

## آشنایی با فرآیند جوشکاری با گاز

استفاده از گازها برای جوشکاری در صنایع مختلف ساخت و تولید به طور گسترده ای کاربرد دارد. از جمله این صنایع می توان به جوشکاری و برشکاری اشاره کرد. در جوشکاری گازی، از حرارت ناشی از سوختن برای ذوب لبه قطعات اتصال یا ذوب مفتول، استفاده می کنیم. تأمین انرژی لازم برای جوشکاری با شعله گاز، از ترکیب مناسب گاز سوختنی با اکسیژن حاصل می شود. مهم ترین گازهای قابل احتراق در جدول مشخص شده است.



دمای سوختن با اکسیژن خالص	ارزش حرارتی $\text{kJ}/\text{m}^3$	نوع گاز
$3200^{\circ}\text{C}$ - $3100$	۵۶۹۰۰	استیلن ( $\text{C}_2\text{H}_2$ )
$2530^{\circ}\text{C}$	۹۲۹۹۰	پروپان ( $\text{C}_3\text{H}_8$ )
$1900^{\circ}\text{C}$	۱۲۲۸۰۰	بوتان
$2540^{\circ}\text{C}$	۱۸۰۰۰	گاز طبیعی

انرژی حرارتی هر یک از گازهای فوق متفاوت بوده که هرچه ارزش حرارتی بالاتر باشد، برای جوشکاری مناسب تر است.



### گاز استیلن

گاز استیلن به علت داشتن شرایط بالا به طور نسبی، برای جوشکاری گاز مورد استفاده قرار می گیرد. گاز استیلن گازی بدون رنگ، بدون طعم و بد بو است. بوی بد گاز استیلن به علت وجود ناخالصی هایی همچون سولفور است. برای ذخیره کردن گاز استیلن، آن را با مایع استون حل و به صورت فشرده در کپسول ذخیره سازی می کنند. حرارت ناشی از سوختن این گاز در حدود  $2300$  درجه سانتی گراد است.

### تهیه گاز استیلن

گاز استیلن بر اثر واکنش شیمیایی آب با کاربید کلسیم تولید می شود. سنگ کاربید نسبت به آب و رطوبت واکنش نشان می دهد و تولید گاز استیلن می کند و آهک مرده بر جای می گذارد. در شکل زیر دستگاه تهیه گاز استیلن را مشاهده می کنید.

از آن جا که سنگ کاربید تجاری با ناخالصی هایی همراه است، لذا ضریب بهره آن نسبت به گاز استیلن خالص کمتر بوده و چیزی در حدود  $70\%$  است. تولید گاز استیلن از سنگ کاربید و آب، یک واکنش شیمیایی گرمازا است

✓ نکته: در مولد استیلن برای هر کیلو سنگ کاربید حدود  $10$  لیتر آب لازم است. این مقدار آب علاوه بر تولید گاز استیلن، برای خنک کردن سیستم نیز به کار می رود.





### مولد یا ژنراتور استیلین

مولد استیلین دستگاهی است برای ذخیره سازی گاز تولید شده از واکنش آب با سنگ کربید مولدها بر اساس نوع رساندن آب به سنگ کربید به سه دسته سقوطی، ریزشی و تماسی دسته بندی می شوند. گاز استیلین در فشار بیش از ۲ bar قابلیت انفجار دارد، بنابراین یک مولد استیلین باید حتماً دارای سوپاپ اطمینان باشد (شکل مقابل) تا فشار اضافه را به موقع از مخزن مولد تخلیه کند.

مولد ها در انواع زیر موجود می باشند :

#### ۱- مولدهای سقوطی (ثابت)

در این نوع مولدها از کربید ریزدانه استفاده می شود. کربید از طریق یک دریچه در آب سقوط کرده و گاز استیلین تولید می شود. رسوبات نیز از راه مجرای در پایین خارج می شود. این نوع مولد به علت جذب حرارت واکنش توسط آب، دارای ایمنی بالایی است.

#### ۲- مولدهای ریزشی

در این نوع مولدها سنگ کربید درون یک محفظه کشویی قرار گرفته و روی آن آب ریخته می شود. بدین ترتیب گاز استیلین تولید شده، در بالای مخزن آب ذخیره سازی می شود.

#### ۳- مولدهای تماسی (متغیر)

در مولدهای تماسی، کربید به طور مستقیم با سطح بالایی آب مخزن تماس یافته و گاز استیلین تولید می کند. در صورتی که فشار گاز تولید شده بیش از حد باشد، گاز به سطح آب فشار آورده و آن را به قسمت جداره می فرستد و تماس سبب کربید با سطح آب قطع می شود. اگر فشار گاز استیلین کم شود، آب موجود در جداره به قسمت مرکزی مخزن منتقل شده و با سبب کربید تماس پیدا می کند. در هنگام راه اندازی این نوع مولد باید توجه داشت که سطح آب دقیقاً زیر کربید باشد. رسوب هیدرات کلسیم در ته سبب کربید در آب حل شده و در انتهای مخزن جمع آوری می شود و از راه دریچه به همراه آب تخلیه خواهد شد.

✓ نکته : تمامی مولدها دارای یک کپسول یا استوانه حفاظتی هستند که برای جلوگیری از برگشت اکسیژن به درون مخزن و لوله های استیلین در نظر گرفته شده است. برگشت اکسیژن به درون شیلنگ ها را پس زدن شعله می گویند.

### کپسول استیلین

کپسول های استیلین از ورق فولادی با ضخامت ۵ یا ۴ میلیمتر ساخته می شود، زیرا باید ماکزیمم فشار ۶۰ bar را تحمل کند. کپسول های استیلین دارای قطر بزرگ و ارتفاع کم تری نسبت به کپسول های اکسیژن هستند. این کپسول ها را می توان تا فشار ۱۵ bar از گاز استیلین پر کرد.

