است.
- **ثابت‌سازی ورق،** ثابت‌سازی با دقت کامل انجام شود تا ورق در حین عملیات پانچ زدن در جای خود باقی بماند.
- **تنظیمات،** مانند نیروی پانچ زدن و سرعت، براساس ضخامت ورق و عوامل دیگر تنظیم می‌شود. این تنظیمات اجازه عملکرد بهینه و جلوگیری از خرابی دستگاه یا ورق را فراهم می‌کنند.
- **عملیات پانچینگ،** دستگاه نیرویی را به ابزار پانچینگ اعمال می‌کند که باعث نفوذ سنبه آن به ورق آهن شده و سوراخ‌هایی با ابعاد طراحی شده ایجاد می‌کند.
- **حذف باقی‌مانده مواد،** توسط بیرون‌انداز به‌صورت دستی یا خودکار انجام می‌شود.
- **بررسی نهایی،** درنهایت ورق آهن پانچ شده با دقت وکیفیت بازرسی می‌شود.



شکل ۳۳

■ انواع دستگاه پانچ ورق

در شکل ۳۴ تعدادی از انواع رایج دستگاه‌های پانچ زدن ورق آورده شده است.



شکل ۳۴ـ انواع دستگاه پانچ

■ **دستی (اهرمی):** با نیروی مکانیکی دست اپراتور کار می‌کند. این ابزار برای عملیات با مقیاس محدود، کارگاهی و آموزشی مناسب بوده و امکان کنترل مستقیم و دقیق بر موقعیت سنبه و سوراخ‌کاری را فراهم می‌سازد. از پانچ دستی در قطعه‌سازی با تعداد پایین، ساخت نمونه اولیه و ارزیابی انطباق ابعادی سوراخ‌ها پیش از تولید انبوه استفاده می‌شود.

■ **هیدرولیک:** از قدرت هیدرولیک برای ایجاد نیروی پانچ زدن استفاده می‌کنند. این دستگاه‌ها به خاطر نیروی زیاد، مناسب برای ورق‌های ضخیم می‌باشند.

■ **مکانیکی:** با استفاده از سیستم‌های مکانیکی نیروی موردنیاز را تولید می‌کنند. این دستگاه‌ها به خاطر سرعت و کارایی خود مناسب برای تولید حجم بالا بوده اما کنترل کمتری نسبت به پرس‌های هیدرولیک دارند.

■ **CNC:** دستگاه‌های خودکار هستند که توسط برنامه‌های کامپیوتری کنترل می‌شوند. آنها دقت بالا و امکانات چندگانه‌ای را فراهم می‌کنند که امکان پانچ زدن با الگوها و اشکال پیچیده و تعویض سریع ابزار را ممکن می‌سازند.

عوامل مؤثر بر کیفیت پانچ

کیفیت نهایی ورق پانچ شده به عوامل مختلفی مانند نوع و ضخامت ورق، تجهیزات مورد استفاده و شرایط اجرای فرایند پانچ بستگی دارد. رعایت استانداردهای لازم در هر مرحله باعث می‌شود سوراخ‌ها با دقت بالا ایجاد شده و از بروز مشکلاتی مانند تغییر شکل ورق، ترک خوردگی یا ایجاد لبه‌های نامنظم جلوگیری شود. مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت پانچ ورق عبارت‌اند از:

■ جنس و نوع ورق فلز، میزان سختی و خواص مکانیکی ورق بر قابلیت پانچ شدن آن تأثیر مستقیم دارد. ورق‌هایی با انعطاف‌پذیری مناسب معمولاً کیفیت پانچ بهتری دارند.

■ ضخامت ورق، باید با ظرفیت دستگاه و ابزار پانچ هماهنگ باشد، زیرا ورق‌های ضخیم به نیروی بیشتری نیاز دارند و در صورت انتخاب نادرست تجهیزات ممکن است لبه‌های سوراخ دچار تغییر شکل شوند.

■ کیفیت و تیزی ابزار پانچ، استفاده از سنبه تیز و قالب سالم و دقیق باعث ایجاد سوراخ‌های تمیز و کاهش پلیسه در اطراف محل پانچ می‌شود.

- تنظیمات دستگاه پانچ، فشار، سرعت حرکت ابزار و نحوه قرارگیری ورق در دستگاه باید به‌درستی تنظیم شود تا دقت ابعادی سوراخ‌ها حفظ شود.
- الگوی سوراخ‌کاری، فاصله سوراخ‌ها و طراحی مناسب الگوی پانچ و رعایت فاصله استاندارد بین سوراخ‌ها از کاهش استحکام ورق و تغییر شکل آن جلوگیری می‌کند.
- مهارت اپراتور، کنترل فرایند و تجربه اپراتور در تنظیم دستگاه، بررسی مداوم کیفیت قطعه نقش مهمی‌در کاهش خطاهای تولید دارد.

اکستروژن

این فرایند شامل عبور دادن مواد در حالت نیمه جامد یا مذاب از یک قالب طراحی شده است که با خروج از آن به شکل و اندازه دلخواه می‌رسند. اکستروژن فلزات شامل حرارت دادن قطعات فلزی و فشار دادن آن از طریق قالب برای ایجاد یک شکل خاص است. این فرایند معمولاً برای تولید قطعات با سطح مقطع ثابت مانند لوله‌های فلزی بدون درز و پلیمری استفاده می‌شود (شکل ۳۵).



شکل ۳۵

اکستروژن در دو نوع گرم و سرد وجود دارد. اکستروژن گرم این فرایند برای مواد با نقطه ذوب بالا مانند فلزات آهنی به‌کار می‌رود و در آن ماده تا بالاتر از دمای تبلور مجدد حرارت می‌بینند. این روش امکان تولید مقاطع پیچیده و دقیق را فراهم می‌کند و به‌طور گسترده در صنایع فلزی و تولید پروفیل‌های ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در اکستروژن سرد مواد بدون نیاز به حرارت بالا از قالب عبور می‌کنند و در حالت جامد قرار دارند. این نوع از اکستروژن برای مواد نرم‌تر مانند فلزات رنگین و پلیمرها به‌کار می‌رود.

هیدروفرمینگ

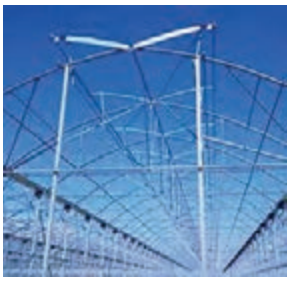
یک فرایند پیشرفته است که برای شکل‌دهی دقیق قطعات فلزی به‌کار می‌رود. در این روش، از فشار هیدرولیک برای تغییر شکل فلزات استفاده می‌شود. این فرایند معمولاً برای تولید قطعات با اشکال پیچیده مانند پانل‌های بدنه خودرو استفاده می‌شود.





شکل ۳۶

■ در هیدروفرمینگ قطعات لوله‌ای یا پروفیل‌های فلزی، لوله یا پروفیل درون قالب قرار می‌گیرد و تحت فشار هیدرولیک تغییر شکل داده و به اشکال پیچیده‌ای تبدیل می‌شود. این فرایند به خصوص در تولید قطعات خودروها، فضاپیماها و تجهیزات صنعتی با نیاز به استحکام بالا کاربرد دارد.

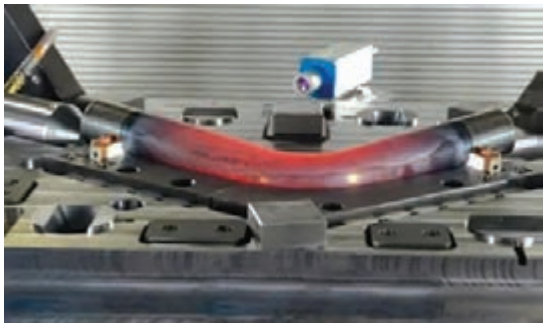
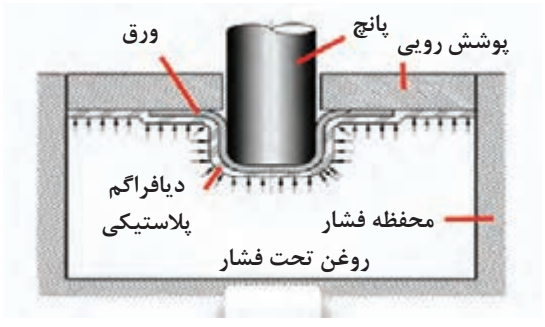

شکل ۳۷

■ در هیدروفرمینگ دیافراگمی برای شکل‌دهی ورق‌های فلزی از دیافراگم یا غشای لاستیکی استفاده می‌شود. در این روش، دیافراگم به‌عنوان یک ابزار واسط بین فشار هیدرولیک و ورق فلزی عمل می‌کند و قطعات دقیق با شکل‌های پیچیده تولید می‌شوند. از مزایای هیدروفرمینگ دیافراگمی می‌توان کاهش ضایعات، دقت بالای شکل‌دهی و امکان تولید قطعات با اشکال پیچیده و خاص را نام برد (شکل ۳۸).



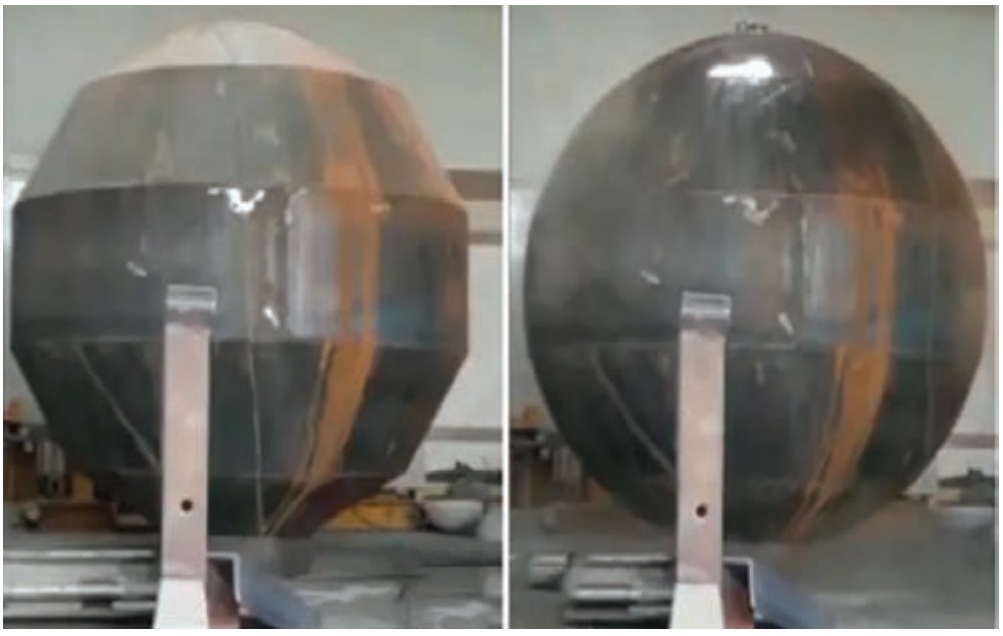
شکل ۳۸

■ در هیدروفرمینگ گرم فلز تحت فشار هیدرولیک و در دمای بالا قرار می‌گیرد. در این فرایند، فلز در دمای بالا شکل‌پذیری بهتری پیدا کرده و به‌راحتی به اشکال پیچیده تبدیل می‌شود.
از مزایای هیدروفرمینگ گرم، استحکام بالا، کاهش وزن قطعات و مقاومت در برابر فشارهای مختلف است که برای تولید قطعات خودروها بسیار کاربرد دارد (شکل ۳۹).

شکل ۳۹

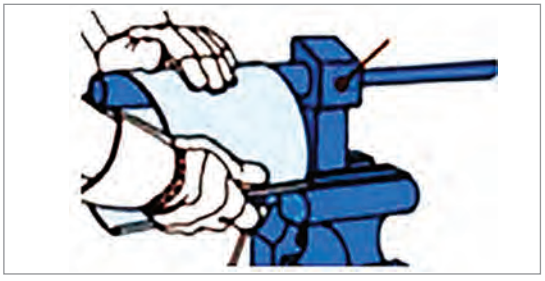
در هیدروفرمینگ انفجاری از انفجار برای شکل‌دهی فلزات استفاده می‌شود. این روش بیشتر در تولید قطعات بزرگ و پیچیده با استحکام بالا مانند ساخت مخازن تحت فشار و توربین‌ها به‌کار می‌رود. در این فرایند موج انفجار به شکل‌دهی فلزات کمک کرده و قطعاتی با مقاومت و استحکام بالا تولید می‌شوند. مزایای هیدروفرمینگ انفجاری شامل تولید قطعات با ضخامت‌های مختلف، استحکام بالا و کاهش قابل‌توجه هزینه‌ها و زمان تولید است (شکل ۴۰).



شکل ۴۰

رول‌کاری

در حالت کلی به عمل منحنی کردن ورق‌ها به شکل استوانه یا مخروط رول کاری گویند. این فرایند با استفاده از ابزار دستی و ماشینی انجام می‌شود. در فرایند رول‌کاری ضایعات ورق‌ها تا حد زیادی کاهش می‌یابد. در شکل ۴۱ روش‌های رول‌کاری ورق نشان داده شده است.



دستی

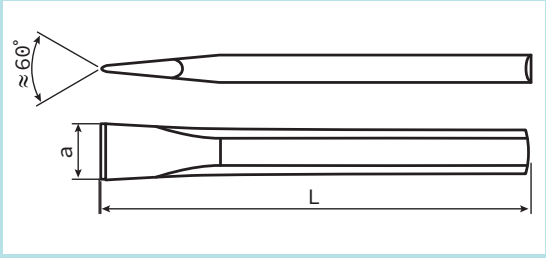


ماشینی

شکل ۴۱ــ رول‌کاری

کارگاهی

ساخت قلم سرتخت



شکل‌دهی شمش چهارگوش به ابعاد ۱۵×۱۵mm

مراحل انجام کار

- برش شمش آلیاژی ۱۵ به طول ۱۲۰mm
- گداختن سر قطعه با سرمشعل برش‌کاری و پهن نمودن نوک آن
- سنگ‌زنی و تیز نمودن نوک آن طبق زاویه داده شده
- پخ زدن لبه‌های قطعه و تولید قلم با مقطع بیضی شکل

وسایل و تجهیزات

در جدول زیر ابزار و تجهیزات موردنیاز را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		
۴		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- □ از تجهیزات حفاظت فردی استفاده نمایید
- □ کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- □ هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- □ از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- □ استفاده از مواد فلزی را مدیریت کنید.
- □ پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

کارکارگاهی



■ **ساخت چکش شلاکه‌زن**

شکل‌دهی شمش چهارگوش به ابعاد ۲۰ × ۲۰mm

■ **مراحل انجام کار**

□ برش شمش آلیاژی ۲۰ به طول ۱۲۰mm

□ برش میل گرد آلیاژی ۱۰ به طول ۲۵۰mm

□ گداختن یک سر شمش با سرمشعل برش‌کاری و نوک تیز نمودن آن

□ گداختن سر دیگر شمش و پهن نمودن نوک آن

□ جوش دادن میل‌گرد به تنه چکش

□ پیچاندن سیم مسوار سایز ۳mm بر روی لوله ۳/۴in

□ جوش‌کاری فنر به انتهای دسته

□ فرم دادن فنر با کم نمودن سایز آن در دو طرف

□ جوش‌کاری طرف دیگر فنر به دسته

■ **وسایل و تجهیزات**

در جدول زیر ابزار و تجهیزات موردنیاز این کار کارگاهی را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		
۴		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

□ از تجهیزات حفاظت فردی استفاده نمایید

□ کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.

□ هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.

□ از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

□ استفاده از مواد فلزی را مدیریت کنید.

□ پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

ارزشیابی شایستگی فرم‌دهی

نام و نام خانوادگی				شماره ملی		تاریخ ارزشیابی:	
کد حرفه	۷۲۱۳۱۲	حرفه	ورق‌کاران (فلزات)	کدپیمانه/پودمان	۷۲۱۳۱۲۰۳۳	استاندارد عملکرد:	
کد وظیفه شغل	۷۲۱۳۱۲۰۳	وظیفه شغل	فرم‌دهی ورق‌های فلزی	سطح صلاحیت	L2	فرم دهی ورق‌های فلزی نازک و متوسط با ابزار دستی برابر نقشه با رعایت نکات فنی و ایمنی	
کد کار	۷۲۱۳۱۲۰۳۳۱	کار	فرم‌دهی دستی	سطح شایستگی	مهارت		

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده‌سازی	قیچی دستی، دریل دستی، پانچ دستی، گیره، دستکش، عینک، لباس کار و نقشه کار. زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، نقشه، آزمون عملکردی	انتخاب ابزار با توجه به نقشه	۳	
				پیاده‌سازی نقشه روی ورق	۲	
				ناتوانی در پیاده‌سازی ورق	۱	
۲	فرم‌دهی ورق	قالب خم، مشتی، چکش پلاستیکی و چوبی، صفحه یا میز صاف، چرخ ورق‌کاری، قالب‌تنه، خط‌کش فلزی و سوزن خط‌کش. زمان: یک ساعت	مشاهده کار، آزمون عملکردی	فرم‌دهی با چرخ ورق‌کاری برابر نقشه	۳	
				فرم‌دهی با ابزار خم و صاف‌کاری برابر نقشه	۲	
				ناتوانی در فرم‌دهی ورق	۱	
۳	کنترل نهایی	خط‌کش فلزی، نقشه کار، متر، کولیس، گونیا و پرگار فلزی. زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، آزمون عملکردی	کنترل کیفی ورق برابر دستورالعمل	۳	
				کنترل ابعادی ورق برابر نقشه	۲	
				ناتوانی در کنترل ابعادی	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش		دقت در پیشگیری از دفرمه شدن ورق و دفع دورریز در بخش بازیافت مدیریت زمان(N۶۴)، به‌کارگیری دستکش، لباس کار و عینک		رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش)	۲	
				عدم رعایت موارد ایمنی	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐	
					خیر ☐	

توضیحات:

۱ـ معیار شایستگی انجام کار:

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲

رول‌کاری

آیا تابه‌حال پی برده‌اید؟

- فشار نامتوازن غلتک‌ها، باعث ایجاد لبه‌های موج‌دار و اعوجاج در کناره‌های ورق می‌شود.
- بدون پیش‌خم‌کاری، لبه‌های ابتدا و انتهای ورق، تخت باقی مانده و قطعه به صورت یک استوانه کامل گرد نمی‌شود.
- برای انطباق دقیق قطعه با ابعاد نقشه، به دلیل بازگشت فنری باید با شعاعی کوچک‌تر از قطر نهایی نورد شوند.
- عدم رعایت الزامات پیش‌خم‌کاری لبه‌ها، مانع از گرد شدن کامل درز اتصال می‌شود.
- ورود ناگونیا و غیرموازی ورق به دهانه دستگاه نورد، سبب ایجاد خطای هندسی و ابعادی می‌شود.

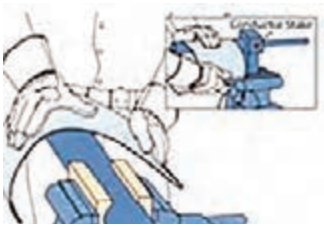
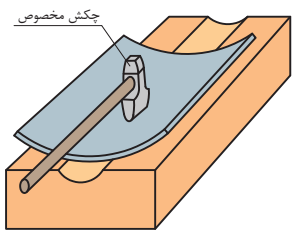
استاندارد عملکرد

هنرجو پس از پایان این واحد یادگیری، قادر خواهد بود با رعایت کامل اصول ایمنی و با استفاده از ابزار، تجهیزات و مواد مناسب، رول‌کاری ورق‌های فلزی را با ابزار دستی و ماشینی و با توجه به نقشه و رعایت الزامات فنی انجام دهد.

رول‌کاری

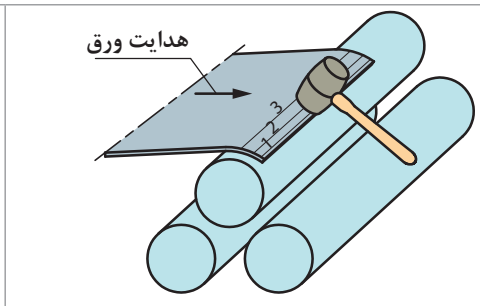
به عملیات منحنی کردن ورق‌ها به اشکال استوانه یا مخروط رول‌کاری گویند.
در جدول ۴ روش‌های رول‌کاری ورق نشان داده شده است.

جدول ۴

دستی		ماشینی
		
نیروی دست	ضربه چکش	ماشین نورد

رول‌کاری دستی

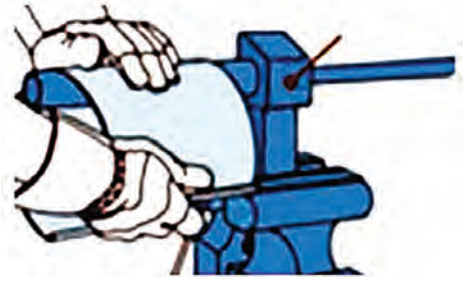
در این روش رول کردن ورق با نیروی دست و با استفاده از قالب و چکش‌های مخصوص انجام می‌شود. این روش برای ساخت مصنوعات نازک فلزی همانند لوله بخاری کاربرد دارد. در شکل ۴۲ مراحل انجام رول‌کاری با دست آورده شده است.



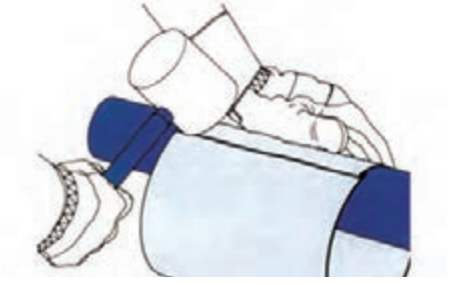
۱ـ انتخاب لوله یا شمش با اندازه مناسب به عنوان قالب



۲ـ بستن قالب به گیره و قرار دادن ورق روی آن



۳ـ شکل‌دهی تدریجی با دست به‌صورت رول



۴ـ صاف‌کاری نهایی با چکش چوبی یا پلاستیکی

شکل ۴۲

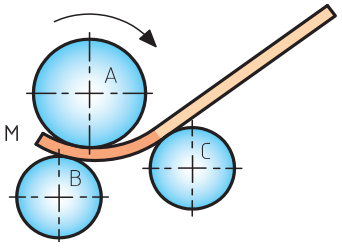
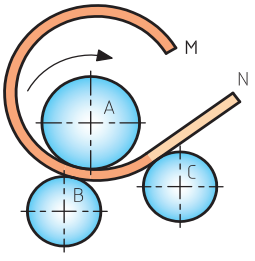
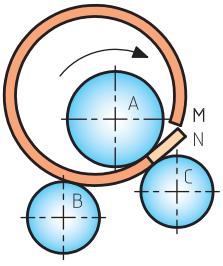
رول‌کاری ماشینی

روشی برای رول نمودن مصنوعات فلزی توسط ماشین غلتک یا دستگاه نورد است. به لحاظ نیروی محرکه، دستگاه‌های رول‌کاری به سه گروه دستی، برقی و هیدرولیکی طبقه‌بندی می‌شوند. اجزای منحنی‌کننده از استوانه‌هایی معروف به غلتک تشکیل شده که از نوع فولاد مارتنزیتی بسیار سخت و مقاوم می‌باشند (شکل ۴۳).

دستی	برقی	هیدرولیکی
		

شکل ۴۳

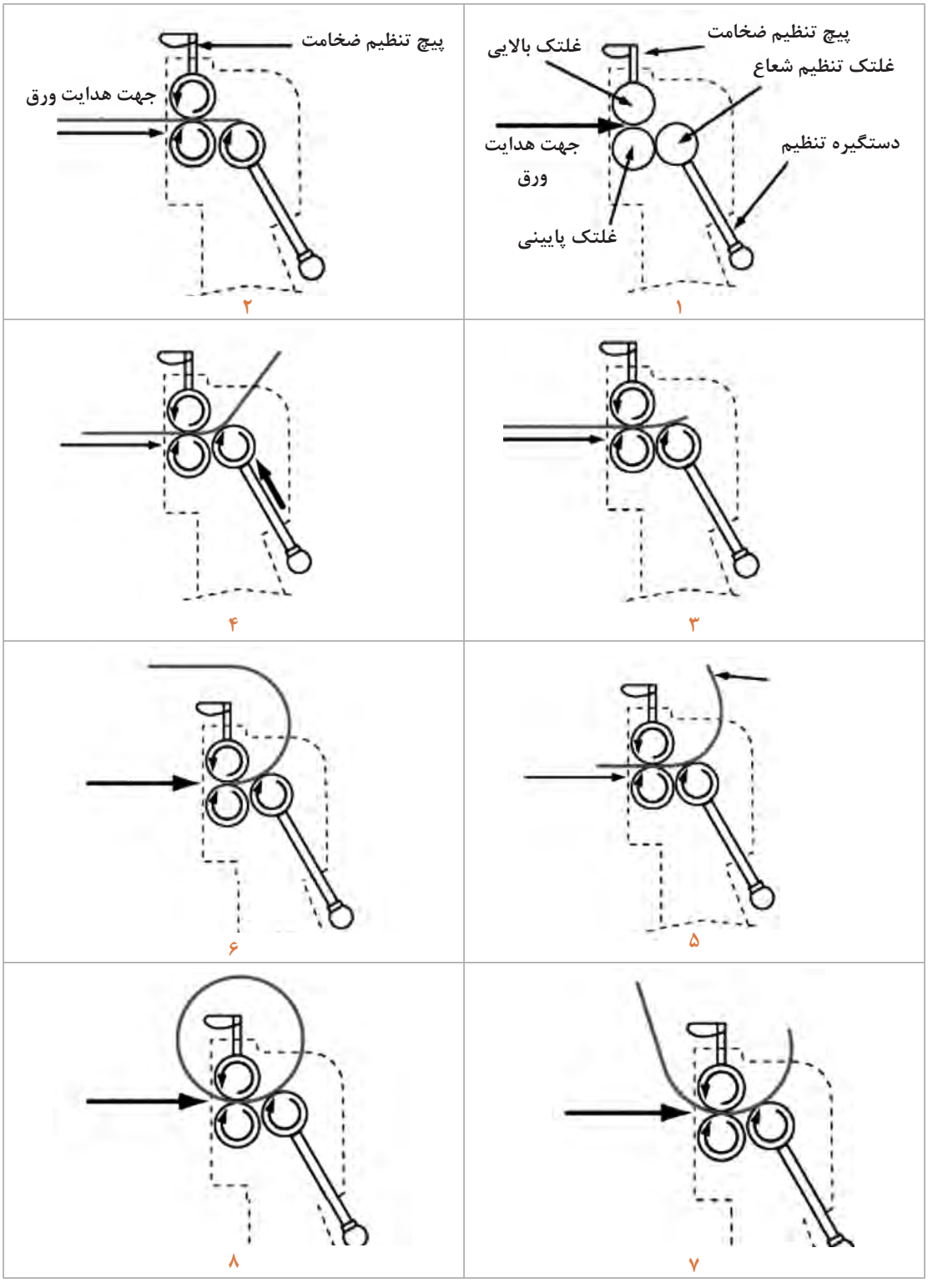
در ماشین‌های نورد به منظور ایجاد یک استوانه کامل یا قسمتی از آن، ورق بین غلتک‌های کشنده در قسمت جلوی دستگاه قرار می‌گیرد و با حرکت دورانی غلتک‌ها به داخل هدایت شده و با عبور از بین آنها منحنی شده و با چند بار عبور از بین غلتک‌ها به‌صورت یک استوانه کامل در می‌آید (شکل ۴۴).

هدایت ورق به داخل دستگاه نورد	ایجاد خم‌های پیوسته در ورق	رول نهایی ورق
		

شکل ۴۴ـ نحوه کار دستگاه رول‌کاری

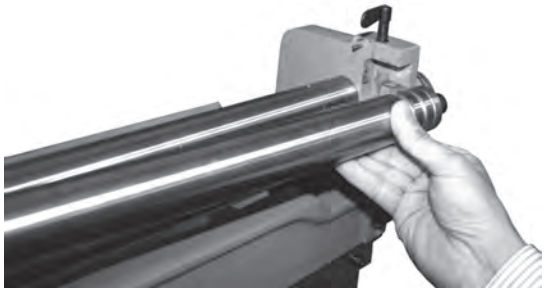
نیروی محرکه موردنیاز برای چرخاندن غلتک‌های دستگاه‌های نورد دستی توسط نیروی بازوی اپراتور تأمین می‌شود.

در شکل ۴۵ مراحل رول‌کاری ورق با استفاده از دستگاه رول‌کننده دستی نشان داده شده است.



شکل ۴۵

برای برداشتن قطعه کار کافی است پیچ‌های تنظیم کننده غلتک بالایی را در خلاف جهت عقربه‌های ساعت چرخانده و با نیروی متوسطی غلتک را به جلو کشیده و قطعه را برداشت.



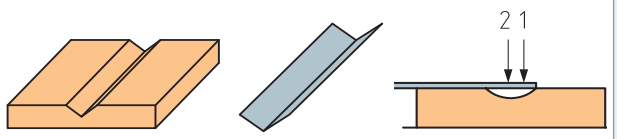
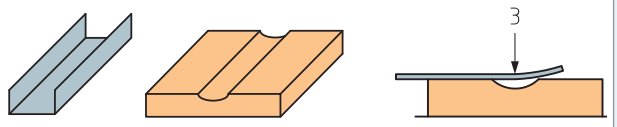
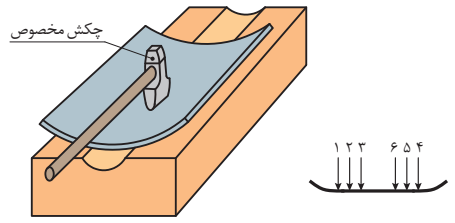
شکل ۴۶

توجه

به‌دلیل نیروی قابل‌توجهی که هنگام کار به دستگاه نورد وارد می‌شود، باید آن را به‌طور ایمن به یک میز کار یا پایه پایدار و محکم نصب نمود. در غیر این صورت، دستگاه ممکن است واژگون شده و منجر به آسیب شخصی یا خسارت مالی شود.

برای رول کاری دستی ورق‌های با ضخامت بیشتر از ۰/۷۵ mm از چکش مخصوص استفاده می‌شود. جدول ۵ مراحل رول‌کاری با استفاده از چکش مخصوص را نشان می‌دهد.

جدول ۵

مراحل	شکل
آماده‌سازی قالب	
اعمال نیروی فشاری به ورق	
زدن ضربه بر روی یال‌های ورق	
رول‌کاری و صاف‌کاری با چکش پلاستیکی	

نکته

هرچه تعداد یال‌های انتخابی بیشتر باشد عمل رول‌کاری ظریف‌تر و دقیق‌تر انجام می‌شود.

برای رول‌کاری ورق‌های نازک فلزی معمولاً از دستگاه‌های با توان متوسط استفاده می‌شود. این مدل‌ها برای کارگاه‌های تولیدکانال، تهویه صنعتی و ساخت قطعات سبک مناسب می‌باشند. ویژگی این دستگاه‌ها فشار کم روی غلتک‌ها، سرعت خم‌کاری بالا، مصرف انرژی پایین و مناسب بودن برای تولید قطعات سبک و نیمه‌صنعتی می‌باشد. برای رول‌کاری ورق‌های ضخیم دستگاه‌های سنگین با توان بالا و دارای سیستم هیدرولیک استفاده می‌شود. این مدل‌ها معمولاً در صنایع برای ساخت مخازن، تجهیزات صنعتی، صنایع نفت و گاز و سیلندرهای فلزی استفاده می‌شوند (شکل ۴۷).

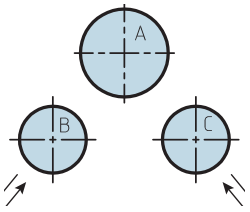
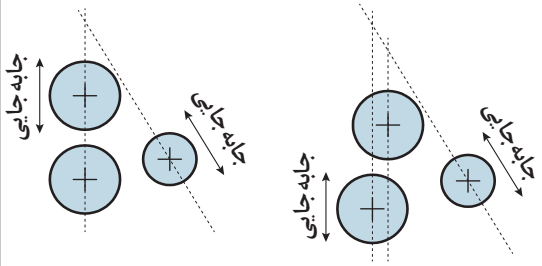




شکل ۴۷

در جدول ۶ انواع ماشین نورد سه غلتکی آورده شده است.

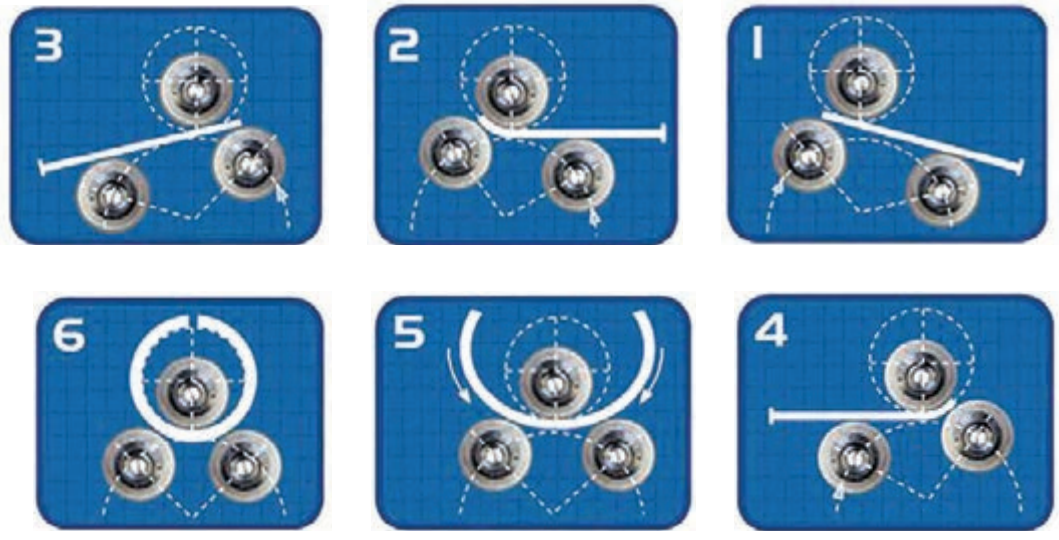
جدول ۶ـ انواع ماشین نورد سه غلتکی

	
	
هرمی افقی	رول‌کننده سه غلتکی

در دستگاه‌های نورد دستی غلتک بالا متحرک بوده ولی در انواع دیگر غلتک‌های پایین متحرک هستند.

ماشین نورد سه غلتک

در شکل ۴۸ فرایند رول کردن ورق با دستگاه نورد سه غلتک نشان داده شده است.



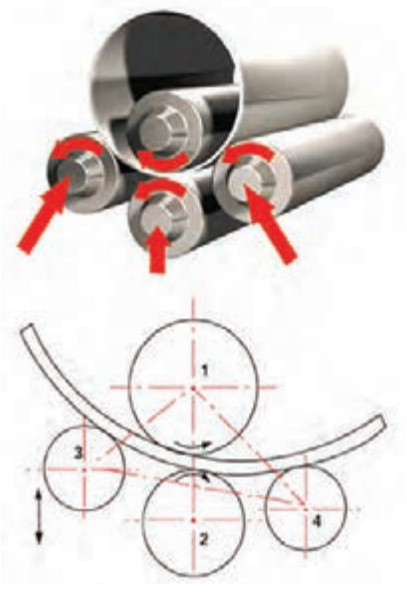
شکل ۴۸

تفاوت این دستگاه با نوع هرمی، اختلاف محور غلتک پایینی با غلتک بالایی می‌باشد که باعث می‌شود ورق در اثر فشار غلتک‌های بالا و پایین دچار له‌شدگی و ازدیاد سطح نشود. با استفاده از این دستگاه می‌توان خیلی سریع لبه‌های ورق را منحنی نمود و دیگر نیازی به صاف‌کاری با چکش پلاستیکی نمی‌باشد.
دستگاه نورد سه غلتک، معمولاً از غلتک بالایی برای قرارگیری ورق و اعمال فشار اولیه و غلتک‌های پایینی برای کنترل خم ورق و شکل‌دهی دقیق می‌باشد. این مدل دستگاه به شکل‌های سه غلتکی متقارن و نامتقارن وجود دارد.
ماشین‌های نورد سه غلتکی که غلتک‌های پایینی و غلتک بالایی آنها قابلیت جابه‌جایی دارد و امکان رول‌کاری ابتدا، وسط و انتهای ورق را در یک مرحله فراهم می‌سازد، با نام ماشین نورد سریع شناخته می‌شوند.

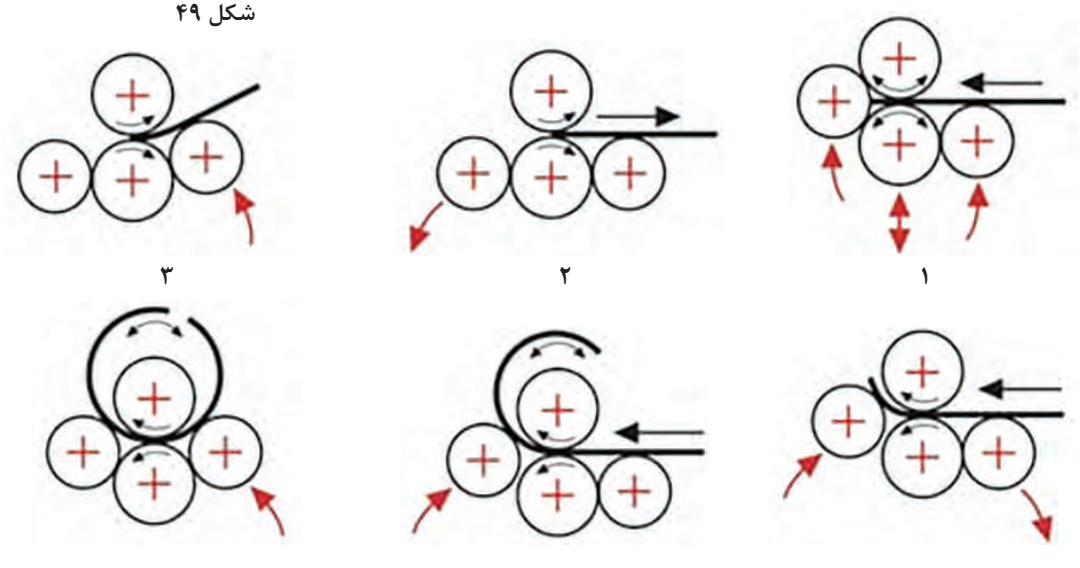
ماشین نورد چهار غلتک

این ماشین برای رول‌کاری، فرم‌دهی و خم‌کاری دقیق ورق‌ها به کار می‌رود. غلتک بالایی (شماره ۱) و غلتک پایینی (شماره ۲) در یک راستا و ورق میان این دو غلتک فشرده و مهار می‌شود. دو غلتک جانبی (شماره‌های ۳ و ۴) وظیفه اعمال نیرو و ایجاد انحنا را بر عهده دارند. این غلتک‌ها به سمت بالا و پایین جابه‌جا می‌شوند تا شعاع خم مورد نظر را ایجاد نمایند (شکل ۴۹).

مراحل رول‌کاری با ماشین نورد چهار غلتک در شکل ۵۰ نشان داده شده است.



شکل ۴۹

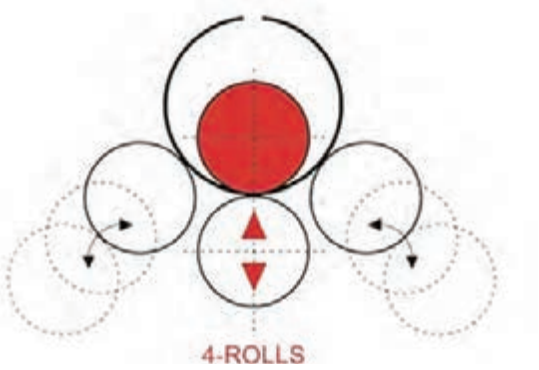


۱ ۲ ۳

۴ ۵ ۶

شکل ۵۰

مزیت این سیستم، توانایی انجام پیش‌خم در هر دو لبه ورق با یک‌بار ورود قطعه و بدون نیاز به خارج‌کردن یا چرخش ۱۸۰ درجه‌ای ورق است. ابتدا لبه ورودی با بالا آمدن یکی از غلتک‌های جانبی پیش‌خم شده، سپس فرایند نورد استوانه کامل انجام می‌گیرد و در نهایت لبه انتهایی توسط غلتک جانبی مقابل خم می‌شود. این قابلیت علاوه بر صرفه‌جویی در زمان و افزایش ایمنی اپراتور را به حداقل می‌رساند (شکل ۵۱).



