

## فهرست

تقدیر و تشکر

۱.....

تاریخچه شرکت نفت

۲.....

نمودار سازمانی

۴.....

مقدمه

۵.....

۸..... تعریف جوشکاری

قوس الکتریکی و چگونگی تشکیل آن

۱۰.....

محاسن و معایب جوشکاری با روش های AC و DC

۱۷.....

۱۹..... انواع ترانس

۲۱..... تجهیزات قوس دستی

۲۴..... الکتروود ها

نقش فلاکسها (پوشش الکتروود)

۲۹.....

۳۲..... حفاظت و ایمنی

اتصالات در جوشکاری

۳۹.....

محاسن جوشکاری به سایر اتصالات

۴۳.....

جوشکاری با گاز اکسی - استیلن

۴۴.....

تجهیزات جوشکاری اکسی - استیلن

۵۰.....

نحوه تشکیل شدن شعله (روشن کردن مشعل)

۵۶.....

کاربرد شعله های مختلف (آزمایش شعله)

۶۰.....

ابزارها و وسایل دستی جوشکاری گازی

۶۲.....

آهننگری

۶۳.....

آهننگری میله

۶۵.....

پرس کردن

۶۷.....

مثال هایی از آهننگری فولادهای بزرگ

۶۹.....

آهننگری لوله

۷۱.....

تغییر شکل دادن اجسام با کمک غالب گرم

۷۴.....

دستگاه و لوازم آهنگری

۷۶.....

## مقدمه

از ابتدای خلقت بشر مساله اتصال و به هم بستن و ضرورت دستیابی به شیوه های آسانتر برای ایجاد اتصالات مطرح بوده است . ایجاد اتصال در شکل های پیشین خود از به هم بستن شاخه های درختان و تکه های چوب و دوختن تکه های پوست حیوانات برای مصارف گوناگون آغاز شد و متناسب با تکامل نیاز های انسان ، هنر اتصال و به هم پیوستن اجسام نیز رو به تکامل نهاد . پیدایش فلزات و آلیاژ های فلزی و تلاش مستمر در یافتن راه های اتصال آنها به هم موجب ابداع روش های مختلف اتصال شد که اتصال پیچ و مهره ای ، اتصالات پرچی و اتصالات جوشکاری شده از آن جمله اند . در دنیای امروزه ، صنعت جوشکاری از نظر وسعت کار و تنوع بالاترین مرتبه را در علم اتصال و بریدن و جدا سازی قطعات فلزی و سایر مواد صنعتی دار است و طراحان و مهندسان خطوط تولید مصنوعات فلزی با بهره گیری از فرایندهای مختلف و متنوع جوشکاری به بالاترین سرعت و کیفیت دست یافته اند . در عین حال ، وزن سبک مصنوعات و صرف هزینه هرچه کمتر ، از دیگر دستاوردهای آنان بوده است .

### تاریخچه :

جوشکاری کوره ای یا آهنگری و جوشکاری با شعله ، نخستین روشهای شناخته شده جوشکاری به شمار می روند .

مصریها ، یونانیها و روسها برای جوشکاری و لحیمکاری فلزات قیمتی یا زود ذوب از نوعی مشعل ابتدایی استفاده می کردند که در آنها الکل یا مایع مشابه به عنوان سوخت به کار می رفته است .

از قرن نوزدهم که کار اختراعات و اکتشافات رونق گرفت ، نوآوری و خلاقیت در میدان تکنولوژی جوشکاری نیز ظهور کرد و روشهای مختلف جوشکاری یکی پس از دیگری ابداع گردید .

جوشکاری با قوس الکتریکی و استفاده از خاصیت حرارتی جریان برق در امر اتصالات فلزی ، با وجود اینکه چندین دهه قبل شناخته شده بود ، کاربردی نداشت .

سرانجام مردی روسی به نام (برنادوس) این پدیده را کشف کرد و در سال ۱۸۸۷ توانست جوشکاری با قوس الکتریکی و الکتروذغالی را اختراع کرد . در سال ۱۸۹۱ یک امریکایی به نام (کوفین) توانست به جای الکتروذغالی از الکتروذغالی استفاده کند و این روش به نام خود به ثبت برساند .

در آن زمان ، جوشکاری با الکتروذغالی بسیار دشوار بود زیرا قوس بین الکتروذغالی و قطعه کار بی ثبات بود و کنترل انتقال قطره مذاب از الکتروذغالی به قطعه بسختی انجام می گرفت .

کشف الکتروذغالی روپوش دار به وسیله یک مخترع سوئدی به نام اسکار کیلیرگ در سال ۱۹۰۵ باعث ثبات قوس و بهبود کیفیت جوش شد .

پژوهشهای مختلف برای افزایش مرغوبیت و کیفیت این روش ادامه یافت و همچنان ادامه دارد . جوشکاری با قوس الکتریکی و الکتروذغالی روپوش دار در



ردیف جوشکاریهای ذوبی است که امروزه به طور گسترده در صنایع مختلف به کار گرفته می شود . در زمان حاضر ، جوشکاری قوس دستی (SMAW) یکی از متداولترین روشهای جوشکاری است که به طور گسترده در صنایع فلزی ایران کاربرد دارد و به عنوان پدیده ای ارزشمند در امر تولید و تعمیر در کارخانه ها و کارگاههای مختلف صنعتی ایفای نقش می نماید . به دلیل وابستگی این فن به علوم و فنون و گستردگی دامنه علمی آن متخصصان و کارشناسان ورزیده همواره در حال پژوهش هستند و دستاوردهای خود را به صورت استانداردهای جوشکاری انتشار می دهند .

در عملیات اجرائی نیز کاردانان با تجربه همکاری دارند و با تلاش و پشتوانه غنی علمی چرخهای عظیم و پیچیده صنعت را به طور اصولی و اقتصادی به حرکت در می آورند .

## تعریف جوشکاری

تاکنون تعاریف زیادی برای جوشکاری بیان شده است ، ولی بطور کلی حذف فاصله و ایجاد جاذبه مولکولی یا کریستالی بین قطعات گوناگون را جوشکاری گویند . برای تحقق این امر روشهای زیادی به ذهن می رسد که اکثرا عملی شده است و نتایج کارائی آنها در ارتباط با وسایل و تجهیزات مورد لزوم به لحاظ سادگی و پیچیدگی مورد مطالعه قرار گرفته است .

عملیات جوشکاری که امروزه در صنایع به کار گرفته میشوند عبارتند از :

### ۱- جوشکاری فشاری ۲- جوشکاری ذوبی

هر کدام تقسیم بندیهای گوناگون و گسترده ای دارد که تاکنون بیش از ۸۵ روش در جوشکاری و برشکاری ابداع شده است و اجرا می شود بعضی از روشها نیز منسوج شده ، جای خود را به روشهای نوین جوشکاری داده اند .

## جوشکاری فشاری

تعریف : جوشکاری فشاری فرآیندی که در آن لبه های مورد اتصال ، تحت فشار ، و با استفاده از حرارت یا بدون آن در هم ادغام می شوند و قطعات به هم اتصال می یابند .

جوشکاری آهنگری یا پتکه ای ، جوشکاری مقاومتی ، جوشکاری اصطکاکی ، جوشکاری مافوق صوت (اولتراسونیک) و جوشکاری سرد از آن جمله اند .

## جوشکاری آهنگری

یکی از فرایندهای قدیمی جوشکاری است و روش کار چنین است که قطعات مورد جوشکاری را در کوره ای تا مرحله خمیری شدن گرم می کنند . سپس آنها را از کوره خارج و اکسید ها را از سطح مورد اتصال پاک می کنند . آنگاه

آنها را رویهم روی سندان قرار می دهند و ضربات پتک دستی یا برقی میکوبند تا دو قطعه در هم ادغام شوند و جوش بخورند .

### جوشکاری مقاومتی

جوشکاری مقاومتی یکی از روشهای جوشکاری فشاری است که در شاخه های مختلف صنعت خصوصاً در صنایعی که با ورقها و مفتول فلزی سر و کار دارند کاربرد فراوان دارد . در این روش سطوح اتصال با اعمال حرارت و فشار بهم جوش می خورند .

فلزات به دلیل داشتن مقاومت الکتریکی ، در اثر عبور جریان برق از آنها ، گرم می شوند و به حالت خمیری و حتی به دمای ذوب می رسند . حرارت حاصل در این روش با مجذور شدت جریان و مقاومت در زمان عبور جریان رابطه مستقیم دارد . شدت زمان عبوری و زمان از طریق دستگاه قابل کنترل و تنظیم است ، اما مقاومت الکتریکی به عوامل مختلف از جمله جنس و ضخامت قطعات کار ، اندازه سطح الکتروود ها ، چگونگی سطح تماس و فشار اعمال شده به کار مربوط می شود .

جوشکاری مقاومتی در صنعت به صورتهای گوناگون مورد استفاده است که مهمترین و متداولترین آنها به ترتیب زیر است : ۱- جوش نقطه ای یا نقطه جوش ۲- جوش قرقه ای یا درز جوش ۳- جوش واژگون یا سر به سر ۴- فلاش جوش یا جوش جرقه ای

### جوشکاری ذوبی

تعریف : جوشکاری ذوبی روشی است که در آن لبه های مورد اتصال پس از ذوب شدن به کمک فلز پر کننده یا بدون آن در هم آمیخته و منجمد میگردند به این ترتیب قطعات به یکدیگر متصل می شوند .



برای ذوب کردن لبه های مورد اتصال از انرژیهای مختلف استفاده می شود :

انرژی شمیایی : جوشکاری با شعله گاز ، جوشکاری ترمیت

انرژی الکتریکی : جوشکاری با قوس الکتریکی

انرژی نورانی : جوشکاری با اشعه لیزر

در جوشکاری با قوس الکتریکی حرارت لازم برای ذوب لبه های مورد اتصال و مفتول پر کننده درز از طریق ایجاد و برقراری قوس الکتریکی بین الکترود و فلز مورد جوشکاری تامین می شود .

### قوس الکتریکی و چگونگی تشکیل آن

چنانچه قطبهای مثبت و منفی یک منبع انرژی الکتریکی را با هم تماس داده و سپس در فاصله کمی از یکدیگر قرار دهند ، در اثر اختلاف پتانسیل الکتریکی موجود میان آنها جرقه های ایجاد می شود . این جرقه ها موجب یونیزه شدن اتمسفر بین دو قطب و عبور الکترونها از فاصله هوایی میان دو قطب می شود . ادامه جرقه ها و به هم پیوستن آنها در فضایی یونیزه شده ، موجب تشکیل قوس الکتریکی می شود . با وجود یونیزه شدن فضای بین الکترود و کار ، باز هم مقاومت الکتریکی زیادی در این منطقه وجود دارد و همین مقاومت سبب تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی حرارتی می شود و حرارت در حدود ۵۰۰۰-۶۰۰۰ درجه سانتیگراد ایجاد می گردد که می تواند در زمان کوتاهی فلزات را به دمای ذوب برساند .

### روشهای مختلف ایجاد قوس الکتریکی

یکی از روشهای ایجاد قوس الکتریکی استفاده از اختلاف پتانسیل زیاد یا ولتاژ بالا است . جرقه هایی که در شمع اتومبیل زده می شود تا مخلوط هوا و سوخت در سیلندر اتومبیل محترق شوند ، با استفاده از ولتاژ بالا تحقق می یابد .