برای ذخیره سازی استیلین در کپسول ها، از حلال استون استفاده می شود. یک لیتر استون قابلیت حل کردن ۲۰ لیتر استیلین را دارد. در حالیکه یک لیتر آب تنها ۱/۰۳ لیتر گاز استیلین را در خود حل می کند.

در هنگام ساخت کپسول نخست آن را از ماده متخلخل مخصوصی پر کرده و تا ۳۰۰ درجه حرارت می دهند. سپس مایع استون را درون آن قرار داده و گاز استیلین را در آن ذخیره می کنند. کپسول های گاز استیلین معمولاً به رنگ زرد یا ارغوانی بوده و توسط مهره چپ گرد به رگولاتور متصل می شوند.



### کپسول اکسیژن

کپسول های اکسیژن بدون درز و با ضخامت ۸/۷۵ mm ساخته می شوند و توان تحمل فشار ۱۵۰ bar را دارند. قطر آنها ۲۰۴ mm (۸ inch) بوده و معمولاً به رنگ آبی هستند. کپسول اکسیژن نسبت به کپسول استیلین، دارای قطر کم تر و ارتفاع بیشتری است. حجم این کپسول ها معمولاً ۴۰ لیتر و گنجایش آنها ۶ متر مکعب گاز بوده و در ارتفاع ۱۸۰ cm ساخته می شوند.

## ویژگی های اکسیژن

اکسیژن گازی بی رنگ و بی بو و بدون مزه است. اکسیژن در دمای  $-183$  - سلسیوس به صورت مایع در می آید. گاز اکسیژن به تنهایی قابلیت اشتعال ندارد، ولی برای هر احتراق و اشتعالی لازم است. ✓ نکته: از آلوده شدن تمامی قسمت های مختلف کپسول اکسیژن با موادی مانند گریس، روغن و سایر چربی ها جداً خودداری شود.

## تجهیزات جوشکاری با گاز

۱- رگولاتورهای کاهشنده فشار



۲- مشعل جوشکاری



۳- سر مشعل ها



۴- شیلنگ ها و سرشیلنگ ها



۵- فندک



## ایجاد شعله و تشکیل حوضچه مذاب

## روشن کردن مشعل جوشکاری

به منظور تشکیل شعله بر روی مشعل، ابتدا سربک (پستانک) مناسب با کار را انتخاب می کنیم و پس از اطمینان از اتصال کپسول گاز اکسیژن و استیلن، فشار گاز اکسیژن و استیلن را بر اساس قطر سوراخ سربک مشعل تنظیم می کنیم.



گاز خروجی از مشعل را توسط شیرهای سوزنی تنظیم می کنیم. می توان سه نوع شعله ایجاد کرد که در این جا به شرح هر یک از آن ها می پردازیم.

## شعله احیاکننده

با روشن کردن مشعل توسط گاز استیلن، شیر گاز اکسیژن را به تدریج باز می کنیم تا شعله ایجاد گردد. در صورتی که میزان گاز استیلن نسبت به گاز اکسیژن بیشتر باشد، شعله احیاکننده است. در این حالت شعله از سه قسمت کاملاً جداگانه تشکیل شده است. این سه قسمت شامل مخروط داخلی، مخروط میانی و مخروط بیرونی است.



شعله احیا کننده دارای استیلن اضافی بوده و جوشکاری با آن باعث افزایش کربن در فلز جوش خواهد شد. به علت سوختن ناقص شعله احیا کننده، بازدهی حرارتی آن کم بوده و برای جوشکاری فولادهای معمولی مناسب نیست. از موارد کاربرد این شعله می توان به جوشکاری چدن، فلزات زودگداز، لحیم سخت یا (نقره جوش) و همچنین گرم کردن قطعات اشاره کرد.

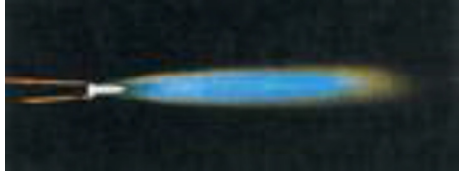
## شعله خنثی



شعله خنثی از سوختن کامل گاز استیلن ایجاد می شود. برای تشکیل شعله خنثی، شعله ای که در حالت احیا تشکیل شده است را با کم کردن مقدار گاز استیلن یا با افزودن گاز اکسیژن، به وجود می آوریم. در این حالت مخروط میانی و مخروط داخلی بر یکدیگر منطبق شده و شعله دو قسمتی (دومخروطی) خواهد بود. شعله خنثی بالا ترین درجه حرارت را برای ذوب فلز ایجاد می کند.

میزان اکسیژن و استیلن خروجی از مشعل برابر بوده و مابقی اکسیژن لازم برای سوختن گاز از هوا تأمین می شود. نسبت گاز استیلن به گاز اکسیژن برای سوخت کامل ۱ به ۲/۵ است.

گازهای حاصل از سوختن کامل استیلن با اکسیژن، شامل دی اکسیدکربن و بخار آب می شود که هیچ گونه میل ترکیبی با اکسیژن هوا ندارند. به همین دلیل این شعله را خنثی گویند. مهم ترین مزیت چنین شعله ای این است که هیچ گونه تغییراتی در بافت فلزات پایه ایجاد نمی کند، یعنی نه موادی به آن می افزاید و نه موادی از آن می کاهد. همین ویژگی، است که آن را به پر مصرف ترین نوع شعله تبدیل کرده است.