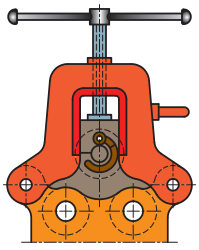
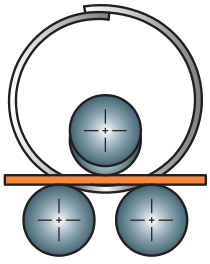
شکل ۵۱

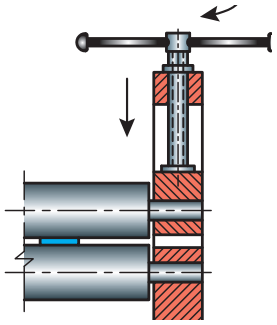
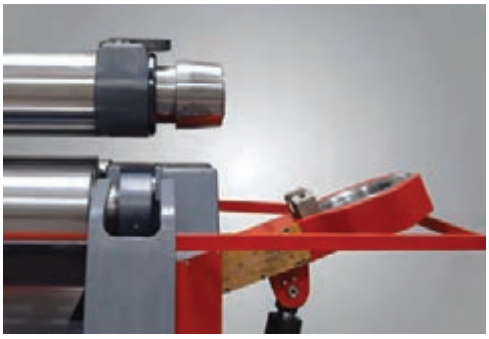
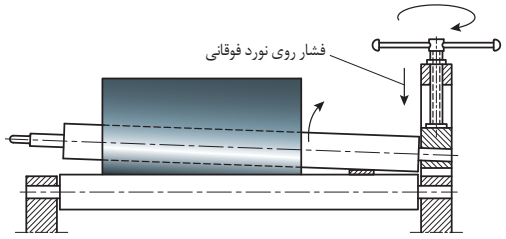
استفاده از نوردهای عمودی در شرایطی ضرورت دارد که به واسطه ابعاد، ضخامت و وزن ورق امکان باز شدن رول ایجاد شده وجود دارد و امکان دستیابی به منحنی دقیق را غیرممکن می‌سازد (شکل ۵۲). جدول ۷ مراحل و روش بیرون آوردن قطعه رول شده کامل از دستگاه را نشان می‌دهد.



شکل ۵۲

جدول ۷

مراحل	شکل
باز کردن پیچ تنظیم غلتک بالایی	
ایجاد فاصله بین غلتک‌های بالا و پایین و قرار دادن فاصله انداز	

مراحل	شکل
بستن پیچ تنظیم طرف مقابل غلتک برای جداسازی	
خارج کردن پین و غلتک بالایی از محل استقرار	
خارج نمودن ورق رول شده از بین غلتک‌ها	

مراحل جداسازی ورق رول‌شده کامل از دستگاه نورد تقریباً مشابه یکدیگر بوده و با توجه به نوع دستگاه و نحوه آزادسازی غلتک رول‌کننده در آنها متفاوت است. در شکل ۵۳ نمونه‌ای از آزادسازی غلتک رول‌کننده نشان داده شده است.



شکل ۵۳

دستگاه نورد اسپیرال

برای تولید لوله اسپیرال ورق فولادی باز شده از روی کویل، صاف شده و با زاویه $\sin\alpha = \frac{B}{\pi.D}$ در بین غلتک‌های دستگاه نورد قرار گرفته و به‌صورت رول مارپیچ درمی‌آید. زاویه پیچش α براساس عرض ورق و قطر لوله تنظیم می‌شود (شکل۵۴).

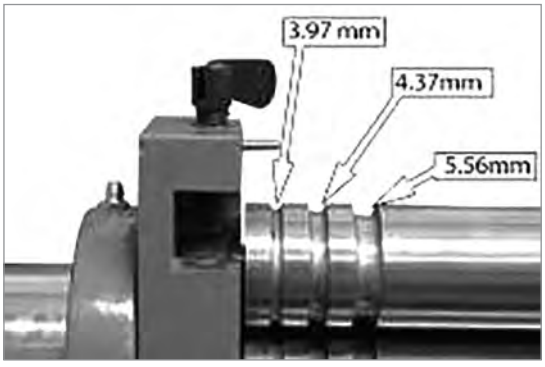




شکل ۵۴

نورد میلگرد

از برخی دستگاه‌های نورد فلزات، علاوه بر نورد ورق، می‌توان برای نورد و شکل‌دهی سیم‌ها، میلگردها و لوله‌های فلزی با قطر کم نیز استفاده کرد. برای مثال در شکل ۵۵ دستگاه دارای شیارهایی با اندازه‌های مختلف است که می‌تواند قطعاتی با قطرهای تقریبی ۳/۹۷، ۴/۳۷ و ۵/۵۶ میلی‌متر را رول کند.



شکل ۵۵

نکات ایمنی و آماده‌سازی دستگاه

- بررسی وضعیت ظاهری دستگاه
- اطمینان از سلامت دستگاه
- تمیز بودن سطح غلتک‌ها
- تنظیم دمای محیط کارگاه

قبل از شروع به کار دستگاه رول‌کاری باید چک‌لیست داده شده در جدول ۸ تکمیل شود.

جدول ۸

مورد	✓	×
شفت غلتک آزادانه و بدون گیر کردن می‌چرخد	☐	☐
پیچ‌های قاب و لنگر شل هستند	☐	☐
پیچ‌های بست محکم هستند	☐	☐
ریل‌های راهنما، لغزنده‌ها، و مکانیزم بالابر به‌خوبی روغن‌کاری شده‌اند	☐	☐
سطح روغن هیدرولیک طبیعی است	☐	☐
رنگ روغن سیاه، امولسیون شده یا حاوی ناخالصی است	☐	☐
در خطوط هیدرولیک، اتصالات و سیلندرها نشتی وجود دارد	☐	☐
دمای روغن در محدوده معقولی است	☐	☐
صدای پمپ روغن طبیعی است	☐	☐
ولتاژ منبع تغذیه پایدار است	☐	☐
شستی توقف اضطراری عمل می‌نماید	☐	☐
چرخش رو به جلو یا عقب، بلند کردن و تنظیم دستگاه طبیعی است	☐	☐
گردوغبار، رطوبت یا علائم سوختگی در داخل جعبه کنترل وجود دارد	☐	☐
همه سوئیچ‌های محدودکننده و حسگرها به‌درستی کار می‌کنند	☐	☐
کلید فشاری پایی عمل می‌کند	☐	☐
محل کار تمیز است	☐	☐

پیش از شروع تولید باید تنظیمات دستگاه را با ورق ضایعاتی تست نمود و اگر نتیجه دلخواه حاصل نشد، مجدد موقعیت غلتک‌ها را کمی تغییر داده و تست را تکرار نمود. در طول عملیات، توجه به صداهای غیرمعمول و لرزش می‌تواند نشانگر نیاز به توقف فوری دستگاه باشد. پس از اتمام کار نیز باید شعاع خم را با الگو یا ابزار اندازه‌گیری بررسی نمود تا هیچ‌گونه ترک، چین‌خوردگی یا موج در قطعه نهایی وجود نداشته باشد. اگر شکل موردنظر حاصل نشده باشد، باید ورق را مجدداً با تنظیمات جدید دستگاه از بین غلتک‌ها عبور داد.

رول‌کاری مخروط ناقص

تولید قطعات مخروطی، با فرایند نورد قطعات استوانه‌ای تفاوت داشته و موقعیت نسبی رول‌ها باید به دقت تنظیم شود (شکل ۵۶).



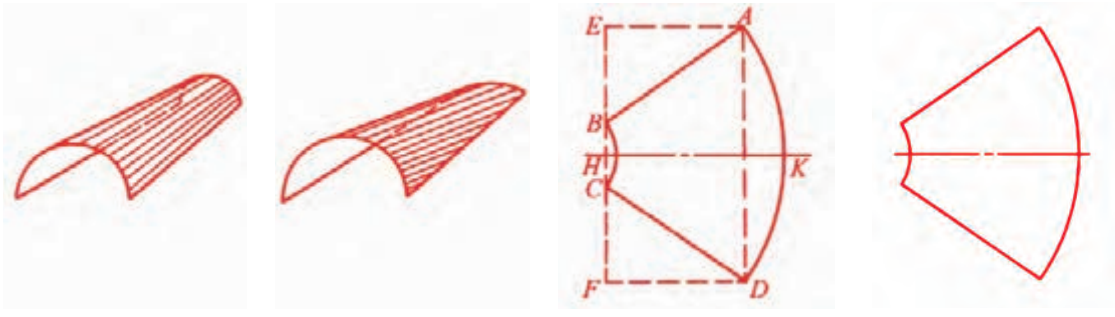

شکل ۵۶

در جدول ۹ روش‌های مختلف رول‌کاری مخروط ناقص آورده شده است.

جدول ۹

دستی		ماشینی	
نیروی دست	چکش مخصوص	دستگاه نورد	دستگاه پرس
با قسمت مخروطی سندان یا قالب پیش‌ساخته، برای ساخت مخروط با ورق‌های نازک		با غلتک‌های منحنی‌کننده، برای ساخت مخروط‌های بزرگ با ضخامت مختلف ورق	

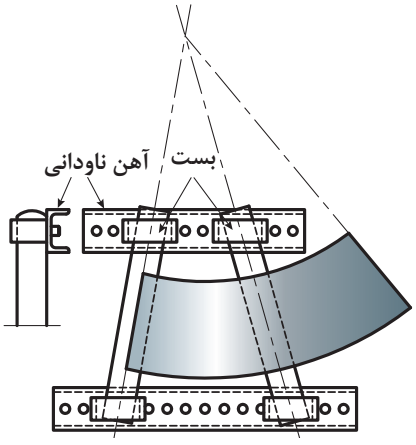
در شکل ۵۷ نحوه ایجاد مخروط ناقص به روش دستی نشان داده شده است.



۴ ۳ ۲ ۱

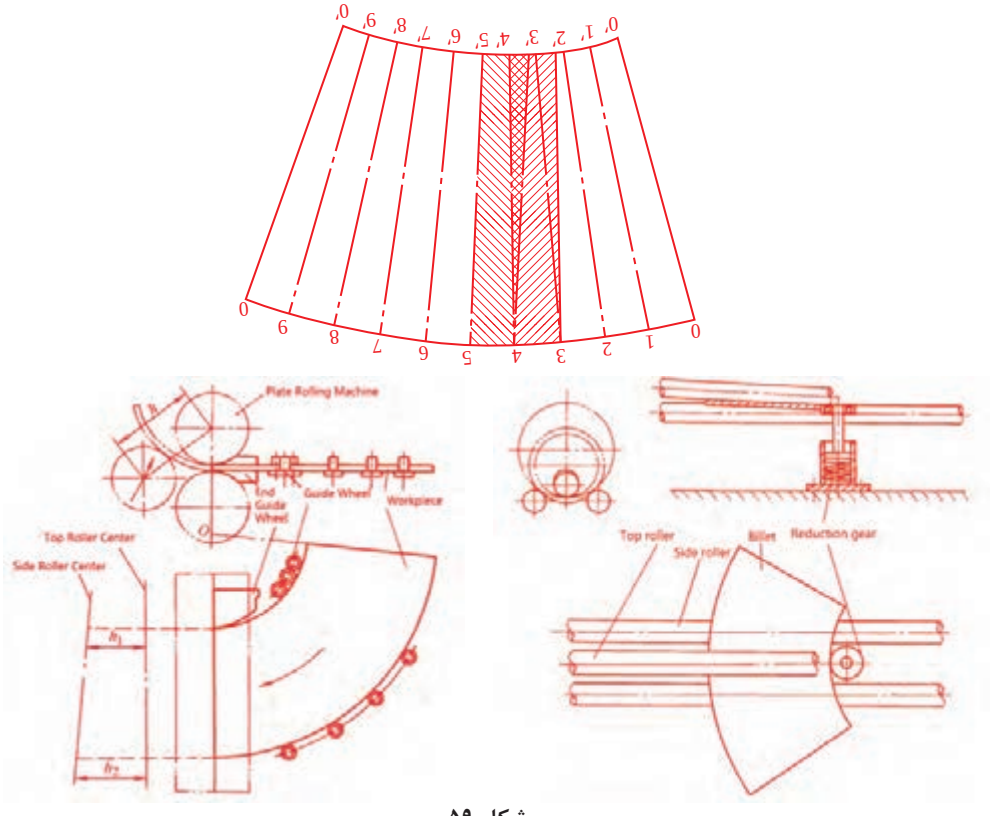
شکل ۵۷

رول کاری مخروط ناقص با ماشین نورد: از ماشین‌های نوردی که غلتک منحنی کننده آنها به‌صورت مایل تنظیم شده استفاده می‌شود، تا در قسمت قاعده بزرگ فشار ملایمی به مخروط وارد شود و فشار غلتک‌ها در قسمت قاعده کوچک بیشتر باشد (شکل ۵۸).



شکل ۵۸

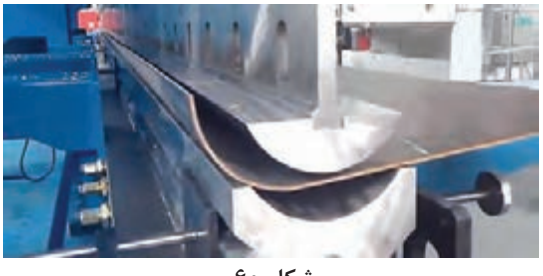
در شکل ۵۹ نحوه ایجاد مخروط ناقص با ماشین نشان داده شده است.



شکل ۵۹

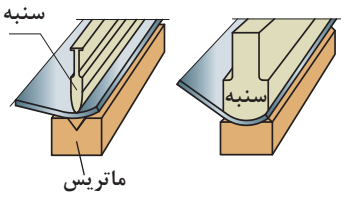
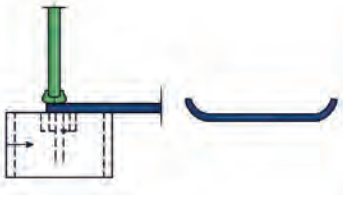
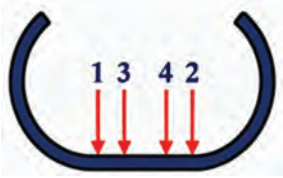
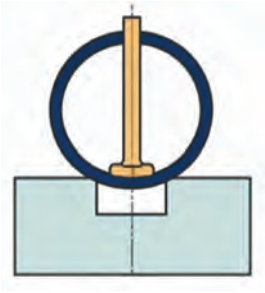
■ رول کاری با دستگاه پرس

ورق‌های ضخیم به‌وسیله پرس‌های هیدرولیک افقی یا عمودی، با استفاده از سنبه و ماتریس‌هایی با اشکال خاص رول کاری می‌شوند (شکل ۶۰).



شکل ۶۰

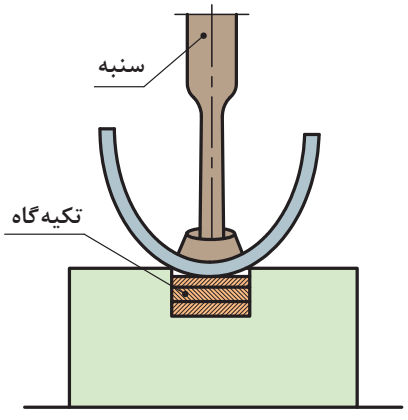
در شکل ۶۱ مراحل رول‌کاری با دستگاه‌های پرس نشان داده شده است.

		
۱ـ انتخاب قالب و سنبه مناسب	۲ـ منحنی کاری طرفین ورق	۳ـ منحنی کردن $\frac{۱}{۳}$ ابتدای ورق
		
۴ـ منحنی کردن $\frac{۱}{۳}$ انتهای ورق	۵ـ اجرای متوالی انحنا از دو طرف	۶ـ تکمیل منحنی

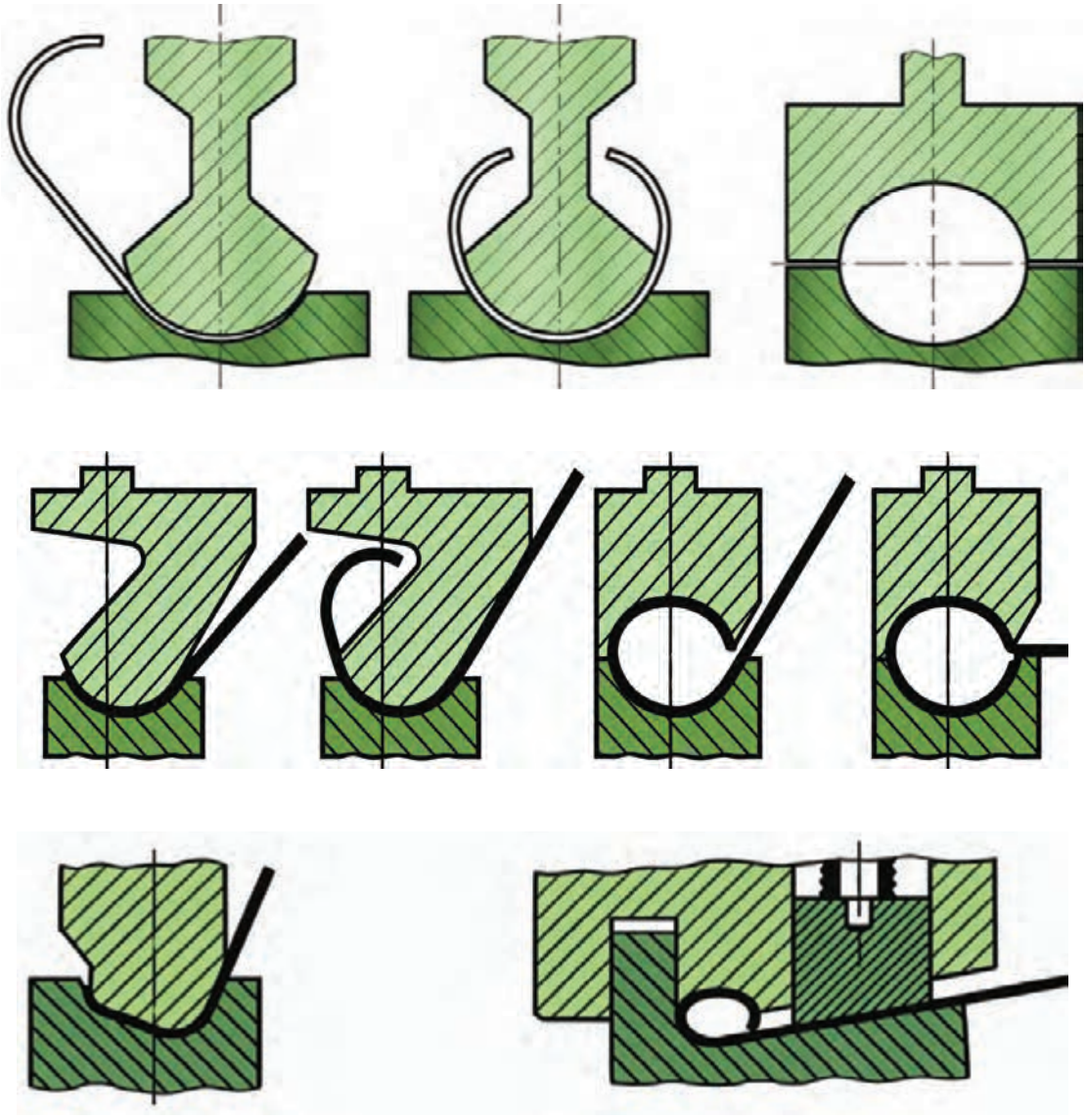
شکل ۶۱

توجه

در صورتی‌که ساخت استوانه کامل امکان‌پذیر نباشد، می‌توان با ساخت دو نیم استوانه و اتصال آنها به یکدیگر به استوانه رسید.



امروزه برای تسهیل رول‌کاری ورق‌های نازک دستگاه‌های پرس خاصی طراحی شده که سنبه و ماتریس برخی از آنها در شکل ۶۲ نشان داده شده است.



شکل ۶۲

پژوهش

در مورد انتخاب دستگاه‌های نورد براساس ابعاد و توان دستگاه در منابع گوناگون جست‌وجو نمایید.

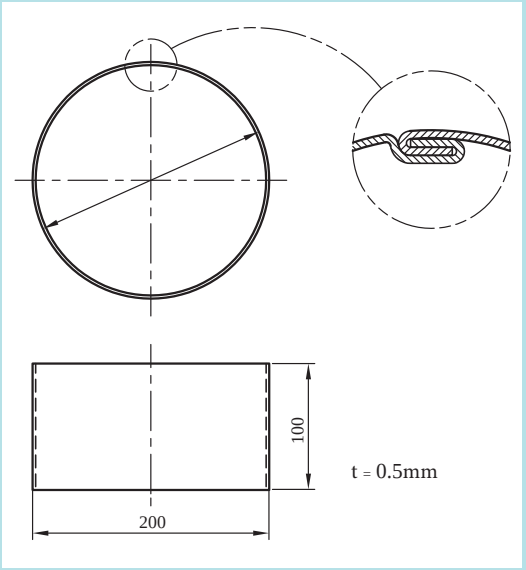
کارکارگاهی

رول‌کاری دستی

رول نمودن ورق به ابعاد ۲۰۰×۱۰۰ mm

مراحل انجام کار

- پیاده نمودن اندازه‌ها روی ورق
- برش ورق
- آماده نمودن قالب لوله‌ای ۴ اینچ
- اعمال نیرو به ورق بر روی جدار خارجی لوله
- فرنگی‌پیچ نمودن درز ورق رول شده
- مقدار درز اتصال در نظر گرفته شود



وسایل و تجهیزات

در جدول زیر ابزار و تجهیزات موردنیاز را بنویسید. سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- از تجهیزات حفاظت فردی استفاده نمایید.
- کار کارگاهی را تحت‌نظارت هنرآموز انجام دهید.
- هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- استفاده از ورق‌های فلزی را مدیریت کنید.
- پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

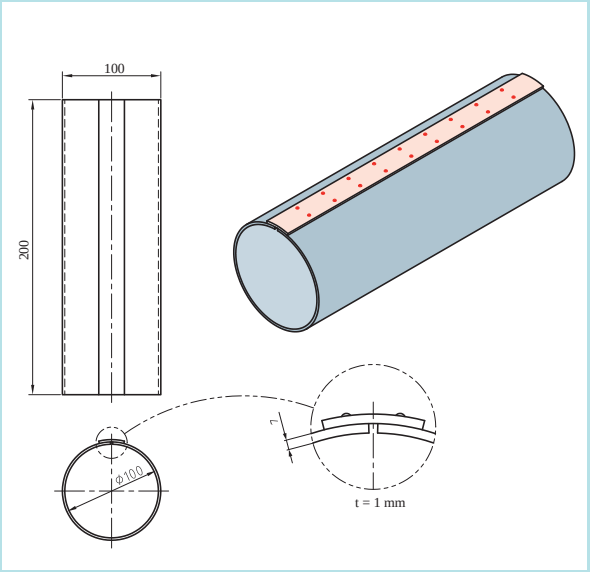
کارکارگاهی

■ رول‌کاری دستی

رول‌کاری ورق به ابعاد ۲۰۰×۱۰۰ mm

■ مراحل انجام کار

- □ پیاده نمودن اندازه‌ها روی ورق
- □ برش ورق
- □ آماده نمودن قالب
- □ زدن ضربات چکش لوله‌ای ۴ اینچ روی یال‌های ورق
- □ رول نمودن ورق با چکش پلاستیکی
- □ پرچ نوار ورق فلزی بر روی درز اتصال ورق رول شده



■ وسایل و تجهیزات

در جدول روبه‌رو ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- □ از تجهیزات حفاظت فردی استفاده نمایید.
- □ کار کارگاهی را تحت‌نظارت هنرآموز انجام دهید.
- □ هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- □ از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- □ استفاده از ورق‌های فلزی را مدیریت کنید.
- □ پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

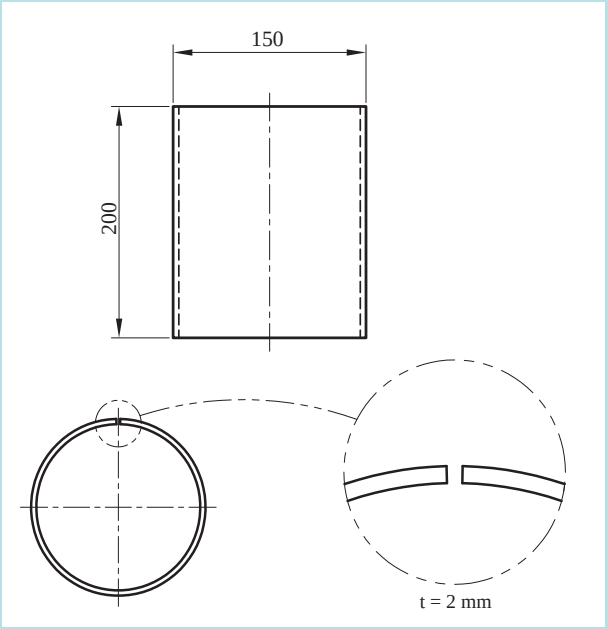
کارکارگاهی

رول‌کاری با دستگاه نورد

رول‌کاری ورق مطابق نقشه

مراحل انجام کار

- پیاده نمودن اندازه‌ها روی ورق
- برش ورق
- آماده نمودن دستگاه
- استقرار ورق بین غلتک‌ها
- روشن نمودن دستگاه
- خارج نمودن منحنی از بین غلتک‌ها
- جوشکاری درز اتصال ورق رول شده



وسایل و تجهیزات

در جدول روبه‌رو ابزار و تجهیزات موردنیاز را بنویسید. سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- از تجهیزات حفاظت فردی استفاده نمایید.
- کار کارگاهی را تحت‌نظارت هنرآموز انجام دهید.
- هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- استفاده از ورق‌های فلزی را مدیریت کنید.
- پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

کارگاهی

رول‌کاری ماشینی مخروط ناقص

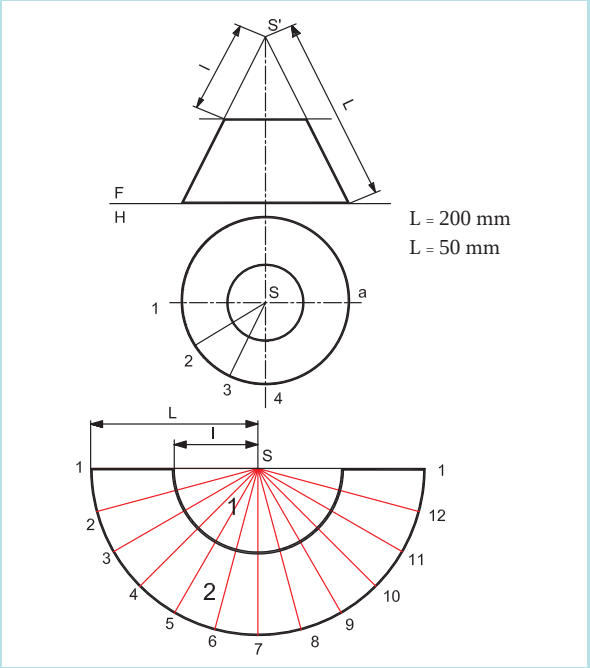
رول کاری ورق به ضخامت ۱/۵mm مطابق نقشه

مراحل انجام کار

- ☐ پیاده نمودن اندازه‌ها مطابق اصول گسترش روی ورق
- ☐ برش ورق
- ☐ قرار دادن ورق بین غلتک‌ها
- ☐ اعمال نیرو روی مولدهای مخروط
- ☐ ایجاد مخروط ناقص
- ☐ جوش کار اکسی گاز درز مخروط

وسایل و تجهیزات

در جدول روبه‌رو ابزار و تجهیزات موردنیاز را بنویسید. سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.



ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- ☐ از تجهیزات حفاظت فردی استفاده نمایید.
- ☐ کار کارگاهی را تحت‌نظارت هنرآموز انجام دهید.
- ☐ هرگونه حادثه را به هنرآموز یا مسئول کارگاه گزارش دهید.
- ☐ از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- ☐ استفاده از ورق‌های فلزی را مدیریت کنید.
- ☐ پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

ارزشیابی شایستگی رول کاری

نام و نام خانوادگی							
کد حرفه	۷۲۱۳۱۲	حرفه	ورق‌کاران (فلزات)	شماره ملی		تاریخ ارزشیابی:	
کد وظیفه شغل	۷۲۱۳۱۲۰۳	وظیفه شغل	فرم‌دهی ورق‌های فلزی	کدپیمانه/پودمان	۷۲۱۳۱۲۰۳۳	استاندارد عملکرد: رول‌کاری ورق‌های فلزی با ابزاردستی و ماشینی برابر نقشه با رعایت نکات فنی و ایمنی	
کد کار	۷۲۱۳۱۲۰۳۳۲	کار	رول‌کاری	سطح صلاحیت	L2		
				سطح شایستگی	مهارت		

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده‌سازی	قیچی دستی، دریل دستی، پانچ دستی، گیره، دستکش، عینک، لباس کار، نقشه کار زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، نقشه، آزمون عملکردی	انتخاب ابزار با توجه به نقشه	۳	
				پیاده‌سازی نقشه روی ورق، برش ورق برابر نقشه	۲	
				ناتوانی در پیاده‌سازی نقشه یا برش ورق	۱	
۲	رول ورق	نورد، خرک رول زمان: یک ساعت	مشاهده کار، آزمون عملکردی	رول‌کاری مخروط و عملیات تکمیلی برابر نقشه	۳	
				رول‌کاری استوانه برابر نقشه	۲	
				ناتوانی در رول ورق	۱	
۳	کنترل نهایی	چرخ ورق‌کاری، خط‌کش فلزی، نقشه کار، متر، کولیس، گونیا، سوهان زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، آزمون عملکردی	کنترل کیفی ورق برابر دستورالعمل	۳	
				کنترل ابعادی ورق برابر نقشه	۲	
				ناتوانی در کنترل ابعادی	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش		دقت در کار با دستگاه رول ورق، دفع دورریز در بخش بازیافت مسئولیت‌پذیری (N۷۲)، به‌کارگیری دستکش، لباس کار، عینک		رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش)	۲	
				عدم رعایت موارد ایمنی	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐	
					خیر ☐	

توضیحات:

۱ـ معیار شایستگی انجام کار:

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

پودمان چهارم

کانال‌سازی



ساخت کانال



ساخت اتصالات کانال

سیستم‌های تهویه از بخش‌های تأسیسات در ساختمان و صنایع مختلف به‌شمار می‌آیند. از گذشته تاکنون با گسترش صنایع و افزایش توجه به سلامت و آسایش انسان، نیاز به جابه‌جایی و تصفیه هوا اهمیت بیشتری پیدا کرده است. در محیط‌های صنعتی و کارگاهی، سیستم تهویه علاوه بر تأمین هوای تازه، وظیفه خارج کردن گرد و غبار، دود، بخارات و گازهای مضر را نیز بر عهده دارد و به ایجاد محیطی ایمن و مناسب برای کار کمک می‌کند.

در بسیاری از صنایع مانند کارگاه‌های فلزکاری، صنایع غذایی، دارویی، نفت و گاز و حتی ساختمان‌های مسکونی و اداری، برای انتقال هوا از شبکه‌ای از کانال‌ها استفاده می‌شود. این کانال‌ها معمولاً از ورق‌های گالوانیزه ساخته می‌شوند، زیرا این ورق‌ها در برابر زنگ‌زدگی مقاوم بوده و استحکام مناسبی دارند. کانال‌های هوا از طریق اتصالات مختلف مانند زانو، سه‌راهی و تبدیل به یکدیگر متصل می‌شوند و مسیر انتقال هوا را در ساختمان یا محیط صنعتی تشکیل می‌دهند.

واحد یادگیری ۱

ساخت کانال

آیا تابه‌حال پی برده‌اید؟

- دقت در اندازه‌گیری، خط‌کشی و انتقال ابعاد از نقشه به ورق فلزی، موجب انطباق صحیح قطعات، کاهش خطای مونتاژ و جلوگیری از ایجاد درزهای نامناسب در کانال‌های چهارگوش و گرد می‌شود.
- بی‌توجهی به لبه‌های برنده و پلیسه‌های تیز ورق‌های فلزی و استفاده‌نکردن از تجهیزات حفاظت فردی در نخستین مراحل برش و جابه‌جایی، شایع‌ترین علت آسیب‌ها و حوادث در کارگاه کانال‌سازی است.
- انتخاب صحیح ابزارهای اندازه‌گیری، خط‌کشی، برش‌کاری، خم‌کاری و اتصال، متناسب با ضخامت ورق، نوع کانال و شکل اتصال می‌تواند دقت اجرا، سرعت تولید و کیفیت نهایی قطعه را افزایش دهد.
- اجرای درست اتصال لبه‌های ورق با روش‌هایی مانند درزهای قفلی، پرچ‌کاری، پیچ‌کاری یا اتصال مناسب دیگر، استحکام مکانیکی کانال را تأمین کرده و از تغییر شکل، بازشدگی درزها و نشت هوا جلوگیری می‌کند.
- پیش از هرگونه برش ورق، ابتدا باید نقشه کانال و اجزای آن را با تجسم فضایی تحلیل و به درستی روی ورق گسترش داد تا ساخت کانال دقیق، بدون دورریز و منطبق بر مسیر عبور هوا انجام گیرد

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود، کانال‌های چهارگوش و استوانه‌ای را با ترسیم گسترده، برش‌کاری، خم‌کاری و مونتاژ، مطابق با نقشه‌های فنی و رعایت کامل اصول ایمنی تولید نمایند.

کانال

کانال هوا وسیله‌ای است برای انتقال هوا از یک مکان به مکان دیگر، کانال هوا به‌صورت مجرایی چهارگوش و یا مدور جهت عبور گازها و هوا در ساختمان‌ها، صنایع و کارگاه‌ها طراحی می‌شود.

در شکل ۱ نمونه‌ای از انواع کانال که در تهویه مطبوع ساختمان‌ها به‌کار می‌رود را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱

انواع کانال از نظر شکل هندسی

- **کانال ساده:** این نوع کانال در طول مسیر از نظر شکل هندسی و سطح مقطع ثابت می‌باشد.
- **کانال تبدیل:** در این نوع کانال ابعاد، شکل هندسی، مقطع کانال در مسیر جریان سیال متفاوت می‌باشد.

انواع کانال تبدیل	کاربرد
افزاینده	افزایش فشار و کاهش سرعت
کاهنده	کاهش فشار و افزایش سرعت

انواع کانال از لحاظ ساختار

شکل و ساختار کانال بر نحوه ساخت، نوع اتصال، میزان افت فشار هوا، فضای موردنیاز برای نصب و هزینه اجرا تأثیر می‌گذارد. انتخاب هر نوع کانال باید براساس نقشه فنی، حجم هوای عبوری، محل نصب و شرایط بهره‌برداری انجام شود.

به‌طورکلی، کانال‌های هوا از لحاظ ساختار شامل کانال چهارگوش، کانال گرد یا مدور، کانال بیضی و کانال انعطاف‌پذیر هستند که کانال‌های چهارگوش و گرد فلزی کاربرد بیشتری در ساختمان‌ها و تأسیسات تهویه دارند. در شکل ۲ انواع کانال از لحاظ ساختار نشان داده شده است.



قابل انعطاف — بیضی — مارپیچ — مدور — چهارگوش

شکل ۲

در جدول ۱، انواع کانال‌های هوا از نظر جنس، ویژگی‌های ساختاری و کاربرد معرفی شده‌اند.

جدول ۱

نوع کانال	جنس	ویژگی‌های اصلی	کاربرد رایج
فولادی	ورق فولادی گالوانیزه	مقاوم در برابر خوردگی، استحکام بالا و امکان ساخت در ابعاد مختلف	سیستم‌های تهویه ساختمان‌های مسکونی، اداری و صنعتی
پیش‌عایق	عایق پلی‌اورتان یا فنولیک با روکش آلومینیوم	وزن کم، کاهش اتلاف انرژی و عدم نیاز به عایق جداگانه	ساختمان‌های مدرن، بیمارستان‌ها و مراکز تجاری
فولادی	ورق فولادی زنگ نزن (۳۰۴ و ۳۱۶)	مقاومت بالا در برابر رطوبت و مواد شیمیایی، بهداشتی و قابل شست‌وشو	صنایع غذایی، دارویی و آزمایشگاه‌ها
پارچه‌ای	پارچه صنعتی پلی‌استر یا مواد کامپوزیتی	بسیار سبک، نصب آسان و توزیع یکنواخت هوا	سالن‌های ورزشی، سوله‌ها و فروشگاه‌ها
مقاوم به حریق	فولاد یا پانل نسوز با پوشش مقاوم به آتش	مقاومت در برابر آتش و جلوگیری از گسترش دود	ساختمان‌های بلند، تونل‌ها و پارکینگ‌ها
پلاستیکی	پلیمرهایی مانند PVC یا PP	سبک و مقاوم به مواد شیمیایی و رطوبت	صنایع شیمیایی و محیط‌های خورنده

در شکل ۳ انواع کانال با جنس‌های مختلف نشان داده شده است.



پلاستیکی



پارچه‌ای



مقاوم به حریق



گالوانیزه



پیش عایق



فولاد زنگ نزن

شکل ۳



شکل ۴

کانال انعطاف‌پذیر (فلکسیبل): نوعی کانال هوای انعطاف‌پذیر است که برای انتقال هوا در مسیرهای کوتاه، دارای خم و در بخش انتهایی شبکه کانال‌کشی به‌کار می‌رود. این کانال از یک لایه داخلی انعطاف‌پذیر، فنر یا مفتول مارپیچیِ نگهدارنده و در برخی انواع، لایه عایق حرارتی و روکش خارجی تشکیل می‌شود. انعطاف‌پذیری این کانال امکان عبور آسان از مسیرهای محدود و اتصال سریع به دریچه‌های هوا، محفظه هوا یا کانال اصلی را فراهم می‌کند. همچنین، به دلیل ساختار نرم و انعطاف‌پذیر، بخشی از لرزش‌های منتقل‌شده از فن یا تجهیزات تهویه را جذب کرده و از انتقال ارتعاش به دریچه‌ها و اجزای مجاور می‌کاهد.

کانال فلکسیبل در طول‌های موردنیاز قابل تهیه و نصب است. با این حال، برای کاهش افت فشار، افزایش راندمان جریان هوا و جلوگیری از آسیب‌دیدگی، باید تا حد امکان کوتاه، کشیده و بدون پیچ‌خوردگی یا خم‌های تند نصب شود.

کانال مارپیچ (اسپیرال): کانال مارپیچ، نوعی کانال هوای گرد فلزی است که با شکل‌دهی پیوسته و ایجاد درز مارپیچی ساخته می‌شود. درز مارپیچیِ ایجاد شده در طول کانال، علاوه بر اتصال لبه‌های ورق، به افزایش استحکام نسبی بدنه و حفظ شکل دایره‌ایِ کانال کمک می‌کند.

این کانال‌ها در قطرها و طول‌های مختلف تولید می‌شوند و برای انتقال، توزیع یا تخلیه هوا در سامانه‌های تهویه، سرمایش، گرمایش و مکش موضعی کاربرد دارند. به‌دلیل شکلِ گرد، جریان هوا در آنها یکنواخت‌تر بوده و افت فشار و صدای ناشی از عبور هوا، در شرایط مشابه، معمولاً کمتر از کانال‌های چهارگوش است.

در شکل ۵ کانال اسپیرال به همراه اتصالات عایق شده نشان داده شده است.



شکل ۵

جست‌وجو کنید

کانال گرد و کانال چهارگوش چه تفاوتی از نظر جریان هوا، افت فشار و روش ساخت دارند؟

پاسخ .....

در محیط‌های مرطوب، ساحلی، بهداشتی یا دارای مواد شیمیایی، چه جنسی برای کانال مناسب‌تر است؟

پاسخ .....

تولید کانال

یکی از تصمیم‌های مهم اجرایی هنگام ساخت کانال‌ها این است که به‌صورت مونتاژ شده یا به شکل باز به پروژه ارسال شود. ازنظر کیفیت و سرعت اجرا، مونتاژ در کارگاه ساخت معمولاً بهتر از مونتاژ در محل پروژه است؛ اما کانال ساخته شده در کارگاه فضای بیشتری اشغال می‌کند و ممکن است هزینه حمل را افزایش دهد.

توجه

اجزای اصلی ساخت کانال شامل ورق، درزهای عرضی، درزهای طولی، قطعات تقویتی بین درزها، بست‌ها و آویزهای آن، به‌عنوان مجموعه ای به هم پیوسته باید براساس طول کانال‌کشی و کلاس فشاری آن انتخاب شود.

برای ساخت کانال‌ها از ورق‌های گالوانیزه، آلومینیومی و فولادی زنگ‌نزن رولی یا صفحه‌ای استفاده می‌شود. در شکل ۶ نحوه باز کردن رول ورق نشان داده شده است.

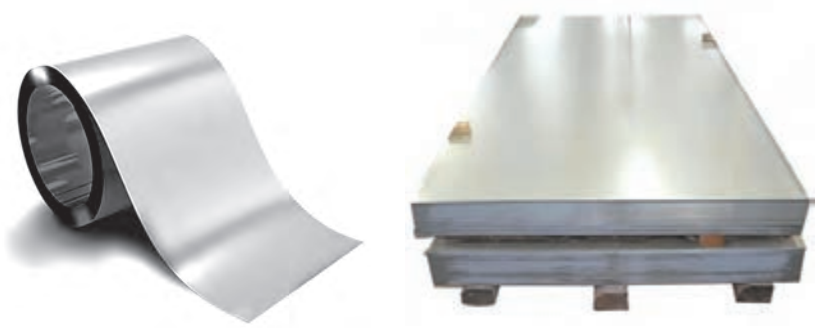


شکل ۶

توجه

انتخاب جنس ورق فلزی برای ساخت کانال هوا باید مطابق نقشه‌ها و دیگر مدارک فنی صورت گیرد.