در این روش ، بدون اینکه تماس میان دو قطب جریان برقرار شود ، جرقه زده می شود ولی گرمای ایجاد شده به وسیله قوس حاصل ، بسیار کم است . همچنین در بعضی از انواع جوشکاری مثل جوشکاری با گاز محافظ ، جرقه های اولیه با استفاده ولتاژ بالا ایجاد می شوند ، بدین صورت ، که با نزدیک شدن الکترود به کار قبل از برقراری تماس بین آن دو و حتی از فاصله ۲۰ تا ۳۰ میلیمتری ، در اثر ولتاژ ذخیره شده در خازن دستگاه جرقه زده می شود ، گاز محافظ یونیزه می گردد و زمینه ایجاد قوس پایدار برای جوشکاری فراهم می شود . در روش جوشکاری قوسی با الکترود روپوش دار ، قوس الکتریکی با آمپر زیاد ایجاد می گردد و به منظور ایجاد قوس میان دو قطب جریان ، تماس برقرار می شود تا جرقه حاصل گردد و درصدی از اتمسفر موجود بین دو قطب یونیزه شود سپس قوس پایدار به وجود آید .

عوامل موثر در برقراری و تشکیل قوس الکتریکی و ایجاد حرارت عبارتند از :  
اختلاف پتانسیل دو سر قطب ، شدت جریان و مقاومت دو قطب .

### جریان الکتریسته مناسب در روش (SMAW)

جریان الکتریکی عبارت است از حرکت الکترونها در یک هادی و برای حرکت الکترون درون هادی فشار الکتریکی لازم است و در صورتی که اختلاف پتانسیل موجود داشته باشد جریان نیز وجود دارد .

چنانچه قطبهای تغییر نکنند و به عبارت دیگر ، جهت جریان همیشه ثابت باشد و الکترونها فقط در یک جهت حرکت کنند ، جریان را جریان مستقیم یا DC نامند . چنانچه جهت جریان ثابت نباشد و به عبارت دیگر ، الکترونها نخست در یک جهت جریان یابند و بعد جهت خود را عوض کرده و عکس جهت قبلی سیر کنند ، آن را جریان متناوب AC نامند .

در جوشکاری با قوس الکتریکی از هر دو نوع جریان استفاده می شود . جریان AC به وسیله ترانس جوشکاری یا مبدل و جریان DC به وسیله دینام جوشکاری یا رکتی فایر تامین می گردد .

### شدت جریان در جوشکاری

به تعداد الکترونیایی که از یک نقطه از مدار در زمان واحد می گذرد شدت جریان عبوری گویند . اگر در یک ثانیه به اندازه یک کولن یا تعداد  $10 \times 6/82$  الکترون از یک نقطه از مدار بگذرد ، جریان عبوری یک آمپر است که آن را با حرف I نشان می دهند . جریان جوشکاری به وسیله آمپر اندازه گیری می شود . استفاده از ولتاژ بالا در قوس خطر شوک الکتریکی دارد . بنابراین با توجه به روابط زیر در جوشکاری از شدت جریان زیاد و ولتاژ کم استفاده می شود تا حرارت کافی برای ذوب موضعی فراهم شود .

**محدوده شدت جریان جوشکاری با قوس الکتریکی :** در جوشکاری با الکتروود دستی معمولاً ۳۵۰ میلیمتر طول و قطری بین ۲/۵ تا ۶/۳ میلیمتر دارند . تمام شدت جریان جوشکاری از هسته فلزی الکتروود عبور می کند و چون دارای مقاومت الکتریکی است ، در آن گرما ایجاد می شود و اگر خیلی گرم شود ، خطر ذوب زودرس الکتروود وجود دارد و زودتر از آن پوشش الکتروود لطمه خواهد دید . با توجه به این نکات ، سازندگان الکتروودها حداکثر جریان را برای هر نوع الکتروود مشخص می کنند .

### اختلاف پتانسیل در جوشکاری

عامل عبور الکترونها در یک هادی ، فشار الکتریکی یا اختلاف پتانسیل است به عبارت دیگر فشاری است که موجب راندن الکترونها را از مقاومت الکتریکی عبور می دهد .

واحد فشار الکتریکی ولت است و آن اختلاف پتانسیلی است که موجب شود یک کولن، کاری معادل یک ژول انجام دهد.

جریان الکتریکی در مدار به جریان آب در سیستم لوله کشی شباهت دارد. در این سیستم یک تلمبه موجود است که آب از یک سو فشار قرار می دهد و باعث عبور جریان آب از سوپاپ تنظیم می شود.

در مدار الکتریکی، مولد جریان (باتری-ژنراتور-دینام جوش) همچون پمپ در سیستم لوله کشی یاد شده عمل میکند و فشار الکتریکی به وجود می آورد تا الکترونها حرکت کنند و بتواند از مقاومت بگذرند به عبارت دیگر، عبور الکترونها از قوس الکتریکی است که از طریق ترانس یا دینام جوشکاری تامین می گردد.

**ولتاژ مدار باز و ولتاژ قوس الکتریکی:** برای انجام جوشکاری و برقراری جریان الکتریکی در مدار نیروی محرکه یا ولتاژ لازم توسط دستگاه جوشکاری تامین می شود و بسته به نوع دستگاه جریان DC یا AC ولتاژی معادل ۸۰-۵۰ ولت خواهیم داشت. همزمان با تشکیل قوس الکتریکی ولتاژ افت می کند و تقریباً به نصف یا کمتر می رسد.

**محدوده ولتاژ در جوشکاری با قوس الکتریکی:** ماکزیمم ولتاژ قوس ۴۰ ولت است زیرا کار با ولتاژ بیشتر احتمال خطر شوک الکتریکی دارد از سوی دیگر، برقراری و پایداری قوس الکتریکی با ولتاژهای کم دشوار است.

ولتاژ مدار باز دستگاههای جوشکاری در محدوده ۵۰ تا ۸۰ ولت است ولی در بعضی از دستگاههای جوشکاری پیشرفته، به منظور افزایش ایمنی پس از قطع عمل جوشکاری ولتاژ دو سر کابل به طور اتوماتیک تنزل می یابد و در حد بسیار پایینی قرار می گیرد تا هنگام تعویض الکتروود برای جوشکاری کمترین احتمال شوک الکتریکی وجود نداشته باشد. در این دستگاهها با اولین تماس الکتروود به



کار و عبور جریان ضعیف از مدار جوشکاری ، کنتاکتور تعبیه شده در دستگاه به طور خود کار ولتاژ اصلی را وارد مدار می کند تا قوس تشکیل شود . بلافاصله پس از برقراری قوس ، ولتاژ افت می کند و به حدود نصف می رسد که به آن ولتاژ قوس می گویند . در بعضی از دستگاههای جوشکاری ، کلیدی برای تغییرات جزئی در ولتاژ قوس وجود دارد زیرا افزایش نفوذ جوش می شود . افزایش ولتاژ طول قوس را نیز افزایش می دهد و کار کردن با طول قوس بلند موجب کاهش حفاظت منطقه مذاب و ستون قوس از اثرات زیان بخش اتمسفر نیز خواهد شد .

### مقاومت الکتریکی قوس

همه اجسام جریان الکتریکی را به یک اندازه هدایت نمی کنند . هادیها اجسامی هستند که جریان را به راحتی از خود عبور می دهند و عایقها برعکس از عبور جریان جلوگیری می کنند .

علت این است که هادیها مقدار زیادی الکترون آزاد دارند . بیشتر فلزات هادیهای خوبی هستند یعنی دارای قابلیت هدایت الکتریکی هستند .

دسته دیگری از اجسام در برابر عبور جریان و حرکت الکترونها مخالفت می کنند و بنابراین دارای مقاومت الکتریکی هستند . واحد مقاومت الکتریکی اهم است .

در یک مدار جوشکاری ، کابلهای انبر و اتصال هادیهای خوبی هستند . انبر جوشکاری نیز براحتی جریان را از خود عبور می دهد . مغز فلزی الکتروود هم مقاومت زیادی ندارد ولی فاصله بین الکتروود و کار دارای مقاومت زیادی است هر قدر فاصله الکتروود با کار زیادتر شود ، مقاومت این قسمت از مدار افزایش می یابد و با کم شدن الکتروود با کار از مقاومت هم کاسته شود .



گرمای زیاد قوس موجب میشود که اتمسفر بین الکتروود و کار و همچنین گازهای تولید به وسیله روپوش الکتروود ، یونیزه شود و مقاومت الکتریکی قوس کاهش یابد . فاصله بین الکتروود و کار مورد جوشکاری را طول قوس گویند . پس می توان گفت طول قوسهای کوتاه مقاومت کمتری دارند و طول قوسها بلند دارای مقاومت بیشتری هستند .

مقامت قوس باعث تبدیل انرژی الکتریکی به حرارتی می شود ولی مقاومت سایر قسمتها مدار باید در حد مینیمم باشد . چنانچه محل اتصال کابل جوشکاری به دستگاه و انبر جوشکاری و غیره محکم نباشد یا طول کابل جوشکاری زیاد باشد یا از کابلهای کم قطر استفاده شود ، به علت وجود مقاومت در مدار ، افت ولتاژ پیش می آید که موجب بروز اختلال در کار جوشکاری خواهد شد .

### قطب الکتروود

در جوشکاری با قوس الکتریکی ، می توان از جریان متناوب AC یا جریان یکنواخت DC با الکتروود منفی یا مثبت استفاده کرد . انتخاب نوع جریان به روش جوشکاری ، نوع الکتروود و همچنین نوع فلزی که جوشکاری می شود بستگی دارد . در فرایند جوشکاری با قوس الکتریکی ، برق مستقیم و الکتروود فلزی می توانیم به دو صورت با قطب مستقیم و معکوس کار کنیم .

اگر الکتروود منفی و کار مثبت باشد جوشکاری با قطب مستقیم نامیده می شود . همان طور که در شکل ۱ مشخص است ، الکترونها از الکتروود به سوی کار پرتاب می شوند و با سرعت زیاد به آن برخورد می کنند به علت بمباران شدن سطح کار به وسیله الکترونها شدت گرما در محل ذوب بیشتر است . در این حالت  $\frac{2}{3}$  گرما در محل ذوب و  $\frac{1}{3}$  در الکتروود توزیع می شود و به همین علت ، نفوذ جوش بیشتر است .

اگر الکتروود مثبت و کار منفی می باشد ، جوشکاری با قطب معکوس نامیده

می شود .

همان طور که در شکل ۲ مشخص است ، الکترونها از کار به الکتروود می روند .  
و باعث می شود گرما در الکتروود توزیع شود لذا سرعت ذوب الکتروود بیشتر و  
نفوذ جوش کمتر می شود و جوش پهنتر از حالت قبل خواهد بود .  
جوشکاریهایی که برای سرعت جوشکاری در الویت است و همچنین  
الکترودهایی که داری روپوش دیر ذوب تر هستند ، از قطب معکوس استفاده  
می کنیم .

در این حالت فلز مغز الکتروود و نیز گازهای محافظ کاملاً گرم هستند لذا  
سرعت انتقال مذاب از الکتروود به کار یکنواخت تر و بهتر انجام می شود .  
یکی دیگر از ویژگیهای قطب معکوس عمل تمیز کاری است . به دلیل حرکت  
الکترونها از کار و بر خورد یونهای مثبت از الکتروود به قطعه کار ، در محل  
تشکیل قوس شکستن لایه های اکسید صورت می گیرد از این ویژگی در  
جوشکاری فلزاتی که لایه اکسیدی دارند ، به نحو مطلوب استفاده می شود .  
در جوشکاری با برق متناوب به علت تغییر جهت جریان الکتروود ، به تناوب نیم  
سیکل منفی و نیم سیکل بعد مثبت است . پس می توان گفت  $1/2$  حرارت در  
کار و  $1/2$  حرارت در الکتروود توزیع شده و عمل تمیز کاری قوس در نیم  
سیکلی که الکتروود مثبت است ، صورت می گیرد .