### شعله اکسید کننده

در صورتی که میزان اکسیژن خروجی بیشتر از گاز استیلن باشد، شعله اکسیدکننده به وجود می آید. در این حالت با بازکردن شیر گاز اکسیژن، مخروط داخلی کوتاه تر و باریک تر می شود و شعله به رنگ ارغوانی درمی آید. مخروط بیرونی نیز با صدا بوده و به طور ناهمگون می سوزد.

جوشکاری با این شعله با پاشش جرقه همراه بوده و باعث اکسید شدن اتصال و سطح کار شده و جوش شکننده ای را به وجود می آورد. در هنگام ذوب فلزات با این شعله، کف سفید رنگی بر روی سطح فلز ایجاد شده که پس از سرد شدن، سطح آن براق می شود. از این شعله هیچ گاه برای جوش دادن فلزاتی مانند آلومینیم و آلیاژهای آن که نسبت به اکسیژن حساسیت دارند، استفاده نمی شود.

### تنظیم و کنترل شعله در هنگام کار

بعد از روشن کردن شعله و تنظیمات اولیه آن، در هنگام کار و ایجاد حوضچه مذاب، به دلایل مختلفی ممکن است شعله از تنظیم خارج شود. بنابراین کنترل و تنظیم دائم بر روی شعله گاز در هنگام کار ضروری است. از جمله این عوامل که باعث تغییرات شعله می گردند، عبارت اند از:

- ۱- نوسان های جزئی گاز از رگولاتور
- ۲- چرخش جزئی شیر سوزنی گازها بر روی مشعل

### به تأخیر افتادن شعله

این حالت زمانی اتفاق می افتد که صدایی شبیه انفجار در حوضچه مذاب اتفاق می افتد که همراه با پاشش مذاب است. دلیل به تأخیر افتادن شعله عبارتند از:

- ۱- نگه داشتن بیش از اندازه مشعل در یک نقطه از کار و افزایش گرمای
- ۲- حوضچه مذاب
- ۳- تماس سربک با قطعه کار است.
- ۴- گرم شدن بیش از اندازه سربک
- ۵- وجود آلودگی و مسدود شدن سوراخ سربک
- ۶- جوشکاری با سربک نامناسب
- ۷- کاهش فشار یکی از گازها در مشعل

### پس زدن شعله

اگر شعله روشن وارد مشعل جوشکاری شود، این حالت را پس زدن شعله گویند. در این شرایط شعله با صدای زیر و هیس ماندنی می سوزد که باید فوراً شعله را خاموش و مجدداً تنظیم کرد. دلایل پس زدن شعله عبارت اند از:

- ۱- خراب بودن شیرهای سوزنی
- ۲- مسدود شدن سربک
- ۳- نامتناسب بودن فشار گازهای اکسیژن و استیلن

در صورتیکه فشار یکی از گازها بیش از حد باشد، شعله با صدا توأم می شود. عیوب جوشکاری با این شعله عبارت اند از:

- ۱- ترشح فلز مذاب در کناره های حوضچه
- ۲- کیفیت پایین سطح جوش و گرده جوش
- ۳- نفوذ ناقص جوش
- ۴- غیر یکنواختی موج های گرده جوش

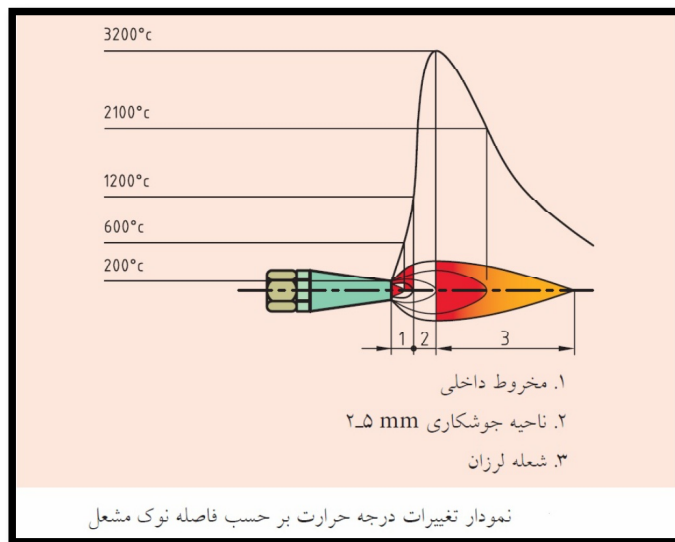
برای خاموش کردن شعله ابتدا بایستی شیر سوزنی مربوط به گاز استیلن بسته شود و سپس شیر سوزنی گاز اکسیژن را ببندیم.



این عمل به دلیل جلوگیری سوخته شدن استیلن و تولید دوده است. سپس شیر فلکه کپسول اکسیژن و استیلن را بسته و شیرهای سوزنی مشعل را باز می کنیم تا فشار گاز موجود در شیلنگ ها تخلیه شود. در پایان شیرهای سوزنی مجدداً بسته می شوند.

### تشکیل حوضچه مذاب به کمک شعله خنثی

تشکیل حوضچه مذاب و هدایت صحیح آن از اصول اولیه جوشکاری گاز است. برای دست یابی به حوضچه مذاب مطلوب بایستی شعله تنظیم بوده و چگونگی حرکت دست جوشکار به صورت درست انجام گیرد. چون بیشترین درجه حرارت تولید شده در شعله خنثی تشکیل می شود، بهترین موقعیت برای جوشکاری و تشکیل حوضچه مذاب در فاصله ۲ تا ۵ میلیمتری نوک مخروط داخلی است، زیرا نقاط دورتر یا نزدیک تر شعله دارای حرارت کم تری بوده و جوشکاری با چنین حرارتی بر حوضچه مذاب و خط جوش تأثیر منفی می گذارد.