عرض‌های متداول ورق‌های رولی معمولاً ۳۶، ۴۸، ۶۰ و ۷۲ اینچ است. ابعاد رایج ورق‌های صفحه‌ای ۳۶ ×۹۶، ۳۶×۱۲۰، ۴۸×۹۶، ۴۸×۱۲۰، ۶۰×۹۶ و ۶۰×۱۲۰ اینچ می‌باشد (شکل ۷).



صفحه‌ای　　رولی

شکل ۷

توجه

- در محیط‌های مرطوب و خورنده معمولاً توصیه می‌شود که کانال‌ها از ورق‌های آلومینیومی‌ساخته شود.
- در فضاهای مخصوص مانند اتاق‌های تمیز که حفاظت هوا در برابر ذرات در حد بالایی موردنظر است، ساخت کانال هوا از ورق فولادی زنگ‌نزن توصیه می‌شود.

در صورتی‌که برای ساخت کانال از ورق آلومینیومی استفاده شود، ضخامت ورق باید مقداری بیشتر از ضخامت ورق فولادی گالوانیزه در شرایط کار یکسان و برای هر اندازه از ابعاد مقطع کانال باشد (جدول ۲).

جدول ۲ــ ضخامت ورق آلومینیومی در مقایسه با ورق فولادی برحسب mm

فولادی	۰/۵	۰/۷۵	۱	۱/۲۵	۱/۵
آلومینیومی	۰/۷۵	۱	۱/۲۵	۱/۵	۱/۷۵

طول کانال

طول استاندارد کانال‌ها معمولاً ۴ یا ۵ فوت از محل اتصال تا اتصال بعد درنظر گرفته می‌شود. البته این طول استاندارد بدون کاهش طولی که اتصال ایجاد می‌کند درنظر گرفته می‌شود (شکل ۸).



شکل ۸

دلیل فنی و اقتصادی، به حداقل رساندن دورریز ورق است. از آنجا که عرض رول‌های ورق معمولاً ۳۶، ۴۸ یا ۶۰ اینچ است، سازندگان کانال با برش ورق در امتداد عرض آن، طول هر شاخه کانال را دقیقاً برابر با عرض رول قرار می‌دهند.

اگر از ورق با عرض ۴۸ اینچ استفاده شود، طول هر شاخه کانال بدون اتصال، ۴ فوت خواهد بود.

اگر از ورق با عرض ۶۰ اینچ استفاده شود، طول هر شاخه کانال بدون اتصال، ۵ فوت خواهد بود.

طول هر شاخه کانال به نوع اتصال استفاده شده، بستگی دارد.

اتصال کانال‌ها

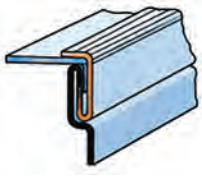
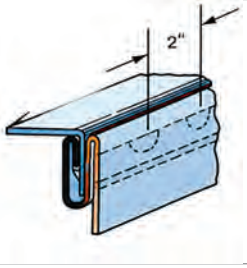
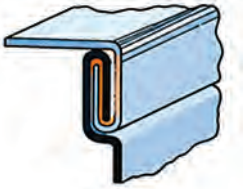
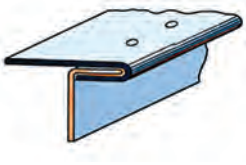
اتصال کانال‌ها به دو صورت درز طولی و درز عرضی انجام می‌گیرد.

۱ــ درز طولی

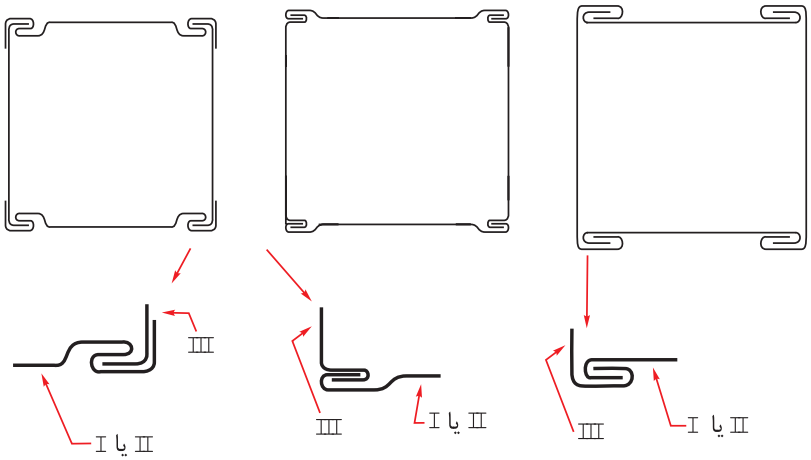
اتصال لبه دو قطعه طولی در امتداد جریان هوا از ورق فلزی یا غیرفلزی کانال هوا، به یکدیگر می‌باشد.

شش نوع درز طولی در جدول ۳ برای ساخت کانال‌های چهارگوش فولادی، به‌ویژه کانال‌های تهویه و انتقال هوا، نشان داده شده است. این اتصالات با تازدن و درگیرکردن لبه‌های دو ورق ایجاد می‌شوند و معمولاً برای کاهش نیاز به جوشکاری یا پرچ‌کاری به‌کار می‌روند.

جدول ۳

نام	شرح	شکل	ویژگی
اتصال کشویی گوشه	یک لبه ورق به شکل جیب یا کانال قفل‌شونده خم می‌شود و لبه ورق مقابل داخل آن قرار گرفته و برگردانده می‌شود.		اتصال مکانیکی و نسبتاً محکم، ظاهر نسبتاً تمیز در سطح بیرونی، مناسب برای ساخت کانال‌های چهارگوش و مقاومت خوب در برابر باز شدن در اثر فشار.
اتصال قفل ضربه‌ای پانچ‌دار	لبه‌ها مانند یک قفل روی هم قرار گرفته و پس از اتصال، با پانچ‌کردن برجستگی‌ها یا دکمه‌های فلزی در فواصل تقریباً ۲ اینچ، قفل می‌شوند.		اجرای سریع و ساده، نیاز به ابزار پانچ یا دستگاه قفل‌زن، مناسب برای کانال‌های سبک و متوسط، مقاومت مکانیکی آن به تعداد و فاصله پانچ‌ها وابسته است، برای آب‌بندی استفاده از درزگیر توصیه می‌شود.
اتصال درز شیاردار یا مسطح	دو لبه ورق به شکل چند خم متوالی در هم فرو می‌روند و یک درز نسبتاً مسطح ایجاد می کنند.		سطح بیرونی نسبتاً صاف، مناسب برای قطعاتی که برآمدگی درز در آنها مطلوب نیست، ظاهر منظم و فشرده، به اندازه اتصال کشوییِ گوشه قوی نیست، ممکن است به درزگیر، پرچ یا تقویت اضافی نیاز داشته باشد.
اتصال ایستاده	لبه اتصال به سمت بیرون یا داخل به صورت یک برآمدگی قائم قرار می‌گیرد. شکل نهایی شبیه یک تیغه یا برجستگی ایستاده است.		افزایش مقاومت خمشی ورق در امتداد درز، مناسب برای ورق‌های نازک که نیاز به تقویت دارند، برای کانال‌هایی که ظاهر صاف یا فضای عبور محدود دارند، مناسب نمی‌باشد، امکان استفاده از سوراخ‌کاری، پرچ یا اتصال مکانیکی برای تثبیت بیشتر وجود دارد.
اتصال گوشه‌ای یک‌طرفه	در گوشه کانال ایجاد می‌شود و فقط یک‌بار لبه‌های ورق در هم قفل یا خم می‌شوند.		مناسب برای گوشه‌های کانال، ساخت ساده‌تر نسبت به درز گوشه‌ای دوبل، مصرف کمتر ورق و زمان کمتر برای فرم‌دهی، مقاومت کمتر از اتصال گوشه‌ای دوبل و مناسب کانال‌های کم‌فشار.
اتصال گوشه‌ای دوبل	در گوشهٔ کانال دو بار خم و برگشت ایجاد می‌شود و لبه‌ها به‌صورت عمیق‌تری درگیر می شوند.		استحکام بیشتر نسبت به اتصال گوشه‌ای یک‌طرفه، مقاومت بهتر در برابر باز شدن و تغییر شکل، مناسب برای کانال‌های با فشار زیاد، مصرف ورق و زمان ساخت بیشتر و دقت بالاتر در خم‌کاری و اجرا.

درز طولی کانال بخشی از کانال است که یک قسمت از خودِ کانال را به قسمت دیگر آن متصل می‌کند تا شاخه کانال یا اتصال موردنظر شکل گرفته و مونتاژ شود. نوع درز، با توجه به عوامل مختلف مانند کلاس فشاری کانال، بزرگ‌ترین بُعد کانال‌کشی، استاندارد یا روش اجرا و الزامات مقرراتی یا نظارتی انتخاب می‌شود.



شکل ۹

درز قفلی طولی، یکی از درزهای رایج برای اتصال لبه‌های طولی ورق در ساخت کانال‌های چهارگوش است. در شکل ۹ نحوه اجرای درز طولی به روش پیچک گوشه مضاعف نشان داده شده است. پس از درگیری لبه‌ها، برای تثبیت و قفل شدن کامل، درز از دستگاه عبور داده می‌شود تا لبه ایستاده خم شده و روی درز خوابانده شود.



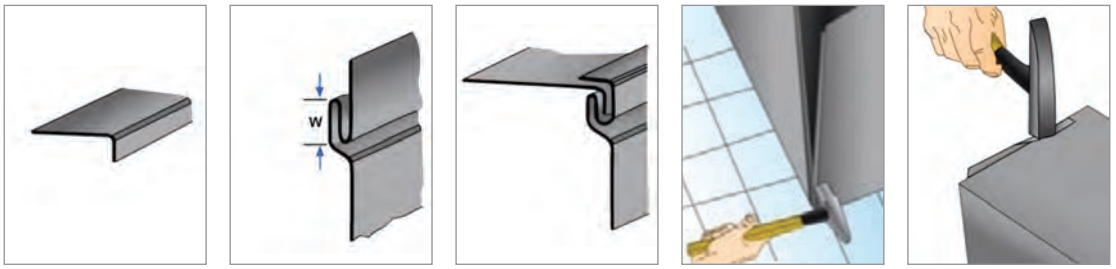
شکل ۱۰

■ **ابزار کانال‌سازی** : در ساخت کانال‌های فلزی از ابزارهایی همانند قالب تنه، قالب پیچک، مُشتی، چکش فلزی، چکش لاستیکی یا چوبی، ابزارهای اندازه‌گیری، ابزارهای برشکاری و ابزارهای سوراخکاری، پرچ‌کاری، جوشکاری و دستگاه‌های لبه‌زنی استفاده می‌شود.

■ **دستگاه لبه‌زن:** برای ساخت اتصالات درزها در ورق فلزی طراحی شده و به‌طور گسترده در کانال‌کشی سیستم‌های تهویه مطبوع (HVAC) و اتصال کشویی گوشه، اتصال فلنج، زاویه قائمه و درز دوبل استفاده می‌شود (شکل ۱۰).

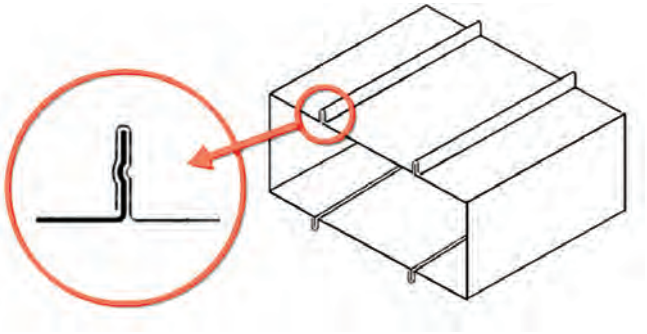
دستگاه برای ساخت کانال و فیتینگ‌های فشار پایین و ابعاد کوچک استفاده می‌شود. لبه‌های ورق توسط دستگاه فرم داده شده که با یک ضربه چکش داخل هم قفل می‌شوند.

در صورت عدم دسترسی به دستگاه اتوماتیک، از ابزار دستی قفل‌کن به روش چکش‌کاری جهت خم پرسی لبه و قفل شدن درز استفاده می‌گردد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱

وقتی عرض کانال‌ها خیلی زیاد می‌شود، برای افزایش استحکام و پوشش دادن دهانه در فاصله‌های بزرگ‌تر، از درز تقویتی استفاده می‌شود (شکل ۱۲).

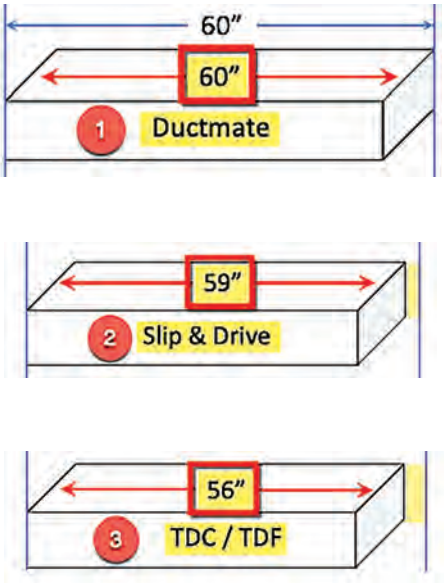


شکل ۱۲

درز عرضی

درز عرضی، محل اتصال یک شاخه کانال به شاخه بعدی یا به یک اتصال (فیتینگ) است. درز عرضی می‌تواند جزئی از خودِ بدنه کانال یا اتصال باشد، یا به‌صورت یک قطعه جداگانه به انتهای کانال متصل گردد تا اتصال دو قطعه به یکدیگر راحت‌تر و محکم‌تر انجام شود. انواع مختلفی از درز عرضی وجود دارد که رایج‌ترین آنها فلنج یکپارچه، فلنج آماده، اتصال کشویی، درایو و اتصال جوشی می‌باشد.

هرچه در دو انتهای کانال برای ساخت اتصال، طول بیشتری از ورق مصرف شود، طول مفید کانال کمتر و تعداد شاخه‌های لازم بیشتر می‌شود. در شکل ۱۳ تغییرات طول کانال با انواع اتصال نشان داده شده است.



شکل ۱۳

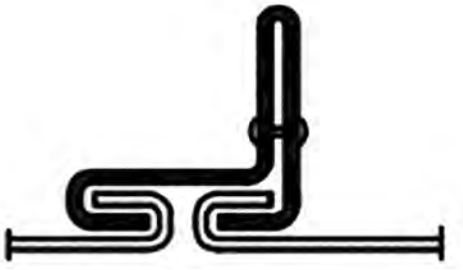
انواع درز عرضی

۱ـ اتصال فلنجی پیش‌ساخته (Duct mate): نوعی اتصال فلنجی آماده است که در لبه‌های چهار طرف کانال نصب می‌شود. دو شاخه کانال، پس از نصب قاب‌ها، روبه‌روی هم قرار می‌گیرند و با گسکت (نوار درزبند)، گوشه‌ها و گیره‌های مخصوص به هم متصل می‌شوند.

از این فلنج‌ها برای اتصال شاخه‌های کانال چهارگوش استفاده می‌شود. این سیستم که از پروفیل‌های گالوانیزه و گوشه‌های مخصوص تشکیل شده است، جایگزین مناسبی برای اتصالات قدیمی(مانند فلنج‌های نبشی) به‌شمار می‌رود.

۲ـ اتصال کشویی ایستاده (S-Slip and Drive Cleat):

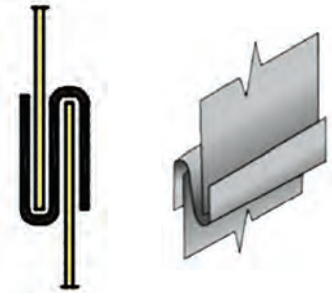
از روش‌های رایج و اقتصادی اتصال کانال‌های چهارگوش است. در این روش، در دو ضلع مقابل کانال از پروفیل اس‌شکل و در دو ضلع دیگر از پروفیل درایو (Drive cleat) استفاده می‌شود. ازنظر عملکرد شبیه اتصال S & Drive است، با این تفاوت که به‌دلیل وجود یک برگشت عمود بر بدنه در بخش درایو، ورق بیشتری مصرف شده و اتصال استحکام بیشتری پیدا می‌کند. این اتصال را می‌توان برای افزایش مقاومت، با یک میلگرد نیز تقویت کرد (شکل ۱۴).



شکل ۱۴

انواع درز عرضی به همراه شرح آنها در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴

		
اتصال S ایستاده مشابه S-Slip تقویت شده است، با این تفاوت که قسمت ایستاده آن از همان ورق تشکیل‌دهنده ساخته می‌شود و دو قطعه کانال مجاور داخل شیار پروفیل S قرار گرفته و به یکدیگر متصل می‌شوند.	یک نوع دیگر از S-Slip وجود دارد که به آن Hemmed S-Slip گفته می‌شود، چون همان‌طورکه در تصویر دایره قرمز مشخص است، Hemmed S-Slip در هر دو انتها لبه تاخورده دارد.	S-Slip دو قطعه کانال را در یک سمت در جای خود نگه می‌دارد. در نتیجه در نهایت دو Drive-Slip و دو S-Slip خواهید داشت.

پرسش کلاسی

به‌نظر شما چرا در اتصال (Hemmed “S”) لبه‌های ورق به سمت داخل برگردانده شده‌اند؟

.....

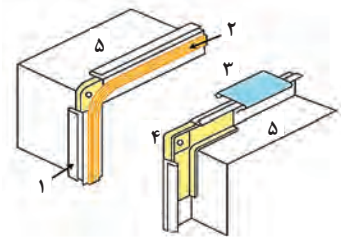
۳ـ اتصال عرضی کانال[۱] (TDC): اتصال نوعی فلنج عرضی پیش‌ساخته یا فرم‌داده‌شده در انتهای کانال چهارگوش است که معمولاً با دستگاه مخصوص شکل داده یا نصب می‌شود. اتصال عرضی کانال از همان قطعه فلزیِ کانال ساخته می‌شود. بین دو اتصالِ کانال یا فیتینگ، یک نوار آب‌بندی قرار داده می‌شود و سپس با قفل‌کننده در جای خود ثابت می‌گردد. در نهایت، هر گوشه با پیچ و مهره به هم بسته می‌شود.



شکل ۱۵

مطابق شکل ۱۶ اجزایی که اتصال TDC را تشکیل می‌دهند عبارت‌اند از:

۱ فلنج
۲ واشر آب‌بندی
۳ برای قفل کردن دو قطعه به هم
۴ قطعات گوشه که در هر گوشه با پیچ به هم بسته می‌شوند.
۵ کانال



شکل ۱۶

به‌جای قفل‌کننده‌ها، می‌توان از پیچ‌ها با فاصله حداکثر ۶ اینچ از هم و فاصله حداکثر ۱ اینچ از گوشه‌ها استفاده کرد.
در شکل۱۷ یک نوع فلنج قفل‌کننده نشان داده شده است.



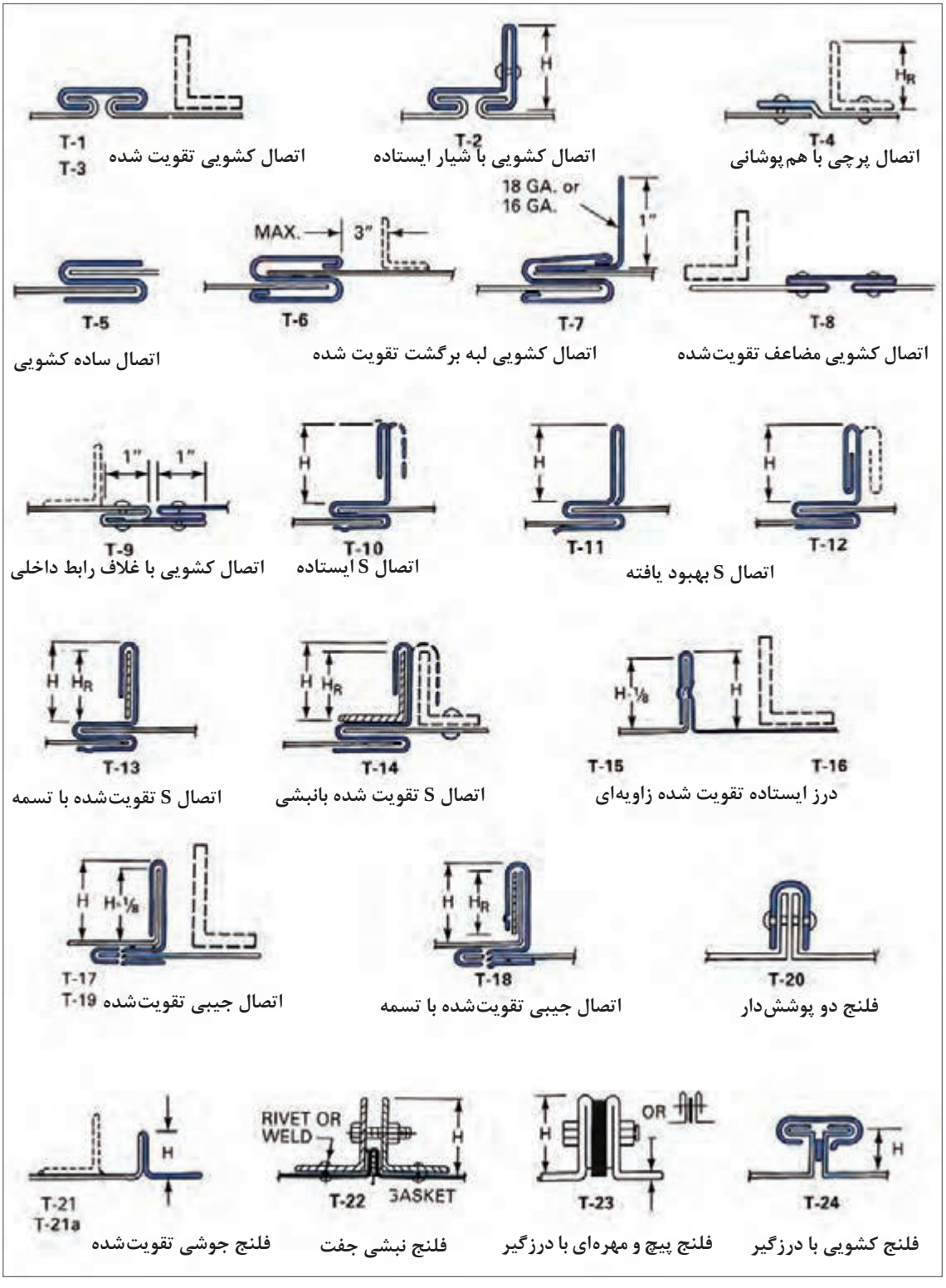
شکل ۱۷

■ **فلنج عرضی کانال[۲] (TDF):** فلنجی است که غالباً از خم‌کاری خودِ لبه ورق کانال ایجاد می‌شود و برای اتصال دو شاخه کانال به‌کار می‌رود. یکی از تفاوت‌های این اتصال با اتصال TDC این است که فلنج لغزشی از خودِ قطعه کانال ساخته نمی‌شود؛ بلکه به انتهای کانال یا اتصال اضافه می‌شود. روی لبه سُر می‌خورد و در جای خود محکم می‌گردد. این اتصال نیز برای اتصال دو طرف به هم، به نوار آب‌بندی نیاز دارد.
در شکل ۱۹ انواع اتصال و تقویت‌کننده‌های عرضی در کانال‌های چهارگوش فولادی نشان داده شده است.



شکل ۱۸

۱ـ TDC: Transverse Duct Connector
۲ـ TDF: Transverse Duct Flange

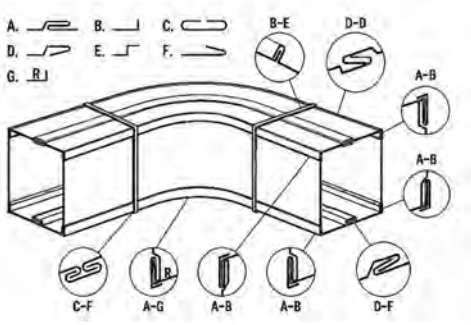

T-1
T-3
اتصال کشویی تقویت شده
H
T-2
اتصال کشویی با شیار ایستاده
HR
T-4
اتصال پرچی با هم‌پوشانی
T-5
اتصال ساده کشویی
MAX.
3"
T-6
18 GA. or
16 GA.
1"
T-7
اتصال کشویی لبه برگشت تقویت شده
T-8
اتصال کشویی مضاعف تقویت‌شده
1"
1"
T-9
اتصال کشویی با غلاف رابط داخلی
T-10
اتصال S ایستاده
T-11
T-12
اتصال S بهبود یافته
H HR
T-13
اتصال S تقویت‌شده با تسمه
T-14
اتصال S تقویت شده بانبشی
H-1/8
T-15
T-16
درز ایستاده تقویت شده زاویه‌ای
T-17
T-19
اتصال جیبی تقویت‌شده
T-18
اتصال جیبی تقویت‌شده با تسمه
T-20
فلنج دو پوشش‌دار
T-21
T-21a
فلنج جوشی تقویت‌شده
RIVET OR
WELD
T-22
GASKET
فلنج نبشی جفت
OR
T-23
فلنج پیچ و مهره‌ای با درزگیر
T-24
فلنج کشویی با درزگیر

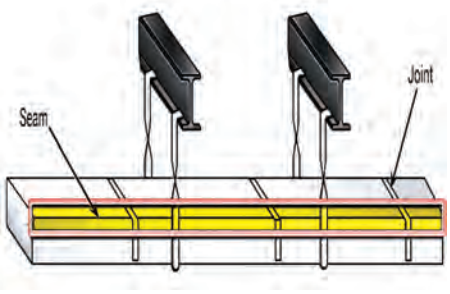
شکل ۱۹

تفاوت درز و اتصال

درزها به‌صورت طولی در امتداد طول کانال قرار می‌گیرند، در حالی که اتصالات به‌صورت عرضی و در عرض کانال هستند. درزها موازی با جریان هوا قرار دارند، در حالی که اتصالات عمود بر جریان هوا هستند. درزها، خودِ کانال یا یک بخش از یک اتصال را در کنار هم نگه می‌دارند. ولی اتصال دو قطعه جداگانه را به هم متصل می‌کند.

اتصالات عرضی در سیستم‌های کانال‌کشی، نقاط پیوند دو شاخه کانال به یکدیگر یا محل اتصال کانال به تجهیزات جانبی نظیر زانویی‌ها، سه‌راهی‌ها، تبدیل‌ها و دریچه تنظیم جریان هوا هستند. انتخاب نوع اتصال مستقیماً بر شاخص‌های کانال سازی، سرعت نصب و مونتاژ، استحکام ساختاری، ضریب هوابندی، هزینه‌های نهایی و بهره‌وری بهینه در طول هر شاخه کانال تأثیرگذار خواهد بود.





شکل ۲۰

کارکلاسی

جدول مقایسه‌ای داده شده در زیر را تکمیل کنید.

نوع درز یا اتصال	محل استفاده	سرعت اجرا	استحکام	هوابندی	کاربرد معمول
گوشه کشویی	درز طولی	متوسط	زیاد	.....	ساخت بدنه کانال
قفل‌شونده فشاری	درز طولی	زیاد	.....	متوسط تا خوب	کانال‌های سبک و کم‌فشار
کشویی ایستاده	اتصال عرضی	.....	متوسط	وابسته به آب‌بندی	کانال..... کم‌فشار
فلنجی	.....	متوسط	زیاد	خوب	کانال‌های صنعتی و.....
TDF/TDC	اتصال عرضی	زیاد	زیاد	خوب	.....

پژوهش

در مورد تأثیر نوع درز و اتصال بر کیفیت کانال‌کشی با ورق گالوانیزه در منابع گوناگون جست‌وجو نموده و به پرسش داده شده پاسخ دهید.

نوع درز و اتصال چه تأثیری بر استحکام، هوابندی، سرعت ساخت و هزینه کانال گالوانیزه دارد؟

نتیجه .....

پرسش کلاسی

با توجه به مطالب آموخته شده بحث و گفت‌وگو نموده، سپس به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

- اگر درز طولی به‌خوبی بسته نشود، چه مشکلی در کانال ایجاد می‌شود؟

پاسخ: .....

- چرا اتصال دو شاخه کانال باید علاوه بر بست مکانیکی، آب‌بندی نیز شود؟

پاسخ: .....

- آیا استفاده از درزگیر به‌تنهایی می‌تواند جایگزین اتصال مکانیکی شود؟ چرا؟

پاسخ: .....

- تفاوت وظیفه درز گوشه کشویی با اتصال فلنجی چیست؟

پاسخ: .....

- اگر کانال برای فشار هوای بالا ساخته شود، آیا می‌توان همان اتصال کانال کم‌فشار را به‌کار برد؟ توضیح دهید.

پاسخ: .....

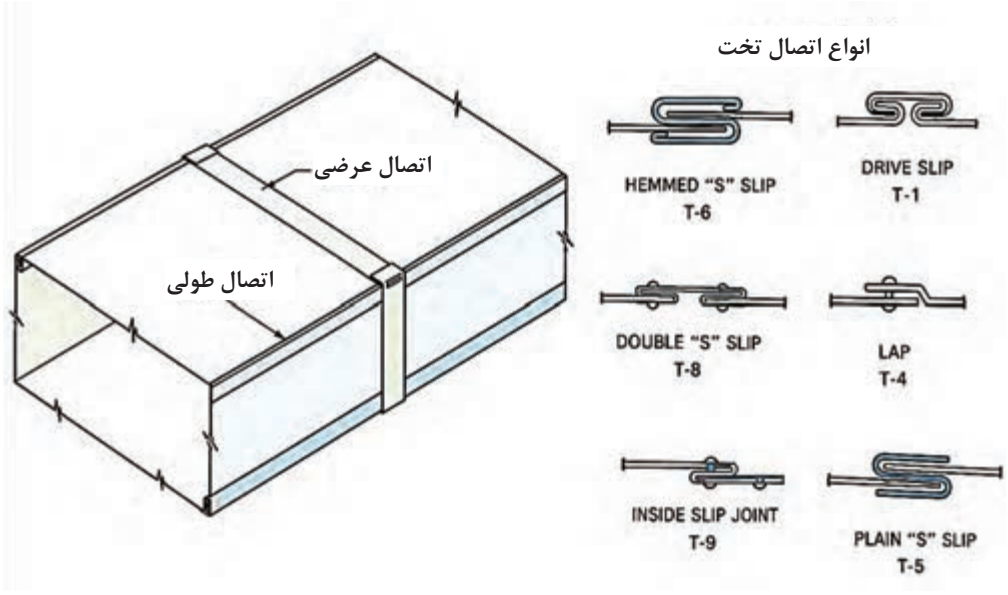
- اتصال S-Slip، Slip and Drive و Drive Cleat را در کدام قسمت‌های کانال قرار می‌دهند؟

پاسخ: .....

- چرا اتصال دو شاخه کانال باید علاوه بر بست مکانیکی، آب‌بندی نیز شود؟

پاسخ: .....

در شکل ۲۱ انواع اتصال‌های نوع تخت و بدون تقویت برای کانال‌های فولادی با مقطع چهارگوش نشان داده شده است.



شکل ۲۱

کارکلاسی

با توجه به شکل ۲۱ و راهنمایی هنرآموز محترم، به بررسی انواع اتصالات عرضی تخت کانال‌های چهارگوش پرداخته و جدول زیر را تکمیل نمایید.

نوع اتصال	نام	روش تثبیت
.....	اتصال گُوه‌ای	کشویی
Hemmed “S” Slip	اتصال S لبه‌برگشته (دوبل)	.....
Double “S” Slip	اتصال S دوبل (متقارن)	کشویی + پرچ یا پیچ
Inside Slip Joint	.....	هم‌پوشانی + پرچ یا پیچ
Lap Joint	اتصال روهم‌افتاده (روی‌هم)	پرچ یا پیچ سرمته‌ای
Plain “S” Slip	اتصال S ساده	کشویی

در اتصال عرضی کانال‌های فولادی چهارگوش در صورتی‌که اتصال با کمک میخ پرچ صورت گیرد اطراف میخ پرچ نباید فاصله باز باقی بماند. در صورتی‌که اتصال به کمک پیچ و مهره انجام شود قطر پیچ باید حداقل ۶mm باشد و فاصله میخ پرچ‌ها یا پیچ‌ها از هم نباید بیش از ۱۵۰mm باشد. نفوذ آنها به داخل کانال نیز نباید بیش از ۱۲mm باشد.

■ **اتصال جوشی:** در این روش دو قطعه کانال یا کانال و اتصال در محل فلنج‌ها کنار هم قرار گرفته و جوش‌کاری می‌شوند. روش‌های مختلف برای اتصال جوشی در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵

روش جوشکاری	جنس و ضخامت ورق	کاربری
RSW	گالوانیزه (۰/۵ تا ۱ میلی‌متر)	مونتاژ اتصال
GMAW	گالوانیزه یا سیاه (۱ تا ۲ میلی‌متر)	گوشه فلنج‌های نبشی TDC/TDF
GMAW	فولاد سیاه (۱ تا ۲/۵ میلی‌متر)	کانال‌های هود یا دودکش نسوز
TIG	فولاد زنگ نزن ۳۰۴ و ۳۱۶ (۰/۸ تا ۱/۵ میلی‌متر)	صنایع دارویی، غذایی و اسیدی
SMAW	نبشی (بیشتر از ۳ میلی‌متر)	فلنج‌های سازه‌ای و نبشی‌های سنگین



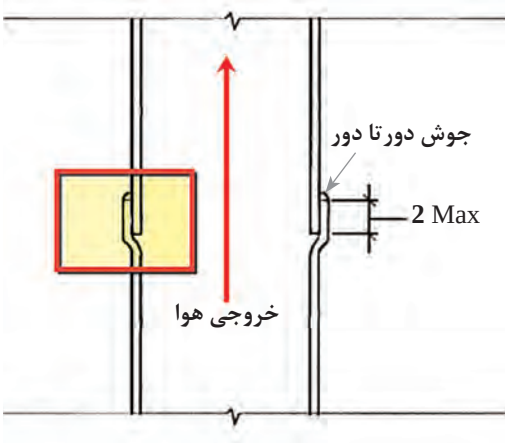
شکل ۲۲

پرسش کلاسی

چه روش‌های جوش‌کاری برای این نوع کانال‌ها مناسب است.

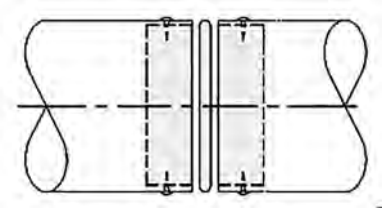
پاسخ .....

■ **اتصال سوکتی:** نوعی اتصالِ زبانه‌دار و کاسه‌ای است که در آن، بخش زبانه‌دارِ یک قطعه کانال داخل بخش کاسه‌ایِ قطعه دیگر قرار می‌گیرد. اتصال در کانال تخلیه چربی و دود آشپزخانه‌ها استفاده می‌شود. نحوه اتصال و جهت جریان هوای خروجی در شکل ۲۳ مشخص شده است. پیرامون کانال در محل اتصال، جوشکاری محیطی انجام می‌شود. مقدار درگیری یا فاصله نشان‌داده‌شده در تصویر حداکثر ۲ اینچ است. این اتصال برای ایجاد یک اتصال مقاوم و نسبتاً نفوذناپذیر در کانال‌های تخلیه هودها به‌کار می‌رود (شکل ۲۳).



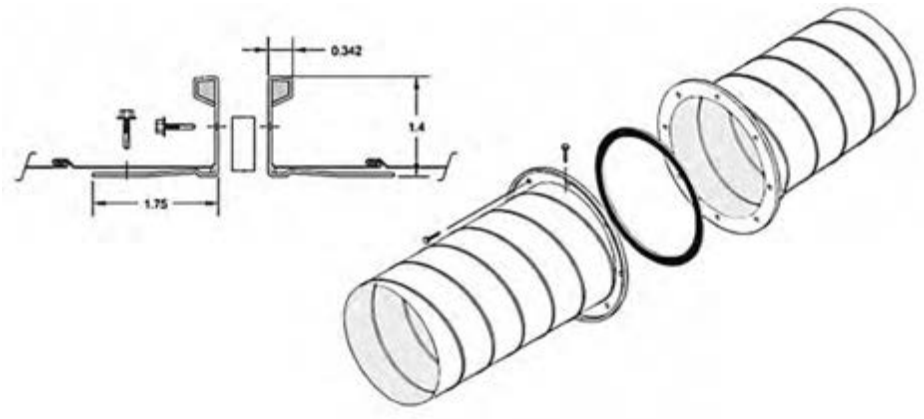
شکل ۲۳

■ **مغزی:** قطعه‌ای است که در داخل دهانه دو کانال گرد که قرار است به هم متصل شوند، قرار گرفته و جا می‌افتد. برای تثبیت آنها در محل خود، از پیچ‌های سرمته‌ای یا پیچ ورق استفاده می‌شود. استفاده از مغزی یا کوپلینگ ممکن است در سایزهای مشخصی الزامی‌باشد (شکل ۲۴).



شکل ۲۴

■ **اتصال فلنجی کانال‌های گرد:** در کانال‌های گرد و اسپیرال، برای اتصال شاخه‌های کانال یا اتصال کانال به فیتینگ‌ها (مانند زانویی و تبدیل)، از فلنج‌های حلقوی پیش‌ساخته استفاده می‌شود (شکل ۲۵).



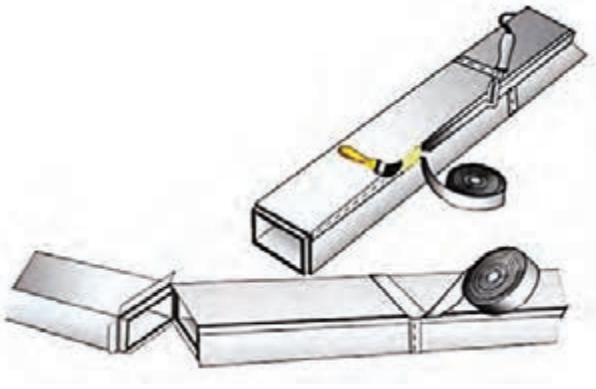
شکل ۲۵

مراحل اتصال:

- **جا زدن فلنج:** انتهای داخلی فلنج (۱ و ۳) درون دهانه کانال قرار گرفته و دور تا دور آن به‌وسیله پیچ‌های سرمته‌ای ورق‌کاری (با فواصل استاندارد) به جدار کانال محکم و تثبیت می‌شود.
- **درزبندی:** به منظور جلوگیری از نشت جریان هوا، یک لایه گسکت، درزبند، از جنس نئوپرن یا لاستیک بوتیل بین لبه‌های پیشانی دو فلنج قرار می‌گیرد.
- **مونتاژ نهایی:** در نهایت، با بستن پیچ و مهره‌های محیطی فلنج، دو قطعه به یکدیگر فشرده شده و اتصالی صلب، مقاوم و با هوابند کامل تشکیل می‌دهند.

درزبندی کانال

سوراخ‌ها، درزهای سطوح کانال‌ها، پلنوم‌ها و محفظه‌های هوا به کمک چسب، واشر، نوارچسب، خمیر، ماستیک و لحیم‌کاری یا ترکیبی از این روش‌ها درز بندی می‌شوند. برای هوابند نمودن و درزگیری محل اتصال کانال‌ها به همدیگر یا اتصال کانال‌ها به فیتینگ‌ها از خمیر درزگیر یا نوارهای مخصوص استفاده می‌شود. برای درزبندی فلنج‌های کانال‌کشی می‌توان از انواع واشرهای مقاوم به حریق استفاده کرد. ماستیک غلیظ برای پرکردن درزها، بین شیارها و فلنج‌ها مناسب است.



شکل ۲۶

توجه

مطابق نشریه شماره ۳ـ ۱۲۸ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور درزبندی کانال هوا باید به ترتیبی باشدکه مقدار نشت هوا، در یک سیستم کانال‌کشی، از ۵ درصد کل هوای سیستم کمتر باشد.

جست‌وجو کنید

هنرجویان عزیز با راهنمایی گرفتن از هنرآموز محترم خود و اینترنت پاسخ موارد زیر را جست‌وجو و نتیجه را در کلاس مورد بحث وگفت‌وگو قرار دهید.

- پیامدهای فنی و اقتصادی نشت هوا از درزهای کانال
- روش‌ها و مواد درزبندی در کانال‌های هوا
- ویژگی ساختاری و ایمنی واشرهای محل اتصالات فلنجی

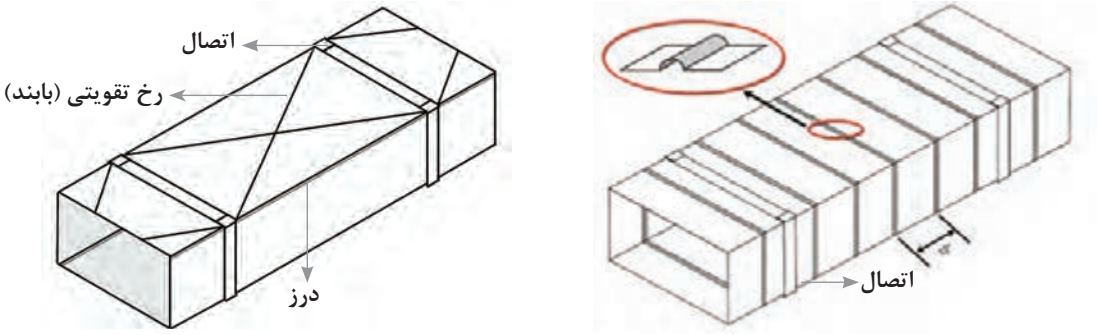
نتیجه .....