## محاسن و معایب جوشکاری با روشهای AC,DC

### محاسن جوشکاری با جریان متناوب AC

از جریان متناوب در جوشکاری به طور گسترده استفاده می شود و دارای مزایا و معایبی به شرح زیر است :

- هزینه نگهداری و تعمیر ترانسفورماتور جوشکاری کمتر است .
- ترانسفورماتور جوشکاری AC بمراتب از دینامهای جوشکاری و رکتی فایرها DC ارزانتر است .
- وزش قوس وجود ندارد.
- حرارت در کار و الکتروود به طور مساوی توزیع می شود .

### معایب جریان متناوب AC

- امکان تغییر قطب وجود ندارد .
- بعضی از انواع الکتروودها را نمی توان با این جریان جوشکاری کرد .
- جریان متناوب برای جوشکاری بعضی از فلزات مناسب نیست .

### محاسن جریان مستقیم DC

- خطر شوک الکتریکی کمتر است .
- قوس راحت تر تشکیل می شود و پایدارتر است .
- قوس آرامتر بوده و پاشش ذرات کم است .
- استفاده از انواع الکتروودها امکان پذیر است .
- جوشکاری با حداقل آمپر امکان پذیر است .
- امکان تغییر قطب وجود دارد .

### معایب جوشکاری با جریان مستقیم DC

گاهی در جوشکاری با جریان مستقیم پدیده ای به نام وزش قوس (دمش قوس) و به عبارت دیگر، انحراف قوس وجود دارد.

### وزش قوس

عبور جریان الکتریکی در الکتروود و قطعه کار و کابل اتصال حوزهای مغناطیسی به وجود می آورد که به صورت دایره های متوالی عمود بر مسیر عبور جریان برق است.

هنگامی که این حوزه مغناطیسی نامتعادل باشد، قوس به طرفی که تمرکز حوزه بیشتر است، منحرف می شود. این انحراف را وزش قوس گویند. در جوشکاری با جریان مستقیم که حوزه مغناطیس تشکیل شده جهت ثباتی دارد، وزش قوس بیشتر اتفاق می افتد. معمولاً انحراف قوس در جهت حرکت پیشروی به طرف جلو یا عقب اتفاق می افتد و هنگام جوشکاری گوشه ها و نزدیک محل اتصال کابل به قطعه کار، انحراف قوس زیاد خواهد بود. در مواقعی که وزش قوس زیاد باشد کنترل مذاب مشکل می شود. و جوش به وجود آمده ناموزن نامتعادل است.

### راههای جلوگیری از وزش قوس و کاهش آن

کاهش طول قوس و شدت جریان.

تغییر دادن محل اتصال کابل اتصال به اطراف کار تا حوزه مغناطیس جدیدی ایجاد کند و این حوزه اثر حوزه مغناطیس قبلی را خنثی نماید.

استفاده از جریان متناوب به جای جریان مستقیم.



### انواع ترانسها

ترانسهای جوشکاری را که در جوش قوسی دستی مورد استفاده واقع می شود و

به سه قسمت تقسیم می کنند :

ترانس های یک فاز

ترانس های دو فاز

ترانس های سه فاز

**ترانس یک فاز :** دارای یک سیم پیچ اولیه و یک سیم پیچ ثانویه است و با جریان ۲۲۰ ولت تغذیه می شود . در کل ، این نوع ترانس برای جوشکاری قطعات با ضخامت متوسط و تا شدت جریان کمتر از ۳۰۰ آمپر مورد استفاده واقع می شود . این نوع ترانس با برق یک فاز خانگی هم ممکن است کار کند اما استفاده از برق خانگی هرگز توصیه نمی شود زیرا ممکن است به سیم کشی داخل خانه صدمه وارد شود . در این نوع ترانس سیم پیچ اولیه از برق یک فاز استفاده می کند .

**ترانس دو فاز و سه فاز :** این ترانس ها از جریان برق دو فاز یا سه فاز استفاده می کنند . در حقیقت در ترانس دو فاز دو سیم پیچ اولیه و دو سیم پیچ ثانویه وجود دارد . ترانس های دو فاز و سه فاز به ترتیب قوی تر از ترانس یک فاز هستند و برای جوشکاری کار های ضخیم تر و جوشکاری های سنگین تر مورد استفاده واقع می شود . این ترانس ها با برق خانگی به کار نمی افتد .

### مزایا و معایب کار با ترانس ها

ترانس های جوشکاری از برق متناوب تغذیه می کنند . روشن کردن قوس با این دستگاهها کمی مشکل تر از روشن کردن قوس با دستگاههای جریان مستقیم است . به هنگام جوشکاری با ترانسها توزیع گرمای قوس بین الکتروود و قطعه کار نسبت مساوی خواهد بود . بنابراین حدود برجستگی گرده جوش



تقریباً معادل میزان نفوذ جوش خواهد بود. ترانس های جوشکاری قسمت چرخنده ندارند بنابراین فاقد سروصدای می باشند. روشن کردن ترانس ها بسیار آسان است و نیاز به تخصص ویژه ای ندارد. برای به کار انداختن ترانس ها و استفاده از آنها لازم است که شبکه برق در محل جوشکاری وجود داشته باشد. بنابراین در جایی که برق وجود ندارد، امکان استفاده از ترانس های جوشکاری وجود ندارد. هزینه کار با ترانس ها بسیار کمتر از سایر دستگاههای جوشکاری است.

### تجهیزات جوشکاری قوس دستی

برای اجرای موفق جوشکاری قوس دستی لازم است که از تجهیزات دیگری نیز استفاده شود. این تجهیزات عبارتند از:

**چکش جوش:** از این وسیله برای پاک کردن سرباره روی جوش و زدودن جرقه های اطراف خط جوش استفاده می شود. جنس آن بسیار سخت است و دو سر آن به دو صورت تبری و مخروطی تیز می شود.

**برس سیمی:** برس سیمی برای تمیز کاری روی قطعات کار از گرد و غبار و زنگ به کار می رود و طوری ساخته شده که در برابر سایش مقاوم باشد. یعنی سیمهای آن نریزد و زود فرسوده نشود. برس سیمی معمولی از جنس فولاد ضد زنگ ساخته می شود.

**سنگ فیبری:** سنگ سنباده فیبری یکی از تجهیزاتی است که برای پخ زنی قطعات کار هم مورد استفاده زیاد استفاده می شود. از سنگ فیبری همیشه در حالت ایستاده استفاده می کنند، بنابراین شرایط استفاده از سنگ فیبری تقریباً همیشه سخت و نامساعد است و باید با دقت بسیار مورد استفاده قرار گیرد.

دستگاه سنگ فیبری با برق معمولی شبکه کار می کند. یعنی اگر سیم رابط معیوب باشد خطر برق گرفتگی حتمی است. لازم است قبل از کار با دستگاه سنگ اطمینان حاصل کنید که لقمه سنگ شکسته نباشد و یا پیچ اتصال آن به ماشین سنگ شل نشده باشد. لقمه سنگ فیبری در اثر چرب شدن لیز می خورد و نمی توان وظیفه خود را انجام دهد. سنگ چرب شده زودتر می شکند بنابراین باید بیشتر مراقب آن باشید.

به هنگام کار کردن با سنگ چرب و در اثر گرمایی که به وجود می آید چربی سنگ می سوزد و ممکن است بر کیفیت سنگ نیز تاثیر بگذارد.

هرگز با سنگ فیبری روی کار ضربه نزنید چه این عمل فقط موجب صدمه خوردن به لقمه سنگ و ماشین سنگ خواهد شد .

قطعات کارتمرینی جوشکاری اندازه های نسبتا کوچکی دارند . با توجه به دور تند سنگ خطر پرتاب شدن این قطعات وجود دارد .

توصیه می شود که همیشه قطعات را به لبه گیره محکم ببندید و سپس آن را سنگ بزنید .

هرگز سنگ زدن را آنقدر ادامه ندهید که باعث خستگی زیاد شما بشود . هر چه خسته تر باشید سنگ زدن خطر بیشتری خواهد داشت .

**انبر قفلی :** برای استقرار قطعات در حالت مخصوص و تثبیت آنها تا پایان خال جوش زدن لازم است که گاهی قطعات را به کمک گیره دستی یا انبر قفلی نگاه دارند . انبر قفلی ساده ترین وسیله ثابت نگه داشتن قطعات است .

انبر قفلی ممکن است به شکلها و مکانیزمهای متفاوتی ساخته شود . برخی از انواع آنها وظیفه فیکسچر را نیز به عهده دارند ، یعنی قطعات متصل شدنی را با زاویه بخصوصی نسبت به یکدیگر نگاه می دارند . بطوریکه پس از پایان خال جوش زنی قطعات کار با شکل و زاویه معین نسبت به هم پیوند خورده است .

**کابلهای جوشکاری و اتصالات آنها :** کابلهای جوشکاری از نوع افشان و یا عایق بسیار قوی و سبک است .

جنس سیم آن مسی یا آلومینیومی است . یکی از آنها کابل انبر و دیگری کابل اتصال آهن است . کابلها را با کمک کابل شو (کفش کابل) به دستگاه ترانس و به انبر وصل می کنند . اتصال کابل به کفش کابل باید محکم و بدون لقی باشد تا گرم نشود .

وقتی بخواهند کابلها را به هم متصل کنند که بلند تر شود ، آنها را با کمک اتصالات سر هم می کنند .

انبر های جوشکاری وسیله گرفتن الکتروود و اجرای جوشکاری است .  
انبر ها را بر حسب ظرفیت جریانی که می توانند از خود عبور دهند دسته بندی  
می کنند .

روی انبر ها را از جنس عایق بسیار قوی و سبک می پوشانند .  
کائوچو و لاستیک و فیبر فشرده مهمترین عایق هستند .  
گیره های اتصال آهن نیز به کابل اتصال آهن متصل می شود و به پایه میز  
جوشکاری یا به کار جوشکاری متصل می شود .  
این گیره ها باید تمیز باشد و فنر قوی داشته باشد که خوب به میز یا به کار  
بچسبد .



## الکترودها

الکترودها به میله فلزی یا غیر فلزی گفته می شود که وظیفه آن انتقال جریان از انبر جوشکاری به محل تشکیل قوس است .

الکترودها انواع بسیار زیادی دارند که در اینجا با الکترودهای روکش شده جوش قوس دستی آشنا می شویم .

الکترودهای جوش قوس دستی از یک میله فلزی تشکیل شده است که روی آن یک لایه روکش با ترکیبات ویژه کشیده شده است .

در موقع اجرای جوشکاری مغزی الکترودها (میله فلزی) ذوب و به گرده جوش افزوده می شود و یا با مذاب فلز مبنا ایجاد همبسته ای می کند که انجام اتصال را تضمین می نماید .

روکش الکترودها نیز ذوب می شود و ضمن به وجود آوردن یک ابر فشرده از گاز محافظ در اطراف منطقه مذاب ، لایه سرباره روی جوش را نیز به وجود می آورد .