### جوشکاری با گاز اکسی استیلن با مفتول

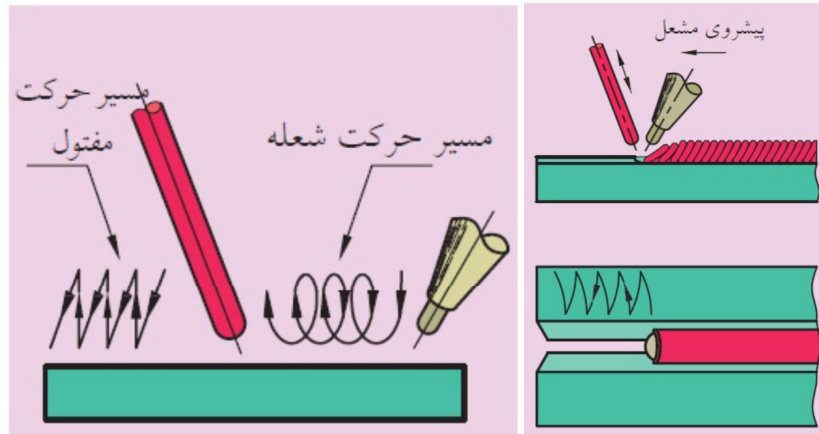
#### مفتول جوشکاری

مفتول مورد استفاده در جوشکاری گاز برحسب جنس مواد پایه انتخاب می شود. برای قطعات فولادی کم کربن معمولاً از مفتول مسوار برای پرکردن درزجوش استفاده می کنیم. جنس مفتول مسوار از فولاد کم کربن است که قشر نازکی از مس روی آن را پوشانده و در ساخت این نوع مفتولها، پس از کشیدن و عبور دادن از خانههای مختلف، در مرحله آخر از محلول سولفات مس (کات کبود) عبور داده می شود. و در نهایت فیلم نازکی از مس روی مفتول قرار می گیرد.



## هدایت مشعل و مفتول

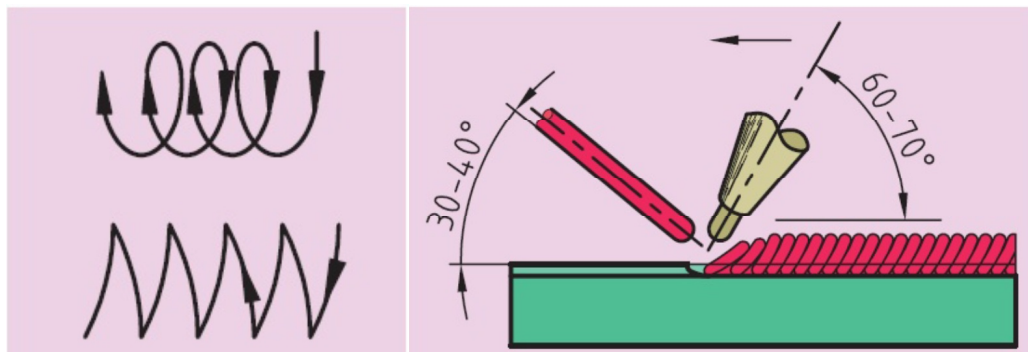
در این روش جوشکاری، با یک دست مشعل را گرفته و آن را کنترل می کنند. و به کمک دست دیگر، مفتول به محل درز جوش هدایت و جوش را تغذیه می کنند. کیفیت جوش و اتصال درز جوش به میزان زیادی به هدایت صحیح مشعل و مفتول وابسته است. پس از تشکیل حوضچه مذاب، مفتول را به طور متناوب به حوضچه نزدیک و دور کرده تا با جلو رفتن خط جوش، فلز پرکننده به آن افزوده شود. توجه داشته باشید که همواره مفتول درون حوضچه مذاب فرو برده شود و از گرم کردن حوضچه و مفتول با هم خودداری گردد، چون در این حالت شعله پیش از این که حوضچه مذاب را در فلز پایه به وجود آورد، باعث ذوب شدن یا تبخیر مفتول باریک می شود. در صورتی که به ایجاد کرده جوش پهن تر نیاز باشد، مشعل را در راستای خطی و جانبی حرکت می دهند.



## روش های هدایت مشعل

## ۱- هدایت مشعل به روش پیش دستی

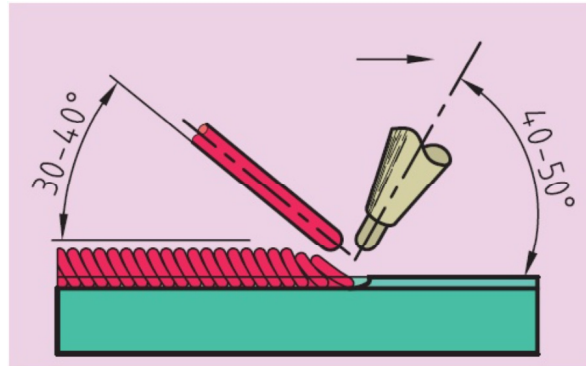
در روش پیش دستی یا هدایت مشعل به سمت چپ (چپ جوش) نوک مشعل باید متوجه امتداد ایجاد خط جوش باشد. با این روش می توان فلز پایه را پیش گرم کنیم تا در هنگام پیشروی خط جوش، حوضچه مذاب به آسانی تشکیل شود. معمولاً قطعات تا ضخامت ۳ میلیمتر را با این روش جوشکاری می کنند. برای ضخامت های کم تر از ۱/۵ میلیمتر حرکت مشعل به صورت خطی بوده و برای ضخامت های ۱/۵ تا ۳ میلیمتر مشعل دارای حرکات نوسانی نیز هست.