.....

.....

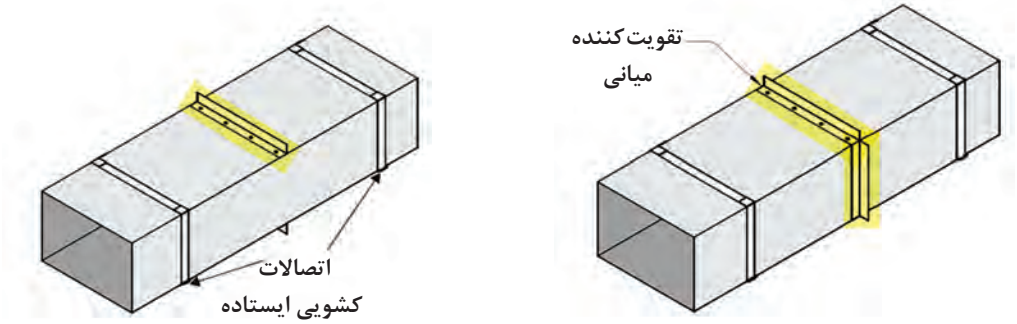
بادبند

برای جلوگیری از لرزش و صدای ناشی از جریان هوا درون کانال‌ها، بر روی سطوح پهن کانال خطوط ضربدری ایجاد می‌شود که به این روش بادبندزنی گویند.



شکل ۲۷

از روش‌هایی همچون تسمه‌کشی، برای تقویت کانال‌ها و جلوگیری از لرزش آنها نیز استفاده می‌شود. نحوه نصب تسمه‌ها یا پروفیل‌های تقویت‌کننده بر روی کانال‌های با عرض زیاد باید طبق استانداردهای فشاری انجام شود. در کانال‌های چهارگوش، برای اینکه ورق کانال بین دو اتصال ضعیف نشده یا در اثر فشار هوا، لرزش و ایجاد نشود و تغییر شکل ندهد، از تقویت‌کننده میانی استفاده می‌شود. سخت‌کاری روی سقف و کف کانال یا دور تا دور کانال، یعنی روی چهار وجه آن اجرا می‌شود (شکل ۲۸).



شکل ۲۸

پرسش کلاسی

هنرجویان عزیز با راهنمایی هنرآموز محترم موارد زیر را مورد بحث و گفت‌وگو قرار دهید و نتیجه را بنویسید.

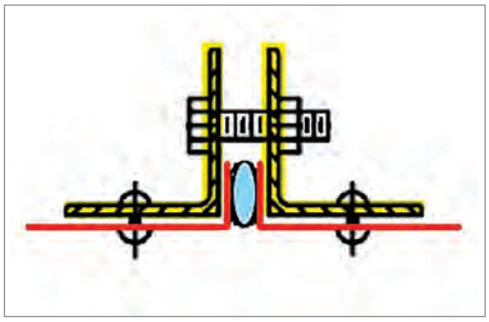
- چرا ایجاد خطوط ضربدری روی سطح پهن کانال، لرزش و صدای ناشی از جریان هوا را کم می‌کند.
- در کانال چهارگوش، تقویت‌کننده میانی در چه قسمت‌هایی نصب می‌شود و چه اثری بر استحکام کانال دارد.

نتیجه .....

.....

زواربندی

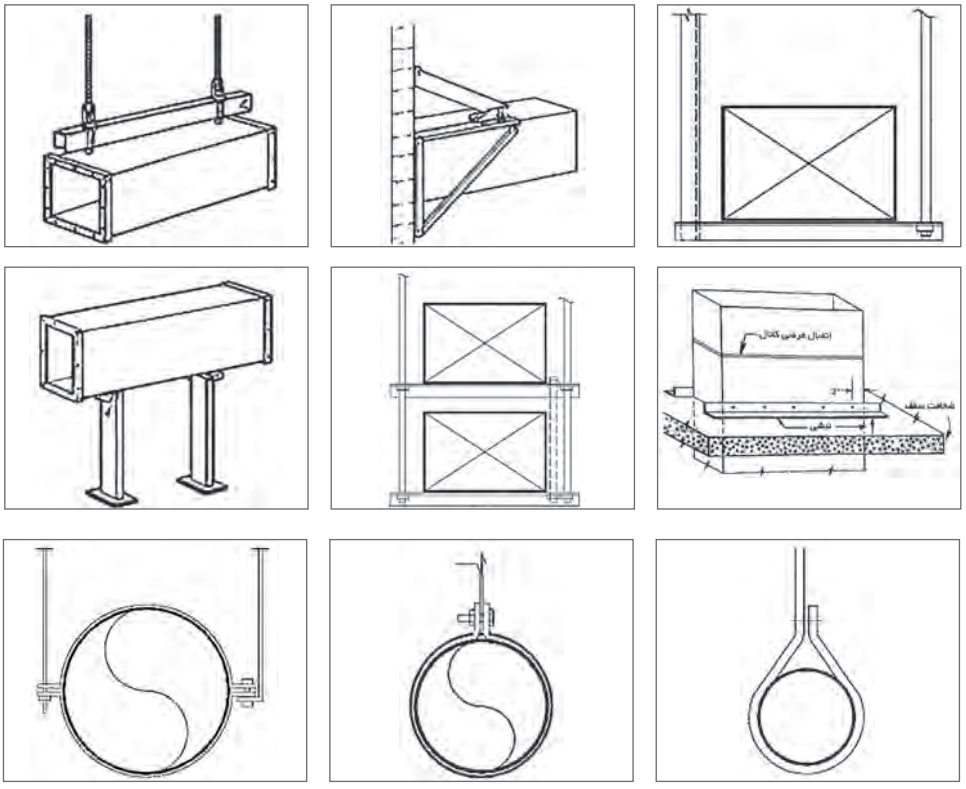
برای بالا بردن استحکام محل اتصال، در لبه دو قطعه کانال یا اتصال، نبشی جفتی نصب نموده و بین آنها واشر آب‌بندی گذاشته تا هم اتصال محکم شود و هم هوابندی مناسب ایجاد گردد. نبشی‌ها به بدنه کانال با پرچ یا پیچ یا خال‌جوش متصل شده و دو طرف اتصال با پیچ و مهره به همدیگر بسته می‌شوند (شکل ۲۹).



شکل ۲۹

تکیه‌گاه (Support)

آویز و بست باید به‌ترتیبی ساخته و نصب شود که کانال را به‌طور اطمینان بخش در وضعیت و موقعیت معین نگهدارد. فاصله ساپورت‌ها تابع وزن کانال، ابعاد، ضخامت ورق، عایق و نوع لرزش است. در مسیرهای طولانی نیز باید انبساط حرارتی و امکان حرکت جزئی کانال در نظر گرفته شود. آویز و بست از تسمه، میلگرد، نبشی و ناودانی فولادی ساخته می‌شوند. در شکل ۳۰ انواع ساپورت کانال‌ها نشان داده شده است.

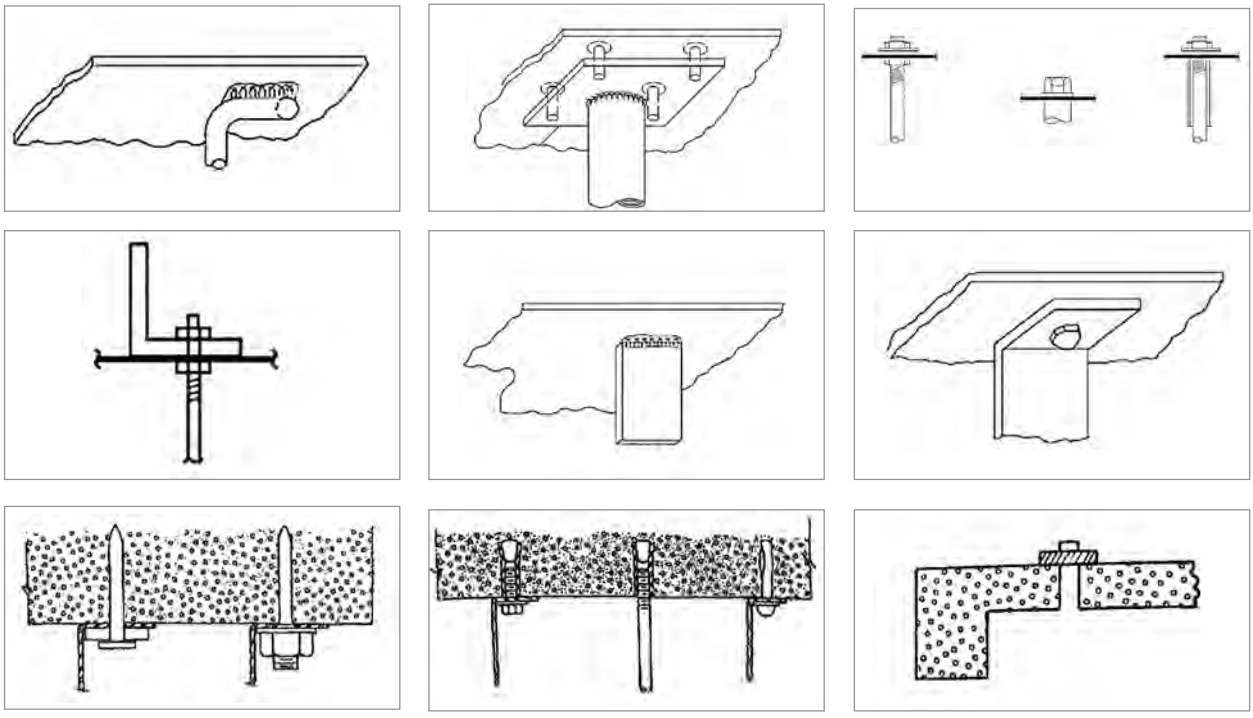


شکل ۳۰

توجه

در صورتی که هوای محیط مرطوب باشد، اجزای آویز و بست باید گالوانیزه انتخاب شوند.

اتصال تکیه‌گاه افقی کانال به اجزای ساختمان از دو طرف توسط میلگرد، نبشی، تسمه، پیچ انبساطی، رول بولت و یا انکربولت انجام می‌شود. در شکل ۳۱ انواع روش‌های اتصال ساپورت کانال‌های افقی به اجزای ساختمان نشان داده شده است.



شکل ۳۱

انکر بولت، رول بولت و پیچ انبساطی

انکربولت[۱]، هر نوع قطعه‌ای که برای اتصال سازه‌ها به سطوح استفاده می‌شود، انکر بولت نام دارد. انکر بولت‌ها به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

- **انکر مکانیکی:** با فشار مکانیکی در سوراخ بتن محکم می‌شود.
- **انکر شیمیایی:** با استفاده از مواد چسبنده در سوراخ بتن چسبانده می‌شود.

رول بولت[۲]، رایج‌ترین نوع انکر بولت مکانیکی است که در ایران به این نام شناخته می‌شود. مکانیزم آن انبساطی است. وقتی مهره بالای رول بولت را سفت می‌کنید، قطعه مخروطی انتهای آن به سمت بالا کشیده می‌شود و غلاف (بوش) فلزی را به دیواره سوراخ بتن فشار می‌دهد.

پیچ انبساطی[۳]، این پیچ‌ها دارای باله‌های تاشو هستند که پس از ورود به فضای پشت دیوار باز می‌شوند و پشت سطح تکیه می‌کنند. گاهی به همان رول‌بولت‌های ساده نیز پیچ انبساطی گفته می‌شود، چون با مکانیزم باز شدن کار می‌کنند.

۱_ Anchor Bolt ۲_ Roll Bolt ۳_ Expansion Bolt

در جدول ۶ مقایسه بین آن‌ها آورده شده است.

جدول ۶

ویژگی	رول بولت	انکر بولت	پیچ انبساطی
کاربرد اصلی	بتن مسلح، کف و ستون	ستون‌های فلزی و دیوار	دیوارهای توخالی
مکانیزم	اصطکاک (انبساطی)	مکانیکی یا شیمیایی	تکیه‌گاه پشت سطح
دقت	نیاز به سوراخ‌کاری دقیق	طراحی بر اساس نوع بار	برای بارهای سبک تا متوسط

در شکل ۳۲ بولت، رول بولت، انکربولت و پیچ انبساطی نشان داده شده است.



رول بولت — انکربولت — پیچ انبساطی

شکل ۳۲

در جدول ۷، اندازه تسمه و میلگرد برای آویز کانال چهارگوش داده شده است.

جدول ۷

حداکثر بار وارده مجاز بر تک آویز			
تسمه		میلگرد	
ابعاد mm	جرم kg	قطر mm	جرم kg
۲۵ × ۰/۸	۱۲۰	۴	۳۵
۲۵ × ۱	۱۵۰	۵	۷۰
۲۵ × ۱/۲۵	۱۹۰	۶	۱۲۰
۲۵ × ۱/۵	۳۲۰	۸	۳۱۰
۴۰ × ۱/۵	۵۰۰	۱۲	۵۶۰
		۱۵	۹۰۰
		۱۸	۱۳۵۰

در جدول ۸ اندازه میلگرد و تسمه برای آویز کانال گرد داده شده است.

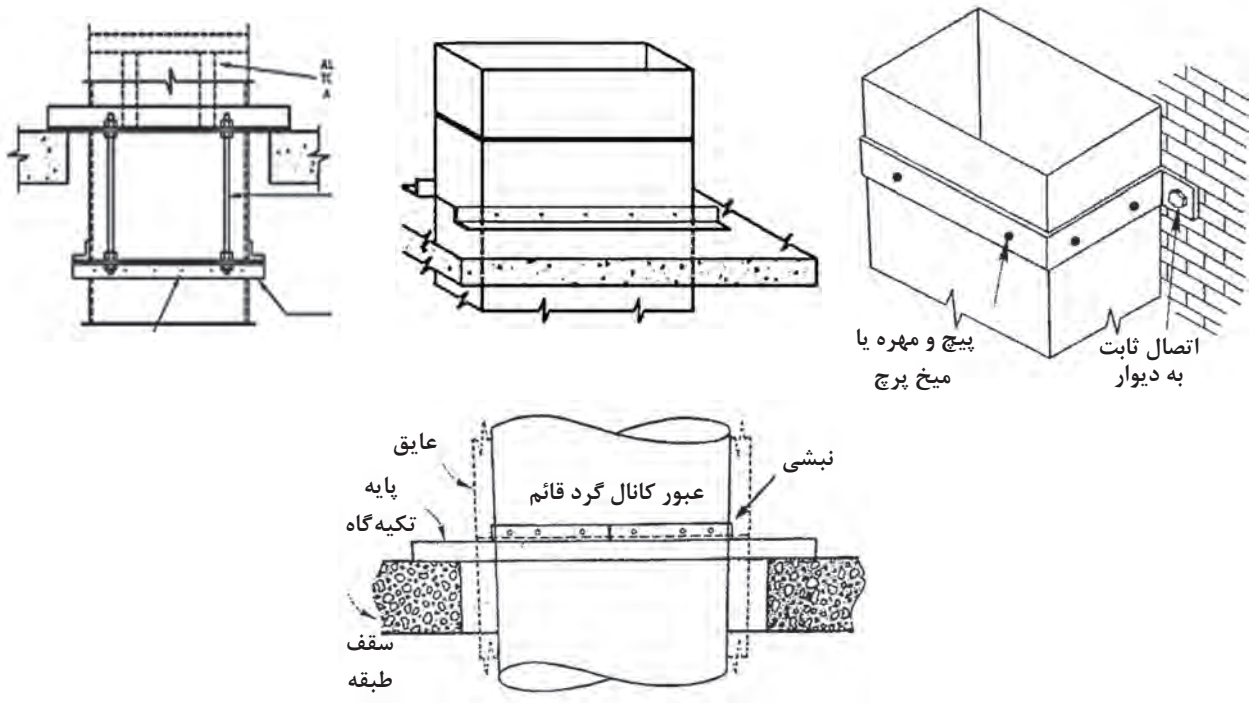
جدول ۸

قطر کانال mm	اندازه میلگرد آویز mm		اندازه تسمه mm
کمتر از ۲۵۰	تک آویز	۶	۲۵ × ۰/۸
۲۵۰ تا ۴۵۰			۲۵ × ۰/۸
۴۵۰ تا ۶۰۰			۲۵ × ۰/۸
۶۰۰ تا ۹۰۰		۸	۲۵ × ۱
۹۰۰ تا ۱۲۵۰	جفت آویز	۸	۲۵ × ۱
۱۲۵۰ تا ۱۵۰۰			۲۵ × ۱/۲۵
۱۵۰۰ تا ۲۱۰۰			۲۵ × ۱/۵

نکته

حداکثر فاصله دو آویز برای کانال‌های گرد ۳/۵ متر است.

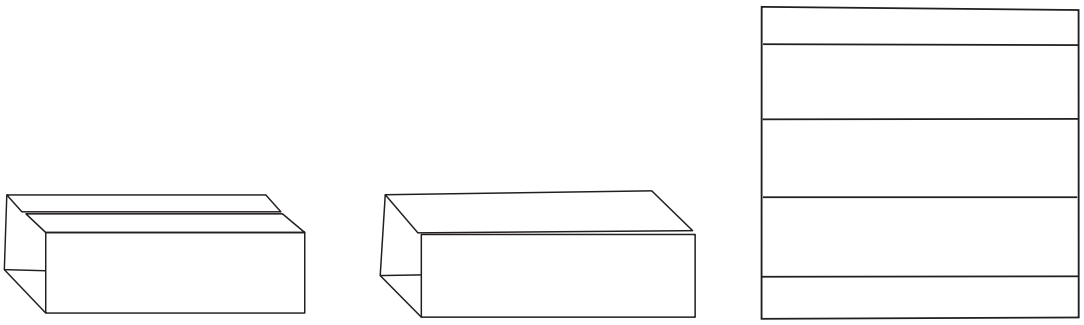
به شکل ۳۳ دقت کنید، برای استقرار کانال‌های عمودی، می‌توان تکیه‌گاه را هنگام عبور از سقف به آن متصل نموده یا به دیوار جانبی داکت متصل نمود.



شکل ۳۳

■ کانال چهارگوش

هنگام ساخت کانال‌های چهارگوش، درز کانال در وسط یکی از سطوح جانبی آن یا در گوشه کانال قرار گیرد. پس از محاسبه محیط ورق و اضافه نمودن مقدار پیچک، ورق را برش داده، بعد از فرم دادن پیچک به هم متصل می‌شود. در ۳۴ مراحل ساخت کانال چهارگوش نشان داده شده است.

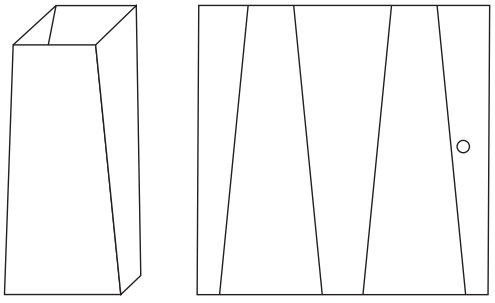


(۱) خط‌کشی و برش　(۲) خم‌کاری　(۳) پیچک زدن

شکل ۳۴

■ کانال یک طرف مربع، یک طرف مستطیل:

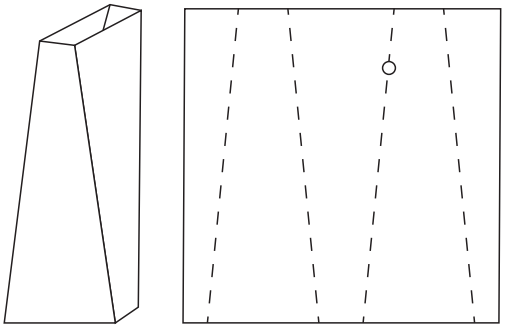
همانند کانال مربع یا مستطیل انجام می‌شود با این تفاوت که سطح مقطع دو طرف کانال با یکدیگر یکسان نیستند. درز در وسط پهلوی کوچک واقع شده و در شکل ۳۵ گسترده آن نشان داده شده است.



شکل۳۵

■ کانال دو طرف مستطیل با ۹۰ درجه تغییر جهت:

مانند کانال چهارگوش انجام می‌شود. در شکل ۳۶ گسترده آن نشان داده شده است.



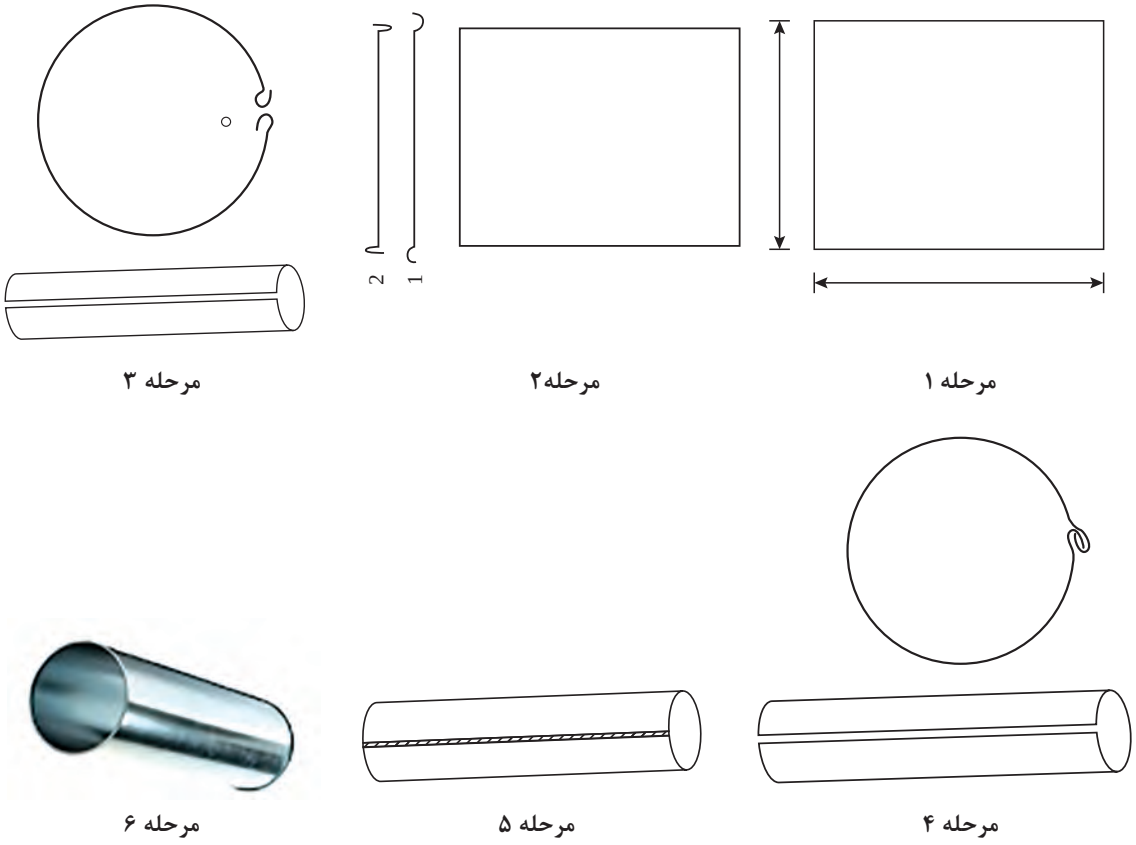
شکل۳۶

■ **کانال روباز:** از کانال‌های روباز به‌عنوان سینی یا درپوش در کارهای مختلف استفاده می‌شود. در شکل ۳۷ چند نمونه از آنها نشان داده شده است.



شکل ۳۷

■ **کانال گرد:** برای ساخت کانال گرد با هر قطری، ابتدا باید محیط لوله را محاسبه و سپس ورق را برش داده و رول‌کاری و دو لبه را توسط پیچک به هم متصل نمود. برای ایجاد پیچک لبه‌های کانال باید مقدار ورق مورد نیاز درز اتصال در سمت چپ و راست به ورق اضافه شود. در شکل ۳۸ مراحل ساخت کانال استوانه‌ای نشان داده شده است.



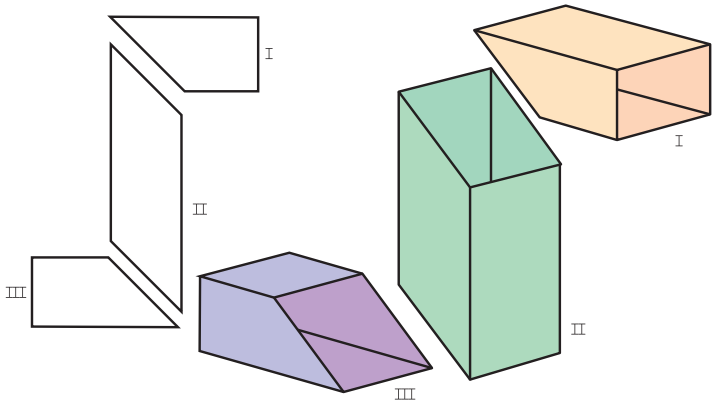
مرحله ۱ مرحله۲ مرحله ۳

مرحله ۴ مرحله ۵ مرحله ۶

شکل ۳۸

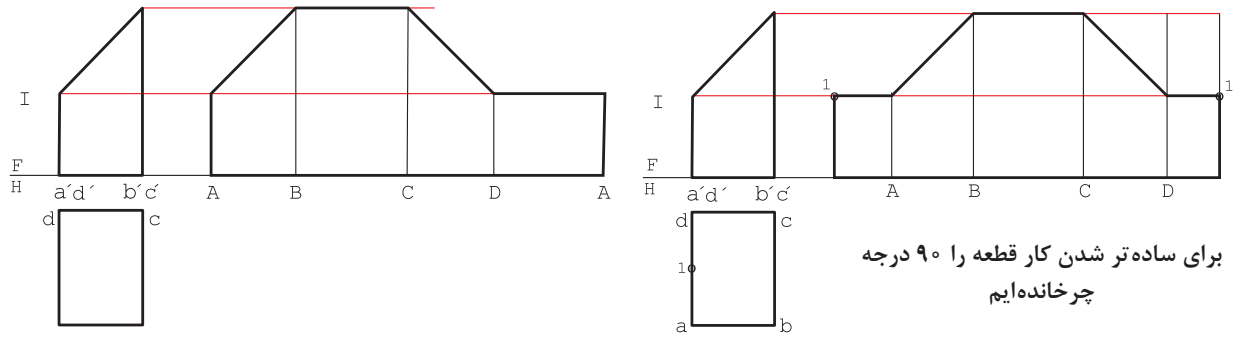
گسترش کانال ساده

کانال‌های چهارگوش مربعی یا مستطیلی شکل را می‌توان به صورت‌های روبه‌رو گسترش داد. کانال شکل ۳۹ از سه قسمت تشکیل شده است.



شکل ۳۹

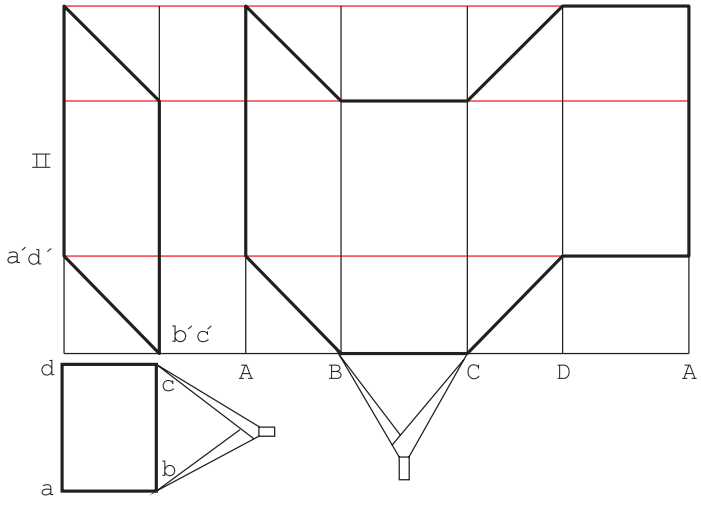
دو قسمت مشابه را می‌توان با خط برش روی یال A یا با خط برش در وسط یال‌های A و D گسترش داد (شکل ۴۰).



شکل ۴۰

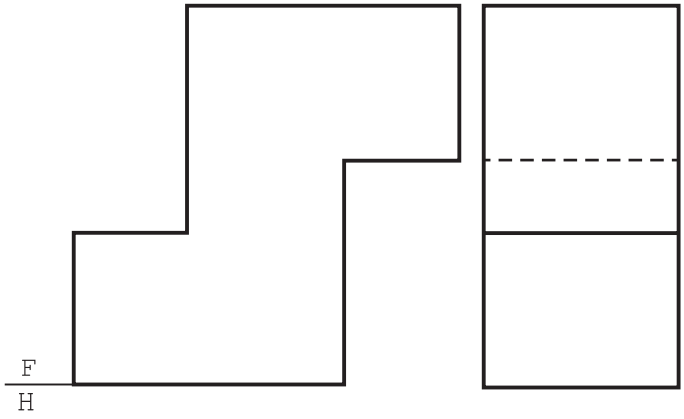
برای ساده‌تر شدن کار قطعه را ۹۰ درجه چرخانده‌ایم

گسترش قسمت ۲ را می‌توان مطابق شکل ۴۱ انجام داد.



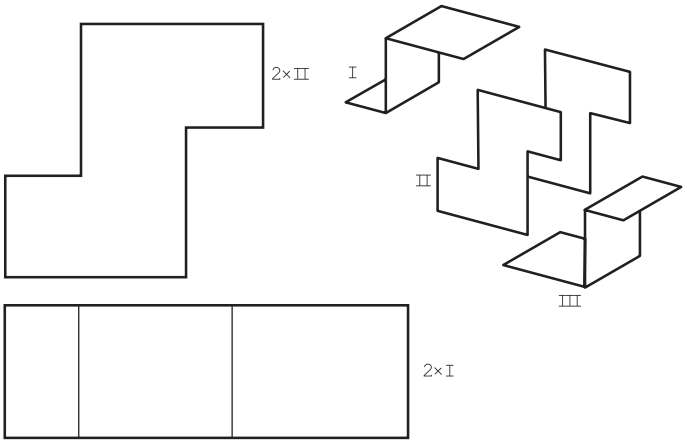
شکل ۴۱

در روش دیگر می‌توان بدنه را به دو قسمت شبیه به هم تجزیه نمود (شکل ۴۲).



شکل ۴۲

گسترش آن به‌صورت شکل ۴۳ می‌باشد.

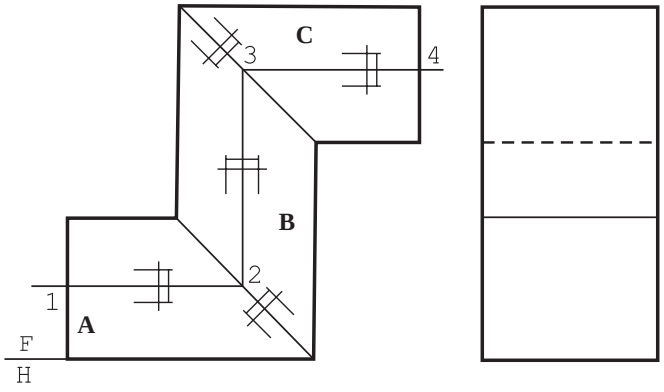


شکل ۴۳

توجه

نقشه حقیقی باید شامل لبه‌های اضافی برای اتصال هم باشد.

در شکل ۴۴ یک کانال که از سه قسمت A و B و C ساخته شده و درزهای اتصال با خطوط ۲ و ۱، ۳ و ۲، ۴ و ۳ با علامت اتصال نشان داده شده است.



شکل ۴۴

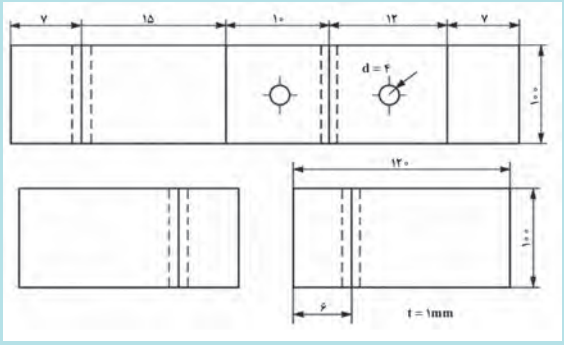
کارگاهی

ساخت درز اتصال قفل‌شونده با شیار ایستاده



مراحل انجام کار

- خط‌کشی، برش و آماده‌سازی لبه‌ها طبق نقشه
- شکل‌دهی قلاب‌ها با دستگاه خم‌کن و چکش لاستیکی به‌شکل U به عمق ۷ میلی‌متر
- ایجاد درز شیار ایستاده با لبه‌های برگردان به اندازه ۶ میلی‌متر
- سوراخ‌کاری درز شیار ایستاده
- جا زدن و درگیرکردن قلاب‌های درز شیار ایستاده در تمام طول اتصال
- ثابت نمودن اتصال با میخ‌پرچ چکشی سایز ۴ میلی‌متر



وسایل و تجهیزات

در جدول روبه‌رو ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی و دستکش استفاده نمایید.
- کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- در صورت بروز هر نوع حادثه‌ای سریعاً به هنرآموز یا مسئول کارگاه اطلاع دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه جداً خودداری نمایید.
- از گذاشتن سوزن خط‌کش در جیب لباس کار خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

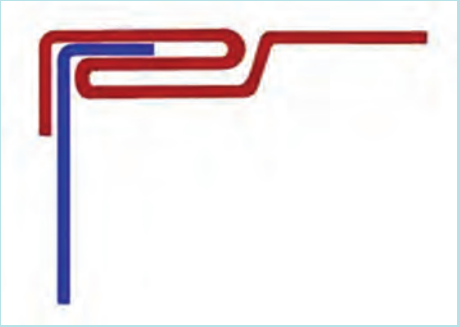
- استفاده از ورق‌های فلزی را مدیریت کنید.
- پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

کارکارگاهی

ساخت کانال چهارگوش مستطیل

کانال فلزی به ابعاد ۳۰۰ × ۱۵۰ × ۲۵۰ mm





مراحل انجام کار

- محاسبه سطح ورق مورد نیاز
- اضافه نمودن اندازه پیچک به عرض ورق
- انتقال اندازه‌ها روی ورق
- برش ورق
- خم‌کاری ورق از محل‌های خط‌کشی شده
- ایجاد درز اتصال نشان داده شده در دو گوشه درز طولی کانال
- کوبیدن درز اتصال با قالب تنه یا قالب فرنگی پیچ
- زواربندی دهانه‌ها با نبشی ۳۰ میلی‌متر

وسایل و تجهیزات

در جدول روبه‌رو ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید. سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی و دستکش استفاده نمایید.
- کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- در صورت بروز هر نوع حادثه‌ای سریعاً به هنرآموز یا مسئول کارگاه اطلاع دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه جداً خودداری نمایید.
- از گذاشتن سوزن خط‌کش در جیب لباس کار خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- استفاده از ورق‌های فلزی را مدیریت کنید.
- پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

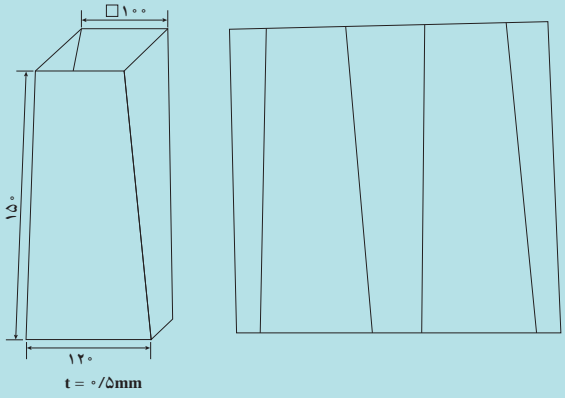
کارکارگاهی

■ **ساخت کانال چهارگوش مطابق شکل**

■ **مراحل انجام کار**

- □ محاسبه سطح ورق مورد نیاز
- □ اضافه نمودن اندازه پیچک به عرض ورق
- □ انتقال اندازه‌ها روی ورق
- □ برش ورق
- □ خم‌کاری ورق از محل‌های خط‌کشی شده
- □ تا کردن لبه‌های ورق برای زدن پیچک کشویی
- □ ایجاد پیچک کشویی
- □ کوبیدن پیچک با قالب

■ **توجه** : درز کانال را در وسط یکی از سطوح جانبی کانال قرار دهید.



■ **وسایل و تجهیزات**

در جدول روبه‌رو ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید. سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- □ از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی و دستکش استفاده نمایید.
- □ کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- □ در صورت بروز هر نوع حادثه‌ای سریعاً به هنرآموز یا مسئول کارگاه اطلاع دهید.
- □ از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه جداً خودداری نمایید.
- □ از گذاشتن سوزن خط‌کش در جیب لباس کار خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

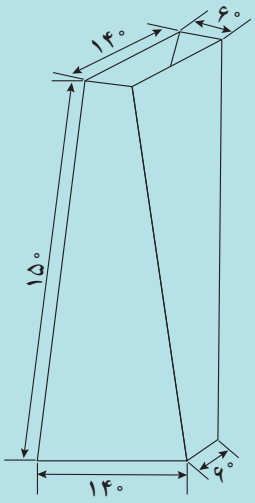
- □ استفاده از ورق‌های فلزی را مدیریت کنید.
- □ پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

کارکارگاهی

ساخت کانال چهارگوش مطابق شکل

مراحل انجام کار

- محاسبه سطح ورق مورد نیاز
- اضافه نمودن اندازه پیچک به عرض ورق
- انتقال اندازه‌ها روی ورق
- برش ورق
- خم‌کاری ورق از محل‌های خط‌کشی شده
- تا کردن لبه‌های ورق برای زدن پیچک کشویی
- ایجاد پیچک کشویی
- کوبیدن پیچک با قالب
- **توجه :** درز کانال را در وسط یکی از سطوح جانبی کانال قرار دهید.



t = ۰/۷۵ mm

وسایل و تجهیزات

در جدول روبه‌رو ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید. سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی و دستکش استفاده نمایید.
- کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- در صورت بروز هر نوع حادثه‌ای سریعاً به هنرآموز یا مسئول کارگاه اطلاع دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه جداً خودداری نمایید.
- از گذاشتن سوزن خط‌کش در جیب لباس کار خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- استفاده از ورق‌های فلزی را مدیریت کنید.
- پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

کارکارگاهی

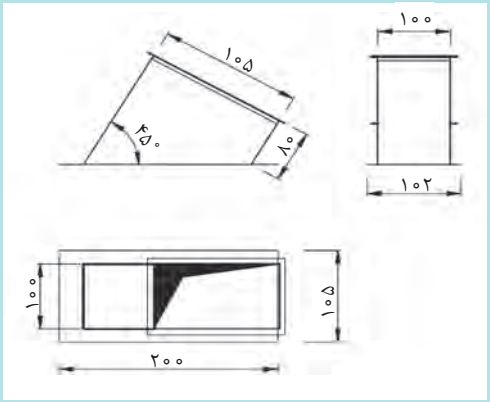
■ **ساخت کانال چهارگوش مستطیل مطابق نقشه**

■ **مراحل انجام کار**

- □ محاسبه سطح ورق مورد نیاز
- □ اضافه نمودن اندازه۲ عدد پیچک به عرض ورق
- □ انتقال اندازه‌ها روی ورق
- □ برش ورق
- □ خم‌کاری ورق از محل‌های خط‌کشی شده
- □ ایجاد پیچک کشویی در دو درز طولی کانال
- □ کوبیدن پیچک‌ها با قالب
- □ زواربندی دهانه کانال با نبشی ۳۰ میلی‌متر
- □ برگرداندن لبه سطح مقطع کانال به اندازه ۹۰ درجه
- □ اتصال کانال به کفی با نقطه جوش

■ **توجه :** درز کانال را در وسط یکی از سطوح جانبی کانال قرار دهید.