گاز محافظ وظیفه دارد که به هنگام اجرای جوش فلز مذاب را از تاثیر عوامل جوی محفوظ نگاه دارد و لایه سرباره نیز وظیفه دارد که پس از ایجاد گرده جوش و تا زمانی که گرده جوش هنوز داغ است آن را از اثرات گازهای موجود در هوا محافظت کند . ضمن انجام این وظیفه سرباره در کند کردن سرعت خنک شدن گرده جوش هم نقش موثری دارد . به همین دلیل هر چه روکش الکترودها ضخیم تر باشد لایه ضخیم تری از سرباره درست می کند و تعادل سرعت سرد شدن فلز جوش را بهتر حفظ می کند . در مورد شماره های روی الکترودها اشاره می شود که این شماره ها مربوط به استاندارد ساخته و کد بندی شده است .



شماره‌های روی الکتروود مربوط به استاندارد A.W.S است این استاندارد معروفترین استاندارد جهان است .

شماره الکتروود در این استاندارد از چهار یا پنج رقم تشکیل شده که در سمت چپ آنها حرف E قرار می گیرد . E بیان کننده این مطلب است که الکتروود مخصوص جوش قوس دستی درست شده است . رقم اول از سمت چپ نشان دهنده ترکیبات روکش الکتروود و خصوصیات جریان برق لازم برای جوشکاری با این الکتروود است (مثلا مستقیم یا متناوب بودن جریان و نوع قطب آن) . رقم دوم از سمت راست حالت مجاز جوشکاری با این الکتروود را نشان می دهند و اگر این رقم ها باشد جوشکاری در همه حالات مجاز است . اگر این رقم ۳ باشد جوشکاری فقط در حالت تخت قابل اطمینان است . دو رقم (یا سه رقم ) باقیمانده سمت چپ نمایش دهنده تنش مجاز کششی فلز جوشی است که با این الکتروود به وجود می آید .

### انواع الکتروود های جوش قوس دستی

کوشش می شود که الکتروود به گونه ای انتخاب شود که فلز مبنا هم جنس یا هماهنگ باشد در غیر این صورت عمل جوشکاری موفق نخواهد بود .

روکش الکتروودها وظایفی دارند که چنانچه خوب انتخاب شده باشند این وظایف را به خوبی انجام خواهند داد .

مهمترین این وظایف عبارتند از :

وظیفه مهم روکش الکتروود ایجاد گاز محافظ منطقه مذاب با ترکیبات مناسب است .

وظیفه مهم دیگر روکش الکتروود ایجاد سرباره شیشه ای غیر قابل نفوذ بر روی گرده جوش است این سرباره عایق نسبی گرما هم هست .

دیگر وظیفه الکتروود ایجاد عوامل پایدار کننده قوس است .

اصلاح جنس فلز جوش از نظر دادن عناصر آلیاژی مفید به آن و گرفتن عناصر آلیاژی مضر از آن یکی دیگر از وظایف مهم روکش الکتروود است .

روکش الکتروود ها را بر حسب حدود موادی که در ترکیبات آن وجود دارد به چند دسته تقسیم کرده اند ، این دسته بندی چنین است :

**روکشهای روتیلی (R) :** که محتوی مقادیر قابل ملاحظه ای اکسید تیتانیوم (روتابل) است . این الکتروود را برای جوشکاری در هر حالتی می توان مورد استفاده قرار داد . به این الکتروود ها ، الکتروودهای همه کاره می گویند . با الکتروود روتیلی می توان هم با جریان DC و هم با جریان AC جوشکاری کرد .

**الکتروود های سلولزی (C) :** این الکتروودها مقادیر زیادی مواد سلولزی در روکش خود دارند . وقتی که با آنها جوشکاری میکنند خیلی پروردود است و مقدار پاشش جرقه آن نیز زیاد است .

از این الکتروود ها برای جوشکاری پاس ریشه در جوشکاری های چند پاسه استفاده می شود با این الکتروودها در همه حالات می توان جوشکاری کرد .

سرباره جوش نازک است و راحت از روی جوش پاک می شود .

**الکتروود های با روپوش قلیایی (B) :** روکش این الکتروود ها معمولاً ضخیم است و خصوصیت قلیایی دارد . روکش این الکتروود ها به شدت جاذب رطوبت است و در مجاورت هوا زود نم می کشد . وقتی نم کشید جوش خوبی ندارد . زیرا بخار آب در جوش نفوذ می کند و آنرا پوک می کند . بنابراین لازم است که قبل از استفاده از این الکتروود ها آنها را خشک کنید .

این الکترودها را اگر خم کنید روکش آن ترک بر می دارد اما از روی میله الکتروده نمی ریزد .

از بقیه انواع دیگر الکترودها با روکشهای دیگر در جای خود یاد می شود .

الکترودها را می توان بدون در نظر گرفتن جنس به دو گروه تقسیم کرد :

۱- الکترودهای ذوب نشدنی

۲- الکترودهای ذوب شدنی

**الکترودهای ذوب نشدنی :** این نوع الکترودها هنگام عمل جوشکاری ذوب نمی شوند و به عبارت دیگر ، ذرات آنها در هنگام جوشکاری به فلز مبنا منتقل نمی گردد از این رو ، بایستی جنس آنها از مواد دیر گداز مانند تنگستن یا آلیاژهای تنگستن و کربن باشد . نوعی الکتروده ذوب نشدنی دیگر وجود دارد که جنس آن از مس یا آلیاژهای مس و کادمیوم است و کاربرد آن در روشهای مقاومتی است .

**الکترودهای ذوب شدنی :** در بعضی از فرایندهای جوشکاری ، الکتروده ذوب می شود و به فلز مبنا منتقل می گردد . این الکترودها در جوشکاری دارای دو نقش اساسی هستند :

تامین انرژی حرارتی برای مذاب شدن فلز

به عنوان فلز پرکننده در حوضچه مذاب رسوب می کنند و درصدی از فلز جوش را تشکیل می دهند . الکترودهای ذوب شدنی برای جوشکاری انواع فولادها ، چدنها ، فلزات رنگین و آلیاژهای آنها ساخته می شوند و به کار می روند .

این الکترودها می توانند بدون پوشش یا با پوشش شیمیایی باشند و استفاده از هر کدام به مکانیزم دستگاه و روش جوشکاری بستگی دارد که عمدتاً سیستم حفاظت مذاب متفاوت می شود .

**الکترودهای با روپوش شیمیایی :** این نوع الکترودها از لحاظ قطر و طول تابع استانداردهای مربوط به خود ولی از لحاظ جنس فلز و بویژه پوشش بسیار متنوع هستند .

### روش ساخت الکترودها

الکترودهای ذوب شدنی به یکی از سه طریق زیر ساخته می شوند :

روش E یا Solid extrusion

روش R یا Reinforcement

روش D یا Dipping

روش E - در این روش فلکس را به صورت خمیر در می آورند و با فشار روی الکترودها می کشند . کنترل ضخامت پوشش بسیار ساده است و به وسیله قالبهای که مفتول از داخل آنها رد می شود ، انجام می گیرد . تولید با این روش زیاد است و به طور معمول ، در هر دقیقه ۲۰۰ عدد الکترودها تولید می شود . از جمله معایب این روش استحکام کم پوشش در شرایط حمل و نقل است . چنانچه ضرورت ایجاب کند که الکترودها را خم کنیم ، در قسمت خم شده پوسته ترک می خورد ، و احیاناً قسمتی از آن جدا می شود (از خم کردن الکترودها حتی المقدور باید خوداری کرد) .

روش R - در این روش ، تقویت کننده هایی در پوشش به کار می برند که سبب می شوند الکترودها اولاً در شرایط حمل و نقل بیشتر مقاوم باشند و در مواقع خم کردن (اگر ضرورت باشد) پوسته از فلز جدا نشود . این نوع الکترودها را بیشتر در دستگاههای اتومات یا نیمه اتومات بکار می روند و



طول آنها استاندارد شده نیست. اگر کاربرد الکتروود در دستگاههای نیمه اتومات باشد، تقویت کننده را از جنس فلز الکتروود و به صورت سیم نازک انتخاب می کنند و آن را به صورت مارپیچ در اطراف فلز می پیچند. در الکتروودهای دستی از نخ تابیده شده مخصوص استفاده می کنند و سپس پوشش را روی آن می کشند.

روش D- باینکه این روش قدیمی است، ولی بعضی از انواع الکتروودها مانند آلومینیوم و آلیاژهای آن و منیزیم و آلیاژهای آن را به این روش می سازند زیرا روش E نمی تواند کاربرد درستی برای این نوع آلیاژها داشته باشد. عمل پوشش دادن به این صورت است که مفتول الکتروود را چندین مرتبه ولی به تناوب در محلول فلاکس می گذارند و هر بار تقریباً آن را خشک می کنند تا بتدریج پوسته نسبتاً ضخیمی بر روی آن کشیده شود.

**اندازه های الکتروود:** اندازه گیری الکتروود بر حسب قطر مفتول (d) و نیز براساس نسبت قطر پوشش به قطر مفتول یا  $D/d$  است.

طول الکتروود در ضخامتهای پایین ۳۶ سانتیمتر و در ضخامتهای بالا به ۴۵ سانتیمتر می رسد.



### نقش فلاکسها (پوشش الکتروود)

پوشش شیمیایی الکتروود بسیار متنوع است و نوع آن به شرایط فلز مبنا بستگی دارد .

ترکیب شیمیایی الکتروودها به طور وسیعی کمپلکس است و محتوی مواد معدنی و آلی است که درصدی از آن مشخص و درصدی هم از نظر مصرف کننده پوشیده است و جزء مسائل سری هر کارخانه سازنده به حساب می آید . هر جزء ترکیبی پوشش چه در حالت مذاب بودن و چه در حین انجماد دارای وظایفی برای بهبود بخشیدن شرایط مکانیکی جوش هستند مانند ثبات قوس الکتریکی ، تشکیل سرباره ، ایجاد گاز ، رساندن عناصر مطلوب به مذاب و غیره . پوشش دارای سه نقش اساس است :

نقش الکتریکی

نقش فیزیکی

نقش متالورژیکی

**نقش الکتریکی پوشش :** وجود یک قوس با شرایط یونیزه شدن گازهای بین کاتد و آند ارتباط دارد . قوسهای فلزی به علت خاصیت منفی بودنشان ناپایدارند و به عبارت دیگر ، با افزایش آمپر بر سطح مقاومت الکتریکی قوس کاهش یابد و بدین علت ، از ثبات بی بهره می شود . برای رفع این نقیصه لازم است که در مدار یعنی در ناحیه قوس یک رزیستانس و یا راکتانس به کار برده شود ( رزیستانس از تغییرات ناگهانی شدت جریان جلوگیری می کند ) در عمل فلزی را نمی توان یافت که بتواند این وظیفه را در قوس انجام دهد زیرا درجه حرارت بالای قوس آن را منهدم می کند . فاکتورهایی که می توانند جایگزین یک رزیستانس گردند ، عبارتند از :  
استفاده از مدار باز در جریانهای AC با ولتاژ زیاد

سطح یا درجه یونیزاسیون

خارج کردن الکترون از الکتروود به وسیله انرژی حرارتی

شرایط هدایت حرارتی

در جریان AC فاکتورهای گفته شده را می توان از طریق پوشش که محتوی سدیم- پتاسیم باشد ، عملی کرد یا اینکه از مواد دیگر مانند سیلیکاتها ، کربناتها ، اکسیدها و غیره استفاده نمود .

**نقش فیزیکی پوشش :** الکتروود بایستی شرایط ساده ای را برای عمل جوشکاری فراهم کند برای مثال ، می توان در حالت قائم یا بالا سر عمل جوشکاری را انجام داد (حرکت مذاب بر خلاف جاذبه زمین) .