## ۲- هدایت مشعل به روش پس دستی

در این روش هدایت مشعل از سمت چپ به راست صورت گرفته و جهت نوک مشعل به طرف درز تازه جوشکاری شده است. در این حالت از نفوذ اکسیژن هوا به منطقه جوش جلوگیری می شود و به دلیل آهسته و یکنواخت سرد شدن و عدم نفوذ اکسیژن، درز جوش از استحکام خوبی برخوردار است و شکننده نخواهد شد. در این روش فلز پایه پیش گرم نمی شود، که این موضوع یکی از معایب روش پس دستی محسوب می گردد. این روش برای جوشکاری ورق هایی با ضخامت ۳ میلیمتر استفاده می شود و به دلیل مشاهده حوضچه مذاب می توان آن را به طور یکنواخت گرم کرد. در این نوع جوشکاری تمام ضخامت قطعه کار در اتصال شرکت دارد و جوش از استحکام کافی برخوردار

است. برای جلوگیری از گرم شدن بیش از حد حوضچه مذاب، مفتول را به اندازه ۳/۱ ضخامت قطعه کار پایین تر آورده و در سطح حوضچه مذاب به آن حرکت دورانی توأم با پیشروی می دهیم.



### جوشکاری مفتول به فلز پایه

علت اصلی چسبیدن مفتول به فلز پایه، گرم نبودن حوضچه مذاب به اندازه کافی است. برای جلوگیری از چنین وضعیتی بایستی حوضچه مذاب را گرم نگه داریم و مفتول را در صورت نیاز به حوضچه نزدیک کنیم و سپس دور کنیم. مفتول توسط حوضچه و شعله ذوب می شود.

### کار عملی :



- ۱- همانند فصل هفتم قطعه کاری را که در فصل سوم سوهان زدید را آماده سازید و لبه های آن ها را در محل اتصال، به طور کامل از آلودگی و زنگ زدگی پاک کنید.
- ۲- دو عدد قطعه کار را در کنار یکدیگر قرار دهید.
- ۳- با جوشکاری با گاز اکسی استیلن و مفتول دو قطعه را به هم جوش دهید.

### ✓ نکات ایمنی در جوشکاری با گاز

- ۱- هیچگاه با دست آغشته به روغن به کپسول ها دست نزنید.
- ✓ تذکر: در هنگام بستن رگلاتور اکسیژن به کپسول اکسیژن، هیچگاه محل واشر و رزوه های رگلاتور را چرب نکنید، که باعث انفجار می شود.
- ۲- هرگز برای تشخیص نشی از شعله استفاده نکنید.
- ۳- کپسول های استیلن را در مقابل ضربه، یخ زدن، حرارت دیدن محافظت کنید.
- ۴- برای برداشتن قطعه جوشکاری شده و یا سیم جوش از دستکش یا انبر استفاده کنید.
- ۵- از گرفتن شعله روی کپسول ها جدا خودداری کنید.
- ۶- برای روشن کردن مشعل از فندک و یا چراغ جوشکاری استفاده کنید، برای این منظور هرگز از کبریت استفاده نکنید.
- ۷- هرگز بدون عینک مخصوص جوشکاری نکنید.
- ۸- در موقع جوشکاری حتما از لباس کار یقه بسته استفاده نموده و حتی الامکان از پیش بند چرمی، کلاه، محافظ و دستکش چرمی استفاده کنید.
- ۹- در صورت مشاهده نشی گاز از مشعل یا شیلنگ ها، ابتدا شیر اصلی کپسول ها را بسته و سپس موضوع را به مربی اطلاع دهید.
- ۱۰- کاغذ، پارچه، چوب، و به طور کلی مواد قابل اشتعال دیگر را از محل جوشکاری دور کنید.
- ۱۱- کپسول ها باید حداقل سه متر از محل جوش کاری دور باشند.
- ۱۲- اگر احیاناً شیلنگ استیلن آتش گرفت فوراً شیر اصلی را بسته و سپس اقدام به خاموش کردن آتش کنید.



## آشنایی با فرآیند ورقکاری

**ورقکاری:** ورقکاری انجام یک سری عملیات روی ورق فلزی و استفاده از آن برای ساخت طرح مورد نظر می باشد. این عملیات عبارتند از:

- ۱- گسترش
- ۲- برش
- ۳- فرمانکاری
- ۴- اتصال

قبل از شروع ورقکاری لازم است با انواع ورق، کاربرد و طرز تهیه آنها آشنا شویم. به طور خلاصه روش تهیه ورق های فلزی به این صورت است که شمش های فلزی را پس از گرم کردن و عبور دادن از زیر غلطک ها به ضخامت های مختلف به صورت ورق تبدیل می کنند.

✓ نکته: اگر این ضخامت بیشتر از ۴ میلیمتر باشد به آن صفحه و اگر کمتر از ۴ میلیمتر باشد به آن ورق گفته می شود.

انواع ورق ها عبارتند از:

- ۱- **ورق های آهنی:** این ورق ها از شمش های آهنی با آلیاژهای مختلف تهیه می شوند.
- ۲- **ورقهای غیر آهنی (ورقهای فلزات رنگین):** این ورقها از شمش هایی با جنس های مختلف که در ساختار آنها آهن وجود ندارد، ساخته می شوند.