■ **وسایل و تجهیزات**

در جدول روبه‌رو ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید. سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- □ از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی و دستکش استفاده نمایید.
- □ کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- □ در صورت بروز هر نوع حادثه‌ای سریعاً به هنرآموز یا مسئول کارگاه اطلاع دهید.
- □ از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه جداً خودداری نمایید.
- □ از گذاشتن سوزن خط‌کش در جیب لباس کار خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- □ استفاده از ورق‌های فلزی را مدیریت کنید.
- □ پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

ارزشیابی شایستگی ساخت کانال

نام و نام خانوادگی						
کد حرفه	۷۲۱۳۱۲	حرفه	ورق‌کاران (فلزات)	شماره ملی		تاریخ ارزشیابی:
کد وظیفه شغل	۷۲۱۳۱۲۰۳	وظیفه شغل	فرم‌دهی ورق‌های فلزی	کدپیمانه/پودمان	۷۲۱۳۱۲۰۳۴	استاندارد عملکرد:
کد کار	۷۲۱۳۱۲۰۳۴۱	کار	ساخت کانال	سطح صلاحیت	L2	ساخت کانال‌هوا با ورق فلزی برابر نقشه با رعایت نکات فنی و ایمنی
				سطح شایستگی	مهارت	

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده‌سازی	قیچی، خط‌کش فلزی، سوزن خط‌کش، نقشه کار، متر، کولیس، پرگار فلزی، دستکش، عینک و لباس کار . زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، نقشه، آزمون عملکردی	انتخاب ابزار با توجه به نقشه	۳	
				پیاده‌سازی نقشه روی ورق، برش ورق برابر نقشه	۲	
				ناتوانی در پیاده‌سازی نقشه یا برش ورق	۱	
۲	ساخت کانال	خم‌کن، نورد، چرخ ورق‌کاری، نقشه کار و متر. زمان: دو ساعت	مشاهده کار، آزمون عملکردی	ساخت کانال گرد برابر نقشه	۳	
				ساخت کانال مستطیلی برابر نقشه	۲	
				ناتوانی در ساخت کانال	۱	
۳	کنترل نهایی	خط‌کش فلزی، نقشه کار، متر، کولیس، گونیا و سوهان. زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، آزمون عملکردی	کنترل کیفی ورق و کنترل استحکام درز به لحاظ نشتی برابر دستورالعمل	۳	
				کنترل ابعادی ورق برابر نقشه	۲	
				ناتوانی درکنترل ابعادی	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش		دقت در اتصال محکم و بدون نشت درز کانال، دفع دورریز در بخش بازیافت، مدیریت مواد و تجهیزات(N۶۶)، به‌کارگیری دستکش و لباس کار، عینک		رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش)	۲	
				عدم رعایت موارد ایمنی	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐ خیر ☐	

توضیحات:

۱ـ معیار شایستگی انجام کار:

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲

ساخت اتصالات کانال

آیا تابه‌حال پی برده‌اید؟

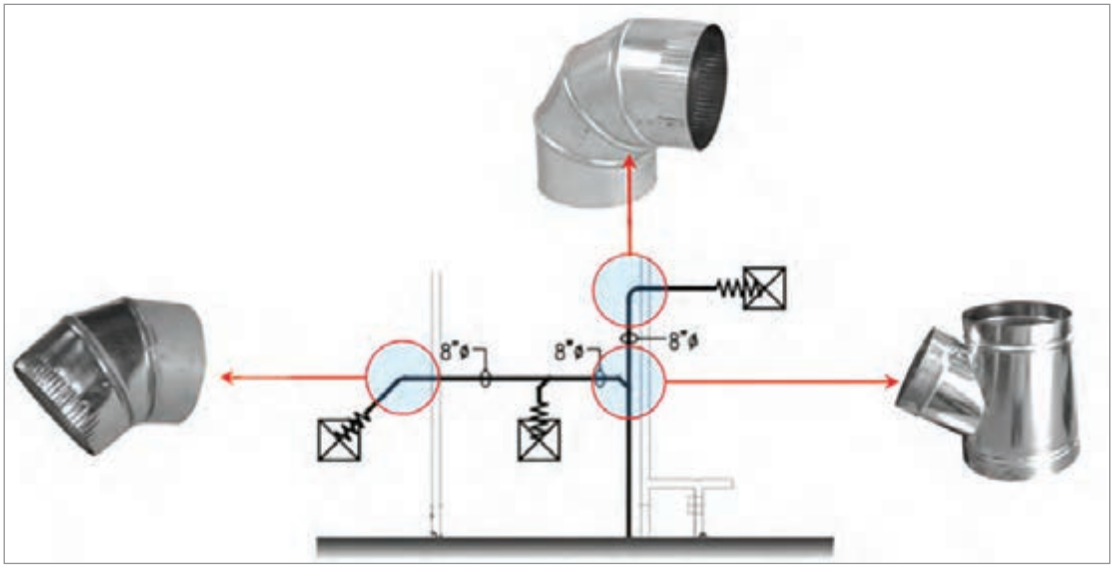
- در ساخت اتصالات کانال هوا، خطا در اندازه‌گیری می‌تواند باعث نشتی هوا و کاهش راندمان سیستم شود.
- می‌توان از روی نقشه، محل دقیق برش‌ها، خم‌ها و اتصال انشعاب به کانال اصلی را تعیین کرد.
- انتخاب نوع اتصال مناسب، در عملکرد درست شبکه کانال‌کشی اهمیت دارد.
- می‌توان لبه‌های ورق فلزی را به‌گونه‌ای خم، قفل یا پرچ کرد که اتصال محکم، یکنواخت و بدون نشتی ایجاد شود.
- هنگام برش، خم‌کاری و نصب اتصالات کانال هوا، باید نکات ایمنی رعایت شود تا از بروز حوادث جلوگیری شود.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود، ساخت انشعاب‌ها و اتصالات کانال‌هوا با ورق فلزی و نصب آنها برابر نقشه با رعایت نکات فنی و ایمنی را بدون نقص انجام دهند.

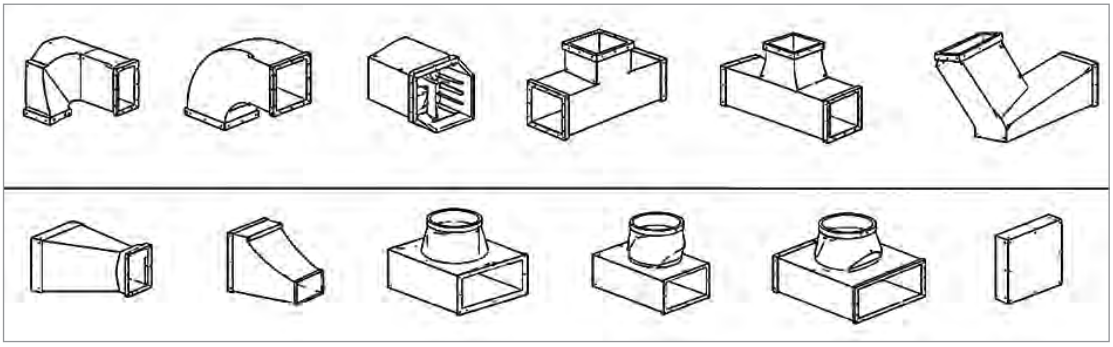
اجزای کانال‌کشی

در کانال‌کشی اجزایی همانند زانو، خم، دوخم، سه‌راه، چهارراه، تبدیل، دریچه دسترسی، کویل در کانال، دریچه‌های[1] تنظیم، جریان هوا، دمپرهای آتش و دود، محفظه هوا، قطعه‌های قابل انعطاف، غلاف و سینی قطره گیر به‌کار می‌روند. ورق مورد استفاده برای ساخت اتصال باید از همان جنس باشد که برای ساخت کانال استفاده می‌شود. ساخت و نصب اجزای کانال‌کشی باید طوری باشد که جریان هوا در داخل کانال را تسهیل کند. برای تغییر مسیر، تغییر سایز کانال‌ها از انواع اتصال نشان داده شده در شکل ۴۵ استفاده می‌شود.



شکل ۴۵

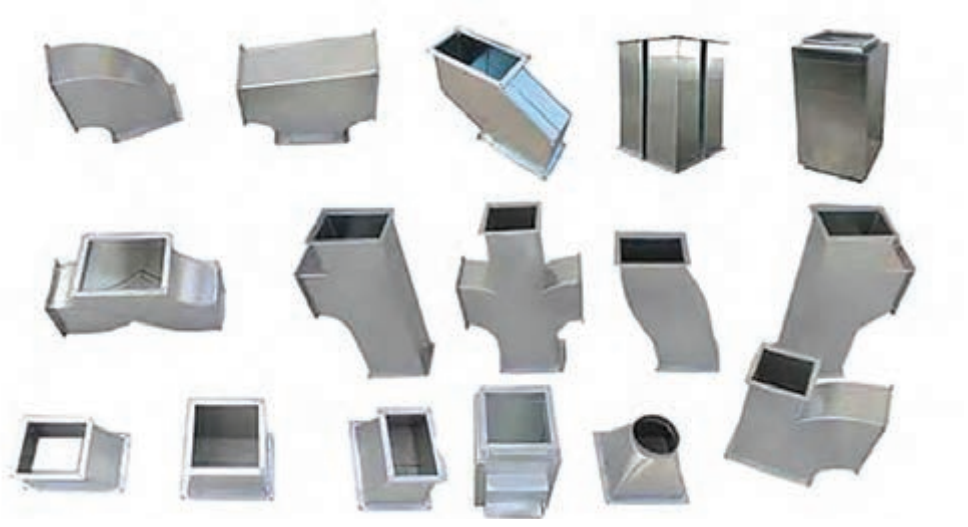
اتصالات معمولاً از چندین قطعه ورق تشکیل می‌شوند که ابتدا باید از ورق خام بریده شده و سپس به شکل نهایی ساخته می‌شوند. در شکل ۴۶ چند نمونه اتصال کانال‌ها آورده شده است.



شکل ۴۶

۱ـ Damper

در شکل ۴۷ نمونه‌هایی دیگر از اتصالات کانال‌ها آورده شده است.



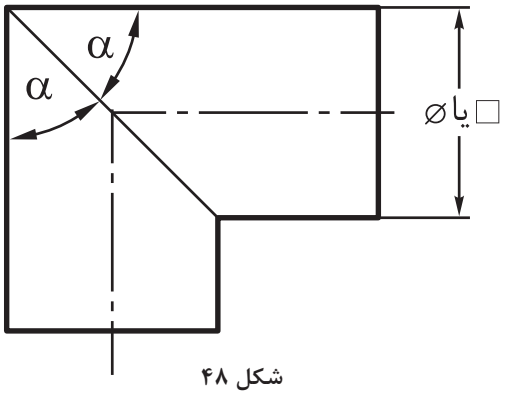
شکل ۴۷

زانوها و خم‌ها

زانو از دو استوانه یا منشور تحت زاویه مشخص ساخته می‌شود که برای هماهنگی دهانه‌ها و تساوی آنها باید α یعنی زاویه برش، در هر دو یکسان باشد. در یک زانوی قائم (۹۰) دوتکه، زاویه کل از مجموع زوایای برش به‌دست می‌آید:

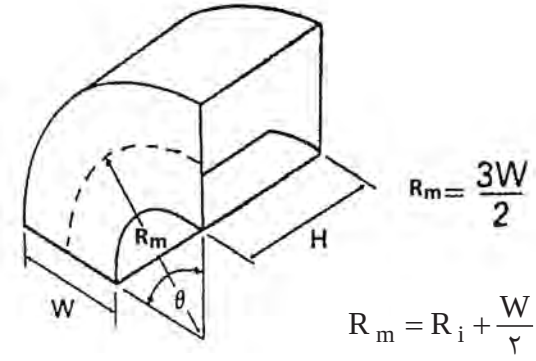
زاویه کل $=2\alpha=90^{\circ}$

در کانال‌سازی با ورق گالوانیزه، این قطعات پس از برش و گسترش، با استفاده از اتصالات مکانیکی به یکدیگر مونتاژ و هوابندی می‌شود (شکل ۴۸).



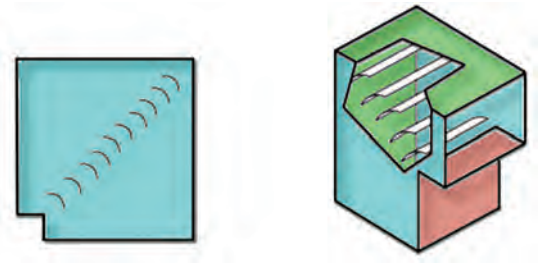
شکل ۴۸

زانو در کانال‌کشی برای تغییر مسیر استفاده می‌شود. زانوها با زوایای متفاوت و به‌صورت شعاع زیاد و شعاع کم و همچنین با تیغه‌های هدایت‌کننده هوا و یا بدون تیغه طراحی و ساخته می‌شوند. زانوها و خم‌ها باید تا حد ممکن به‌صورت زاویه شعاعی باشند. در زانوها و خم‌های دوردار، شعاع دایره‌ای که از وسط ضلع کانال می‌گذرد نباید کمتر از ۱/۵ برابر طول این ضلع باشد (شکل ۴۹).



شکل ۴۹

در صورت استفاده از زانوها و خم‌های گوشه‌دار و بدون دور، زانوها و خم‌ها باید با نصب تیغه‌های هدایت‌کننده هوا ساخته شود. شکل منحنی تیغه‌های هدایت‌کننده باید متناسب با وضعیت واقعی دو دهانه ورود و خروج باشد. هنگامی که داخل زانو از پره‌های هدایتی استفاده شود، هوا با جریان آرام‌تری تغییر مسیر می‌دهد. زانویی پره‌دار درکانال هوای رفت استفاده می‌شود. پره‌های هدایتی، مدل‌های مختلف مانند پره تک‌جداره، پره دوجداره و پره دوجداره آکوستیک دارند (شکل ۵۰).



شکل ۵۰

■ شعاع قوس اتصالات کانال

در جدول ۹ مشخصات شعاع قوس در یک زانوی با تغییر جهت ۴۵ یا ۹۰درجه آورده شده است.

جدول ۹

نماد	شرح
W	عرض کانال در صفحه خم یا پهنای کانال در جهت انحنا
R_m	شعاع خط مرکزی یا فاصله مرکز چرخش تا محور تقارن کانال
R_i	شعاع داخلی یا فاصله مرکز چرخش تا جداره داخلی
R_o	شعاع خارجی یا فاصله مرکز چرخش تا پشت کانال

روابط هندسی میان این پارامترها عبارتند از:

$$R_m = R_i + \frac{W}{۲}$$

$$R_o = R_i + W$$

حالت‌های مختلف فاصله شعاع قوس در زانوی ۹۰ یا ۴۵ درجه عبارتند از:

- ایده‌آل $R_i = W$ و شعاع مرکز برابر ۱/۵W
- رایج و اقتصادی $R_i = ۰/۵ \times W$
- حداقل فضا $R_i = ۰/۲۵W$

به طور مثال اگر عرض کانال $w = ۴۰۰mm$ باشد:

$R_i = ۴۰۰mm$

$R_m = ۶۰۰mm$

$R_o = ۴۰۰ + ۴۰۰ = ۸۰۰mm$

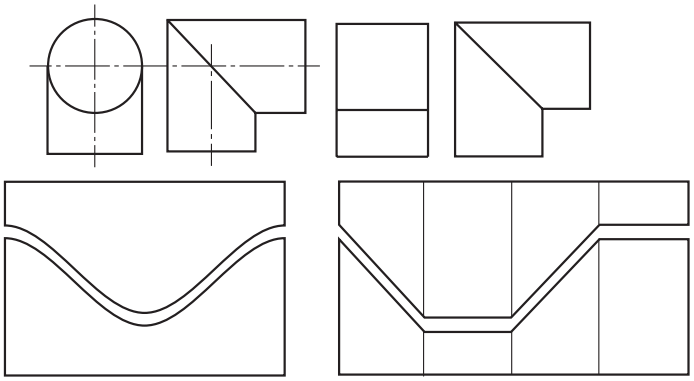
■ ترسیم روی ورق

- ☐ رسم دو خط عمود بر هم به اندازه w
- ☐ در نظر گرفتن محل تلاقی دو خط به عنوان مرکز پرگار
- ☐ ترسیم قوس با زاویه ۹۰ درجه به شعاع R_t
- ☐ ترسیم قوس بیرونی به شعاع R_h

توجه

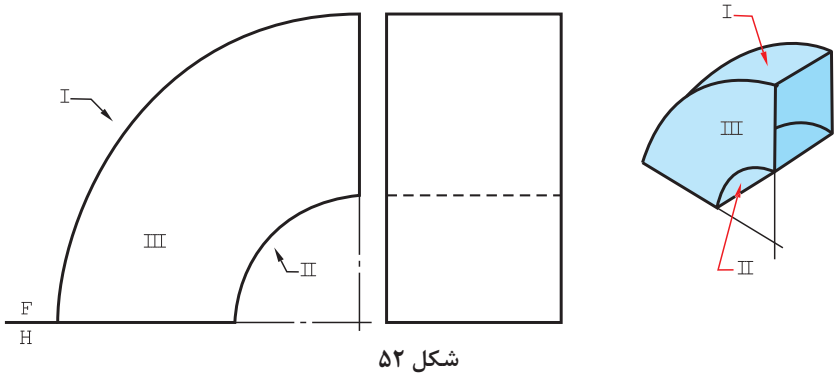
فاصله بین دو قوس در تمام طول زاویه ۹۰درجه دقیقاً برابر با W خواهد بود و لبه‌های اتصال (مغزی، فلنج، یا درز دوبل) به آن اضافه می‌شود.

در شکل۵۱ دو زانوی ۹۰ درجه، یکی با دهانه مربع و دیگری با دهانه دایره گسترش داده شده‌اند، که برای ساخت هرکدام به دو تکه مشابه نیاز است.



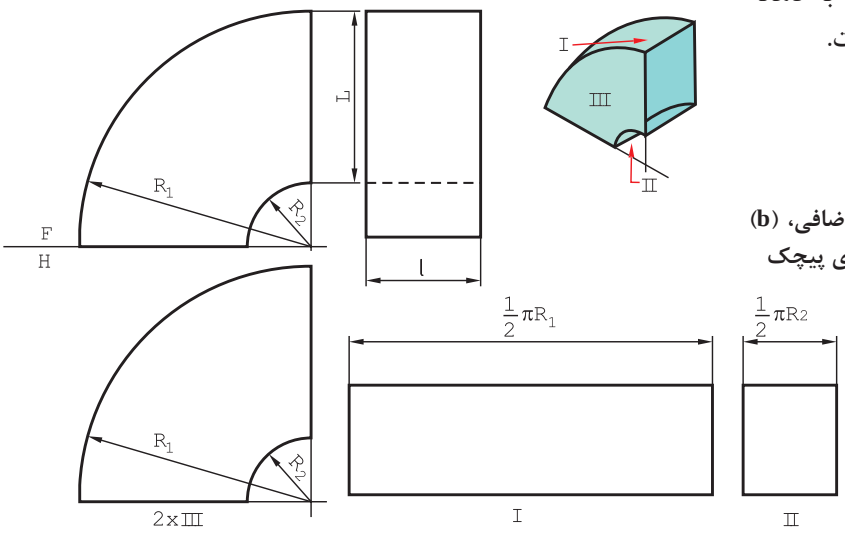
شکل ۵۱

در زانویی ۹۰ درجه چهارگوش تغییر مسیر جریان هوا به‌صورت تند و ناگهانی انجام می‌شود، اما در زانویی شعاعی ۹۰ درجه مسیر جریان هوا به‌صورت قوسی یا شعاعی تغییر جهت می‌دهد. شکل شعاعی زانویی جریان هوا را نرم‌تر عبور می‌دهد. زانویی شعاعی ۹۰ درجه نسبت به زانویی چهارگوش ۹۰ درجه هم‌اندازه، برای تغییر مسیر کانال فضای بیشتری را اشغال می‌کند. در شکل ۵۲ نمونه آن آورده شده است.



شکل ۵۲

در شکل ۵۳ گسترش زانو با دهانه مستطیل ترسیم شده است.



(a) بدون درنظر گرفتن لبه‌های اضافی، (b) با در نظر گرفتن لبه‌های اضافه برای پیچک

شکل ۵۳

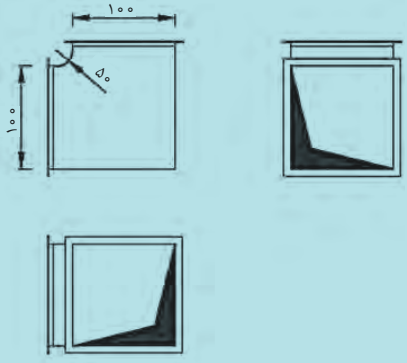
کارکارگاهی

ساخت زانو چهارگوش و خم دایره ای در یک طرف مطابق نقشه داده شده



مراحل انجام کار

- ☐ محاسبه سطح ورق مورد نیاز
- ☐ اضافه نمودن اندازه پیچک به عرض ورق
- ☐ انتقال اندازه‌ها روی ورق
- ☐ برش ورق
- ☐ خم‌کاری ورق از محل‌های خط‌کشی شده
- ☐ تا کردن لبه‌های ورق برای زدن پیچک کشویی
- ☐ ایجاد پیچک کشویی
- ☐ کوبیدن پیچک با قالب



وسایل و تجهیزات

در جدول روبه‌رو ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

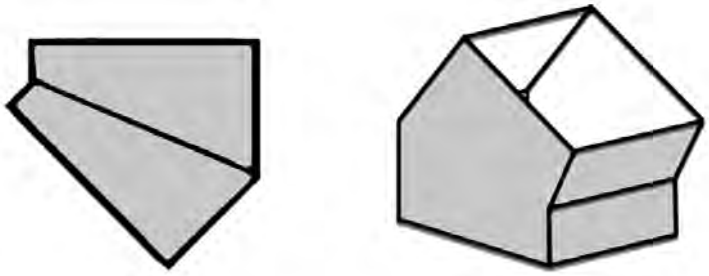
نکات ایمنی

- ☐ از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی و دستکش استفاده نمایید.
- ☐ کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- ☐ در صورت بروز هر نوع حادثه‌ای سریعاً به هنرآموز یا مسئول کارگاه اطلاع دهید.
- ☐ از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه جداً خودداری نمایید.
- ☐ از گذاشتن سوزن خط‌کش در جیب لباس کار خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- ☐ استفاده از ورق‌های فلزی را مدیریت کنید.
- ☐ پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

زانویی ۴۵ درجه: برای تغییر مسیر کانال و عبور آن از کنار موانع یا تأسیسات موجود، از زانویی ۴۵ درجه استفاده می‌شود. این زانویی امکان ایجاد جابه‌جایی[۱] و تغییر تدریجی مسیر کانال را فراهم می‌کند. به‌کارگیری آن، در مقایسه با تغییر مسیر ناگهانی، موجب کاهش آشفتگی جریان و کاهش فشار می‌شود (شکل ۵۴).

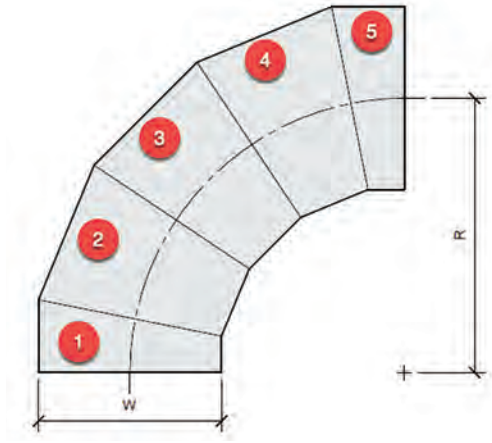


شکل ۵۴



شکل ۵۵

زانویی چند تکه: نوعی زانویی در کانال‌کشی و لوله‌کشی است که از ورق فلزی و به‌صورت چند تکه یا قطعه‌ای ساخته می‌شود. قطعات آن معمولاً به روش جوشکاری یا درزگیری مناسب به یکدیگر متصل می‌شوند و در دو سرِ زانو نیز می‌توان از اتصال فلنجی، لب‌به‌لب یا سایر روش‌های اتصال استفاده کرد.این زانوها معمولاً در زاویه‌های ۴۵ درجه و ۹۰ درجه ساخته می‌شوند و در صورت نیاز، امکان ساخت در زاویه‌های سفارشی نیز وجود دارد (شکل ۵۵).

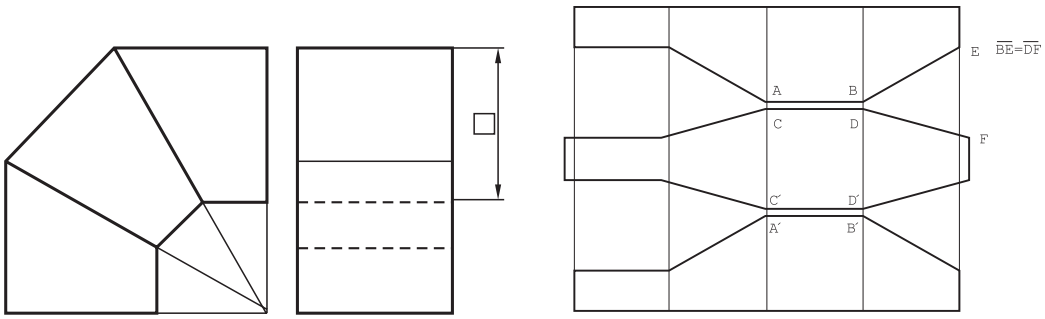


شکل ۵۶

چند تکه[۲]: تعداد تکه‌ها (قطعات) و هندسه این زانویی‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در کیفیت جریان و بازدهی سیستم دارند (شکل ۵۶).

۱ـ Offset ۲ـ Miter

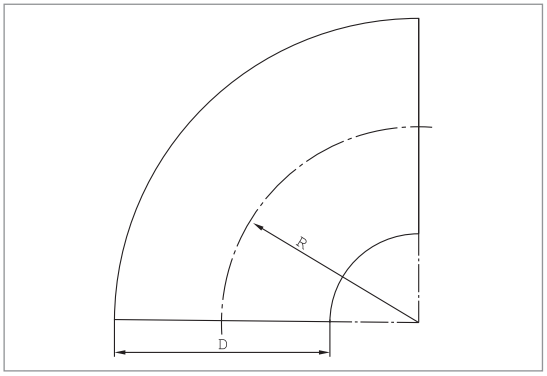
زانوی چند تکه با دهانه مربع: عبور سیال از زانوهای یک تکه باعث کاهش رفتار و سرعت سیال می‌شود. برای رفع این مشکل، زانوها را چندتکه می‌سازند. گسترش زانوی چند تکه با دهانه مربع در شکل ۵۷ نشان داده شده است. تکه‌ها را می‌توان از لبه‌هایی مانند AB و CD گسترش داد.



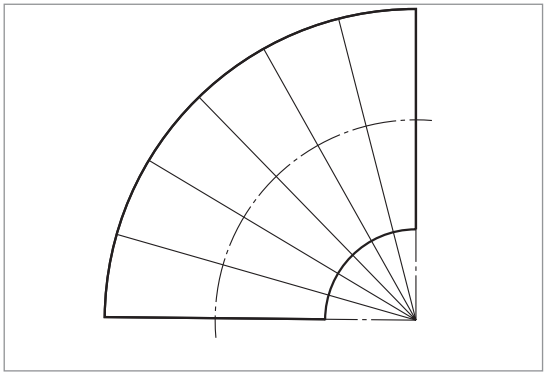
شکل ۵۷

گسترش زانوی چندتکه با دهانهٔ دایره

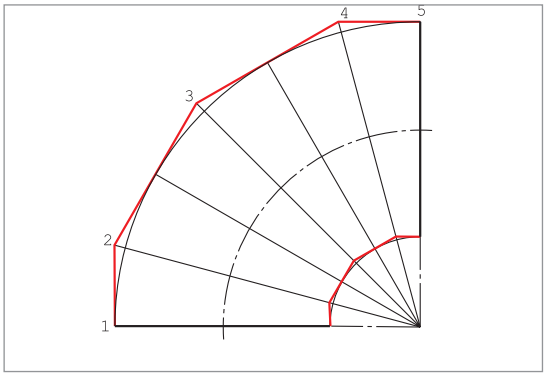
شکل ۵۸ مراحل ترسیم گسترش زانوی چندتکه با دهانهٔ دایره را نشان می‌دهد.



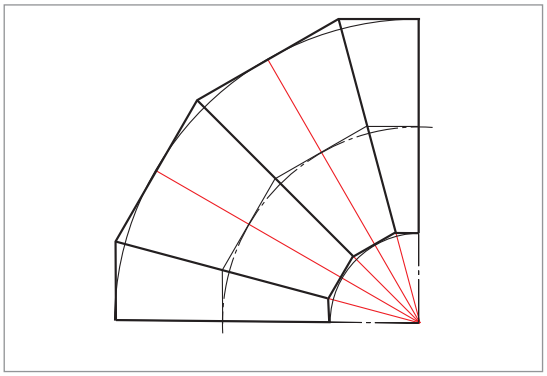
۱ـ طرح اولیه



۲ـ تقسیم یک چهارم دایره به شش بخش ۱۵ درجه



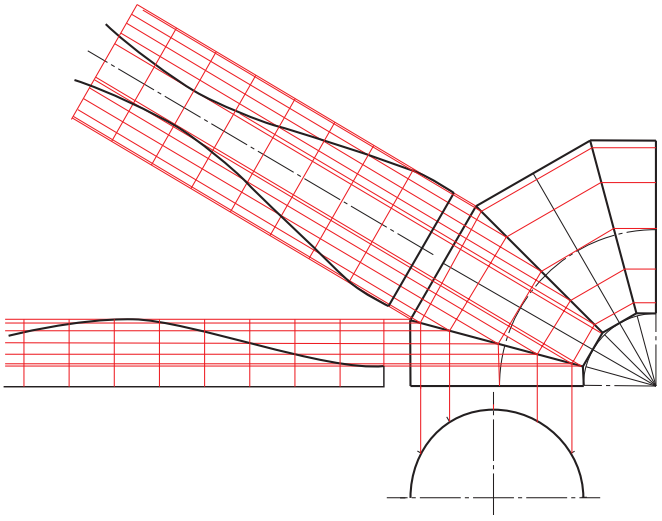
۳ـ رسم خط‌های مماس بر قوس بزرگ و خط‌های موازی، مماس با کمان کوچک



۴ـ شکل کامل زانو با چهار تکه

شکل ۵۸

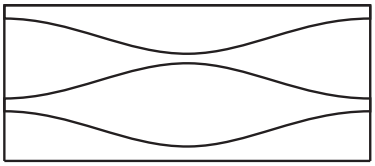
چگونگی تقسیم قاعده، انتقال به نمای روبه‌رو، رسم خط‌های کمکی و گسترش دو تکه از چهار تکه که از هر کدام دو عدد لازم است در شکل ۵۹ نشان داده شده است.



شکل ۵۹

توجه

چون خط برش هر یک از تکه‌های زانو دلخواه است، می‌توان گسترش چهار تکه را به‌گونه‌ای روی ورق رسم کرد که دورریز آن صفر باشد.



زانو را می‌توان سه، چهار، پنج و... تکه ساخت. هر چه تعداد تکه‌ها بیشتر شود زانو خم بهتری خواهد داشت. رابطه ساده‌ای بین تعداد تکه‌ها و تعداد قسمت‌های اولیه که برای ترسیم شکل لازم است وجود دارد.

اگر m تعداد تکه‌ها و n تعداد تقسیمات زاویه‌ای اولیه باشد. $n = 2(m-1)$

نکته

اگر دقت کنید، در هر زانو، دو قطعه انتهایی به‌صورت نیم‌تکه (یا نیم‌برش) هستند و قطعات میانی به‌صورت کامل (شامل دو برش) عمل می‌کنند. به همین دلیل رابطه به‌صورت $2(m-1)$ است، زیرا هر قطعه میانی، دو زاویه برش را به خود اختصاص می‌دهد.

مثال

اگر ترسیم یک زانوی ۵ تکه مورد نظر باشد، $n=2(5-1)=8$ خواهد بود. یعنی باید ۹۰ درجه به ۸ قسمت مساوی تقسیم شود.

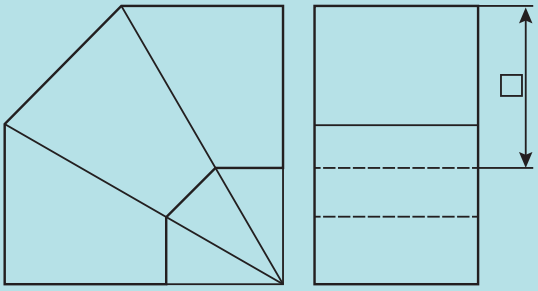
انواع زانو با دهانه گرد در شکل ۶۰ نشان داده شده است. زانو ممکن است یک‌پارچه، چین‌دار و چند تکه تحت زوایای ۴۵ و ۹۰ درجه باشد.



شکل ۶۰

کارکارگاهی

ساخت زانوی سه تکه مطابق نقشه داده شده



t = ۱mm

دهانه زانو به ابعاد ۱۰۰ × ۱۰۰ mm

مراحل انجام کار

- محاسبه سطح ورق مورد نیاز
- انتقال اندازه‌ها روی ورق
- برش ورق
- خم‌کاری ورق از محل‌های خط‌کشی شده
- جوشکاری درز قطعات زانویی
- **توجه :** درز کانال را در وسط یکی از پهلوهای کانال قرار دهید.

وسایل و تجهیزات

در جدول زیر ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید. سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

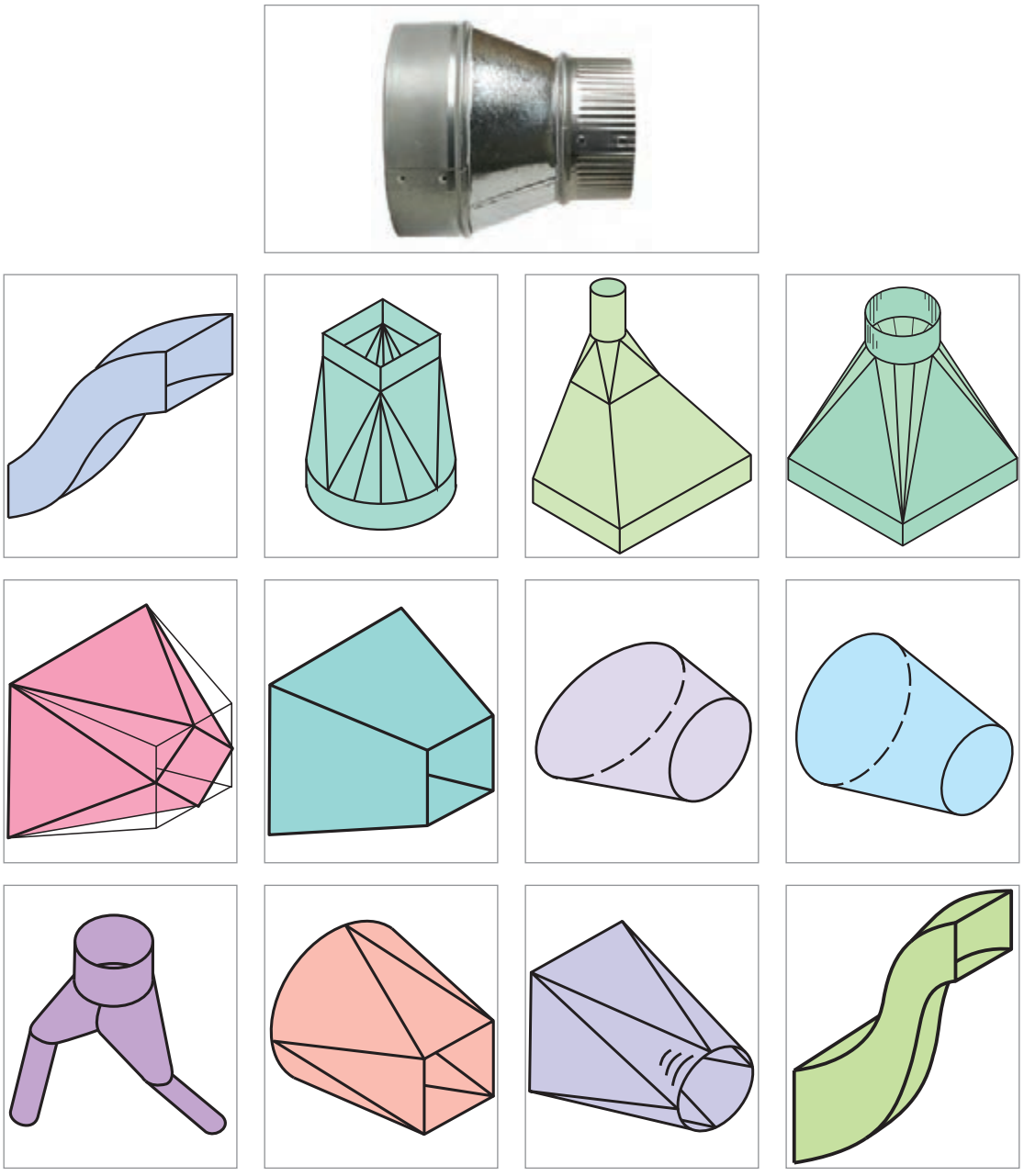
- از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی و دستکش استفاده نمایید.
- کار کارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- در صورت بروز هر نوع حادثه‌ای سریعاً به هنرآموز یا مسئول کارگاه اطلاع دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه جداً خودداری نمایید.
- از گذاشتن سوزن خط‌کش در جیب لباس کار خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- استفاده از ورق‌های فلزی را مدیریت کنید.
- پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

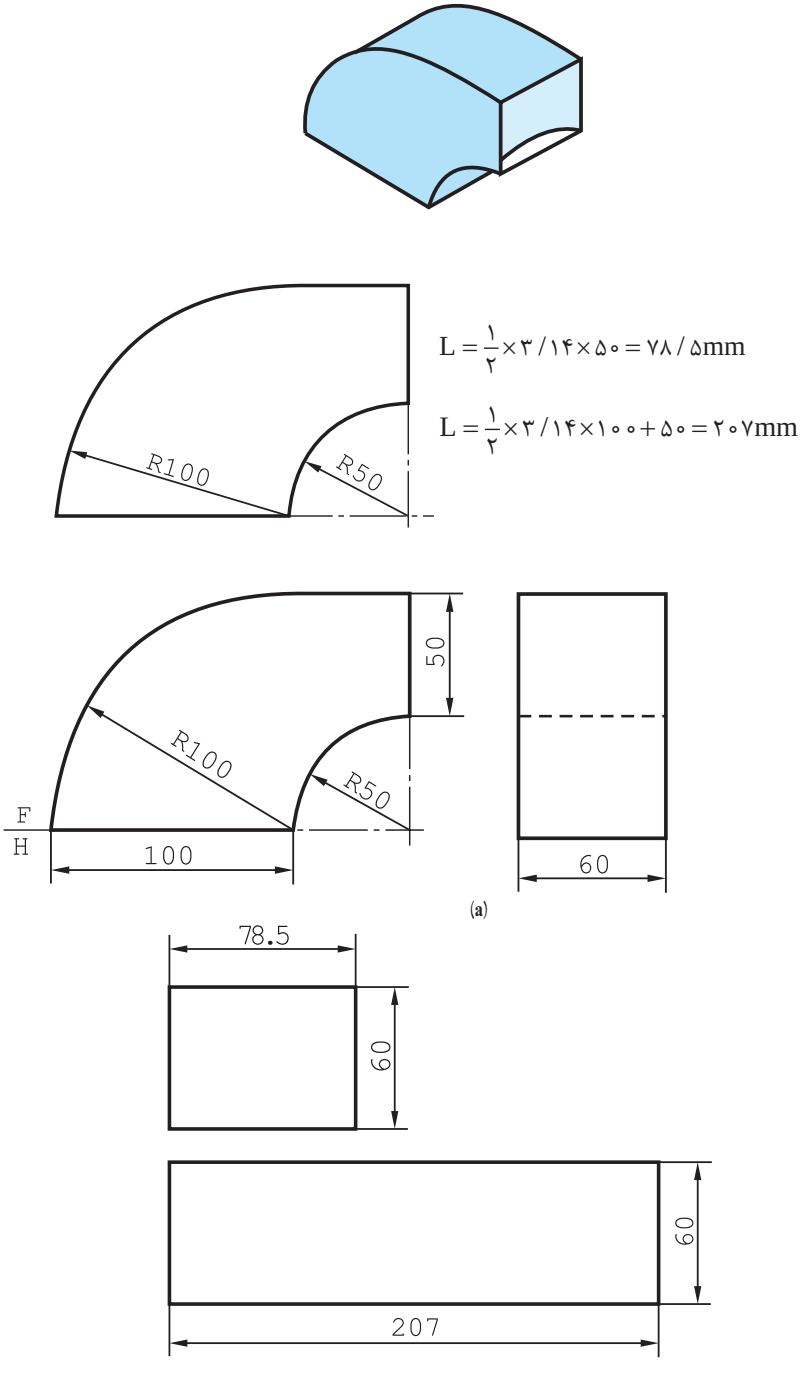
تبدیل

اگر دو دهانه کانال از نظر شکل یا مساحت برابر نباشند، آن را کانال تبدیل می‌نامند. تبدیل باید دهانه مشخص شده‌ای را به دهانه‌ای با مشخصات دیگر متصل نماید. در شکل ۶۱ انواع تبدیل نشان داده شده است.



شکل ۶۱

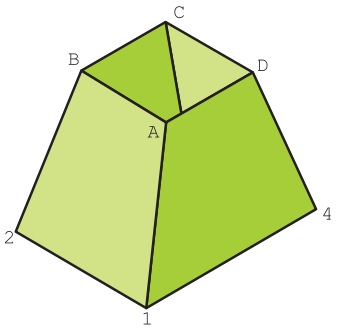
تبدیل مستطیل به مستطیل: در شکل ۶۲ تبدیل با دو دهانه مستطیلی که به‌صورت زانویی به هم ارتباط داده شده‌اند و گسترده آن نشان داده شده است.



شکل ۶۲

تبدیل مربع به مستطیل: گسترده تبدیل مربع به مستطیل، از چهار ذوزنقه متساوی‌الساقین تشکیل می‌شود که به روش زیر قابل ترسیم است.