دو طرح برای اجرا وجود دارد که عبارتند از :

نوع پوشش که تعیین کننده ویسکوزیته سرباره باشد

ضخامت یا کلفتی پوشش

**جوشکاری در حالت های مختلف :** (سطحی - افقی - قائم - بالای سر) فقط در

صورتی مسیر است که اولاً گازهایی ایجاد شود و فشار آنها بتواند ذرات مذاب را در جهت جاذبه یا بر خلاف آن پرتاب کند در ثانی ویسکوزیته سرباره به حدی باشد که بتواند مذاب را در بطن خود نگه دارد بعلاوه کشش سطحی مذاب فلز و سرباره نیز باید هماهنگ باشد .

**ضخامت یا کلفتی پوشش :** ممکن است اکسیژن به سطح بیرونی سرباره که با هوا در تماس است ، وارد شود ولی انتشار آن به طرف فلز جوش آهسته و کند است زیرا اولاً سرباره دارای ضخامت کافی است ثانیاً سرعت انجماد در جوشکاری زیاد است و اکسیژن تا بخواهد به سطح مذاب برسد ، در لابلای سرباره منجمد می شود و محبوس می گردد .

نقش متالورژیکی پوشش الکتروود : علاوه بر اینکه پوشش در ثبات قوس ،  
تشکیل سرباره ، ایجاد گاز برای حفاظت و غیره موثر است ، محتوی موادی  
است که می تواند عناصر تجزیه شده در جوش را که در اثر حرارت زیاد  
بوجود می آیند ، جبران کند در غیر این صورت ، فلز جوش از نظر مکانیکی  
ضعیف خواهد شد و نیز نرخ سرد شدن را در جوش کاهش دهد .

## حفاظت و ایمنی

یکی از مسائل مهمی که همه دست انداز کاران شاخه صنعت (اعم از طرحان ، کارشناسان ، مدیران اجرایی ، تکنسینها و کارگران ) باید با دقت به آن توجه کنند ، نکات ایمنی است که از نظر معنوی و مادی حائز کمال اهمیت است .

آسیب رسیدن به کارگران ، خسارت جانی ، نقص عضو و عواقب آن را نمی توان با معیارهای مادی سنجید زیرا این گونه زیانها جبران ناپذیرند . بعلاوه انسان به عنوان اشرف مخلوقات عالم در مقابل خالق خود مسوولیت دارد که اعضای بدن و جان خود که امانتی در نزد اوست ، به نحوی شایسته و درست استفاده کند .

در کشورهای صنعتی مختلف استانداردها و دستورالعملهای ایمنی در دو دسته تدوین و ابلاغ می شوند :

۱- ایمنی فردی

۲- ایمنی گروهی

به طور کلی حوادث و وقایع ناگوار در صنعت دو دلیل عمده دارد :

۱- نبود آگاهی- آشنایی و دانش شخصی نسبت به رعایت نکات ایمنی

۲- سهل انگاری و بی توجهی به رعایت نکات ایمنی

بنابراین ، آموزش نکات ایمنی الزامی است و اجرای دقیق آنها از واجبات است .

مهمترین توصیه در تمام موارد این است که :

با وسیله ای که روش کار آن را نمی دانید و آموزش نگرفته اید ، کار نکنید .



### ایمنی و حفاظت در جوشکاری با قوس الکتریکی

قبل از آغاز آموزش عملی جوشکاری با قوس الکتریکی ، باید با دقت نکات ایمنی و دستور العملهای مربوط به ایمنی و حفاظت مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد .

هنگام جوشکاری با قوس الکتریکی ، اگر دستگاهها و لوازم ایمنی مناسب به کار برده شود و احتیاط لازم در کار باشد ، خطر جدی وجود ندارد وجود ندارد و شخص جوشکار می تواند با آسودگی خاطر به کار جوشکاری پردازد .

خطرات اصلی جوشکاری را می توان به صورت زیر دسته بندی کرد :

تشعشع پرتوهای مختلف

پاشیدن جرقه از مذاب

برق گرفتگی

استنشام دود و گازهای مختلف

**تشعشع پرتوهای مختلف :** نور شدید جوشکاری با قوس الکتریک علاوه بر نور مرئی شدید ، دارای پرتوهای ماورای بنفش و مادون قرمز است که برای چشم و پوست بدن زیان آوراست ، و خطرات زیادی به دنبال دارد لذا برای حفاظت از چشم و سر و صورت حتما باید از ماسک جوشکاری استفاده کرد . ماسک جوشکاری یک سوراخ مستطیل شکل دارد که درون آن حداقل دو شیشه محافظ نصب می شود .

شیشه خارجی سفید و مسطح بوده و وظیفه آن محافظت از شیشه تیره داخلی در برابر ترشحات فلز مذاب است .

شیشه داخلی که رنگی کاملاً تیره دارد ، اشعه زیان آور را از خود عبور نمی دهد بعلاوه ، از عبور درصد زیادی از نورهای مرئی نیز جلوگیری می کند .

هرگاه جوشکاری در محلی انجام شود که در نزدیکی آن کارگران مشغول به کار هستند ، منطقه جوشکاری حتما بایستی توسط حفاظهای مناسب احاطه شود زیرا حتی نگاه کردن از دور به نور جوشکاری برق زدگی می شود .

یادآوری : از هیچ فاصله ای نباید بدون ماسک جوشکاری به قوس الکتریکی نگاه کرد . در صورتی که اشعه های جوشکاری به چشم برسد . چشمان جوشکار قرمز می شود و دچار سوزش شدیدی می گردد . مویرگهای چشم متور و چشم نسبت به نور حساس می شود . سوزش چشم را نمی توان بسرعة معالجه کرد و برای تخفیف موقتی آن بهتر است کمپرس آب سرد روی چشم گذاشت . برای درمان این مورد لازم است به چشم پزشک مراجعه شود . صورت ، دست ، بازوها ، گردن و سایر نقاط که در معرض نور جوشکاری هستند ، باید با تجهیزات جوشکاری پوشانده شوند .

**پاشیدن جرقه از مذاب :** جوشکاری با قوس الکتریکی همواره با پرتاب جرقه به اطراف همراه است . بر خورد این جرقه ها به لباسهای قابل اشتعال ، پوست بدن و مواد قابل اشتعال دیگر می تواند تولید خطر کند . پس لازم است حتی الامکان هنگام کار از لباسهای نخی و کتانی سبک استفاده شود . لباس کار باید بدون جیب باشد و از پوشیدن لباسهایی با آستین گشاد خودداری شود . در صورتی که از لباس های جیبدار استفاده می شود ، از قرار دادن اشیای قابل اشتعال مانند کبریت و شانه کائوچویی در جیب خود داری شود .

از دستکشهای چرمی یا نسوز که دقیقا اندازه دست باشد ، استفاده شود . دستکش باید طوری باشد که سر آستین لباس کار را پوشاند .

دمپای شلوار کار جوشکاری نباید زیاد گشاد باشد زیرا ممکن است ذرات داغ ساق پا را بسوزاند. استفاده از پیش بند چرمی بویژه در مواقعی که در حالت‌های غیر سطحی جوشکاری می‌کنیم، ضروری است. پوشیدن کفش ایمنی با کف کلفت توصیه می‌شود.

**آتش سوزی:** جرقه‌های جوشکاری ممکن است سبب بروز آتش سوزی شود.

قرار دادن مواد قابل اشتعال در اطراف محل جوشکاری یا انجام جوشکاری در مکان‌هایی که چوب و خرده چوب و مواد روغنی وجود دارد، موجب بروز آتش سوزی می‌شود.

کارگاه‌های جوشکاری باید دارای امکانات اطفای حریق باشند و افراد جوشکار و کمک جوشکار آموزش‌های مربوط به آتش نشانی و مهار آتش را فرا گیرند و نکات ایمنی لازم را رعایت کنند.

**شوک الکتریکی:** جریان برق جوشکاری دارای ولتاژ پایین و از نظر برق گرفتگی کم خطر است ولی این بدان معنی نیست که موضوع برق گرفتگی در جوشکاری جدی گرفته نشود.

علاوه بر این، برق ورودی به ترانس و دینام جوشکاری ولتاژی بالا دارد و بیشتر موارد ولتاژ آن بالاتر از ولتاژ برق خانگی (۲۲۰ ولت) است و خطر برق گرفتگی و شوک الکتریکی حتمی است، لذا کابل‌های ورودی به دستگاه باید کاملاً حفاظت شوند که قطعات داغ و تیز و برنده با آنها تماس پیدا نکند و هر چند یک بار از نظر سالم بودن روپوش کنترل شوند.

همیشه باید از وسایل کار و تجهیزات ایمنی استاندارد استفاده کرد.

وقتی کابل‌های جوشکاری به دور دستگاه پیچیده شده باشد، نباید جوشکاری کرد زیرا ممکن است میدان مغناطیس ایجاد شده در کابل‌های جوشکاری با مدار مغناطیسی درون ماشین تداخل کند.

بیشتر خطر آتش سوزی و پراکندن جرقه به اطراف است.

ترمینالها باید کاملاً عایق باشد و کابلها براحتی به آنها وصل و جدا شود. عایقکاری این ترمینالها به وسیله پلاستیک صورت می گیرد که در مقابل آب و روغن مقاوم هستند شکل دستگاههای جوشکاری حتما باید دارای کابل مناسب اتصال به زمین باشند تا در مواقعی که دستگاه از درون دچار عیب و نقص می شود، جوشکار از برق گرفتگی در امان باشد. از جوشکاری در جاهای مرطوب و استفاده از انبرهایی که عایق آنها آسیب دیده است یا کابل‌های بدون روپوش و معیوب باید جداپرهیز کرد.

محل جوشکاری باید خشک باشد و در صورتی که زمین مرطوب است میان کفش جوشکار و زمین مرطوب باید عایق مناسب قرار داد یا از چکمه های نفوذ ناپذیر استفاده کرد.

**تولید دود و گاز:** قوس الکتریکی با درجه حرارت بالای خود به آسانی دود و گاز و گرد و غبار تولید می کند. این ذرات به وسیله جریانهای جابجایی هوای گرم ناشی از قوس الکتریکی به طرف ناحیه ای در اطراف صورت جوشکار منتقل می شود. میزان خطر این ذرات و گازها برای سلامتی شخص به ترکیب شیمیایی آنها بستگی دارد. حداکثر غلظتی که یک جوشکار می تواند در معرض آن قرار گیرد، توسط سازمانهای ذیربط تعیین و اعلام می شود.



### آلودگیهای گازی

گازها معمولاً از سوختن روپوش الکتروود و فعل انفعالاتی که در قوس صورت می گیرد یا در نتیجه اشعه ماورای بنفش و مادون قرمز بر هوا تولید می شوند .

**منواکسید کربن (CO):** گازی است بی رنگ و بی بو که از هوا سبکتر است و حداکثر مجاز آن (۵۵-۵۰) میلیگرم متر مکعب هوا است .

در جوشکاری با قوس الکتریکی به مقدار کم هنگام جوشکاری با الکتروودهای تولید می شود . همچنین CO<sub>2</sub> سلولزی و بعضی روشها دیگر مثل جوشکاری در جوشکاری قطعات رنگ شده و از سوختن ناقص مواد سوختنی به وجود می آید. استنشاق گاز منواکسید کربن موجب سرگیجه و تهوع و استفراغ و تاری دید چشم می شود .

**گاز کربنیک CO<sub>2</sub>:** به مقدار خیلی زیاد در حدود ۵۰۰۰ میلیگرم در متر مکعب جای اکسیژن هوا را اشغال می کند و خود نیز مسمومیت ایجاد می نماید. این گاز به مقدار قابل توجه از سوختن و تجزیه روپوش الکتروود حاصل می شود. اگر محلی که در آن جوشکاری صورت می گیرد . تهویه نشود ، درصد اکسیژن هوا تقلیل می یابد و تنفس دچار اشکال می شود .