### ورقهای آهنی

- ۱- **ورق آهن سیاه:** به رنگ تیره می باشد و در مجاورت رطوبت زنگ می زند.
  - ✓ روش تهیه: پس از عبور دادن از زیر غلطک ها، برای تمیز کردن آن را با اسید شستشو می دهند و سپس بدون رو کش می توان مورد استفاده قرار گیرد.
  - ✓ مورد استفاده: ساخت کمد، میز، قفسه، اطاق اتومبیل و استفاده از ورق های ۴ میلیمتر برای مخازن تحت فشار.
- ۲- **ورق گالوانیزه:** به رنگ تیره روشن بوده و روکش روی و سرب در آن مانع زنگ زدگی می شود.
  - ✓ روش تهیه: پس از عبور ورق از زیر غلطک برای تمیز کردن آن را با اسید شسته و سپس از داخل مذاب روی و سرب می گذرانند.
  - ✓ مورد استفاده: ساخت کانالهای تهویه، دودکشها، منبع و مخازن.
- ۳- **ورق آهن سفید:** به رنگ روشن تر از ورق گالوانیزه می باشد و دوام این ورق ها در مجاورت رطوبت کمتر از ورق گالوانیزه می باشد.

- ✓ روش تهیه: پس از عبور ورق از زیر غلطکها، آن را با اسید شستشو می دهند و سپس در داخل وان مذاب قرار می دهند.
- ✓ مورد استفاده: موارد استفاده آن مشابه ورق گالوانیزه است.

۴- **حلب (ورق قلع اندود):** کمی روشن تر از ورق آهن سیاه می باشد و با ضخامت های کم تهیه می شود و مقاومت آن در مقابل پوسیدگی خوب است.

- ✓ روش تهیه: پس از عبور ورق از زیر غلطکها آن را با اسید شستشو داده و سپس داخل وان مذاب قلع قرار می دهند.
- ✓ موارد مصرف: ساخت قوطی و ظرف های نگهداری مواد غذایی مثل کنسرو، کمپوت و ...

### ورق های غیر آهنی

- ۱- **ورق مسی:** رنگ آن قهوه ای مایل به قرمز است و در مجاورت رطوبت زنگ نمی زند.  
✓ موارد مصرف: در کارهای تزئینی، ظروف آشپزخانه و ...
- ۲- **ورق آلومینیم:** سبک و به رنگ سفید می باشد.  
✓ موارد مصرف: در کارهای تزئینی، ساخت ظروف و در صنعت هواپیما سازی.
- ۳- **ورق برنج:** به رنگ زرد شفاف بوده و آلیاژی از مس و روی می باشد. در کارهای تزئینی و در ساخت بعضی از وسایل خانه استفاده می شود.
- ۴- **ورق روی:** شکننده و به رنگ خاکستری می باشد و به عنوان روکش فلزات آهنی استفاده می شود.
- ۵- **ورق برنز:** آلیاژی از مس و قلع بوده و به رنگ نارنجی می باشد و در ساخت لوله ها و بعضی از وسایل مثل سماور استفاده می شود.
- ۶- **ورق فولاد زنگ نزن:** آلیاژی از آهن، نیکل، کرم، ... و به رنگ سفید براق می باشد و در ساخت قطعات با کاربرد های خاص استفاده می شود.

### اصول ورقکاری

#### ۱. گسترش

گسترش قطعه را باید به صورت نقشه آماده کرده و آن را روی ورق به طور دقیق ترسیم نمایید. وسایل خط کشی و اندازه گیری در ورقکاری که برای ترسیم طرح گسترش بر روی ورق استفاده می شود عبارتند از:

الف- خط کش فلزی: از جنس فولاد، درجه بندی بر حسب اینچ و میلی متر و به طول های ۳۰، ۵۰، ۱۰۰ سانتیمتر.

ب- سوزن خط کش: از جنس فولاد

ج- گونیا فلزی: گونیا ۹۰ درجه جهت اندازه گیری و رسم خطوط عمود بر هم، گونیا متحرک، گونیا ی مرکب.

د- پرگار فلزی شامل پرگار معمولی، پرگار کشویی، پرگار انتقال

ه- نقاله فلزی شامل نقاله ساده با خط کش

## ۲. برش

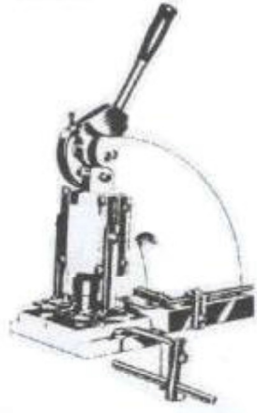
برشکاری ورق های فلزی به روش های مختلف انجام می شود که در جدول این روشها و ابزار ها مربوط به آنها مشخص شده اند.

ابزار	روش	
قلم تخت قلم ناخنی	قلم کاری	
اونیورسال فرمیر	قیچی های دستی	قیچی کاری
گیره ای میزی اهرمی گردچین	قیچی های اهرمی (بازویی)	
قیچی های تیغه صاف - تیغه بلند تیغه کوتاه و خیلی کوتاه قیچی های تیغه گرد	قیچی های مکانیک	
سنبله برش فرمی ماشین پرس	سوراخکاری	
ماشین منه	سوراخکاری با منه	
اره نواری اره متناوب	اره کاری	
مشعل برش ماشین برش اتوماتیک ماشین جوش برق	برشکاری با گاز و فوس الکتریک	
مشعل برش با گاز پلاسما	ذوبی	
	روشهای مکانیکی	
	روشهای حرارتی	

بریدن نام عمل قطع کردن مکانیکی ورقه ها و تسمه های فلزی بدون سوزاندن، ذوب کردن، و یا ایجاد تراشه است. هنگامی که دو تیغه برنده مستقیم باشند، نام عمل بریدن است و هنگامی که تیغه ها منحنی و سنبله و قالب استفاده شوند، نامهای خاص دیگری از قبیل بریدن، سوراخ کردن و ... دارد.

**قیچی ها :** قیچی ها از نظر قدرت برشی و نوع کاربرد شان در صنعت به قیچی های دستی، پیچی های اهرمی و قیچی های مکانیکی و برقی تقسیم بندی می شوند.