جدول ۱۰

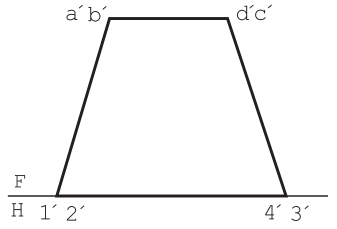


■ ترسیم نمای روبه‌رو و نمای پلان تبدیل

■ شماره‌گذاری گوشه‌ها و نقاط متناظر دو مقطع

■ مشخص نمودن نقاط مقطع پایین با شماره‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ و نقاط مقطع بالایی با حروف A ،B ،C

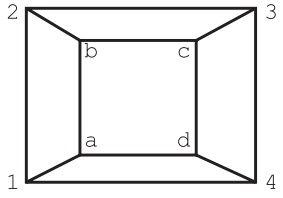
■ مشخص نمودن یال‌های کانال با حرف و شماره مقاطع بالا و پایین مانند A1، این خط باید در گسترش، مبنای ترسیم نخستین مثلث قرار می‌گیرد.



■ انتخاب روش گسترش به روش مثلث‌بندی

در این روش، سطوح کانال به تعدادی مثلث تقسیم می‌شوند.

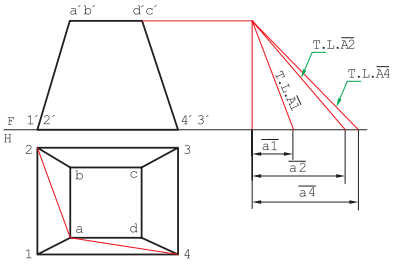
■ به‌دست‌آوردن طول‌های واقعی یال‌های مایل کانال، مانند A2، A1



برای این کار از روش انتقال طول استفاده می‌شود.

■ ترسیم نخستین مثلث با رسم خط A1 به اندازه طول واقعی آن

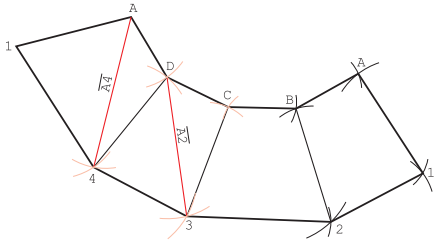
■ رسم دو قطر $\overline{a۴}$ و $\overline{a۲}$



■ ترسیم کمان از دوانتهای خط A1، با شعاع‌های واقعی خطوط مربوط محل تقاطع کمان‌ها، رأس مثلث نخست را مشخص می‌کند.

■ به‌دست‌آوردن اندازه حقیقی $\overline{a۴}$ و $\overline{a۲}$ و یال $\overline{a۱}$

■ ترسیم مثلث‌های مجاور، مانند مثلث A۱۲ سپس مثلث‌های بعدی مانند A23، D34 و C41

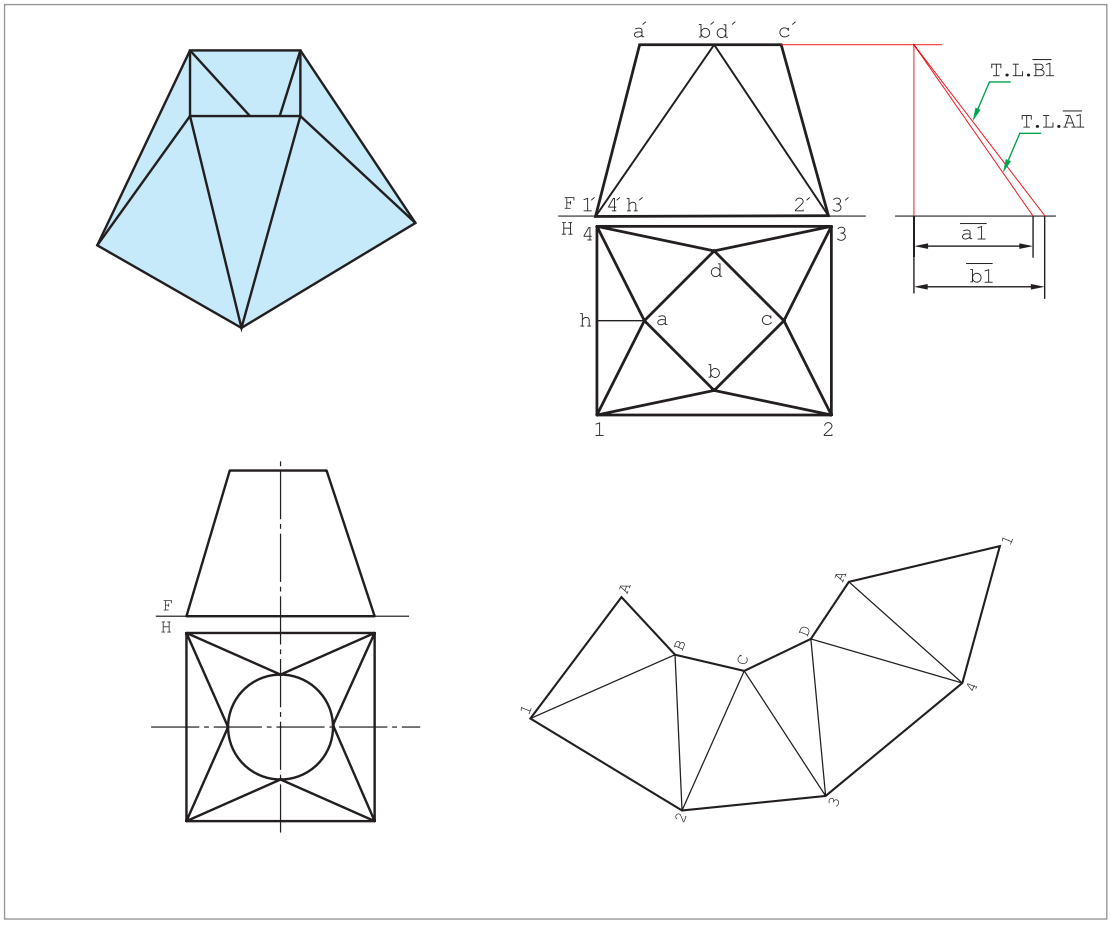


مثلث‌ها باید به‌گونه‌ای کنار هم قرار گیرند که ضلع مشترک آنها دقیقاً بر هم منطبق باشد.

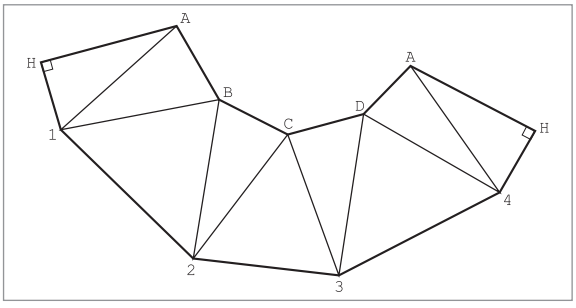
ترتیب ترسیم باید مطابق ترتیب نقاط پیرامونی مقاطع باشد ۴←۳←۲←۱ و سپس به نقطه آغاز بازگردد.

■ افزودن ورق لازم، برای اتصال لبه‌ها

تبدیل مربع به مستطیل، با دهانه‌های موازی: برای گسترش کانال تبدیل مربع به مستطیل، با دهانه‌های موازی، خط برش را هر جا می‌توان درنظر گرفت. در اینجا خط برش کانال، A۱ درنظر گرفته شده است. باید اندازه واقعی یال‌ها را مشخص نمود. بدین‌منظور اندازه حقیقی A۱ و B۱ کافی است که در مجموع گسترده از هشت مثلث تشکیل می‌شود. گسترده تبدیل مربع به مستطیل، با دهانه‌های موازی در شکل ۶۳ داده شده است.



شکل ۶۳



در حالت دیگر، ارتفاع مثلث A۱،۴، یعنی AH، خط برش فرضی و گسترش رسم شده است. در این مورد طراح، ساده‌تر بودن ساخت و مسائل دیگر را هم درنظر می‌گیرد (شکل ۶۴).

شکل ۶۴

کارگاهی

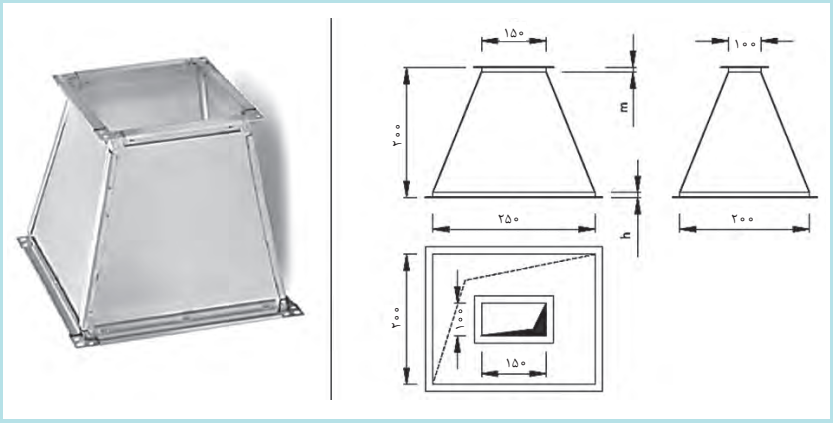
ساخت تبدیل مستطیل به مستطیل با دهانه‌های موازی

دهانه مستطیل کوچک به ابعاد ۱۰۰ × ۱۵۰ mm

دهانه مستطیل بزرگ به ابعاد ۲۰۰ × ۲۵۰ mm

مراحل انجام کار

- ☐ محاسبه سطح ورق مورد نیاز
- ☐ اضافه نمودن اندازه پیچک به عرض ورق
- ☐ انتقال اندازه‌ها روی ورق
- ☐ برش ورق
- ☐ خم‌کاری ورق از محل‌های خط‌کشی شده
- ☐ ایجاد پیچک در گوشه‌ها
- ☐ کوبیدن پیچک با قالب
- ☐ زواربندی دهانه‌ها با نبشی ۲۰mm



وسایل و تجهیزات

در جدول زیر ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید. سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

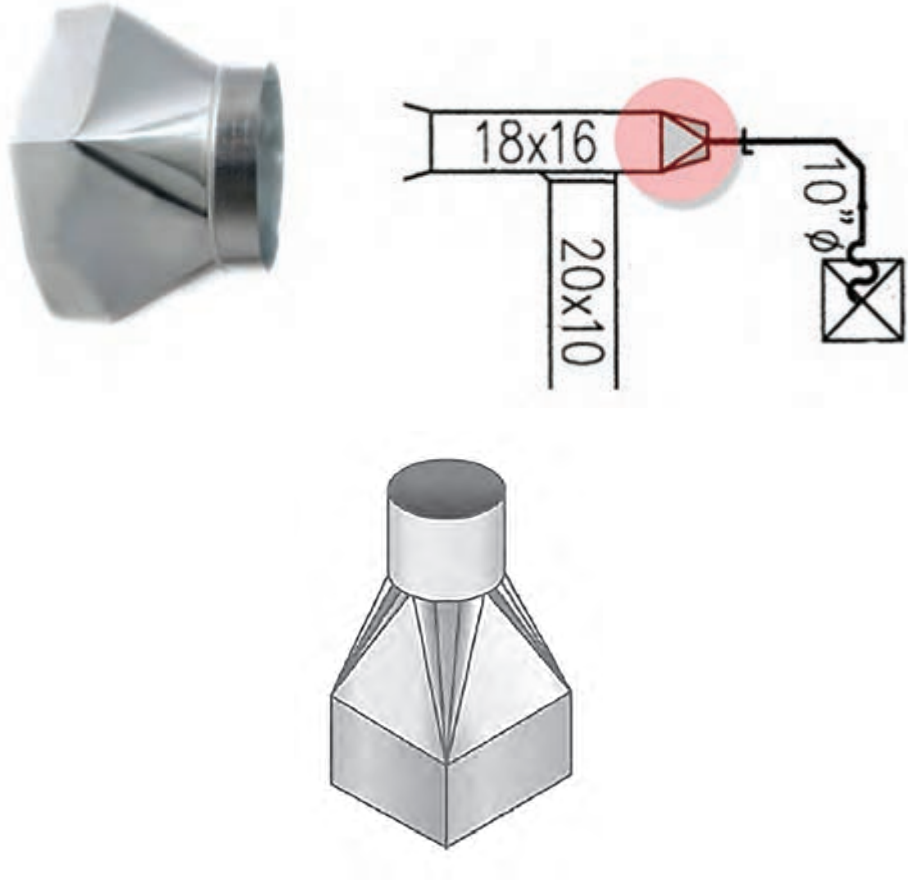
نکات ایمنی

- از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار، کفش ایمنی و دستکش استفاده نمایید.
- کار کارگاهی را تحت‌نظارت هنرآموز انجام دهید.
- در صورت بروز هر نوع حادثه‌ای سریعا به هنرآموز یا مسئول کارگاه اطلاع دهید.
- از رها کردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.
- از گذاشتن سوزن خط‌کش در جیب لباس کار خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

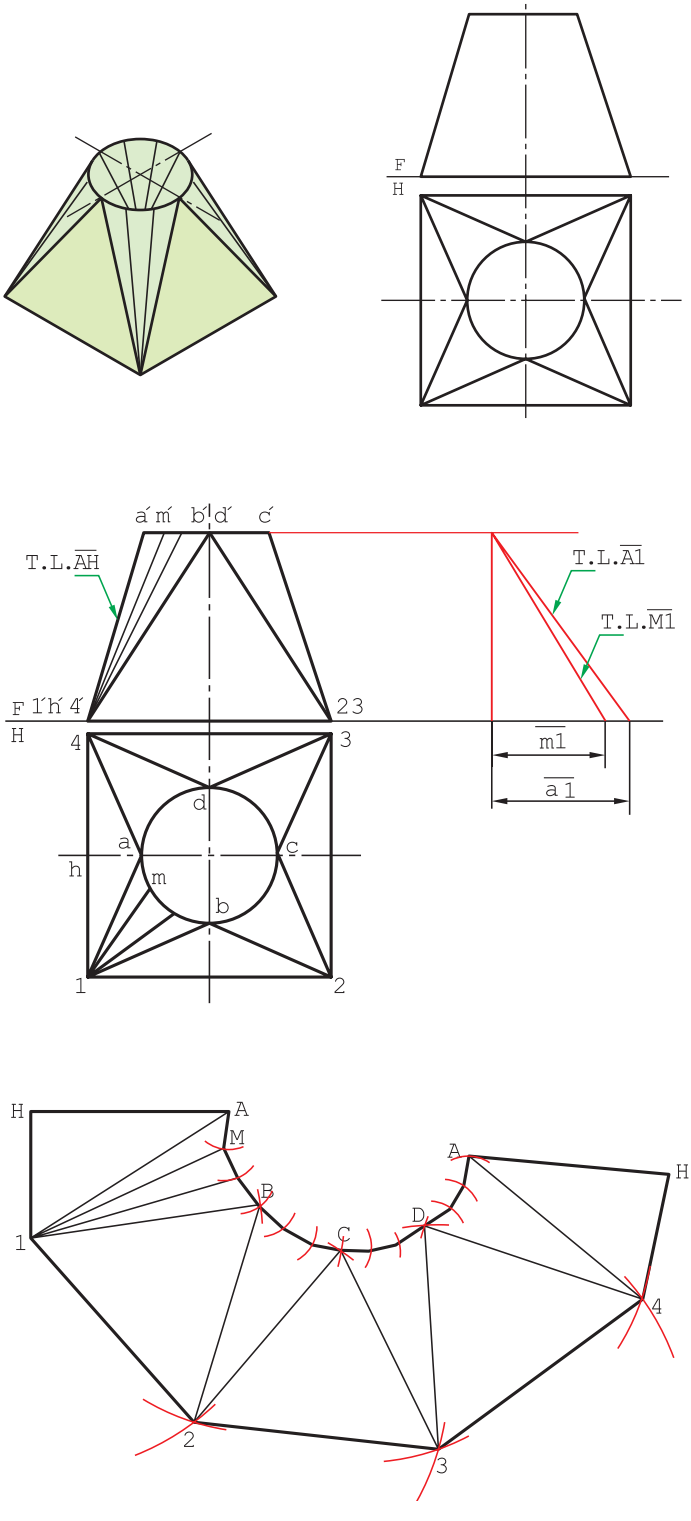
- استفاده از ورق‌های فلزی را مدیریت کنید.
- پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

تبدیل چهارگوش به گرد: انشعاب چهارگوش به گرد وقتی استفاده می‌شود که علاوه بر حل کردن محدودیتِ فضا، جریان هوا را هم با افت و آشفتگی کمتر هدایت نماید. این نوع تبدیل دو دهانه به شکل‌های مربع و دایره را به هم متصل می‌نماید.



شکل ۶۵

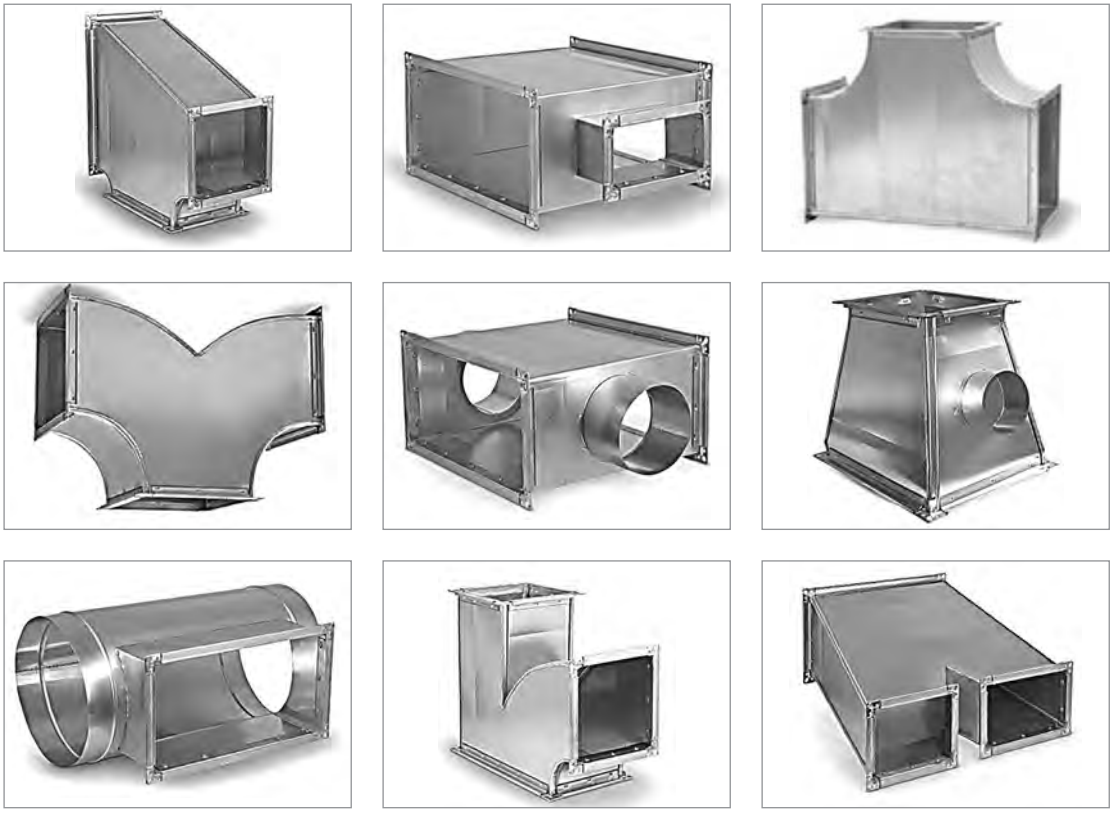
این کانال از چهار قسمت مثلثی و چهار تکه مخروطی مساوی ساخته می‌شود.
برای گسترش این نوع تبدیل ارتفاع مثلث ۴و۱A را خط برش در نظر می‌گیریم. اندازه واقعی خط‌های ۱A و ۱M مورد نیاز است و لازم است تعیین شوند. برای گسترش باید از ۱A شروع کنیم و چهار تکه مخروطی، مانند ۱AB را پس از تقسیم‌بندی به گسترش اضافه نمود. مثلث ۱AH ساخته می‌شود. نیمی‌از مثلث رسم نشده است. به شعاع AM از A کمانی زده می‌شود. به شعاع ۱M از ۱ کمانی رسم می‌شود تا مثلث ۱AM ساخته شود. به شعاع AM از ۱ کمان زده می‌شود تا مثلث دوم ساخته شود و به همین ترتیب مثلث‌های بعدی را ایجاد نمود (شکل۶۶).



شکل ۶۶

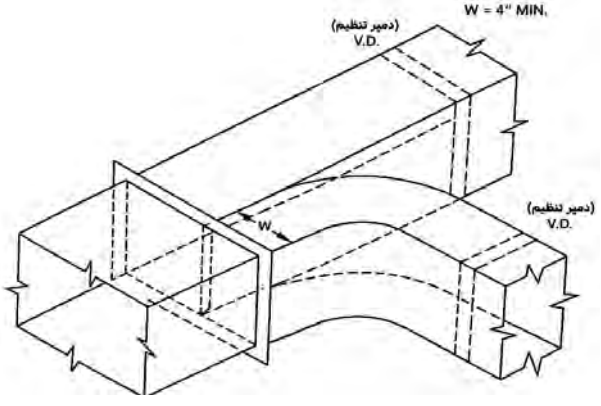
اتصالات انشعاب‌گیری

هر زمان یک شاخه کانال از بدنه یک کانال دیگر انشعاب گرفته شود، به آن اتصال انشعاب‌گیر گویند. در شکل ۶۷ انواع اتصالات انشعاب‌گیری نشان داده شده است.



شکل ۶۷

ساخت کانال انشعاب و اتصال آن به کانال اصلی باید به‌ترتیبی باشد که سطوح داخلی کانال هوا، صاف باقی مانده و هرگونه زائده درون کانال برطرف گردد. در شکل ۶۸ سه‌راه در کانال هوای رفت با انشعاب از کِنار نشان داده شده است.



شکل ۶۸

کارگاهی



■ **ساخت سه‌راهی مطابق شکل داده شده**

□ دهانه انشعاب به ابعاد ۱۰۰×۱۵۰mm به ارتفاع ۱۰۰mm

□ دهانه ورود و خروج به ابعاد ۱۵۰×۲۰۰mm به طول ۳۰۰mm

■ **مراحل انجام کار**

□ محاسبه سطح ورق مورد نیاز

□ اضافه نمودن اندازه پیچک به عرض ورق

□ انتقال اندازه‌ها روی ورق

□ برش ورق‌های بدنه

□ ایجاد خطوط تقویت بدنه (بادبند)

□ شکل‌دهی ورق‌های بالا و زیر

□ ایجاد پیچک‌های کشویی

□ کوبیدن پیچک‌ها با قالب

■ **وسایل و تجهیزات**

در جدول زیر ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید. سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

نکات ایمنی

□ از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس‌کار و کفش ایمنی استفاده نمایید.

□ کارکارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.

□ در صورت بروز هر نوع حادثه‌ای سریعاً به هنرآموز یا مسئول کارگاه اطلاع دهید.

□ از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.

□ از گذاشتن سوزن خط‌کش در جیب لباس‌کار خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

□ استفاده از ورق‌های فلزی را مدیریت کنید.

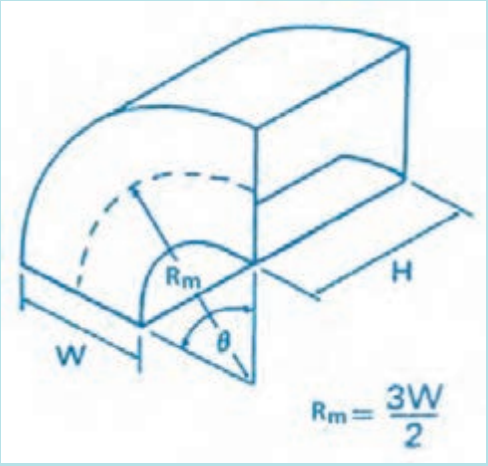
□ پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

کارکارگاهی

ساخت زانو مطابق نقشه

مراحل انجام کار

- ☐ محاسبه سطح ورق مورد نیاز
- ☐ اضافه نمودن اندازه پیچک به عرض ورق
- ☐ پیاده نمودن اندازه‌ها روی ورق
- ☐ برش ورق‌های بدنه
- ☐ ایجاد خطوط تقویت بدنه (بادبند)
- ☐ شکل‌دهی ورق‌های بالا و زیر
- ☐ ایجاد پیچک
- ☐ کوبیدن پیچک‌ها با قالب



وسایل و تجهیزات

در جدول زیر ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید. سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

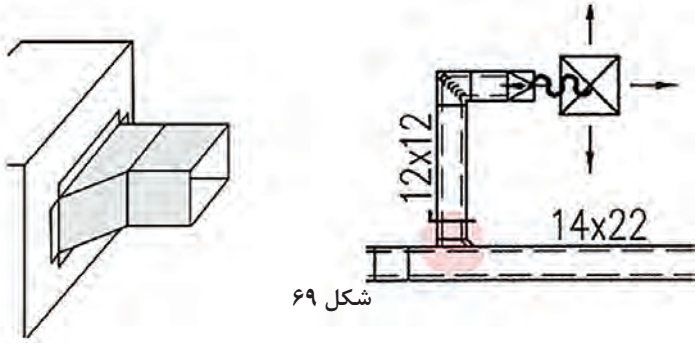
نکات ایمنی

- ☐ از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس‌کار و کفش ایمنی استفاده نمایید.
- ☐ کارکارگاهی را تحت نظارت هنرآموز انجام دهید.
- ☐ در صورت بروز هر نوع حادثه‌ای سریعاً به هنرآموز یا مسئول کارگاه اطلاع دهید.
- ☐ از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.
- ☐ از گذاشتن سوزن خط‌کش در جیب لباس‌کار خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- ☐ استفاده از ورق‌های فلزی را مدیریت کنید.
- ☐ پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

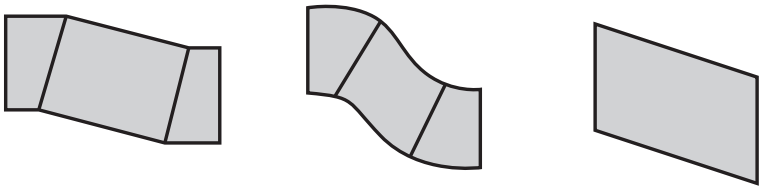
انشعاب ۴۵ درجه: استفاده از این انشعاب باعث می‌شود جریان هوا نسبت به انشعاب مستقیم ۹۰ درجه با افت فشار و آشفتگی کمتر جریان یابد. این نوع انشعاب معمولاً در کانال هوای رفت به‌کار می‌رود، در حالی‌که انشعاب مستقیم بیشتر در کانال برگشت دیده می‌شود (شکل ۶۹).



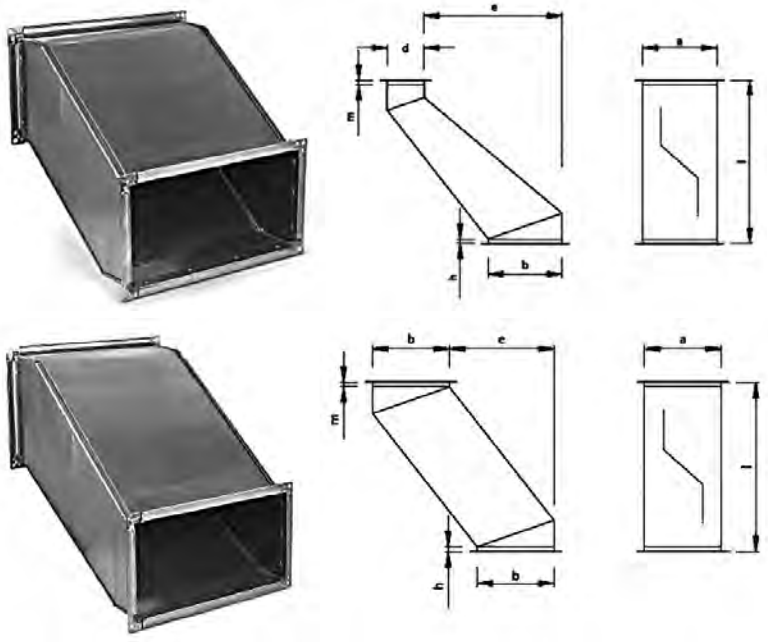
شکل ۶۹

انحراف مسیر (Offset)

استفاده از آفست این امکان را ایجاد می‌نماید که بتوان مسیر کانال را از کنار یا اطراف بخش‌های مختلف موجود در ساختمان مانند لوله‌کشی‌ها، اجزای سازه‌ای (تیر و ستون)، لوله‌های برق، آب‌فشان آتش‌نشانی، چراغ‌ها، کانال‌کشی‌های دیگر و موارد مشابه تغییر داد. در شکل ۷۰ انواع آفست نشان داده شده است.



انحراف مسیر شکسته　　انحراف مسیر قوسی　　انحراف مسیر زاویه‌ای



شکل ۷۰

کارکارگاهی

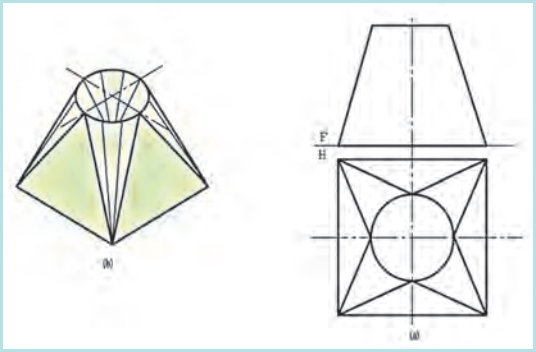
ساخت تبدیل مربع به دایره مطابق نقشه داده شده



- دهانه دایره به قطر ۵۰ mm
- دهانه مربع به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ mm به ارتفاع ۱۲۰ mm

مراحل انجام کار

- ترسیم الگو روی مقوا
- محاسبه سطح ورق مورد نیاز
- اضافه نمودن اندازه پیچک به عرض ورق
- پیاده نمودن اندازه‌ها روی ورق
- برش ورق با قیچی دستی
- خم‌کاری ورق از محل‌های خط‌کشی شده
- تا کردن لبه‌های ورق برای زدن پیچک کشویی
- ایجاد کشویی
- جا انداختن کشویی و کوبیدن پیچک با قالب
- شکل‌دهی دهانه کوچک از مربع به دایره
- زواربندی دهانه مربع با نبشی ۳۰میلی‌متر



توجه

درز کانال را در وسط یکی از سطوح جانبی کانال قرار دهید.

وسایل و تجهیزات

در جدول روبه‌رو ابزار وتجهیزات مورد نیاز این کارکارگاهی را بنویسید. سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

نکات ایمنی

- از تجهیزات حفاظت فردی مانند لباس کار و کفش ایمنی استفاده نمایید.
- کار کارگاهی را تحت‌نظارت هنرآموز انجام دهید.
- در صورت بروز هر نوع حادثه‌ای سریعاً به هنرآموز یا مسئول کارگاه اطلاع دهید.
- از رهاکردن ابزار و تجهیزات و مواد مصرفی در محیط کارگاه خودداری نمایید.
- از گذاشتن سوزن خط‌کش در جیب لباس‌کار خودداری نمایید.

نکات زیست‌محیطی

- استفاده از ورق‌های فلزی را مدیریت کنید.
- پسماندها را تفکیک و بازیافت کنید.

ارزشیابی شایستگی ساخت اتصالات کانال

نام و نام خانوادگی				شماره ملی		تاریخ ارزشیابی:	
کد حرفه	۷۲۱۳۱۲	حرفه	ورق‌کاران (فلزات)	کدپیمانه/پودمان	۷۲۱۳۱۲۰۳۴	استاندارد عملکرد:	ساخت انشعاب‌ها و اتصالات کانال‌هوا با ورق فلزی و نصب آنها برابر نقشه با رعایت نکات فنی و ایمنی
کد وظیفه شغل	۷۲۱۳۱۲۰۳	وظیفه شغل	فرم‌دهی ورق‌های فلزی	سطح صلاحیت	L2		
کد کار	۷۲۱۳۱۲۰۳۴۲	کار	ساخت اتصالات کانال	سطح شایستگی	مهارت		

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده‌سازی	نقشه کار، متر، گونیا، ورق گالوانیزه، دستکش، عینک و لباس کار زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، نقشه، آزمون عملکردی	انتخاب ابزار با توجه به نقشه	۳	
				پیاده‌سازی نقشه روی ورق، برش ورق برابر نقشه	۲	
				ناتوانی در پیاده‌سازی نقشه یا برش ورق	۱	
۲	ساخت انشعاب	قیچی ورق، ورق گالوانیزه، انواع مشتی و قالب تنه زمان: دو ساعت	مشاهده کار، آزمون عملکردی	ساخت سه راه و ساخت تبدیل برابر نقشه	۳	
				ساخت زانوی مستطیلی برابر نقشه	۲	
				ناتوانی در ساخت انشعاب	۱	
۳	ساخت و نصب اتصال	قیچی اهرمی، کمان اره، جدول سایز نبشی متناسب با ابعاد کانال نشریه ۱۲۸، پرچ‌کن، انواع مشتی و قالب‌تنه، گیره، نقشه کار، متر، گونیا، سوهان و نبشی ۳و۴ زمان: یک ساعت	مشاهده کار، آزمون عملکردی	انتخاب سایز نبشی و انتخاب فاصله بین دو تکیه‌گاه برابر نشریه ۱۲۸	۳	
				ساخت فلنج و نصب کانال برابر نقشه	۲	
				ناتوانی در ساخت اتصال	۱	
۴	کنترل نهایی	نقشه کار، متر، گونیا و سوهان زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، آزمون عملکردی	کنترل کیفی ورق و کنترل استحکام درز به لحاظ نشتی برابر دستورالعمل	۳	
				کنترل ابعادی ورق برابر نقشه	۲	
				ناتوانی کنترل ابعادی	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش		دقت، دورریز در بخش بازیافت، مدیریت مواد و تجهیزات(N۶۶)		رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش)	۲	
				عدم رعایت موارد ایمنی	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐	
					خیر ☐	

توضیحات:

۱ـ معیار شایستگی انجام کار:

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

پودمان پنجم

صافکاری



صافکاری دستی



صافکاری ماشینی

با گسترش روزافزون صنایع و به‌ویژه صنعت حمل‌ونقل و خودروسازی، بازسازی و صافکاری به یکی از مهارت‌های شاخه صنایع فلزی تبدیل‌شده است. بدنه خودرو تنها یک پوشش ظاهری نیست، بلکه ساختاری مهندسی‌شده و یکپارچه است که وظیفه حفظ آیرودینامیک، پایداری حرکتی و مهم‌تر از همه، تأمین امنیت جانی سرنشینان در برابر ضربات و تصادفات را بر عهده دارد.

صافکاری و فرم‌دهی ورق فلزی (Metal Bumping and Panel Beating)، فرایندی فنی، تخصصی مبتنی بر دانش رفتار مکانیکی فلزات، الاستیسیته، پلاستیسیته و خواص متالورژیکی ورق‌ها است. هدف اصلی از این هنر و مهارت فنی، بازگرداندن ورق‌های فلزی تغییرشکل‌یافته ناشی از تنش‌ها و ضربات به ابعاد، هندسه، استحکام اولیه و خطوط استاندارد کارخانه‌ای با کمترین آسیب و تغییر به ورق اولیه است.

واحد یادگیری ۱

صافکاری دستی

آیا تابه‌حال پی برده‌اید؟

- بدنه خودرو ساختاری مهندسی‌شده آیرودینامیک برای حفظ، پایداری حرکتی و حفاظت از جان سرنشینان است.
- صافکاری مهارتی کاملاً مهندسی و مبتنی بر دانش رفتار مکانیکی فلزات و خواص متالورژیکی ورق‌ها است.
- با گسترش صنعت حمل‌ونقل، مهارت شکل‌دهی و بازسازی به یک شایستگی‌های فنی تخصصی تبدیل‌شده است.
- هدف صافکاری، بازگرداندن ورق آسیب‌دیده به ابعاد هندسی و خطوط استاندارد کارخانه‌ای، با کمترین آسیب به فلز است.
- واردکردن ضربات غیراصولی به ورق می‌تواند استحکام مکانیکی و ساختار متالورژیکی آن را تضعیف نماید.

استاندارد عملکرد

در پایان این واحد یادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود، با رعایت کامل اصول ایمنی آسیب ورق بدنه را شناسایی و ابزار مناسب، شامل انواع مشتی، قالب‌تنه و چکش صافکاری را انتخاب کنند و با به‌کارگیری تکنیک‌های اصولی چکش‌کاری روی مشتی و خارج از مشتی، تنش‌های فلز را آزادکرده و ورق را به فرم اولیه برگردانند.

سیر تحولی صافکاری

پیش از ظهور اتومبیل، مهارت شکل‌دهی ورق‌های فلزی در اختیار سازندگان کالسکه، درشکه، مسگران و چلنگران قرار داشت. با تولید نخستین خودروها که بدنه آنها ترکیبی از چوب و ورق‌های نازک فولادی بود، تعمیر آسیب‌دیدگی‌ها با روش‌های ابتدایی چکش‌کاری روی کُنده‌های چوبی و سندان‌ها انجام می‌گرفت. با معرفی خطوط تولید انبوه و طراحی شاسی و بدنه‌های فولادی ضخیم، نیاز به کارگاه‌های تخصصی تعمیرات بدنه شکل گرفت. در این دوران ابزارهای پایه‌ای صافکاری نظیر انواع چکش‌های صافکاری، مشتی‌ها، قالب‌تنه‌ها و اهرم‌ها طراحی و استاندارد شدند و روش‌های بادگیری با حرارت برای جمع‌کردن ورق‌های کش‌آمده ابداع گردید.

امروزه صنعت صافکاری از یک کارگاه سنتی صرفاً متکی به ضربه، به یک‌رشته مهندسی بازسازی کاربردی ارتقا یافته است. تکنیک صافکاری بدون رنگ با بهره‌گیری از خاصیت حافظه مولکولی فلز، پنل‌های نوری زاویه‌دار، میله‌های فرم‌دهی، تجهیزات مکانیزه و الکترونیکی امکان اصلاح فرورفتگی‌ها را بدون آسیب به رنگ فراهم نموده است.

رفتار فلز در تغییر شکل

رفتار الاستیک و پلاستیک ورق

تغییرشکل الاستیک (کِشسان) یا تغییر فرم اولیه که با حذف نیرو، فلز به شکل اولیه خود بازمی‌گردد و تغییرشکل پلاستیک (مومسان) یا تغییر فرم دائمی که با حذف نیرو، فلز به شکل اولیه خود بازنمی‌گردد.

پدیده کِشیدگی و فشردگی

در پدیده کشیدگی براثر ضربه شدید یا چکش‌کاری نادرست، ضخامت ورق کاهش‌یافته و مساحت سطحی آن افزایش می‌یابد و ورق اصطلاحاً باد می‌کند. در پدیده فشردگی که در لبه‌ها و قوس‌های معکوس رخ می‌دهد ضخامت ورق افزایش یافته و طول کاهش می‌یابد.

صافکاری

گاه پیش می‌آید که براثر موارد ناخواسته قطعات و ورق‌ها از حالت اولیه خود خارج‌شده و دچار تغییر فرم شوند. به‌منظور بازگرداندن آنها به حالت اولیه خود از فرایند صافکاری استفاده می‌شود.



شکل ۱

صافکاری در صنعت می‌تواند بر روی ورق‌های فلزی، شمش‌ها، پروفیل‌ها و لوله‌ها انجام شود. وقتی تغییر در ورق ایجاد می‌شود ساختمان مرتب و منظم درونی آن به هم می‌خورد و در نواحی مختلف آن تغییرات سطحی به‌وجود می‌آید که باید به‌روش‌های زیر قسمت‌های تغییر فرم داده‌شده را اصلاح نمود.

- تقلیل دادن سطح گسترش‌یافته ورق
- کشیدن و طویل نمودن ورق

صافکاری معمولاً به دو روش دستی و ماشینی بدون رنگ و با رنگ انجام می‌شود. صافکاری بدون رنگ زمانی استفاده می‌شود که آسیب به حدی نباشد که رنگ بدنه خدشه‌دار شده باشد و تنها نیاز به بازگرداندن سطح فلز به حالت اولیه وجود دارد. این روش به حفظ رنگ اصلی خودرو کمک می‌کند. در مقابل، صافکاری بارنگ زمانی انجام می‌شود که علاوه‌بر ترمیم بدنه، نیاز به رنگ‌آمیزی مجدد ناحیه آسیب‌دیده وجود داشته باشد.