**اکسیدهای ازت (NO- NO<sub>2</sub>- N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>):** از ترکیب اکسیژن و ازت موجود در هوا و بر اثر حرارت قوس الکتریکی اکسیدهای ازت تولید می شوند . حداکثر مجاز این گازها در هوا ۹ میلیگرم در متر مکعب است و هنگام جوشکاری در فضای بسته و محلهایی که تهویه مناسب ندارد مخاطره آمیز است .

**اوزن O<sub>3</sub>**: اوزن از نظر شیمیایی بسیار فعال است و اگر استنشاق شود، به ریه ها صدمه خواهد زد. اشعه ماورای بنفش ناشی از قوس الکتریك باعث تبدیل اکسیژن (O<sub>2</sub>) به اوزن (O<sub>3</sub>) می شود.

خوشبختانه این گاز در اثر بر خورد و تماس با جامدات دوباره به O<sub>3</sub> تبدیل می شود و در صورتی که از فیلتر عبور کند بدون خطر خواهد شد.

**بخارات فلزی و اکسیدهای فلزی**: بخاراتی که هنگام جوشکاری پدید می آیند یا از تبخیر الکتروود و روپوش آن منشا می گیرند یا از فلزات مبنا یا آلودگیهای دیگر مشتق می شوند.

مغز فلزی الکتروود از آلیاژهای متفاوت است و ممکن است مقداری منگنز و گاهی مولیبدن و تعداد دیگر فلزات مانند کرم، نیکل، تنگستن، کبالت، آلومینیوم، مس، قلع و غیره، در ترکیب الکتروودها وارد شوند.

ترکیبات اکسیژن زدا مثل فرومنگنز، فروسیلیم، فروتیتانیوم و دی اکسید تیتانیوم و بعضی الکتروودهای کم هیدروژن فلوراید و کربنات کلسیم و سدیم و پتاسیم نیز وجود دارد.

استنشاق بخارات تازه تشکیل شده بسیاری از اکسیدهای فلزی روی، کادمیوم، کرم، نیکل، مس و منگنز ممکن است به عارضه ای به نام تب بخارات فلزی منجر شود.

فراوانترین علت تب بخارات فلزی مربوط به فلز روی است که هنگام جوشکاری با فلزات گالوانیزه عارض می شود.

بخارات فلز کادمیوم خطر جدی ایجاد می کند و در موقع جوشکاری آلیاژهای کادمیوم دار حتی در هوای آزاد ممکن است عارضه ریوی ایجاد شود. در اینجا یادآوری می کنیم، گرچه جوشکاری شغلی مخاطره انگیز تلقی نمی شود، با وجود این، استنشاق بخارات و گازهای حاصل از جوشکاری ممکن است به

تحریک مجازی تنفس منجر شود و مشکلاتی را به بار آورد. روی همین اصل، جوشکاران در دنیا از حقوق و دستمز بسیار بالایی برخوردارند و مراقبتهای زیادی برای سلامتی آنان به عمل می آید. نوشیدن شیر پس از عملیات جوشکاری از متداولترین و معمولترین مراقبتها در جوشکاری است. پیشگیری از نظر گازهای زیان آور، تهویه محیط کار است. حتی اگر جوشکاری در فضای باز هم انجام می شود، استفاده از نقاب مخصوص الزامی است تا از نفس گازهای داغ که بلافاصله از محل جوشکاری متصاعد می شود، جلوگیری گردد.

چنانچه به علت ضرورت، کار جوشکاری در محیطهای کوچک و سر بسته انجام می شود، لازم است جوشکار از ماسک متناسب که هوای سالم را با یک رشته لوله ای دیگر مکیده شود یا تهویه کامل محیط انجام گردد.

ذکر این نکته ضروری است که جوشکار نباید کار را بدون لباس کار مناسب آغاز کند. پوشیدن لباس کار از جنس مناسب و بدور از چربی و آلودگی الزامی است.

## اتصالات در جوشکاری

برای هر نوع کار جوشکاری دو عامل عمده و اساسی مورد نظر است :

- ۱- به پایان رساندن جوش با حداقل قیمت
  - ۲- مقاومت و استحکام کافی جوش در برابر نیرو
- برای بدست آوردن دو عامل گفته شده به آگاهی از عوامل موثری نیازمندیم که به صورت خلاصه در زیر به آنها اشاره می کنیم :
- ۱- نوع اتصال که شامل زاویه- روت و لند است .
  - ۲- نوع و اندازه الکتروود
  - ۳- نوع جریان- نوع قطب و اندازه شدت جریان
  - ۴- طول قوس (ولتاژ قوس )
  - ۵- سرعت جوشکاری
  - ۶- حالات مختلف جوشکاری (سطحی- قائم- افقی و بالای سر )
  - ۷- عملیات بعد از جوش (تنش زدایی )
  - ۸- آزمایش فلز جوش و اتصال
- تعداد زیادی از عوامل گفته شده را می توان از طریق نمونه هایی قبل از جوش اصلی آزمایش کرد .

درز جناقی (پخ های زاویه دار) به این منظور به کار می رود که فضای مشترک بین دو قطعه اتصال از رسوب جوش کاملاً پر شود (جوش کامل) .

### فاصله روت (ROOT)

فاصله درز دو قطعه شکل های زیر فاصله یا اندازه روت را در اتصالات مختلف نشان می دهند . هرچه زاویه کوچکتر باشد ، اندازه روت باید بیشتر گردد و بعکس ، هرچه زاویه پخ بیشتر شود ، از اندازه روت کاسته می شود .



چنانچه فاصله روت زیاد باشد، به کیفیت جوش صدمه وارد نمی شود ولی رسوب زیادتری برای کامل کردن جوش به کار می رود که در این صورت با افزایش قیمت و پیچیدگی بیش از حد روبرو خواهیم شد.

### پاشنه جوش یا Land

اصولا در طراحی اتصال، مقداری از عمق فلز را پخ نمی زنند تا به این وسیله از سوختن لبه های فلز جوشکاری شود. این قسمت از فلز را پاشنه جوش یا Land می نامند.

در این گونه اتصال ها برای کیفیت بهتر جوش لازم است که پس از پایان جوشکاری قسمت تحتانی (ریشه جوش) را سنگ بزنیم و دوباره جوشکاری کنیم.

### انواع پخ

لبه های اتصال را معمولا به اشکال مختلف پخ می زنند و منظور از این کار مذاب کردن تمام سطح مشترک اتصال است (جوش کامل) تا به توان حداکثر مقاومت را از آن به دست آورد. پخ ها به نامهای مختلف مانند پخ V شکل یکطرفه، پخ V شکل دو طرفه، پخ J شکل، پخ U شکل و... نامیده می شوند.

انواع مختلف پخ به شرایط جوش، جنس فلز و نوع روش جوشکاری بستگی دارد که بیشترین اثرات آن در مسائل متالورژیکی است.

### اندازه پروفیل جوش

در جوشهای سر به سر برآمدگی جوش از سطح ورق تا حدود ۱/۵ میلیمتر مناسب است. چنانچه اندازه آن بیشتر از این مقدار باشد، نه تنها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست بلکه از نظر فیزیکی نیز صدماتی به اتصال و فلز جوش می

زند که در استحکام آن موثر است مانند افزایش منطقه HAZ, پیچیدگی و چقرمگی بیش از اندازه و غیره. عرض و ارتفاع جوش مطابق با استاندارد بایستی از طرف مهندسان ناظر کنترل شود.

#### محاسن جوش نسبت به سایر اتصالات مکانیکی

اتصال بعد از جوش خوردن یکپارچه می شود در حالتی که سایر اتصالات مکانیکی این گونه نیستند از این رو, جوشکار برای مهندسان, آرشیته‌ها, کارخانه‌ها و کارفرمایان دارای محاسنی است که در زیر به مهمترین آنها اشاره می کنیم:

- ۱- در وزن فولاد یا هر نوع فلز دیگر صرفه جویی می شود
- ۲- به دلیل یکپارچه شدن اتصال اندازه سطح مقطع کاهش می یابد
- ۳- در اثر کاهش وزن, ستونها, فوندانسیونها, پایه‌ها و دیوارها کوچکتر می گردند و به همان نسبت فضا بیشتر و سطوحی که بایستی رنگ شوند, کمتر می شود
- ۴- پلیت‌های رابط با تقویت کننده‌ها کمتر می شوند
- ۵- زمان کمتر برای طراحی و Lay out و اجرای عمل جوش صرف می شود
- ۶- محل اتصال یکنواخت است و نمای بهتری دارد.

### جوشکاری با گاز اکسی - استیلن - حالت سطحی

مهارت در جوشکاری با مشعل اکسی - استیلن ، قطعاً نیاز به تمرینات و عملیاتی منظم دارد . این عملیات عبارتند از : هدایت حوضچه مذاب بدون مفتول ، تولید گرده جوش با مفتول و جوشکاری انواع مختلف اتصالات می باشد که آنها را باید ابتدا ، از حالت سطحی شروع نمایند .

### هدایت حوضچه مذاب بدون مفتول

قطعه فلزی آهنی انتخاب کرده که ضخامت آن در حدود ۱/۵ تا ۳ میلیمتر و طول آن تقریباً ۱۲۵ میلیمتر باشد . سطح آن را از روغن ، گرد و غبار یا سایر مواد زائد دیگر تمیز می کنیم . مشعل را روشن نموده شعله آن را به حالت خنثی تنظیم می کنیم و مطابق شرحی که بیان می گردد ، کار را ادامه می دهیم :

۱- **نگهداری مشعل :** مشعل را می توان به دو طریق در دست گرفت ، اما بستگی دارد به این که کدام طریق برای جوشکار ، راحت تر باشد . هنگامی که جوشکاری بر روی فلزات نازک انجام می گیرد ، اغلب ترجیح می دهند مشعل را طوری در دست نگه دارند که شیلنگها در قسمت بالای میچ قرار گیرد (شبه گرفتن قلم در دست) .

روش دیگر نگهداری مشعل جوشکاری ، شباهت به گرفتن چکش در دست دارد طوری که انگشتان براحتی زیر مشعل جوش قرار گیرند .

۲- **حالت و حرکت مشعل :** مثل را باید به گونه ای بر روی قطعه کار نگه داشت که نوک شعله با امتداد خط جوش ، در قسمتی که جوشکاری کامل شده است ، زاویه ۴۵ درجه پیدا نماید .

چنانچه با دست راست کار می کنید ، جوشکاری را باید از لبه راست قطعه طوری شروع کنید که مخروط داخلی شعله خنثی ، با سطح کار فاصله ای در حدود ۳ میلیمتر پیدا کند . اشخاص چپ دست ، از سمت چپ قطعه ، مطابق آنچه گفته شد کار را انجام می دهند . مشعل را باید آن قدر در یک نقطه نگه داشت تا حوضچه مذاب به وجود آید سپس این حوضچه را باید در تمام قطعه کار با حرکت در آوردن دورانی مشعل به گونه ای که تولید منحنیهای بیضی شکل متداخل کند به جلو هدایت کنیم .

مشعل را نباید جلوتر از حوضچه مذاب به حرکت در آورد . پیشروی به سمت جلو باید آهسته باشد تا فرصت کافی برای ذوب شدن فراهم آید . اگر سرعت مشعل به سوی جلو ، بیش از اندازه باشد ، گرما به میزان کفایت به قطعه کار نرسیده و فلز به طور کامل ذوب نمی شود . بر عکس اگر مشعل را در یک نقطه بیش از اندازه مورد لزوم نگه داریم قطعه کار سوراخ می شود .