سوراخ‌کن دستی برای ایجاد سوراخ



آبجی صنعتی برای برش ورق

**صافکاری و مسطح نمودن ورق :** صافکاری عملیاتی است که به منظور استحکام بخشیدن و یکنواخت کردن سطوح قطعات ساخته شده، قبل از آبکاری و رنگ کاری انجام می شود. مسطح نمودن عبارت است از عملی که در نتیجه آن ورق در حد امکان و مستوی می شود.

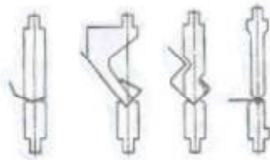
### ۳. فرمان کاری

در این قسمت منظور فرم دادن ورق های فلزی به طریق سرد می باشد که به وسیله دست (چکش ها و وسایل مربوط) و ماشین های مکانیکی صورت می گیرد.

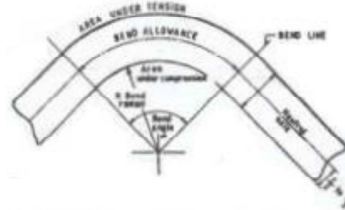
**خمکاری ورق های فلزی :** خم کردن روشی است که فقط در یک جهت می توان شکل ایجاد کرد. در واقع عمل خمکاری یک نوع شکل دادن در امتداد خط مستقیم است که پیرامون یک محور خم می شود و به حالت های U و V شکل است.

**خط خم:** مرز ناحیه ای که شدیداً تغییر شکل داده با قسمتی که تغییر شکل نداده است را خط خم نامیده اند.

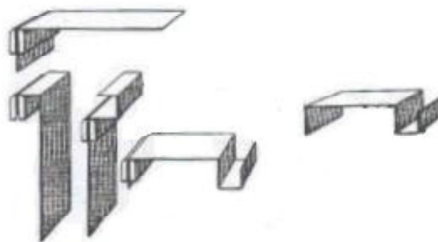
**محور خمش:** محوری است که به موازات خط خم است در واقع، پیرامون آن عمل خمکاری انجام می شود شدت خمکاری به پارامتر هایی چون ضخامت ورق، جنس ورق، شعاع خمکاری و زاویه خم بستگی دارد.



مثالهای از انواع فرایندهای خمکاری



اجزای مشخصه خم ( f ضخامت قطعه است)



ترتیب ایجاد خمها

## تجهیزات خمکاری

برای خمکاری ورق ها معمولا ماشین های زیر استفاده می شوند :

- ماشین خمکاری ورق موسوم به خمکن
- پرس خمکاری از نوع مکانیکی مخصوص خمکاری ورق
- پرس هیدرولیکی یا مکانیکی با کاربرد متعدد

گاهی اوقات می توان به وسیله چکش فلزی یا چوبی به کمک شمش فولادی نبشی، گیره، قید و بندهای مخصوص و یا سندان های گوناگون عمل خمکاری را انجام داد.



نمونه هایی از روش خمکاری با چکش و فکهای گیره

البته وسایل و تجهیزات خمکاری زیاد بوده و تشریح ساختمان و مکانیزم کاری آنها از محدوده این جزوه خارج است، لذا فقط به توضیح مختصر آنها اکتفا می شود.

## اصول کار ماشین خم کن

در یک ماشین خم کن ورق فلزی روی یک میز افقی قرار گرفته و بر روی آن فک های فوقانی ماشین ثابت می شود. یک صفحه گردان که در جلوی ماشین زیر لبه ورق قرار دارد می تواند با حرکات دست حول محور چرخانده شده و عمل خمکاری را انجام دهد. فک فوقانی ماشین که به طور عمودی جابجا می شود بین دو کشویی جا داده شده و بر روی دو بالابر از جنس فولاد یا چدن مقاوم قرار گرفته است. ارتباط بین بالا برها به وسیله چرخ دنده ها یا سیستم های مشابه برقرار می شود. صفحه گردان ماشین دارای محوری است که از دو طرف در یاتاقان قرار گرفته و فاصله آن با لبه میز ماشین یا فک زیر همواره قابل تنظیم است، زیرا فاصله مزبور همواره باید بعد از خمکاری حداقل به اندازه ضخامت ورق باشد. در این وضعیت که حداقل فاصله برقرار است خمش ورق به نحوی انجام می شود که زاویه داخل آن کاملاً تیز است.

## انواع ماشین های خم کن

- ۱- ماشین خم کن ساده
- ۲- ماشین خم کن یونیورسال

ماشین خم کن ساده بر حسب این که محور چرخش صفحه گردان متحرک یا ثابت باشد به دو دسته زیر تقسیم می شوند :

الف- محور چرخش صفحه گردان متحرک

ب- محور چرخش صفحه گردان ثابت

## ماشین های خم کن یونیورسال

خم کن یونیورسال دارای مزایای بیشتری نسبت به مدل های قبلی هستند زیرا محور چرخش آنها علاوه بر حرکت افقی می توانند حرکت عمودی نیز داشته باشند و همچنین با توجه به حرکت های مذکور، این ماشین ها قادرند خمش های پیچیده ای را انجام دهند و علاوه بر این میز یا فک زیر ممکن است ثابت یا قابل تنظیم باشد.

الف- ماشین های یونیورسال با میز ثابت

ب- ماشین های یونیورسال با میز قابل تنظیم



## ۴. اتصال :

اتصال ورق ها عموماً به روشهای مختلفی مانند پرس، پرچ، نقطه جوش و... انجام می شود.