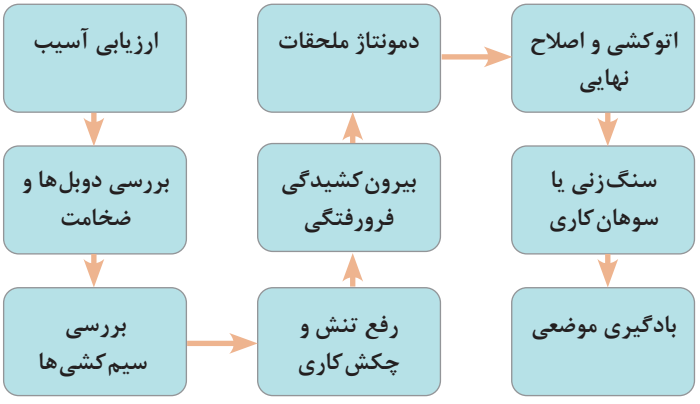
صافکاری بیش از اینکه یک کار مکانیکی یا تعمیری صرف باشد، نوعی هنر در صنعت خودرو محسوب می‌شود. صافکار با استفاده از ابزارهای پیشرفته و تکنیک‌های مختلف، هرگونه نقص و مشکل روی بدنه خودرو را اصلاح می‌کند تا به حالت اولیه خود بازگردد.

در برخی تصادفات و آسیب‌های شدید، ممکن است آسیب واردشده به بدنه بیش‌ازحد باشد و نتوان با صافکاری آن را ترمیم کرد. در چنین شرایطی، صافکار باید قطعه آسیب‌دیده را به‌طور کامل تعویض کند. این تعویض قطعات ممکن است شامل بخش‌هایی مانند درب‌ها، کاپوت، گلگیرها و در موارد شدیدتر، شاسی و اتاق خودرو باشد. تعویض این قطعات نیازمند دقت و مهارت بالایی است تا پس از نصب قطعه جدید، هماهنگی و تراز صحیح با سایر قسمت‌های خودرو حفظ شود.

روش‌های صافکاری

صافکاری یک حرفه تخصصی است که به روش‌های ضربه‌ای(سنتی) و PDR انجام می‌شود.

- **صافکاری ضربه‌ای:** این نوع صافکاری فرایند بازیابی شکل اولیه ورق فلزی با استفاده از تنش‌های مکانیکی کنترل‌شده است که در آن فلز به سمت حالت الاستیک و سپس تغییر شکل پلاستیکِ هدفمند هدایت می‌شود. صافکار با ضربات دقیق، تنش‌های پسماند ایجادشده در تصادف را تخلیه کرده و ورق را به هندسه اصلی بازمی‌گرداند. مراحل گام‌به‌گام صافکاری ضربه‌ای یک پانل آسیب‌دیده به ترتیب موارد نشان داده‌شده در نمودار ۱ است.



نمودار ۱

ابزار صافکاری

برای صافکاری و برطرف کردن ناهمواری ورق‌ها و قطعات فلزی از ابزارهای داده‌شده در جدول ۱ استفاده می‌شود.

جدول ۱

چکش سر تخت و گرد برای صافکاری عمومی و برطرف کردن ناهمواری‌های درشت		**چکش پلاستیکی و چوبی** برای فرم‌دهی اولیه بدون آسیب به ضخامت و لایه رنگ	
قالب‌تنه قالب‌تنه دسته‌دار قاشقی یا پاشنه‌ای جهت واردکردن ضربه مستقیم روی ورق یا اهرم‌کاری و هدایت چروک‌ها و برجستگی‌های خطی		**سنبه نیش کش** ابزار واسطه جهت واردکردن ضربات نقطه‌ای و دقیق چکش بر روی ورق، به‌منظور خواباندن نیش‌ها، برجستگی‌های تیز و کنترل چروک‌های غیرقابل‌دسترس برای چکش معمولی	
مشتی تکیه‌گاه پشت ورق جهت صافکاری سطوح دارای انحنای پیوسته، گلگیرها و فرم‌دهی قوس‌های بدنه		**چکش دندانه‌دار** جهت جمع‌کردن و رفع بادکردگی و کشیدگی اضافی ورق فلزی همراه با مهار لغزش ضربه	
تیفور جهت اعمال کشش پرقدرت، صافکاری و شاسی‌کشی دستی، و بازگرداندن اجزای دفرمه‌شده به موقعیت اولیه		**اهرم صافکاری** جهت اهرم‌کاری و اصلاح فرم از طریق اعمال نیروی اهرمی در دسترسی به نقاط کم دسترس ورق، دارای مدل‌ها و اندازه‌های متنوع	
گیره و زنجیر کشش ابزارهای اتصالی برای انتقال نیروی کشش از دستگاه به نقاط معیوب شاسی		**مینی فرز** جهت برش، سایش، پولیش، سنگ‌زنی و برداشتن مواد اضافی یا زنگ‌زدگی از سطوح فلزی در فرایند صافکاری	

تجهیزات اکسی سوخت برای گرمایش نقاط ضربه دیده و جوشکاری قسمت‌های ترمیمی		**دستگاه نقطه‌جوش** جهت جوشکاری مجدد، اتصال قطعات دوبل و جایگزینی بخش‌های آسیب‌دیده	
سوهان دودسته گرفتن موج سطح ورق صافکاری شده		**چکش کشویی و چنگک** برای ضربه‌زنی و کشیدن قسمت‌های جمع شده با اتصال چنگک به واشر و سیم زیگزاگی	
تپانچه واشر زن جوش نقطه‌ای واشرهای کششی روی ورق جهت بادگیری، قلاب اندازی و کشش یکنواخت فرورفتگی‌ها.		**دستگاه جوش مقاومتی صافکاری** برای واشرزنی و جوش سیم زیگزاگی به نقاط دوبل	

پس از بررسی و آنالیز موضع آسیب‌دیده، نقطه برخورد، محل ضربه اولیه و نوع تغییر شکل ورق مشخص‌شده و صافکار یکی از تکنیک‌های صافکاری ضربه‌ای را برای صاف نمودن موضع مورد نظر انتخاب می‌کند.

■ تکنیک‌های صافکاری ضربه‌ای

■ **تکنیک چکش روی مشتی:** در این روش، ضربه چکش یا قالب‌تنه دقیقاً در نقطه‌ای وارد می‌شود که مشتی در پشت آن قرار دارد. از این روش برای اصلاح ناهمواری‌های بسیار ریز نهایی، نازک‌کاری و اتو کشیدن ورق استفاده می‌شود. استفاده زیاد از این روش باعث کشیدگی بیش‌ازحد و نازک شدن موضعی ورق می‌شود.



شکل ۲

توجه

ضربات بیش‌ازحد در یک نقطه، باعث ترد شدن فلز و درنهایت ترک‌خوردگی می‌شود.

■ **تکنیک چکش خارج از مشتی:** در این روش، مشتی به عنوان تکیه‌گاه در زیر عمیق‌ترین بخش فرورفتگی نگه داشته می‌شود و چکش به برجستگی‌ها و لبه‌های اطراف آن ضربه می‌زند. با ضربه زدن به برآمدگی‌ها و ایجاد اثر اهرمی توسط مشتی، تنش‌های محیطی آزاد شده و فرورفتگی به سمت بیرون هدایت می‌شود. بدون آنکه ورق دچار کشیدگی یا کاهش ضخامت (نازک‌شدن موضعی) شود.



شکل ۳

توجه

در صافکاری هیچ ضربه‌ای نباید بدون تکیه‌گاه زده شود، مگر برای آزاد کردن تنش.

■ **تکنیک بادگیری:** این تکنیک زمانی به‌کار می‌رود که ورق براثر ضربه، اضافه می‌آورد و با فشار دست بازی می‌کند با ایجاد نقطه سرخ‌شده به‌اندازه یک سکه در مرکز برآمدگی و کوبیدن دورتادور نقطه با چکش دندانه‌دار و مشتی و سرد کردن سریع با آب یا پارچه نم‌دار جهت ایجاد انقباض موضعی ناگهانی و جمع شدن ورق انجام شود. در این تکنیک می‌توان با اعمال پالس‌های مغناطیسی توسط دستگاه هات باکس بدون سوزاندن لایه رنگ قسمت معیوب را بادگیری نمود (شکل ۴).



شکل ۴

■ صافکاری قسمت‌های دولایه

صافکاری قسمت‌های دولایه یا دوپوسته بدنه خودرو مانند رکاب‌ها، ستون‌ها، لبه‌های درب، کاپوت و گلگیرهای عقب به‌دلیل عدم دسترسی مستقیم به پشت ورق برای استفاده از چکش و مشتی، یکی از چالش‌برانگیزترین بخش‌های صافکاری بدنه است. برای ترمیم این بخش‌ها، از روش‌ها و ابزارهای مدرن و تخصصی زیر استفاده می‌شود:

■ **دستگاه کشش و نقطه‌جوش:** در این روش واشرها، میخ‌های مخصوص یا سیم‌های زیگزاگی توسط دستگاه جوش نقطه‌ای به سطح بیرونی فرورفتگی جوش داده می‌شوند. با استفاده از چکش کششی یا جک‌های کششی، ورق به سمت بیرون کشیده می‌شود تا فرم اولیه خود را پیدا کند. هم‌زمان با کشش، با زدن ضربات ملایم چکش چوبی یا پلاستیکی روی حاشیه‌های برجسته، تنش کشسانی ورق آزاد می‌شود. در پایان کار واشرها با چرخاندن جداشده و محل جوش‌ها گرده‌برداری و هم‌سطح می‌شود.





شکل ۵

توجه

ورق‌های دوپوسته به دلیل ضخامت و فرم خاص، تنش بالایی را در خود نگه می‌دارند، بنابراین ضربه زدن به خطوط تنش هم‌زمان با کشش لایه بیرونی الزام فنی دارد.

■ **روش ایجاد سوراخ دسترسی:** درصورتی‌که امکان استفاده از روش‌های بالا نباشد یا آسیب عمیق باشد یک سوراخ کوچک در پوسته داخلی که دید ندارد ایجاد می‌شود. میله اهرمی یا اهرم دستی از سوراخ واردشده و سطح بیرونی صافکاری می‌شود. پس از اتمام کار، سوراخ ایجادشده با آستر پوشانده شده و با درپوش لاستیکی یا جوشکاری مسدود می‌شود تا از نفوذ آب جلوگیری گردد.

■ **شکافتن لایه داخلی یا برش پنجره‌ای:** در آسیب‌های شدید و ساختاری که پوسته داخلی تغییر شکل داده است لایه داخلی با فرز به‌صورت یک پنجره کوچک برش داده می‌شود و پوسته بیرونی به‌طور کامل و دقیق صافکاری و فرم‌دهی می‌شود. پوسته داخلی صاف‌شده، دوباره در جای خود قرارگرفته و با جوش CO_2 یا جوش نقطه‌ای جوشکاری می‌شود. در این روش اعمال موم درزگیر و پاشش موم‌های محافظ به داخل قسمت دولایه برای جلوگیری از پوسیدگی ضروری است.

توجه

در بسیاری از خودروهای جدید، بین پوسته بیرونی و تقویت‌کننده داخلی، چسب‌های آکوستیک یا ساختاری وجود دارد. در صورت نیاز باید این چسب‌ها با سشوار صنعتی گرم شوند تا آزادسازی ورق بدون تاب‌دیدگی انجام شود.

■ صافکاری اجزای مختلف بدنه

در اینجا به بررسی برخی از اجزای مهم بدنه خودرو و نحوه صافکاری آنها می‌پردازیم.

■ **صافکاری کاپوت:** کاپوت به دلیل قرار گرفتن در جلوی خودرو، بیشتر از سایر قسمت‌ها در معرض ضربه و آسیب قرار دارد و صافکاری آن به دلیل منحنی و فرم خاص آن، نیاز به‌دقت زیادی دارد. کاپوت به دلیل تأثیر زیادی که روی ظاهر کلی خودرو دارد، از اهمیت بالایی برخوردار است (شکل ۶).



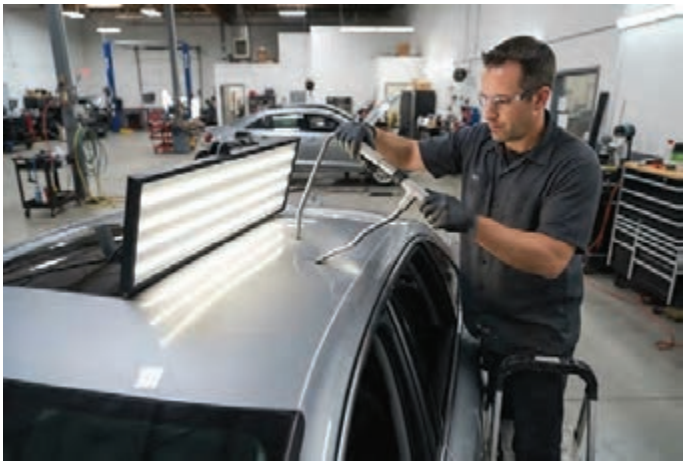
شکل ۶

■ **صافکاری ستون‌ها:** ستون‌ها نقش مهمی در استحکام و اسکلت‌بندی خودرو ایفا می‌کنند. در صورت تصادف و آسیب به ستون‌ها، اگر آسیب واردشده جزئی باشد، می‌توان با استفاده از فرایند شاسی‌کشی با ابزارهای خاص، ستون‌ها را به حالت اولیه بازگرداند. اما اگر آسیب جدی باشد، تعویض ستون‌ها الزامی است (شکل ۷).



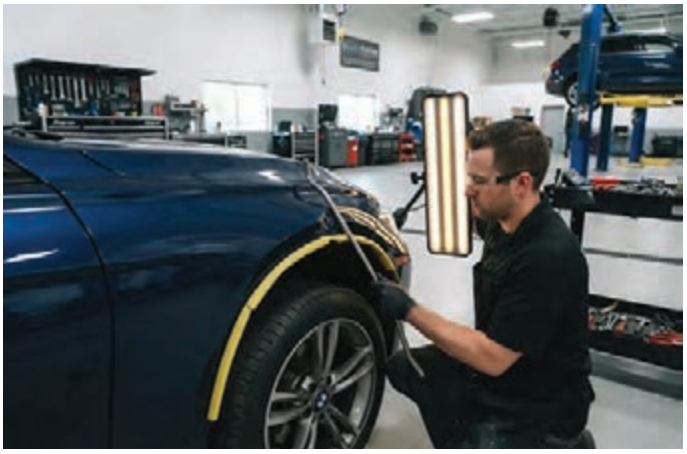
شکل ۷

■ **صافکاری سقف:** سقف خودرو از دولایه فلز سبک ساخته می‌شود تا وزن کلی خودرو کاهش یابد. اگر سقف خودرو دچار فرورفتگی شود، صافکار حرفه‌ای باید از روش مکش برای رفع فرورفتگی‌ها استفاده کند. در این روش از ابزارهای دقیق و تکنیک‌های استاندارد صافکاری استفاده می‌شود (شکل ۸).



شکل ۸

■ **صافکاری گلگیرها:** گلگیرها بیشترین احتمال برخورد با اجسام رادارند و به همین دلیل، بسیار آسیب‌پذیر هستند. گلگیرها دارای برجستگی‌های خاصی هستند که به‌عنوان ضربه‌گیر عمل می‌کنند. اگر گلگیر خودرو دچار آسیب شود و رنگ بدنه سالم بماند، صافکاری بدون رنگ با استفاده از ابزارهای مخصوص انجام می‌شود. در این حالت نیازی به جدا کردن آن از بدنه نیست. اما اگر آسیب به‌قدری شدید باشد که رنگ بدنه نیز آسیب‌دیده باشد، ممکن است صافکار مجبور به باز کردن گلگیر و پس‌ازآن ترمیم و نقاشی آن باشد. در این حالت، صافکار باید دقت کند که پس از نصب مجدد، گلگیر به‌درستی با سایر قطعات خودرو مانند کاپوت، چراغ‌ها و سپر تراز شود تا ظاهر خودرو به حالت طبیعی حفظ شود (شکل ۹).



شکل ۹

تفاوت صافکاری سنتی و PDR

تفاوت‌ها به عوامل مختلفی ازجمله هزینه، زمان، و نوع آسیب بستگی دارد. صافکاری سنتی به دلیل نیاز به رنگ‌آمیزی و استفاده از ابزارهای مختلف، معمولاً هزینه‌برتر است. ولی صافکاری PDR به دلیل عدم نیاز به رنگ‌آمیزی، ارزان‌تر و اقتصادی‌تر است. صافکاری PDR به دلیل عدم نیاز به خشک شدن رنگ و مراحل کمتر، در مدت‌زمان کوتاه‌تری انجام می‌شود اما صافکاری سنتی به دلیل مراحل بیشتر، معمولاً زمان‌بر است. در صافکاری PDR، کیفیت رنگ بدنه حفظ می‌شود و هیچ تغییری در آن رخ نمی‌دهد. ولی در صافکاری سنتی ممکن است تفاوت جزئی در رنگ‌آمیزی نهایی مشاهده شود. مزایا و معایب صافکاری سنتی و PDR در جدول ۲ آورده شده‌اند.

جدول ۲

	سنتی	PDR
مزایا	امکان رفع آسیب‌های شدید بدنه	عدم نیاز به رنگ‌آمیزی مجدد و حفظ ظاهر اصلی
	قابل‌اجرا برای انواع بدنه و آسیب‌ها	کاهش هزینه و زمان موردنیاز برای تعمیر
معایب	نیاز به رنگ‌آمیزی مجدد	محدودیت در نوع و شدت آسیب‌های قابل تعمیر
	زمان‌بر بودن و هزینه بالاتر	نیاز به تخصص بالای تعمیرکار

در شکل ۱۰ تفاوت آنها نشان داده‌شده است.



شکل ۱۰

شاسی‌کشی

تصادفات رانندگی، فارغ از شدت آنها، می‌توانند تأثیرات مخربی بر ساختار اصلی خودرو یا همان شاسی بگذارند. خودروهای نسل جدید برخلاف خودروهای قدیمی، از سازه یکپارچه بهره می‌برند که در آنها شاسی و اتاق خودرو به‌هم‌پیوسته هستند.
این طراحی باعث می‌شود که ضربات وارده در سراسر بدنه توزیع شوند تا سرنشینان کمترین آسیب را ببینند. اما بازگرداندن این ساختار پیچیده به حالت اولیه، نیازمند دانش فنی بالا و تجهیزات خاص است. تعمیرات غیراصولی نه‌تنها باعث لاستیک‌سایی و انحراف فرمان می‌شود، بلکه در تصادفات بعدی، مقاومت بدنه را به‌شدت کاهش می‌دهد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱

رفتار فلز شاسی

اعمال حرارت مستقیم که درروش سنتی مرسوم است، ساختار فولاد را تغییر می‌دهد و آن را ترد و شکننده می‌کند. متخصصان بر استفاده از روش کشش سرد تأکید دارند تا خواص متالورژیکی فلز حفظ شود. فرایند شاسی‌کشی نیازمند اعمال نیروی محاسبه‌شده و سپس تنش‌زدایی است تا فلز در موقعیت صحیح تثبیت شود.

نشانه‌های نیاز به شاسی‌کشی

فرسایش ناهماهنگ تایرها: اگر لبه‌های داخلی یا خارجی لاستیک زودتر از بخش میانی ساییده شود، نشان‌دهنده به هم خوردن زوایای شیب عرضی و همگرایی چرخ‌ها به دلیل انحراف شاسی است.
کشیده شدن فرمان: در جاده‌ای کفی و صاف، فرمان خودرو تمایل به گردش‌به‌چپ یا راست دارد و با میزان فرمان معمولی اصلاح نمی‌شود.
عدم تقارن در درزهای بدنه (Gaps): فاصله بین درب و گلگیر در سمت راست با سمت چپ متفاوت است و کاپوت به‌سختی بسته می‌شود.

صداهای ناهنجار از زیر بندی: صدای جیرجیر یا تق‌تق در هنگام عبور از دست‌اندازها که ناشی از فشار غیرعادی شاسی بر بوش‌های طبق است.
در شکل ۱۲ مراحل گام‌به‌گام بازسازی شاسی خودرو آورده شده است.



پیش از هر اقدامی، خودرو در محل مناسب قرار می‌گیرد و با استفاده از مترهای لیزری و مقایسه ابعاد با نقشه‌های فنی شرکت سازنده، میزان انحراف را در سه محور X، Y و Z مشخص می‌کنند.



قطعاتی که مانع دسترسی به شاسی هستند یا ممکن است در حین کشش آسیب ببینند (مانند رادیاتور، کندانسور کولر، و گاهی موتور و گیربکس)، با دقت توسط متخصص هر بخش باز شوند.



خودرو با استفاده از کلمپ‌های فولادی سخت‌کاری شده به میز شاسی‌کشی متصل می‌شود. این اتصال باید به‌قدری محکم باشد که خودرو در برابر نیروهای چند تنی جک‌ها حرکت نکند.



با استفاده از جک‌های هیدرولیک، نیرو به نقاط آسیب‌دیده اعمال می‌شود. این کشش‌ها به‌صورت پله‌ای و با رصد مداوم اندازه‌ها انجام می‌شوند.

شکل ۱۲

ارگونومی

در صافکاری ستون‌ها و شاسی اغلب نیازمند قرارگیری در وضعیت‌های بدنی نامناسب (چمباتمه، خم شدن زیر گلگیر یا کشیدگی دست در سقف) است. تغییر وضعیت مکرر بدن، استفاده از زیراندازهای ارگونومیک و تکیه‌گاه‌های مناسب برای پیشگیری از آسیب‌های ستون فقرات و دیسک کمر ضروری است.



واردکردن ضربات کنترل‌شده به خطوط شکستگی هنگام کشش برای جلوگیری از پدیده برگشت فنری.



استفاده از خط‌کش‌های تلسکوپی یا دستگاه‌های الکترونیکی یا لیزری مطابق با کتابچه ابعاد استاندارد کارخانه.

ادامه شکل ۱۲

اشتباهات رایج در شاسی‌کشی

گرم کردن بیش‌ازحد شاسی، باعث نرم شدن فولاد می‌شود به‌طوری‌که در ضربات شدید بعدی، شاسی مقاومت لازم را نخواهد داشت.

پوشاندن عیوب با بتونه در برخی مراکز به‌جای صاف کردن دقیق شاسی، ناهمواری‌ها را با لایه‌های ضخیم بتونه پر می‌کنند که پس از مدتی ترک می‌خورد.

عدم رعایت اصول جوشکاری و استفاده از جوش نامناسب باعث ضعف ساختاری در نقاط اتصال می‌شود.

توجه

هنگام استفاده از دستگاه‌های جوشکاری یا صافکاری القایی، حتماً بست باتری و در صورت امکان ECU خودرو قطع گردد.

نکات ایمنی صافکاری

هنگام صافکاری دستی بدنه، ستون‌ها و شاسی خودرو به دلیل درگیر بودن با کشش‌های سنگین، تنش‌های پسماند فلز، استفاده از ابزارهای ضربه‌ای و تجهیزات حرارتی، باید نکات ایمنی زیر را رعایت نمود.

■ **ارزیابی سلامت ساختاری ورق**

از چکش‌کاری بیش از حد روی فولادهای استحکام بالا خودداری شود. این فولادها تمایل به ترک‌خوردگی سریع دارند.

■ **تست کیفیت سطح**

تست لامسه با دستکش نخی و بررسی پیوستگی خطوط بدنه با کشیدن کف دست روی قطعه و تست با سوهان صافکاری با کشیدن یکنواخت سوهان کمانی با دندانه درشت روی ورق برای مشخص شدن نقاط پست و بلند.

■ **دستگاه‌های الکتریکی**

برای ایمنی، پیش از شروع کار و پیش از آنکه حتی یک ضربه چکش به بدنه یا ستون وارد شود، باید اقدامات پیشگیرانه زیر انجام گیرد:

قطع باتری: ابتدا قطب منفی و سپس قطب مثبت باتری را جدا کنید. این کار مانع از اتصال کوتاه و جرقه حین کار با ابزارها یا باز شدن تصادفی مدارها می‌شود.

غیرفعال‌سازی سیستم ایربگ: در صافکاری ستون‌ها (A, B, CA, B, CA, B, C)، رکاب‌ها و سقف، سنسورهای ضربه و کپسول‌های ایربگ پرده‌ای یا جانبی دقیقاً در پشت پوسته یا داخل دوبل ستون قرار دارند. شوک ناشی از چکش‌کاری، جک زدن یا اعمال حرارت می‌تواند باعث باز شدن انفجاری ایربگ و صدمه مرگبار شود. سیستم ایربگ باید بر اساس دستورالعمل کارخانه تخلیه خازنی و قطع شود.

ایمنی باک و خطوط سوخت: در ضربه کاری و شاسی‌کشی بخش عقب خودرو یا رکاب‌ها، مطمئن شوید لوله‌های بنزین یا خود باک در مسیر ابزار، ضربه یا شعله نیستند. در صورت لزوم، باک باید باز یا تخلیه و ایمن شود.

■ ابزار موردنیاز شاسی‌کشی در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳

تجهیزات	کاربرد
میز شاسی‌کشی	سازه فلزی که امکان ثابت کردن خودرو و اعمال نیرو تا زاویهٔ ۳۶۰ درجه را فراهم می‌کند.
سیستم اندازه‌گیری لیزری	سنسورهایی که زیر خودرو نصب و موقعیت دقیق شاسی را به کامپیوتر ارسال می‌کنند.
جک‌های هیدرولیک	برای اعمال نیروی دقیق، پیوسته و غلبه بر مقاومت فولادهای مستحکم.
ابزارهای تنش‌زدایی	چکش‌های پنوماتیک برای آزاد کردن تنش‌های پسماند در فلز پس از کشش.



■ **ایمنی کار با ابزارهای دستی (چکش‌ها، زیر سری‌ها و قلم‌ها)**

استفاده از چکش‌های سالم و استاندارد: سر چکش صافکاری نباید قارچی شکل یا دارای لب‌پریدگی و ترک باشد، پلیسه‌ها با کوچک‌ترین ضربه جداشده و به چشم یا دست آسیب می‌رسانند. دسته چکش باید کاملاً محکم، خشک، فاقد ترک و گوه خورده باشد.

مهار ارتعاشات دست: هنگام گرفتن مشتی دستی در پشت ورق، نباید مچ دست قفل باشد. زیرسری را با دستکش چرمی مهار کنید تا ضربه برگشتی توسط مفاصل مچ دست جذب نشود.

مراقبت از قرارگیری دست در دوبل‌ها: حین بالا آوردن فرورفتگی‌های دوبل ستون‌ها یا گلگیر با میله‌های صافکاری یا اهرم‌ها، باید مراقب گیر افتادن دست میان دولایه ورق حین برگشت ناگهانی فنری ورق بود.

■ **ایمنی هنگام شاسی‌کشی و کشش ستون‌ها:** صافکاری شاسی و ستون‌ها معمولاً نیازمند اعمال تنش‌های فشاری و کششی بسیار بالا با جک‌های هیدرولیک، زنجیر و خرک است که باید موارد داده شده در شکل ۱۳ را رعایت نمود.



شکل ۱۳

■ **ایمنی حرارت کاری و بادگیری**

برای برگرداندن کشیدگی ورق در بدنه و شاسی، از شعله اکسی‌استیلن یا دستگاه بادگیر موضعی استفاده می‌شود که هنگام حرارت‌کاری و بادگیری باید موارد زیر را رعایت نمود:

■ **پاک‌سازی مواد اشتعال‌پذیر:** موکت‌های داخل اتاق، نمدی سقف، عایق‌های صوتی (قیر و فوم)، و سیم‌کشی‌های پشت ستون‌ها باید کاملاً باز یا محافظت شوند.

■ **تجهیزات اطفای حریق:** کپسول آتش‌نشانی و سطل آب همراه با پارچه نم‌دار باید در چند قدمی صافکار آماده باشد.

■ **تهویه گازهای سمی:** سوختن لایه‌های زیرین آستر، موم‌های درزگیر و رنگ در اثر حرارت، گازهای بسیار سمی متصاعد می‌کند. تهویه موضعی یا استفاده از ماسک فیلتردار ضدگاز الزامی است.

■ **تجهیزات حفاظت فردی**

جدول ۴

تجهیزات	علت و کاربرد در صافکاری
عینک ضدضربه	جلوگیری از پرتاب پلیسه‌های رنگ، زنگ‌زدگی، براده‌ها و ذرات فلزی حین چکش‌کاری
گوشی محافظ	حفاظت از شنوایی در برابر صدای ضربات مداوم فرکانس بالای چکش و ابزارهای بادی
دستکش چرمی	جلوگیری از بریدگی دست توسط لبه‌های تیز ورق، پلیسه‌ها و محافظت در برابر داغی ورق
کفش ایمنی	محافظت در برابر افتادن زیر سری‌های سنگین چدنی، ابزارهای هیدرولیک و قطعات خودرو

فرم چک‌لیست عملیاتی و ایمنی صافکاری

مشخصات کلی

شماره پذیرش: ..... کارگاه: ..... مشخصات خودرو: ..... مدل: ..... سال ساخت: .....
پلاک:..... شماره شاسی: ..... شماره بدنه: ..... نام صافکار: ..... تاریخ .....

کنترل ایمنی و آماده‌سازی

موارد کنترلی	تأیید ✓	عدم تأیید ×	توضیحات
قطع سرباتری و عایق‌سازی قطب‌ها	☐	☐	جلوگیری از اتصال کوتاه
غیرفعال‌سازی و تخلیه خازنی ماژول‌ها و ایربگ‌ها	☐	☐	حفاظت جانی حین کار روی ستون‌ها
تخلیه و جداسازی خطوط لوله سوخت، باک و سیم‌کشی‌ها از محل کشش یا حرارت	☐	☐	جلوگیری از حریق یا پارگی لوله‌ها
دمونتاژ قطعات داخلی (نمدی سقف، کمربند ایمنی و عایق‌ها)	☐	☐	دسترسی به پشت ورق و پیشگیری از حریق
استقرار صحیح خودرو روی فک‌های شاسی‌بند و خرک‌های استاندارد	☐	☐	مهار ۴ نقطه‌ای محکم
استفاده از زنجیر و قلاب‌های کششی و کابل با پتوی مهار زنجیر	☐	☐	مهار پارگی احتمالی زنجیر
تجهیزات حفاظت فردی	☐	☐	آماده‌به‌کار بودن کپسول آتش‌نشانی

کنترل ابعادی

موقعیت	پارامتر ابعادی	اندازه استاندارد (mm)	قبل از صافکاری (mm)	بعد از صافکاری (mm)	نتیجه	
					تأیید ✓	عدم تأیید ×
سر شاسی جلو	فاصله ضربدری				☐	☐
سر شاسی جلو	فاصله عرضی سر شاسی‌ها				☐	☐
ستون جلو	فاصله لچکی تا پایه شیشه جلو				☐	☐
دهانه درها	قطر ضربدری ستون جلو و وسط				☐	☐
ستون وسط	فاصله عمودی کف تا سقف				☐	☐
دهانه در عقب	قطر ضربدری ستون وسط و عقب				☐	☐
کف صندوق	فاصله ضربدری گلگیرهای عقب				☐	☐

نکته

در جدول بالا انحراف مجاز ۲± میلی‌متر است.

کنترل کیفیت صافکاری

موارد ارزیابی	وضعیت کیفی		معیارهای پذیرش
	تأیید ✓	عدم تأیید ×	
سلامت فیزیکی لایه‌های دوبل و تقویت‌ها	☐	☐	عدم چین‌خوردگی ورق‌های زیرین ستون
کیفیت ساختار در اثر حرارت‌دهی	☐	☐	عدم سوختگی ورق
هم‌راستایی و یکنواختی درزها	☐	☐	فاصله یکنواخت درزها با سایر قسمت‌ها ۳-۵mm
عملکرد لولا و قفل درب‌ها	☐	☐	چفت شدن کامل بدون نیاز به فشار مضاعف
صافی سطح و موج‌گیری نهایی	☐	☐	عدم وجود اثر چکش
ترمیم موم‌کشی و ضدزنگ در نقاط دوبل	☐	☐	پوشش کامل ضدخوردگی، بخش‌های ترمیم‌شده

پیاده و سوار کردن

هنگام صافکاری بدنه، ستون‌ها و شاسی خودرو لازم است قطعاتی از خودرو همانند چرخ ها، شیشه‌ها، رودری‌ها، کاپوت موتور، درب صندوق‌عقب، وسایل برقی و مخزن سوخت مطابق دستورالعمل‌های سازنده و دفترچه راهنمای خودرو باز و بسته شوند.

پیاده و سوار کردن چرخ اتومبیل

چرخ خودروها معمولاً دارای ۴ پیچ با سایز ۱۹ میلی‌متر هستند. در شکل‌های ۱۴و۱۵دستورالعمل استاندارد کارگاهی و ایمنی برای انجام این کار به‌صورت مرحله‌به‌مرحله و تجهیزات موردنیاز آورده شده است.

۱ـ ابزار و تجهیزات

- جک لوزی فابریک یا جک سوسماری کارگاهی
- آچار چرخ یا آچار بکس دسته بلند یا آچار صلیبی
- خرک ایمنی برای کار در تعمیرگاه یا توقف طولانی
- گوه یا مانع زیر چرخ برای مهار خودرو



شکل ۱۴

۲ـ اقدامات اولیه و نکات ایمنی

- توقف خودرو روی سطح کاملاً صاف، سخت، هموار و بدون شیب
- کشیدن ترمزدستی تا انتها
- قرار دادن گیربکس دستی در دنده ۱ یا دنده‌عقب و گیربکس اتوماتیک در حالت P
- قرار دادن گوه چوبی یا پلاستیکی زیر چرخ‌ها از هر دو طرف
- استفاده از خرک ایمنی پس از بالا بردن خودرو با جک



شکل ۱۵

۳ـ پیاده کردن چرخ

پیاده‌کردن چرخ خودرو به ترتیب موارد زیر انجام می‌شود: (مطابق شکل ۱۶)

- بیرون کشیدن قالپاق با لبه صاف آچار چرخ یا دست
- شل کردن اولیه پیچ‌ها
- قرار دادن شیار سر جک زیر رکاب
- جک زدن و بالا بردن خودرو
- باز کردن جک تا فاصله گرفتن تایر حدود ۳ تا ۵ سانتی‌متر از زمین
- قرار دادن خرک ایمنی زیر شاسی یا نقطه تقویت‌شده اتاق
- باز کردن کامل پیچ‌ها
- بیرون کشیدن چرخ با هر دودست مستقیم به سمت بیرون



شکل ۱۶

نکات ایمنی

هرگز درحالی‌که خودرو روی جک است، نیروی زیادی برای باز کردن پیچ‌ها وارد نکنید؛ خطر سرخوردن خودرو از روی جک وجود دارد.
چرخ بازشده را به‌صورت خوابیده در زیر لبه رکاب خودرو قرار دهید.

۴ـ سوار کردن چرخ

سوار کردن چرخ خودرو به ترتیب موارد زیر انجام می‌شود:

- بلند کردن چرخ و تنظیم سوراخ مرکزی رینگ روی توپی چرخ برای هم‌راستا شدن سوراخ‌های پیچ‌ها
- بستن تمام پیچ‌ها با دست
- سفت کردن با آچار چرخ
- بالا بردن جک و برداشتن خرک ها
- پایین آوردن خودرو به‌آرامی با جک
- سفت کردن نهایی پیچ‌ها به روش ضربدری
- آزاد کردن جک



شکل ۱۷

توجه

پیچ‌ها باید با ترک متر و گشتاور استاندارد کارخانه سفت شوند. رینگ فولادی باید در بازه ۱۰۰ تا ۱۲۰ نیوتن‌متر و رینگ آلومینیومی حدود ۹۰ تا ۱۱۰ نیوتن‌متر باشد.

■ پیاده و سوار کردن مخزن سوخت

دستورالعمل پیاده و سوار کردن مخزن سوخت و لوله‌های سوخت‌رسانی شامل موارد زیر است.
برای پیاده و سوار کردن مخزن سوخت و لوله‌های سوخت‌رسانی ابزارها و تجهیزات داده‌شده در جدول ۵ نیاز است.

جدول ۵

تجهیزات	کاربرد
دستگاه مکش سوخت ضد جرقه	تخلیه بنزین از باک قبل از باز کردن
جک بالابر	مهار و پایین آوردن کنترل‌شده باک
انبر مخصوص اتصالات سریع سوخت	جداسازی ایمن شیلنگ‌ها
جعبه بکس، جغجغه و ترک متر	باز و بست پیچ‌های بست باک و عایق‌ها
کپسول پودر و گاز اطفای حریق	ایمنی کارگاه در برابر حریق احتمالی

در جدول ۶ نکات ایمنی پیاده و سوار کردن مخزن سوخت آورده شده است.

جدول ۶

ممنوعیت کامل هرگونه شعله یا جرقه	تخلیه لوله‌های سوخت‌رسانی
تهویه مناسب کارگاه	قطع قطب منفی باتری

مراحل پیاده و سوار کردن مخزن سوخت و لوله‌های سوخت‌رسانی در شکل ۱۸ آورده شده است.



شکل ۱۸

ترمیم پوسیدگی‌های خودرو

برای ترمیم پوسیدگی‌های بدنه و اتاق خودرو باید با استفاده از فرز مجهز به صفحه سیمی یا صفحه سنباده پره‌ای (دانه ۶۰ تا ۸۰)، رنگ، بتونه و موم‌های پوسیده را حداقل ۳ تا ۵ سانتی‌متر فراتر از محدوده زنگ‌زدگی را برداشت تا به فلز کاملاً براق، سالم و بدون خوردگی رسید. محدوده پوسیده‌شده را به‌صورت اشکال منظم هندسی (مستطیل یا ذوزنقه با گوشه‌های گرد) علامت‌گذاری نموده؛ زیرا ساخت و انطباق وصله با خطوط مستقیم بسیار دقیق‌تر و محکم‌تر است (شکل ۱۹).



شکل ۱۹



شکل ۲۰

با فرز دیسکی صفحه نازک ۱ میلی‌متری، فلز پوسیده‌شده را جدا و لبه‌های برش پلیسه‌گیری شود. یک‌تکه مقوای کارگاهی را روی دهانه برش خورده قرار داده و با لبه‌های قطعه خط انداخته و الگو را روی ورق روغنی هم ضخامت بدنه، منتقل کرده و برش داده می‌شود. لبه‌های وصله باید به‌گونه‌ای باشد که اتصال لب‌به‌لب با شیار حدود ۱ میلی‌متر ایجاد شود.

توجه

از اتصال دو ورق روی‌هم در نواحی نفوذ رطوبت پرهیز شود. زیرا فضای خالی بین ورق‌ها باعث تجمع مجدد رطوبت و پوسیدگی خواهد شد.

وصله به کمک انبر قفلی یا آهنرباهای گونیایی در جای خود تراز شده و با خال‌جوش‌های منقطع با فواصل ۲ تا ۳ سانتی‌متری در جهت‌های متضاد ثابت می‌شوند. به‌تدریج فواصل بین خال‌جوش‌ها را با تکنیک جوش‌های نقطه‌ای همپوشان پر نموده تا درز کاملاً مسدود شود. در نهایت گرده‌های جوش با سنگ فرز تا هم‌سطح شدن کامل با بدنه تراشیده و پرداخت می‌شوند.

پیاده‌سازی درب موتور (کاپوت)

برای پیاده‌سازی کاپوت و استقرار آن روی خرک متحرک از تجهیزات جدول ۷ استفاده می‌شود.

جدول ۷

تجهیزات	کاربرد
کاور محافظ گلگیر و پتوی نرم کارگاهی	پوشش لبه گلگیرها و شیشه برای جلوگیری از خط‌وخش و شکستگی
ماژیک و خط‌کش	علامت‌گذاری پایه لولا روی درب موتور
انبر خارکش و پیچ‌گوشتی تخت ساعتی یا باریک	باز کردن خارها
جعبه بکس (سایز متداول ۱۰، ۱۲ یا ۱۳)	باز کردن پیچ‌های اتصال لولا به اسکلت کاپوت
خرک مجهز به روکش فومی	قرار دادن ایمن کاپوت جهت جلوگیری از تاب برداشتن و لغزش

شرح گام‌به‌گام مراحل باز کردن درب موتور در شکل ۲۱ آمده است.



شکل ۲۱

پیاده‌سازی درب صندوق‌عقب

شرح گام‌به‌گام مراحل باز کردن درب صندوق‌عقب در زیر آمده است.