### اصول آماده سازی قطعات برای جوشکاری

تنها شناسایی کارهای ذکر شده و مواردی که این کارها موثر واقع می شوند برای ایجاد جوش خوب ، کافی نیست و باید زمینه های دیگری را در این امر دخالت دارند تحت بررسی قرار داد . یکی از آنها که تاثیر بسزا در کیفیت جوش دارد و اگر بخواهیم جوش بی غلط و صحیح داشته باشیم باید به این امر توجه کافی بکنیم زیرا جوش بی عیب سبب ایجاد اطمینان در کار می شود به طوری که می توان گفت : آماده کردن قبلی کار به گونه مناسب نیمی از عمل موفقیت آمیز در جوشکاری است .

اولین اقدام برای این منظور ، تمیز کردن صحیح محل های جوش کاری است لبه های قطعات جوش دادنی که در عمل ذوب همراه هستند ، همچنین



نواحی مجاور آنها باید عاری از هرگونه زنگ زدگی و مواد زاید و رنگ و ناخالصی باشد.

برای کارهای جوشکاری پوششی لازم است سطح کار را تا حد سفید شدن سنگ زد. اجرای این کار بویژه در جوشکاریهای پوششی که احیای قطعات ساییده شده به کار می رود و بسیار اهمیت خواهد داشت.

در جوشکاریهای پیوندی باید آماده سازی لبه ها به گونه ای صورت گیرد که تمام ضخامت قطعه کار تا ریشه جوش را شامل شود و برای این منظور لازم است لبه قطعات کار را به طریقی مناسب آماده کنیم.

**انواع درزهای جوشکاری:** بر حسب این که قطعات کار نسبت به یکدیگر در چه وضعیتی قرار گرفته باشند و انواع درزهای جوشکاری به وجود می آید که می توان آنها را به سه گروه اصلی تقسیم کرد با توجه به شکلهای زیر عبارتند از:

- ۱- سر بسر (شکلهای الف) ۲- گلویی (ب) ۳- گوشه ای (ج).

در اتصال سر بسر برای این که تمام ضخامت قطعه کار، تا ریشه جوش در عمل ذوب شود لازم است بین لبه دو قطعه فاصله ای در نظر گرفته شود که این فاصله به ضخامت قطعه کار بستگی خواهد داشت. در جوشکاری درزهای طویل، قطعات در اثر انبساط حرارتی به سمت یکدیگر کشیده می شوند از این رو باید برای حفظ فاصله لبه ها، قطعاتی که ضخامت آنها تا ۵ میلیمتر است قبلاً خال جوش زده شود و سپس اقدام به جوشکاری کنند.

### روش هدایت مشعل و مفتول

درز جوش خورده مناسب و با کیفیتی مطلوب به میزان زیادی به هدایت صحیح مشعل و مفتول وابسته است. شاید نتوان یک روش قاطعی را برای هدایت مشعل و مفتول ارائه داد اما به طور کلی می توان گفت که همیشه حرکت دادن آرام و یکنواخت مشعل را امتداد درز جوش، به نحوی است که گرمای مشعل هر دو قطعه را به اندازه لازم گرم کرده با هم به دمای جوشکاری برساند.

در مواردی که لازم باشد سطح بیشتری از قطعات کار، جوش داده شود و گرده جوش دارای پهنای بیشتری باشد باید به مشعل همزمان با حرکت خطی حرکت جنبی نیز داده شود. در صنعت از دو روش هدایت مشعل (به سمت چپ و به سمت راست) یا پیش دستی و پس دستی استفاده می شود.

**روش جوشکاری به سمت چپ (پیش دستی):** در این روش عمل جوشکاری از سمت راست به سمت چپ و در جهت جریان شعله جوش ادامه می یابد.

قطعات فولادی که ضخامت آنها تا ۳ میلیمتر می باشد، با این روش جوش داده می شود همچنین هدایت مشعل تا ضخامت ۱/۵ میلیمتر آرام و به طور مستقیم در امتداد درز جوش بوده و ضخامتهای ۱/۵ تا ۳ میلیمتر علاوه بر

حرکت مستقیم به مشعل حرکت نوسانی نیز داده می شود تا بدین ترتیب تمام ضخامت قطعه کار، جوش داده شود.

در هر دو حالت مفتول را با فواصل زمانی کوتاهی به حوضچه مذاب نزدیک کرده از آن دور می کنند. حرکت بالا و پایین بردن مفتول باید در حدی باشد که در پرتو پوشش شعله جوش قرار گیرد. در این صورت از اکسیده شدن سر مفتول سرخ شده جلوگیری خواهد شد. قطعات چدنی و فلزات غیر آهنی را نیز با روش پیش دستی جوش می دهند.

**روش جوشکاری به سمت راست (پس دستی):** در این روش، عمل جوشکاری از سوی چپ به راست انجام می گیرد و جریان شعله از طرف دیگر منطقه جوش را در مقابل نفوذ اکسیژن هوا محافظت می کند به این ترتیب به دلیل آهسته و یکنواخت سرد شدن و عدم نفوذ اکسیژن درز جوش شکننده نمی شود و از استحکام کافی بر خوردار خواهد بود. در این روش حرکت مشعل فقط باید به صورت یک خط مستقیم باشد چنانچه به آن حرکت جنبی داده شود، حوضچه مذاب بزرگ می شود و در قطعه کار سوراخ به وجود می آید.

جون حرارت مشعل در جوشکاری پس دستی همواره متوجه نقطه ای است که قبلا جوش داده شده است، گرمای منطقه جوش افزایش می یابد و همان عیب یاد شده که امکان ایجاد سوراخ در قطعه کار است پیش می آید بنابراین برای جلوگیری از گرمای بیش از حد در منطقه جوش، از گرمای شعله به منظور ذوب بیشتر مفتول استفاده می شود بدین ترتیب که مفتول را به اندازه  $\frac{1}{3}$  ضخامت قطعه کار، پایین تر از سطح آن قرار داده در سطح مذاب حوضچه به آن حرکت دورانی همراه با پیشروی داده می شود.

از تکنیک جوش پس دستی فقط می توان برای جوشکاری قطعاتی که ضخامت آنها بیشتر از ۳ میلیمتر باشد استفاده نمود . در این روش کنترل حوضچه مذاب بر روی فلزات با ضخامت کم مشکل و گاهی غیر ممکن است .

به دلیل رویت حوضچه مذاب می توان آن را یکنواخت گرم کرد و چون تمام ضخامت قطعه کار در جوش شرکت می کند ، جوشکاری با این روش نسبت به شیوه پیش دستی دارای استحکام بیشتری خواهد بود .



### تجهیزات جوشکاری اکسی-استیلن

تجهیزات جوشکاری اکسی-استیلن عبارت است از :

یک مشعل جوش و یک سری سربک با اندازه های مختلف ، دو عدد شیلنگ ، (یکی قرمز برای استیلن و دیگری سبز یا سیاه رنگ ، برای اکسیژن) ، دو رگولاتور ، دو کپسول (یکی شامل گاز استیلن و دیگری گاز اکسیژن) ، به انضمام یک عینک ویژه جوشکاری با گاز همراه با شیشه های رنگی .

هنگامی که میزان جوشکاری زیاد است از نظر صرفه جویی بهتر است به جای استفاده از کپسول استیلن ، ژنوراتور استیلن را به کار برند .

معمولا کپسولها را بر روی یک اربه دو چرخ با زنجیر می بندند تا بتوانند تجهیزات جوشکاری را به مکانهای لازم حمل کنند . چنانچه کپسولها در موقعیت ثابتی و نزدیک میز کار می خواهند قرار گیرند ، باید با زنجیر نمودن آنها به پایه یا کنار دیوار ، از افتادن و صدمه خوردن رگولاتورها و نیز انفجار احتمالی جلوگیری نمایند .

در کارخانجات و موسساتی که واحدی به نام بخش جوشکاری دارد و در آن محل همواره عملیات جوشکاری زیادی صورت می گیرد ، کپسولهای اکسیژن را در خارج از محیط کارگاه به وسیله جمع کننده یا کلکتور به یکدیگر متصل نموده با لوله گاز را به محل جوشکاری هدایت می کنند .

### مشعلهای جوشکاری

مشعل جوشکاری ابزاری است که در آن گازهای اکسیژن و استیلن را با نسبت صحیح مخلوط شده و از انتهای بک به محلی که باید سوزانیده شود جریان می یابد .

عموم مشعلهای جوشکاری شامل : ۱- شیر ها ۲- دسته مشعل ۳- لوله اختلاط ۴- پستانک و سایر ملزومات می باشند .

مشعلها را در صنعت با طرحهای مختلفی می سازند ولی اساس کار آنها کنترل کامل شعله ضمن عملیات جوشکاری می باشد . مهمترین انواع مشعلهای جوشکاری عبارتند از :

**مشعل انژکتوری (فشار ضعیف) :** در این مشعل استیلن با فشار معمولی وارد لوله اختلاط شده و جریان اکسیژن به داخل محفظه اختلاط کشیده می شود . از مشعل انژکتوری برای گاز استیلن با فشار کم ( حدود  $0.07 \text{ bar}$  و کمتر) استفاده می شود .

مزیت مشعل فشار ضعیف در این است که چنانچه تغییراتی در جریان اکسیژن به وجود آید ، این تغییرات در جریان استیلن اثر گذاشته در نتیجه نسبت اختلاط گازهای اکسیژن و استیلن در حین جوشکاری ثابت خواهد ماند . انژکتور مشعلهای مزبور سوراخ کوچک و ریزی به نام شیپوره (نازل) دارد که اطراف آن روزنه ای به شکل تاج دایره تعبیه شده است اکسیژن با فشار ۱ تا ۳  $\text{bar}$  از سوراخ انژکتور خارج شده گاز استیلن را به درون محفظه اختلاط می مكد .

**مشعل فشار مساوی (فشار قوی) :** در این نوع مشعلها گازهای اکسیژن و استیلن (هیدروژن در جوش اکسی-هیدروژن) با فشار مساوی وارد لوله اختلاط گردیده سپس از دهانه مشعل برای احتراق خارج می شوند به عبارت دیگر ، هر دو گاز به طور مستقل وارد محفظه اختلاط مشعل می گردند . در مشعلهای فشار

قوی به گاز استیلن با فشار بالاتر نسبت به نوع انژکتوری نیاز دارند که آن را از کپسول استیلن تامین خواهند کرد و ضمناً استیلن به دست آمده از مولدهای فشار متوسط نیز برای این منظور می تواند مورد استفاده قرار گیرد در صورتی که مشعل انژکتوری را باید در ژنراتورهای استیلن با فشار پایین به کار گرفت .

هر دو نوع مثل جوشکاری تشریح شده مجهز به دو شیر سوزنی شکل می باشند یکی برای تنظیم جریان اکسیژن و دیگری برای استیلن . در انتهای مشعل دو عدد پیچ برای اتصال شیلنگها وجود دارد . به منظور جلوگیری از هر گونه خطری که به سبب اشتباه بستن پیچها ممکن است پیش آید پیچ مربوط به اکسیژن را راست گرد و پیچ مربوط به استیلن را چپ گرد تعبیه می کنند .