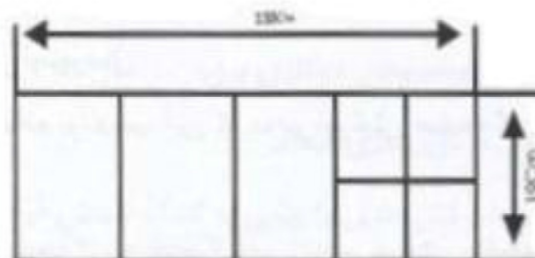
## ✓ نکات ایمنی در ورقکاری

- ۱- هیچ گاه دست خود را بین تیغه های فیچی اهرمی نگذارید.
- ۲- دست های خود را به تیغه های ماشین مکانیکی که در حال کار است نزدیک نکنید و بین آن قرار ندهید.
- ۳- برای حفظ تعادل ورق در موقع برش با فیچی های مکانیکی از ضامن نگهدارنده ورق استفاده کنید.
- ۴- برای پیشگیری از آسیب دیدن دست و لباس از دستکش و پیش بند چرمی استفاده کنید

## کار عملی :

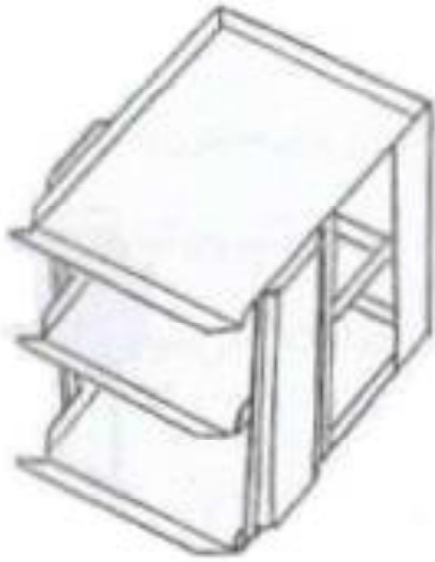
کار عملی برای این فصل ساخت وسیله ای به نام کازبو است. در ساخت این وسیله باید مراحل اندازه گیری، برش، خمکاری و مونتاژ را طی کرد. (کازبو وسیله ای برای قرار دادن لوازم التحریر، جزوه و پوشه در روی میز به کار می رود)

برای ساختن این وسیله ورق آهن سیاه با ضخامت ۰/۵ تا ۰/۷۵ میلیمتر و اندازه ۱۹ × ۱۱۰ میلیمتر مورد نیاز است.



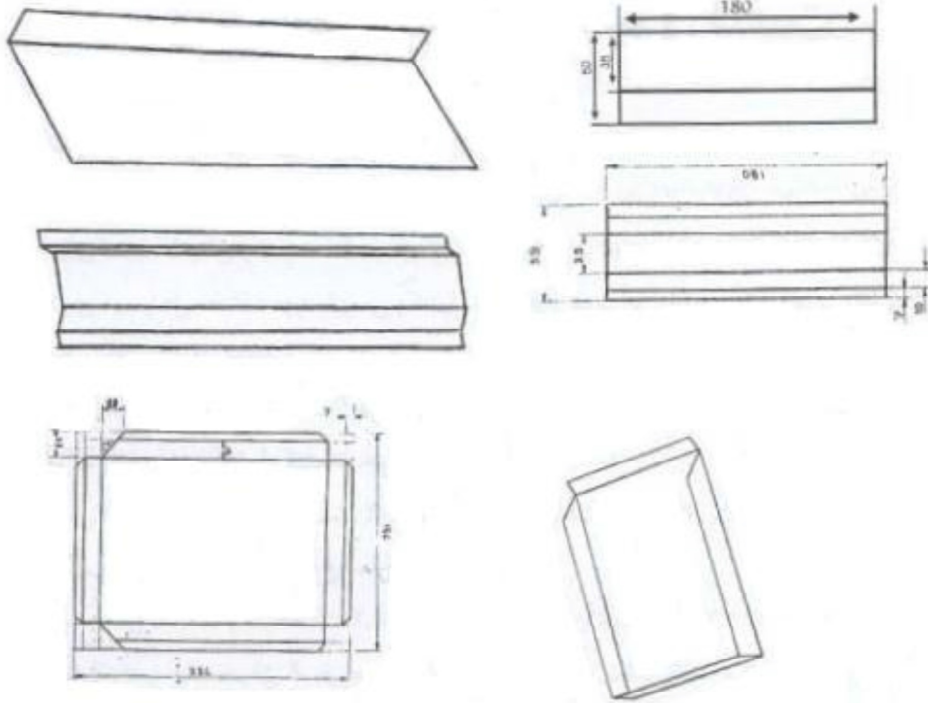
ورق آهن سیاه مورد نیاز برای ساخت یک کازبو که برای برش اندازه گذاری شده است.

این وسیله از سه کف، دو رابط و دو قطعه به شکل نبشی تشکیل شده است. اندازه و زوایای خمش آن طبق نقشه می باشد. پس از ساختن تک تک اجزا وسیله مورد نظر، آنها را به وسیله نقطه جوش در محل خود اتصال می دهیم. نحوه اتصال باید به گونه ای باشد که ابتدا کف پایینی را به رابط و پل ها اتصال داده و سپس کف دوم و بعد کف سوم را در محل خود نقطه جوش می زنیم.



کازیو ساخته شده

برشکاری و خمکاری طبق نقشه های زیر، که نقشه های اجرای کازیو هستند، اندازه آنها را روی ورقی که در اختیار دارید، علامت گذاری کرده و به وسیله ابزارهای برش که در کارگاه وجود دارد، ببرید.



مراحل اندازه گذاری و ساخت پایه های کازیو را نشان می دهد. (ابعاد به میلیمتر)

*The End*