- بیرون کشیدن خارهای فشاری نگه‌دارنده نمد با استفاده از خارکش
- باز کردن دستگیره، قاب‌های پلاستیکی، قفل و ادوات برقی
- جداسازی دسته سیم و اتصالات الکتریکی ادوات برقی
- باز کردن بست‌های کمربندی نگه‌دارنده سیم‌ها از اسکلت دوبل درب
- آزاد کردن لاستیک گردگیر محل عبور سیم‌ها از روی بدنه درب
- هدایت کل دسته سیم به‌آرامی از سوراخ بدنه به بیرون
- آزادسازی مکانیزم کمکی بازکننده (جک یا فنر)
- علامت‌گذاری لولاها و باز کردن پیچ‌ها به روش دو نفره
- نشانه‌گذاری نشیمنگاه لولاها روی درب صندوق برای تنظیم نهایی
- باز کردن پیچ‌های زیرین و بالایی لولا با آچار بکس مناسب
- انتقال درب صندوق با هماهنگی دو نفره از روی خودرو به روی خرک پوشش‌دار



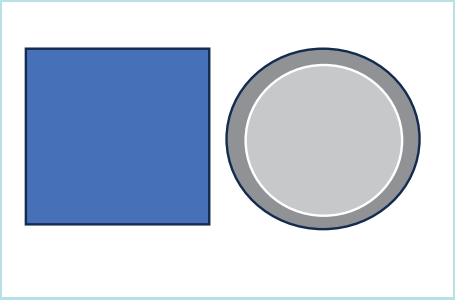
شکل ۲۲

کارکارگاهی

لبه‌سازی

ایجاد لبه‌برگردان روی ورق

ابعاد اولیه ورق ۰/۵×۱۵۰×۱۵۰ میلی‌متر



مراحل انجام کار

- ☐ آماده‌سازی ورق اولیه مطابق ابعاد داده‌شده
- ☐ ترسیم دایره خارجی به قطر ۱۵۰میلی‌متر
- ☐ ترسیم دایره داخلی به قطر ۱۳۰ میلی‌متر
- ☐ برشکاری دایره بیرونی
- ☐ انتخاب زیر سری مناسب با شعاع انحنای دایره و مهار آن
- ☐ جمع کاری تدریجی لبه تا زاویه ۳۰ درجه (فرم‌دهی اولیه)
- ☐ جمع کاری تدریجی لبه تا زاویه ۶۰ درجه (توزیع تنش و جمع کاری)
- ☐ جمع کاری تدریجی لبه تا زاویه ۹۰ درجه و کوبش نهایی
- ☐ صافکاری، تمیزکاری و موج گیری سطح نهایی لبه برگشته با چکش
- ☐ کنترل ابعادی و بررسی عیوب

وسایل و تجهیزات

در جدول مقابل ابزار و تجهیزات موردنیاز این کار کارگاهی را بنویسید. سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- ☐ استفاده از عینک محافظ، دستکش چرمی ضد حرارت و گوشی صداگیر حین کار
- ☐ بررسی شیلنگ‌ها، اتصالات مشعل و کپسول‌ها ازنظر عدم نشتی گاز پیش از روشن کردن شعله
- ☐ استقرار کپسول‌های گاز در محل ثابت و دور از ضربات چکش و حرارت مستقیم
- ☐ قرار دادن کپسول آتش‌نشانی آماده‌به‌کار در نزدیکی محل حرارت کاری
- ☐ مراقبت از دست و انگشتان در برابر ضربات برگشتی قالب‌تنه و لبه‌های تیز ورق

نکات زیست‌محیطی

- ☐ تهویه موضعی گازها و دود با هود مکنده.
- ☐ جمع‌آوری و تفکیک براده‌ها و ضایعات فلزی جهت بازیافت.
- ☐ پرهیز از رهاسازی پارچه‌ها و دستمال‌های آغشته به مواد نفتی در محیط کارگاه.

کارگاهی

صافکاری گلگیر ضربه خورده



- فرورفتگی به قطر ۱۰ سانتی‌متر، بدون پارگی، همراه با دو ناحیه کشیدگی در لبه‌ها

مراحل انجام کار

- بازدید چشمی ناحیه آسیب‌دیده
- لمس ناهمواری‌ها با حرکت کف دست روی سطح
- قرار دادن مشتی دورتر از مرکز فرورفتگی
- اعمال ضربات کوتاه، پیوسته و سبک با قالب‌تنه از لبه‌های آسیب به سمت مرکز
- لمس سطح بعد از هر مرحله اعمال ضربه
- مشخص نمودن نقطه کشیدگی
- گرم کردن تدریجی نقطه کشیدگی با مشعل، به‌اندازه یک سکه
- اعمال ضربات کوتاه، پیوسته و سبک با قالب‌تنه
- کنترل همواری کامل سطح پس از سرد شدن

وسایل و تجهیزات

در جدول روبه‌رو ابزار و تجهیزات موردنیاز این کار کارگاهی را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- استفاده از عینک محافظ، دستکش چرمی ضد حرارت و گوشی صداگیر حین کار
- بررسی شیلنگ‌ها، اتصالات مشعل و کپسول‌ها ازنظر عدم نشتی گاز پیش از روشن کردن شعله
- استقرار کپسول‌های گاز در محل ثابت و دور از ضربات چکش و حرارت مستقیم
- قرار دادن کپسول آتش‌نشانی آماده‌به‌کار در نزدیکی محل حرارت کاری
- مراقبت از دست و انگشتان در برابر ضربات برگشتی قالب‌تنه و لبه‌های تیز ورق

نکات زیست‌محیطی

- تهویه موضعی گازها و دود با هود مکنده.
- جمع‌آوری و تفکیک براده‌ها و ضایعات فلزی جهت بازیافت.
- پرهیز از رهاسازی پارچه‌ها و دستمال‌های آغشته به مواد نفتی در محیط کارگاه.

ارزشیابی شایستگی صافکاری دستی

نام و نام خانوادگی				شماره ملی		تاریخ ارزشیابی:	
کد حرفه	۷۲۱۳۱۲	حرفه	ورق‌کاران (فلزات)	کدپیمانه/پودمان	۷۲۱۳۱۲۰۳۵	استاندارد عملکرد: صافکاری سطوح فلزی با ابزار دستی برابر دستورالعمل با رعایت نکات فنی و ایمنی	
کد وظیفه شغل	۷۲۱۳۱۲۰۳	وظیفه شغل	فرم‌دهی ورق‌های فلزی	سطح صلاحیت	L2		
کد کار	۷۲۱۳۱۲۰۳۵۱	کار	صافکاری دستی	سطح شایستگی	مهارت		

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده‌سازی	سندان، صفحه صافی، مارکر، دستکش، عینک و لباس کار زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، نقشه، آزمون عملکردی	انتخاب ابزار با توجه به عیب	۳	
				پیاده‌سازی طرح روی بخش آسیب‌دیده و علامت‌گذاری با مارکر روی سطح آسیب دیده برابر دستورالعمل	۲	
				ناتوانی در پیاده‌سازی طرح روی بخش آسیب‌دیده برابر دستورالعمل	۱	
۲	صافکاری سطح	مشتی، قالب‌تنه،چکش فلزی و چوبی و پلاستیکی، گیره و کلمپ، سندان، صفحه صافی و میز صاف زمان: یک ساعت	مشاهده کار، آزمون عملکردی	صاف‌کاری سطوح تابیده و پیچیده برابر دستورالعمل	۳	
				صاف‌کاری سطوح برجسته و فرورفته برابر دستورالعمل	۲	
				ناتوانی در صاف‌کاری سطوح	۱	
۴	کنترل نهایی	خط‌کش فلزی، نقشه کار، متر، کولیس، گونیا و پرگار فلزی زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، آزمون عملکردی	بازرسی چشمی سطح برابر دستورالعمل	۳	
				تست صافی سطح با میز یا صفحه برابر دستورالعمل	۲	
				ناتوانی در کنترل صافی سطح	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش		دقت در پیشگیری از آسیب به سطح با ضربات کنترل شده، توجه به آلودگی صوتی و به‌کارگیری فناوری‌های مناسب (N۴۲)		رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش)	۲	
				عدم رعایت موارد ایمنی	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐	
					خیر ☐	

توضیحات:

۱ـ معیار شایستگی انجام کار:

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲

صافکاری ماشینی

آیا تابه‌حال پی برده‌اید؟

- صافکاری PDR تنها یک مهارت دستی نیست.
- رنگ فابریک لایه محافظتی برای جلوگیری از خوردگی در بدنه خودرو محسوب می‌شود.
- پنل نوری آسیب‌های ریز سطح ورق را قابل‌مشاهده می‌سازد.
- صافکار PDR باید با دقت بالا، ناهنجاری‌های سطحی را با ساختار انحنای فابریک تطبیق دهد.
- روش PDR فناوری جایگزین و استاندارد برای صافکاری سنتی است.

استاندارد عملکرد

در پایان این واحد یادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود، با رعایت کامل اصول ایمنی با استفاده از پنل نوری، تحلیل دقیق آسیب‌های ورق را انجام داده، ابزار مناسب PDR را به کار گرفته و تکنیک‌های اصولی اهرم‌کاری و فرم‌دهی دقیق را برای بازگردانی ورق به حالت اولیه، بدون آسیب به پوشش، اجرا نمایند و درنهایت، خواهند توانست سطح ترمیم‌شده را با خطوط بازتاب نوری ارزیابی کرده و انطباق نهایی آن با انحنای استاندارد بدنه را انجام دهند.

صافکاری‌ماشینی

یکی از ماشین‌های صافکاری چکش پنوماتیکی است که نیروی محرکه آن برای صافکاری سطوح ورق‌های فلزی هوای فشرده است.

با قرار دادن قطعه بین سندان و چکش ماشین و وارد آمدن ضربه‌های پی‌درپی و جابه‌جایی یکنواخت و مدام ناهمواری‌ها برطرف می‌شوند (شکل ۲۳) برای اینکه هنگام صافکاری سطح قطعات صاف باقی بماند باید به نکات زیر توجه نمود.

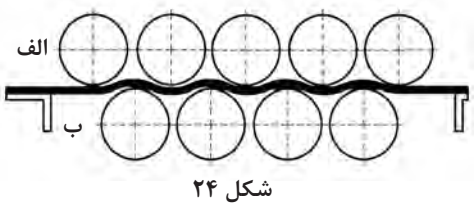
- در هنگام آغاز و پایان صافکاری ضربات چکش روی لبه کار وارد نشود.
- بدون توقف چکش، ورق را سریع زیر چکش برده یا از زیر آن خارج کرد.
- سطوح تماس سندان و چکش ماشین باید هنگام صافکاری ورق‌های غیر آهنی کامل صیقلی باشد و برای صافکاری ورق‌های آلومینیومی سندان را چرب نمود.



شکل ۲۳

صافکاری به‌وسیله ماشین نورد

این ماشین‌ها دارای دو ردیف غلتک از فولاد سخت به قطرهای مختلف ساخته‌شده‌اند که به‌طور یک‌درمیان روی‌هم قرارگرفته‌اند. ورق از بین غلتک‌ها عبور داده می‌شود و با ایجاد موج‌های یکنواخت به نسبت قابل‌توجهی از نامنظمی‌های آن کاسته می‌شود.



شکل ۲۴

صافکاری با ماشین کششی

صافکاری با این روش در دو مرحله کشیدن ورق با سرعت زیاد و نیروی کم به‌منظور از بین بردن تغییر شکل موقت یا ارتجاعی آن برای قرار گرفتن ورق به وضع افقی و مسطح انجام می‌شود و مرحله دوم کشیدن با نیروی زیاد و سرعت کم برای بزرگ یا طویل شدن نواحی کوتاه ورق که به‌طور پیوسته انجام می‌شود (شکل ۲۵).



شکل ۲۵

■ صافکاری بدون رنگ

کلمه (PDR) مخفف عبارت Paintless Dent Repair است به معنای صافکاری بدون رنگ یا تعمیر فرورفتگی‌های بدنه خودرو، به‌وسیله ابزارهای تخصصی است. این ابزارها روی بدنه یا به‌صورت دقیق، پشت پنل‌های بیرونی قرار می‌گیرند که به‌نوعی بدنه را ماساژ می‌دهند. درواقع صافکاری PDR هنر دست صافکار است و آمیخته‌ای از هنر و فن است که نیازمند سال‌ها تجربه و مشقت است. دستگاه‌های صافکاری تنها به صافکار در بهتر شدن نتیجه کار کمک می‌کند و درنهایت تجربه و هنر صافکار است که نتیجه را مشخص خواهد کرد.



شکل ۲۶

■ ویژگی‌های صافکار PDR

یک صافکار PDR باید دانش فنی، دقت و مهارت عملی داشته باشد و بتواند نوع و میزان آسیب ورق را درست تشخیص دهد. مهم‌ترین ویژگی‌های صافکار در شکل ۲۷ آورده شده است.



شکل ۲۷

روش‌های صافکاری بدون رنگ

بر اساس نحوه دسترسی به ورق و نوع آسیب به چند دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

■ **روش میله‌ای:** متداول‌ترین روش است برای صافکاری بخش‌هایی که دسترسی به پشت پنل (از طریق سوراخ‌های فابریک، باز کردن روکش درها یا چراغ‌ها) وجود دارد. با استفاده از میله‌های فولادی با فرم‌های مختلف (سرگرد، تخت، تیغه‌ای و زاویه‌دار) برای اعمال فشار ملایم و نقطه‌ای از پشت ورق انجام می‌شود (شکل ۲۸).



شکل ۲۸

■ **روش کششی:** برای صافکاری نقاط دوبل و بخش‌هایی که دسترسی به پشت ورق وجود ندارد (مانند ستون‌ها، لبه‌ها و رکاب‌ها) به‌کار می‌رود که با چسباندن سری‌های پلاستیکی (تَب یا پد) با چسب حرارتی مخصوص روی مرکز فرورفتگی و کشیدن ورق به سمت بیرون با استفاده از انبردست تگرگ‌کش، چکش ضربه زن انجام می‌شود (شکل ۲۹).





شکل ۲۹

■ **روش مغناطیسی:** این روش برای رفع تگرگ خوردگی‌های ریز، فرورفتگی‌های نرم بدون شکستگی و رفع اضافه ورق یا کشیدگی ملایم با استفاده از امواج الکترومغناطیسی برای ایجاد حرارت موضعیِ کنترل‌شده در ساختار فلز به‌کار می‌رود که حرارت باعث انبساط و انقباض مولکولی و بازگشت کشیدگی ورق بدون سوختن رنگ می‌شود (شکل ۳۰).



شکل ۳۰

■ **روش نیش خوابانی:** این روش مکمل تمامی روش‌های دیگر برای آزادسازی تنش‌های اطراف ضربه بوده و با استفاده از سنبه‌ها و قلم‌های تفلونی، پلیمری یا چوبی به همراه چکش‌های سبک بالانس برای خواباندن نقاط برجسته، لبه‌های قفل‌شده آسیب و ایجاد تعادل سطحی به‌کار می‌رود (شکل ۳۱).



شکل ۳۱

■ **روش وکیوم**: کاربرد این روش برای صافکاری فرورفتگی‌های بزرگ، یکدست و بدون لبه تیز روی سطوح پهن مثل سقف، کاپوت و درها است که با ایجاد خلأ موضعی با پدهای مکنده دستی یا بادی و کشیدن فرورفتگی به بیرون انجام می‌شود (شکل ۳۲).



شکل ۳۲

■ مراحل PDR

برای انجام صافکاری PDR نباید چروک شدیدی در محل ایجادشده باشد. با مشاهده و بررسی نقطه مدنظر می‌توان طبق مراحل نشان داده‌شده در شکل ۳۳ اقدام به صافکاری نمود.



شکل ۳۳



شکل ۳۴

مزایای صافکاری بدون رنگ

- تفاوت قیمت صافکاری با قیمت تعویض قطعه
- کاهش زمان تعمیر بدنه خودرو
- جلوگیری از تخریب رنگ خودرو

(شکل ۳۴)

توجه

صافکاری PDR نیاز به‌دقت زیاد دارد. هرگونه عملکرد نادرست می‌تواند منجر به خسارت بیشتر یا آسیب به بدنه خودرو شود.

در تمام روش‌های صافکاری PDR، استفاده از پنل نوری برای دیدن دقیق اعوجاج و جهت موج‌های سطح الزامی است. در شکل ۳۵ دو نوع پنل نوری نشان داده‌شده است.





شکل ۳۵

طیف وسیعی از آسیب‌ها و فرورفتگی‌ها قابلیت ترمیم توسط ابزارهای PDR رادارند، صافکاری PDR بیشتر برای از بین بردن فرورفتگی‌های کوچک و ضربات با شدت کم، کاربرد دارد. این روش نسبت به روش سنتی کم‌هزینه‌تر و به زمان کمتری نیاز دارد و می‌توان این عامل را مهم‌ترین نقطه قوت این روش دانست.

توجه

یک شرط مهم برای استفاده موفقیت‌آمیز از PDR، سالم بودن رنگ قسمت فرورفتگی است.

ابزارهای PDR

ابزارهای صافکاری PDR دقت بالایی در طراحی و ساخت دارند. هرکدام از این ابزارها اندازه و طرح خاصی دارند که مخصوص استفاده در شرایط خاصی است. در ساخت ابزارهای صافکاری PDR از تکنولوژی خاصی استفاده‌شده است تا بالاترین نسبت قدرت به‌اندازه را در بین ابزارهای صنعتی داشته باشند. در جدول ۸ انواع ابزار صافکاری PDR آورده شده است.

جدول ۸

هات باکس جمع‌کردن یا بادگیری ورق‌های فلزی بدون نیاز به حرارت مستقیم شعله		**تگرگ کش** بیرون آوردن فرورفتگی‌ها	
تفنگ چسب حرارتی چسباندن پایه‌های پلاستیکی با چسب حرارتی مخصوص بر روی فرورفتگی		**چسب حرارتی** چسباندن پایه‌های پلاستیکی با چسب حرارتی بر روی فرورفتگی و بیرون کشیدن آن توسط انبر یا چکش کششی	
بادکش بیرون کشیدن فرورفتگی ورق در مقیاس بزرگ		**چسبونک بادکش** چسبیدن به ورق برای بیرون کشیدن فرورفتگی	
میله‌های مخصوص میله‌های فنری با آلیاژ بالا و اشکال مختلف برای دسترسی از طریق سوراخ‌های فابریک، پشت لولاها یا درز شیشه‌ها		**گوه لاستیکی** قرارگیری بین دولایه قسمت‌های دوبل برای جلوگیری از برگشت ورق حین کار و رساندن میله‌ها، اهرم‌ها و ابزارهای دستی به پشت نقطه فرورفته	
آینه پنلی برد نوری LED با خطوط موازی یا سایه‌های گرادیان جهت بزرگنمایی اعوجاج‌ها و تعیین محل دقیق آنها		**چنگک** برای کشیدن قسمت‌های جمع شده بااتصال به چکش ضربه زن	

چسبونک خطی بیرون کشیدن فرورفتگی‌های غیرگرد و فرورفتگی‌های کشیده و باریک		**چکش کشویی**	
چکش نیش گیر صاف کردن برآمدگی‌های اضافی هنگام کار با میله‌های PDR یا کشش با سر تیز و پلیمری و اعمال ضربات نرم، ارتعاشی و پیوسته روی سطح بدنه تا انعکاس نور روی خطوط و سطوح بدنه کاملا یکنواخت شود و هیچ موج ریزی باقی نماند.		**موم** چسب‌های درزگیر پلیمری پایه پلی اورتان برای کشیدن فرورفتگی باچسبونک‌ها، درزگیری، جذب نوسانات بدنه و جلوگیری از تولید صدای برخورد ورق‌ها به یکدیگر در سرعت‌های بالا.	

دستگاه هات‌باکس (Hot Box)

ابزاری مدرن و بسیار کاربردی در صافکاری نوین است. وظیفه اصلی این دستگاه، جمع‌کردن یا بادگیری ورق‌های فلزی بدون نیاز به حرارت مستقیم شعله، بدون آسیب به رنگ و بدون نیاز به ضربه مستقیم است. هات‌باکس بر اساس القای الکترومغناطیسی کار می‌کند. زمانی که سری دستگاه را روی ورق قرار می‌دهید و ماشه را می‌کشید، یک میدان مغناطیسی بسیار قوی و پر فرکانس در یک نقطه محدود از ورق ایجاد می‌شود. این میدان باعث می‌شود مولکول‌های فلز در آن نقطه به‌سرعت مرتعش شده و در کسری از ثانیه داغ شوند. دستگاه PDR هات باکس دارای یک سری مکعبی شکل است که در اطراف ناحیه فرورفتگی با ایجاد پالس الکتریکی و حرارت موجب ایجاد فشار در ناحیه فرورفته می‌شود و با ایجاد انبساط در سطح ورق موجب بالا آمدن ناحیه فرورفته می‌شود (شکل ۳۶).



شکل ۳۶

لازم به ذکر است دستگاه هات باکس تنها برای فرورفتگی‌های جزئی کاربرد دارد هرچند کاربرد محدودی در بادگیری بی‌رنگ هم می‌تواند داشته باشد (شکل ۳۷).



شکل ۳۷

وقتی نقطه داغ شده به‌سرعت سرد شود، فلز جمع شده و کشیدگی ورق جبران می‌شود. این کار باعث بازگشت صلبیت و سختی ورق به حالت اولیه می‌شود. چون حرارت فقط در زیر رنگ و در یک مساحت بسیار کوچک به‌اندازه یک سکه ایجاد می‌شود، لایه رنگ آسیب نمی‌بیند. این ویژگی باعث می‌شود در بسیاری از موارد نیازی به نقاشی مجدد نباشد.

هنگامی که صافکار با میله‌های PDR فرورفتگی را بیرون می کشد، ممکن است برآمدگی‌های ریز ناخواسته‌ای ایجاد شود.

جمع‌کردن دقیق این برآمدگی‌ها و صاف کردن سطح ورق بدون نیاز به کوبیدن با سنبه یا چکش که احتمال ترک خوردن رنگ را دارد از دیگر وظایف هات باکس است. در جدول ۹ روش سنتی در برابر هات‌باکس مقایسه شده است.

جدول ۹

شاخص	سنتی	نوین
آسیب به رنگ	زیاد (می‌سوزاند)	تقریباً صفر (در صورت استفاده صحیح)
کنترل حرارت	چشمی و دشوار	بسیار دقیق
سرعت کار	زمان‌بر (آماده‌سازی/سنگ‌زنی)	بسیار سریع (چند ثانیه)
نیاز به نقاشی	معمولاً نیاز دارد	ندارد
دقت	پایین (احتمال تاب برداشتن کل قطعه)	بالا (متمرکز در یک نقطه)

توجه به نکات زیر هنگام استفاده از این دستگاه ضروری است:

- **خطر پیش‌گرمایش:** اگر دستگاه بیش‌ازحد در یک نقطه نگه‌داشته شود، بااینکه رنگ نمی‌سوزد، اما فلز بیش‌ازحد جمع شده و دچار گودی شدید می‌شود که اصلاح آن بسیار دشوار است. همیشه باید کنترل چشمی (چک کردن خطوط نور) هم‌زمان باشد.

■ **جنس ورق:** این دستگاه روی فولاد عملکرد عالی دارد، اما روی ورق‌های آلومینیومی که در خودروهای مدرن زیاد استفاده می‌شود به دلیل هدایت حرارتی بالا و خواص مغناطیسی متفاوت، باید بااحتیاط بسیار زیاد و تنظیمات خاص استفاده شود.

■ **تخلیه الکتریکی:** در خودروهای مدرن که دارای دستگاه‌های کنترل الکترونیکی (ECU) حساس هستند، توصیه می‌شود قبل از استفاده از هات‌باکس، بست باتری جدا شود تا میدان مغناطیسی قوی دستگاه باعث اختلال در سنسورهای حساس نشود.

هات‌باکس درواقع صاف‌کننده مدرن بدنه خودرو است که تنش‌های ورق را به‌صورت القایی آزادکرده و ورق را به حالت اولیه برمی‌گرداند.

■ چکش کشویی

چکش ضربه‌ای دوکاره مخصوص صافکاری بدنه خودرو بوده که در جدول ۱۰ آمده است.

جدول ۱۰

	
دستگیره تی‌شکل کوچک کاربری آسان جهت کنترل دقیق روی فرورفتگی‌های کوچک	**دستگیره تی‌شکل بلند** اهرم بیشتر برای کشش قدرتمند روی فرورفتگی‌های بزرگ
	
مخصوص فرورفتگی‌های کوچک برای ترمیم ملایم و دقیق فرورفتگی‌های نقطه‌ای و کوچک	**مخصوص فرورفتگی‌های بزرگ** سطح وسیع برای چسبندگی قوی و حداکثر قدرت کششی

■ میله‌های تخصصی صافکاری PDR

در صافکاری بدون رنگ، میله‌ها اصلی‌ترین ابزار مکانیکی برای اعمال فشار کنترل‌شده از پشت ورق بدنه به‌منظور بازگرداندن فرم اولیه فلز (بدون آسیب به رنگ) هستند. جنس این میله‌ها معمولاً از فولاد فنر یا فولاد زنگ‌نزن کربن بالا است تا ضمن استحکام و صلبیت، انعطاف‌پذیری لازم را در زوایای مختلف داشته باشند. در ساخت آنها از دسته ارگونومیک بهره گرفته‌شده تا فرد هنگام کار با آن خسته نشود. مطابق شکل ۳۸ و طبقه‌بندی استاندارد، ۶ دسته اصلی از میله‌های PDR و وظایف آنها به شرح زیر است.



شکل ۳۸

■ **میله تخت تیغه‌ای:** دارای نوک پهن، تخت و شبیه به باله یا دم نهنگ با لبه‌های نرم و انحنادار بوده که کاربرد و وظیفه آن عبور از شکاف‌های بسیار باریک (مثل زیر دوبل کاپوت، درِ صندوق و تقویت‌کننده‌های سقف) و ایجاد فشار با مکانیزم پیچشی به‌جای اهرم مستقیم، جهت صاف کردن فرورفتگی‌های خطی و وسیع زیر کلاف‌های دوبل است.

■ **میله نوک‌تیز:** دارای نوک مخروطی و تیز با قطر مقطع بسیار کم بوده که کاربرد و وظیفه آن بیرون کشیدن نقاط بسیار ریز و مرکزی فرورفتگی‌های تگرگی شدید و اصلاح دقیق خطوطِ شکستگی و لبه‌های استخوانی بدنه است. استفاده از این میله نیاز به مهارت بالا دارد تا نوک میله باعث پرچ‌شدگی و ترکیدن رنگ نشود.

■ **میله سر ساچمه‌ای:** دارای نوک کاملاً کروی و صیقلی بوده که کاربرد و وظیفه آن پخش یکنواخت نیرو روی مساحت بزرگ‌تر بدون ایجاد رد تیز یا خراش روی آستر داخلی و بازگرداندن فرورفتگی‌های بزرگ، کم‌عمق و نرم مانند فرورفتگی ناشی از تکیه دادن به بدنه یا ضربه‌های سبک سطحی است.

■ **میله پرچمی یا لادری**: دارای نوک تیغه‌ای زاویه‌دار (پهن و خمیده شبیه پرچم) با انحنای ارگونومیک بدنه میله بوده که کاربرد و وظیفه آن ورود به داخل درب خودرو از طریق شکاف لچکی شیشه بدون نیاز به پیاده‌سازی کامل رودری و مانور بالا در فضاهای محدود بین پوسته در و ریل بالابر شیشه به کمک چرخش مچ دست است.

■ **میله قلابی:** میله‌های باریک با انحناهای تند، قلاب‌شکل، U یا J شکل هستند که کاربرد و وظیفه آنها دسترسی به نقاط کور و دور از دسترس مانند داخل ستون‌ها (ستون A, B, C)، لچکی‌ها و گلگیرهای عقب و ورود از سوراخ‌های موجود با قطر کم و دور زدن موانع داخلی بدنه است.

■ **میله سرپیچی (متغیر):** انتهای میله دارای رزوه کاری استاندارد (M8) برای نصب انواع سری‌ها بوده که کاربرد و وظیفه آنها چندمنظوره بودن ابزار بسته به نوع ورق و عمق ضربه است و می‌توان ازسری‌های تفلونی،

آلومینیومی، لاستیکی، برنجی یا استیل بر روی آنها استفاده کرد. این نوع میله ایده‌آل برای جلوگیری از آسیب به ورق‌های آلومینیومی با استفاده ازسری‌های غیرفلزی نرم هستند. در جدول ۱۱ مقایسه فنی انواع میله‌های تخصصی صافکاری PDR آورده شده است.

جدول ۱۱

نوع میله	شکل نوک	مکانیزم اعمال نیرو	محل دسترسی رایج
تیغه‌ای	تخت و پره‌ای	پیچشی	زیر دوبل‌ها و تقویت‌کننده‌ها
نوک‌تیز	مخروطی باریک	اهرمی مستقیم و نقطه‌ای	مرکز تگرگ زدگی و خطوط شکست
سرکروی	کروی صیقلی	پخش یکنواخت نیرو	سطوح بدنه
لادری یا پرچمی	تیغه‌ای خمیده	زاویه‌دار دورانی	داخل درب از مسیر شیشه
قلابی یا سیمی	خمیده U و J	کششی و اهرمی کور	سوراخ‌های دسترسی و داخل ستون
سرپیچی	رزوه + سری‌های مختلف	قابل تنظیم براساس سری	کلیه بخش‌های بدنه و ورق‌های آلومینیوم

در شکل ۳۹ کاربرد یکی از انواع میله‌های تخصصی صافکاری PDR نشان داده‌شده است.



شکل ۳۹

بادکش

این ابزار بیشتر برای بیرون کشیدن فرورفتگی‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرد. صافکار با کمک پد چسبی و تگرگ‌کش، این کار را انجام می‌دهد (شکل ۴۰).



ریختن آب داغ با دمای ۸۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد روی محل فرورفتگی و تمیز کردن سطح از هرگونه گردوغبار.



تنظیم دسته و قرار دادن سریع مکنده روی محل فرورفتگی و اطمینان از قرارگیری روی سطوح صاف.



فشردن مکنده به سمت داخل جهت تخلیه کامل هوا و اطمینان از اینکه قطر فرورفتگی بزرگ‌تر از قطر کفیِ مکنده باشد.



کشیدن دستگیره به سمت بالا جهت اعمال کشش و بیرون کشیدن فرورفتگی

شکل ۴۰

سطوح ناهموار یا خط‌دار قابل تعمیر با این روش نیستند.

توجه

انتخاب هوشمندانه و بهره‌گیری از ابزارهای تخصصی در فرایند صافکاری PDR، نقشی تعیین‌کننده در حصول دقت مطلوب و بازیابی دقیق فرم بدنه دارد؛ به‌گونه‌ای که کیفیت نهایی کار، مستقیماً با استاندارد و کارایی ابزارهای به کار گرفته‌شده ارتباط دارد.

ابزار فرم‌دهی و خم‌کاری لبه گلگیر



شکل ۴۱

این ابزار باهدف خواباندن لبه‌های داخلی گلگیر، ایجاد فضای بیشتر درون محفظه چرخ جهت جلوگیری از سایش تایر به بدنه به‌ویژه هنگام استفاده از رینگ و لاستیک‌های پهن‌تر یا کاهش ارتفاع خودرو و همچنین اصلاح تغییر شکل لبه گلگیر مورداستفاده قرار می‌گیرد (شکل ۴۱).

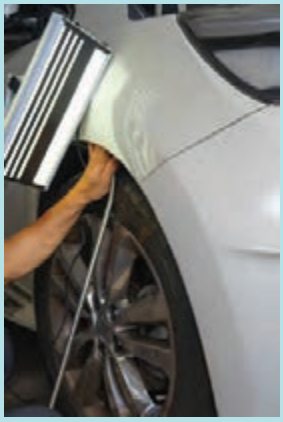
صفحه‌ای دایره‌ای با شیارهای چندگانه بر روی توپی چرخ به‌جای رینگ نصب شده و با پیچ‌های چرخ مهار می‌شود. بازوی اصلی تلسکوپی قابلیت تنظیم طول و زاویه نسبت به توپی چرخ برای رسیدن غلتک به موقعیت دقیق لبه گلگیر را فراهم نموده و پیچ تنظیم زاویه بازو جهت تنظیم شیب و میزان اعمال نیرو بر روی لبه ورق به‌کار می‌رود.

غلتک نایلونی فشرده و دوار در تماس مستقیم با ورق بدون ایجاد خط و خش روی رنگ یا تاب برداشتن ورق، فرم‌دهی را انجام می‌دهد. امکان تغییر زاویه نوک غلتک حول محور اتصال برای هماهنگی کامل سطح غلتک با شیب و پروفیل لبه داخلی گلگیر نیز وجود دارد. در جدول ۱۲ نحوه عملکرد و مراحل کار با این ابزار نشان داده‌شده است.

جدول ۱۲

مراحل و عملکرد	شکل
آماده‌سازی خودرو ■ بالا بردن خودرو با جک و استقرار روی خرک‌های ایمنی ■ باز کردن چرخ خودرو ■ پاک کردن گلگیر و لبه داخلی آن از هرگونه گردوغبار، ذرات و گل‌ولای	
نصب و تنظیم ابزار ■ نصب صفحه ابزار روی توپی چرخ ■ محکم نمودن پیچ‌های چرخ با آچار به‌صورت ضربدری ■ تنظیم طول بازو برای قرارگیری غلتک زیر لبه داخلی گلگیر ■ تنظیم زاویه غلتک با شل کردن پین و پیچ تثبیت‌کننده ■ محکم نمودن پیچ تثبیت‌کننده	
فرم‌دهی لبه ■ چرخاندن دسته تنظیم، غلتک و اعمال فشار به لبه گلگیر ■ به حرکت درآوردن دسته ابزار به چپ و راست در امتداد قوس گلگیر ■ تکرار حرکت رفت و برگشتی غلتک ■ چرخاندن پیچ تنظیم برای افزایش فشار غلتک ■ تغییر زاویه غلتک در صورت نیاز ■ تکرار فرایند به‌صورت تدریجی تا دستیابی به انحنای مطلوب لبه	**نکات فنی** ■ گرم نمودن لبه بیرونی و داخلی ورق گلگیر با سشوار صنعتی ■ انجام فرایند در چند مرحله با افزایش تدریجی فشار ■ حداکثر تماس سطح استوانه‌ای غلتک با لبه گلگیر ■ کنترل وضعیت قوس گلگیر با چشم و لمس دست در حین کار
	

کارکارگاهی



صافکاری بدون رنگ

مراحل انجام کار

- ☐ بازدید چشمی ناحیه آسیب‌دیده
- ☐ لمس بلندی‌ها و فرورفتگی‌ها با حرکت کف دست روی سطح
- ☐ رعایت اصول ایمنی
- ☐ آماده‌سازی، پاک‌سازی و چربی زدایی سطح کار
- ☐ استقرار، زاویه‌بندی و کالیبراسیون چراغ نور با عمق و زاویه آسیب
- ☐ تعیین مسیر دسترسی به پشت ورق
- ☐ انتخاب میله (اهرم) و سَری با توجه به عمق تغییر شکل و ساختار ورق
- ☐ اِعمال فشار نقطه‌ای کنترل‌شده از مرکز به لبه‌ها جهت بازگرداندن تنش ورق
- ☐ کنترل برجستگی‌های ناخواسته با سنبه تفلونی یا رزینی و چکش PDR
- ☐ تست نهایی یکنواختی با جابه‌جایی خطوط نور

وسایل و تجهیزات

در جدول روبه‌رو ابزار و تجهیزات موردنیاز را بنویسید سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

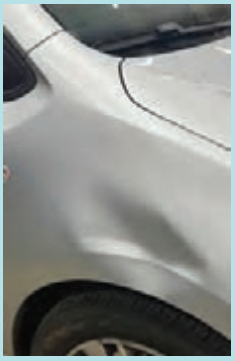
نکات ایمنی

- ☐ استفاده از عینک محافظ، دستکش چرمی ضد حرارت و گوشی صداگیر حین کار
- ☐ بررسی شیلنگ‌ها، اتصالات مشعل و کپسول‌ها ازنظر عدم نشتی گاز پیش از روشن کردن شعله
- ☐ استقرار کپسول‌های گاز در محل ثابت و دور از ضربات چکش و حرارت مستقیم
- ☐ قرار دادن کپسول آتش‌نشانی آماده‌به‌کار در نزدیکی محل حرارت کاری
- ☐ مراقبت از دست و انگشتان در برابر ضربات برگشتی قالب‌تنه و لبه‌های تیز ورق

نکات زیست‌محیطی

- ☐ تهویه موضعی گازها و دود با هود مکنده
- ☐ جمع‌آوری و تفکیک براده‌ها و ضایعات فلزی جهت بازیافت
- ☐ پرهیز از رهاسازی پارچه‌ها و دستمال‌های آغشته به مواد نفتی در محیط کارگاه

کارگاهی



صافکاری بدون رنگ

مراحل انجام کار

- بازدید چشمی ناحیه آسیب‌دیده
- لمس بلندی‌ها و فرورفتگی‌ها با حرکت کف دست روی سطح
- بررسی ضخامت رنگ جهت اطمینان از عدم جدایش لایه کیلر
- چربی زدایی و تمیزکاری سطح با الکل
- تنظیم چراغ نور برای نمایان‌سازی خطوط تراز و خطوط دامنه فرورفتگی
- انتخاب پد چسبی متناسب با ابعاد و هندسه فرورفتگی
- اعمال چسب حرارتی مخصوص با دمای مناسب روی پد و قراردهی سریع در مرکز ثقل فرورفتگی
- رعایت زمان استاندارد سرد شدن چسب متناسب با دمای محیط کارگاه
- اتصال دستگاه کشش و اعمال نیروی کششی یکنواخت
- جداسازی پد و پاک‌سازی کامل بقایای چسب با اسپری الکل و کاردک پلاستیکی
- واردکردن ضربات ریز و کنترل‌شده به برآمدگی‌های دور فرورفتگی با چکش و سنبه مخصوص
- ارزیابی نهایی انطباق بازتاب نور و عدم وجود موج تحت زوایای مختلف چراغ نور

وسایل و تجهیزات

در جدول روبه‌رو ابزار و تجهیزات مورد نیاز را بنویسید، سپس وسایل را از انبار تحویل بگیرید.

ابزار و تجهیزات موردنیاز		
ردیف	وسایل	تعداد
۱		
۲		
۳		

توجه

جعبه کمک‌های اولیه را در محیط کارگاه در دسترس افراد قرار دهید.

نکات ایمنی

- استفاده از عینک محافظ، دستکش چرمی ضد حرارت و گوشی صداگیر حین کار
- بررسی شیلنگ‌ها، اتصالات مشعل و کپسول‌ها ازنظر عدم نشتی گاز پیش از روشن کردن شعله
- استقرار کپسول‌های گاز در محل ثابت و دور از ضربات چکش و حرارت مستقیم
- قرار دادن کپسول آتش‌نشانی آماده‌به‌کار در نزدیکی محل حرارت کاری
- مراقبت از دست و انگشتان در برابر ضربات برگشتی قالب‌تنه و لبه‌های تیز ورق

نکات زیست‌محیطی

- تهویه موضعی گازها و دود با هود مکنده
- جمع‌آوری و تفکیک براده‌ها و ضایعات فلزی جهت بازیافت
- پرهیز از رهاسازی پارچه‌ها و دستمال‌های آغشته به مواد نفتی در محیط کارگاه

ارزشیابی شایستگی صافکاری ماشینی

نام و نام خانوادگی				شماره ملی		تاریخ ارزشیابی:	
کد حرفه	۷۲۱۳۱۲	حرفه	ورق‌کاران (فلزات)	کدپیمانه/پودمان	۷۲۱۳۱۲۰۳۵	استاندارد عملکرد: صافکاری ماشینی سطوح فلزی برابر دستورالعمل با رعایت نکات فنی و ایمنی	
کد وظیفه شغل	۷۲۱۳۱۲۰۳	وظیفه شغل	فرم‌دهی ورق‌های فلزی	سطح صلاحیت	L2		
کد کار	۷۲۱۳۱۲۰۳۵۲	کار	صافکاری ماشینی	سطح شایستگی	مهارت		

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره‌دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده‌سازی	سندان، صفحه صافی، مارکر، دستکش، عینک و لباس کار زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، نقشه، آزمون عملکردی	انتخاب نوع ماشین یا ماشین‌ها با توجه به عیب برابر دستورالعمل	۳	
				پیاده‌سازی طرح روی بخش آسیب‌دیده و علامت‌گذاری با مارکر روی سطح آسیب دیده برابر دستورالعمل	۲	
				ناتوانی در پیاده‌سازی طرح روی بخش آسیب‌دیده برابر دستورالعمل	۱	
۲	صافکاری سطح	ماشین‌های صافکاری (هیدرولیک، پنوماتیک، غلتک، کشش و پرداخت) زمان: یک ساعت	مشاهده کار، آزمون عملکردی	صاف‌کاری سطوح تابیده و پیچیده برابر دستورالعمل	۳	
				صاف‌کاری سطوح برجسته و فرورفته برابر دستورالعمل	۲	
				ناتوانی در صافکاری سطوح	۱	
۴	کنترل نهایی	خط‌کش فلزی، نقشه کار، متر، کولیس، گونیا و پرگار فلزی زمان: ۳۰ دقیقه	مشاهده کار، آزمون عملکردی	بازرسی چشمی سطح برابر دستورالعمل	۳	
				تست صافی سطح با میز یا صفحه برابر دستورالعمل	۲	
				ناتوانی در کنترل صافی سطح	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش		دقت در پیشگیری از آسیب به سطح با ضربات کنترل شده، توجه به آلودگی صوتی و به‌کارگیری فناوری‌های مناسب (N۴۲)		رعایت کلیه عملکردهای شایستگی غیرفنی (ایمنی، بهداشت و توجهات زیست‌محیطی و نگرش)	۲	
				عدم رعایت موارد ایمنی	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					بلی ☐	
					خیر ☐	

توضیحات:

۱ـ معیار شایستگی انجام کار:

ـ کسب حداقل نمره ۲ از کلیه مراحل

ـ کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

ـ کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲ـ تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

ـ مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

ـ تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

منابع

۱ برنامه درسی درس فرم‌دهی ورق‌های فلزی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۴۰۳.

۲ مواد و فرایندهای تولید، جلد دوم، تألیف علی حائریان اردکانی.

۳ کتاب صنعت ورقکاری ترجمه یوحنا.

۴ کتاب درسی جوشکاری و برشکاری حرارتی قطعات سنگین، کد ۲۱۱۴۰۷.

5 Jeffus Larry, welding and Metal fabrication, cengoge learnin ۲۰۲۲.