### قدرت مشعلهای جوشکاری

چون در اکثر جوشکاریهای اکسی-استیلن ، گاز و استیلن با فشار مساوی از مشعل خارج می شوند بدین سبب حدوداً حجم گاز اکسیژن مصرفی را به میزان ۱۰٪ بیشتر ، نسبت به حجم گاز استیلن در محاسبات کارگاهی دخالت می دهند. در این گونه موارد با استفاده از شماره سربک که در محل مناسبی بر روی سر مشعل حک شده است عملاً به نتیجه مطلوب که همانا بر آورد حجم گاز اکسیژن مصرفی بر هر ساعت است دسترسی پیدا می کنند .

**مراقبت از مشعلهای جوشکاری :** هنگامی که جوشکاری تمام شد مشعل را باید به گونه ای مطمئن آویزان کنند تا به زمین نیفتد . شیرهای سوزنی روی مشعل جوش ساختمانی ظریف داشته که در اثر اصابت با زمین امکان وارد شدن صدمه به آنها وجود دارد . گاهی شیرهای سوزنی مشعلهای جوشکاری آزاد باز و بسته می شوند و در چنین مواردی باید با آچار مخصوص مهره حفاظ را که روی میله شیر سوزنی است تا حدی محکم کنند .

### بک های جوشکاری

برای این که بتوان فلزات با ضخامتهای مختلف را جوشکاری نمود مشعل مجهز به سربک های مختلف می باشد . شماره های بک از قطر سوراخ موجود در آن پیروی می کند هر چه شماره بالاتر رود قطر سوراخ بک بزرگتر می شود . ارقامی که بر روی بک ها حک شده است به کارخانه سازنده آنها بستگی دارد . معمولی ترین سیستم شامل شماره هایی است که به ترتیب آنها از ۰ تا ۱۵ است . در این سیستم بزرگترین شماره بیشترین قطر بک را خواهد داشت .

**مواظبت از سربک های جوشکاری :** در بعضی مواقع ناچاریم بک را تعویض نماییم . این عمل باید با آچاری که برای این منظور در نظر گرفته شده است انجام گیرد . برای این کار هیچگاه نباید از ابزاری مانند انبردست استفاده کنند زیرا انبردست باعث خراب شدن مهره بک ها شده آنها را بلا استفاده می سازد . زمانی که مشعل گرم است بک را نباید تعویض نمود زیرا حرارت پیچها را منبسط کرده سربک در داخل مشعل خیلی محکم می شود اگر قبل از این که بک به طور کامل سرد شود ، سعی کنیم با نیروی زیاد آنرا باز نماییم ممکن است باعث بریدن مقطع پیچ شده در نتیجه بک بلا استفاده گردد خارج ساختن پیچ شکسته و بریده شده خود مشکل جداگانه ای را به وجود خواهد آورد .

برای به وجود آوردن جوش خوب لازم است بک همواره تمیز نگهداشته شود . استفاده زیاد و مداوم از مشعل باعث می شود که در مجرای بک کربن (دوده) تشکیل شود . بر طرف کردن این دوده ها باید با سوزنهای مخصوصی که بدین منظور تهیه شده است صورت گیرد . انتهای بک هارا باید با چوب مناسب و در زمانهای مقتضی تمیز نمود . کربنهای داخل سوراخ نیز به وسیله سوزنهای پاک کننده زدوده می شود .

**رگولاتورهای فشار**



میزان فشار گاز اکسیژن در یک کپسول معمولی ۴۰ لیتری پر شده از کارخانه سیلندر پرکنی تا ۱۵۰ bar و در مورد کپسول پر گاز استیلن حل شده در استن تا ۱۵ bar در نظر گرفته می شود و مسلماً جوشکاری و همچنین برشکاری گازی با چنین فشار بالایی امکانپذیر نخواهد بود و روی همین اصل الزاما برای تجهیزات جوش گاز دستگاه تبدیل و تقلیل فشار که اکثراً آن را رگولاتور فشار می نامیم، باید در نظر گرفته شود. فشار گاز با بزرگی و کوچکی مشعلی که برای جوش دادن انتخاب شده، بستگی دارد و مقدار آن برای گاز اکسیژن از ۲/۵ تا ۳ اتمسفر و برای گاز استیلن از ۰/۱ تا ۰/۷ اتمسفر متغیر خواهد بود. رگولاتورهای فشار اکسیژن و استیلن دارای دو وظیفه عمده اند:

- ۱- فشار قوی داخل کپسول را به فشار کار تقلیل دهد.
- ۲- از نوسان فشار جلوگیری کرده آن را در فشارهای مختلف کپسول ثابت نگه دارد.

**نگهداری صحیح رگولاتورهای فشار:** کاهندهای فشار دستگاههای حساسی هستند که باید در تمام اوقات از آنها به خوبی مراقبت نمود زیرا یک ضربه جزئی ممکن است آن را از تنظیم خارج کند. هنگامی که رگولاتور از روی کپسول باز می شود هرگز نباید برای مدت زمانی طولانی روی میز کار و یا بر روی زمین قرار گیرد چون امکان دارد فرد یا افراد دیگری، تغییرات یا جابجایی ناخواسته ای در مورد آن صورت دهند و نصب شدن مجددش بر روی کپسول گاز باعث شکستن و خراب شدن اجزایش شود. این نکات را باید برای نگه داری درست و ایمن رگولاتورهای فشار به کار گرفت:

همیشه قبل از این که شیر کپسول را باز کنیم، باید پیچ تنظیم را امتحان نموده در خاتمه جوشکاری پیچ تنظیم را کاملاً باز نگه داریم.

از به کار بردن روغن در رگولاتورها باید اجتناب کرده برای روغنکاری پیچ تنظیم فقط بایستی از صابون و گلیسرین استفاده کنیم .

از تعویض رگولاتورهای اکسیژن و استیلن با یکدیگر , جدا خوداری کنیم .

اگر رگولاتور وظیفه خود را بخوبی انجام نمی دهد , باید آن را از قسمت گاز رسانی باز نموده برای رفع عیب به تعمیر کار متخصص ارائه دهیم .

هنگامی که فشار را از رگولاتور حذف کنیم و عقربه فشار سنج به سمت عقب برنگردد باید نسبت به اصلاح آن اقدام نمایند . مشکل بوجود آمده در این حالت احتمالاً مربوط به مکانیزم فنر داخل فشار سنج است که در اثر اعمال فشار ناگهانی در مانومتر به وجود می آید .

محل اتصال رگولاتور به کپسول باید کاملاً محکم بوده در آن ناحیه نشستی گاز وجود نداشته باشد . چنانچه نشستی گاز وجود داشت , فشار معقولی را به مهره به وسیله آچار مربوط به آن وارد کنیم اگر نشستی بر طرف نشد , رگولاتور را باز نموده محل نشیمنگاه رگولاتور و کپسول را تمیز می کنیم . در صورت ادامه نشستی دنده های کپسول و مهره رگولاتور را باید بررسی کرد و در صورت خراب بودن باید آن را اصلاح نمود .

### رنگ مشخصه و اتصالات کپسولها

برای آنکه با یک نگاه , گاز داخل کپسول را تشخیص داد بدنه سیلندرها را باید با رنگ استاندارد شده ای رنگ آمیزی کنند همچنین برای جلوگیری از اشتباه بستن رگولاتور اکسیژن به گازهای قابل اشتعال و ممانعت از استفاده رگولاتور

یک گاز، برای گاز دیگر، اتصالات و دندان‌های پیچ‌های آنها را متفاوت ساخته اند.

از آنجایی که اشتباه بستن شیلنگ یا لوله‌های اکسیژن به گازهای قابل اشتعال ممکن است انفجار ایجاد نموده باعث بروز سانحه گردد، اتصالات آنها را به محل خروجی دستگاه‌های تقلیل فشار با قطرهای مختلف انتخاب می‌کنند و برای اکسیژن، پیچ راست گرد و جهت استیلن پیچ چپ گرد در نظر می‌گیرند همچنین قطر داخلی شیلنگ‌های اکسیژن را کمتر از قطر داخلی شیلنگ‌های گازهای سوختنی انتخاب می‌کنند.

### نحوه تشکیل شدن شعله (روشن کردن مشعل)

برای روشن نمودن مشعل جوش این مراحل باید انجام شود:

سربک مخصوص برای جوشکاری بر روی ورقی به ضخامت ۳ تا ۶

میلیمتر انتخاب نموده آن را به مشعل متصل می‌نماییم.

شیر کپسول‌های اکسیژن و استیلن را باز نموده و فشار گاز را با توجه به

اندازه سربک انتخابی تنظیم می‌نماییم. در موقع باز کردن شیر فلکه

کپسول، هیچ گاه نباید مقابل رگولاتور ایستاد. یکی از معایب

رگولاتورها این است که در هنگام عبور گاز از درون آنها امکان پرت

شدن شیشه و اصابت آن به سر و صورت جوشکار وجود دارد از این رو

در موقع باز کردن شیر کپسول باید به کناری ایستاد و بآهستگی آن را باز

کرد.

چون گاز اکسیژن و استیلن در داخل کپسول‌های مربوطه با فشار پر شده

اند چنانچه شیر آنها را باز نموده فشار کپسول دفعتاً وارد رگولاتور شود

به آن صدمه زده از حساسیت آن می‌کاهد. شیر پیچ‌های تنظیم

رگولاتور را برای فشار کاری مورد لزوم می‌چرخانیم.

شیر استیلن روی مشعل را به اندازه  $\frac{3}{4}$  دور باز کرده و فندک را در فاصله حدود  $\frac{2}{5}$  سانتیمتری انتهای سربک نگه داشته آن را روشن می کنیم .  
این کار را باید سریع انجام داد تا از هدر رفتن گاز جلوگیری شود . اگر شیر استیلن به قدر کافی باز نشده باشد شعله روشن شده با دود همراه خواهد بود . در این حالت باید فوراً شیر استیلن را به اندازه ای باز نمود تا شعله تمایل کمی را به پرش از سربک پیدا کند . هیچ گاه نباید مشعل را با کبریت روشن کرد . این عمل باعث می شود انگشتان دست بیش از اندازه به سر مشعل نزدیک شده روشن شدن ناگهانی استیلن موجب سوزانیدن انگشتان جوشکار شود . روشن کردن مشعل بهتر است روی میز کار انجام گیرد و سربک رو به پایین باشد . چنانچه سربک روبه بالا یا اطراف باشد ممکن است باعث سوزاندن فرد یا افرادی در نزدیکی شما به جوشکاری مشغول است ، هرگز نباید جهت روشن نمودن مشعل از شعله مشعل او استفاده نمود زیرا با این عمل ضمن این که برای کارش ایجاد مزاحمت می شود امکان دارد سبب سوختگی دست یا پا و صورت او شود .

زمانی که عمل جوشکاری در فضاهای سر بسته مانند اتاقک و تانکر و بشکه یا اجسام دیگری که دارای حجم کم است صورت می گیرد اگر شعله خاموش شد نباید برای روشن نمودن مجدد آن از فلز سرخ شده استفاده کرد ، زیرا این عمل باعث می شود مقداری گاز نسوخته در فضا پخش شده و منفجر شود .

مشعل را باید در فضای باز مطابق معمول روشن کرد و برای ادامه جوشکار شعله را تنظیم نمود .



**تنظیم شعله نوع خنثی :** به محض روشن شدن استیلن و باید شیر سوزنی روی مشعل و مربوط به گاز اکسیژن را بتدریج باز نمود تا یک مخروط سفید رنگ به طور واضح نزدیک سر مشعل ظاهر شود .

این مخروط را مخروط آبی رنگ دیگری که دارای درخشندگی کمتری است احاطه می کند چنین شعله ای را شعله خنثی می نامند . علت نامگذاری این است که چون چنین شعله ای هیچ نوع اثر شیمیایی نامطلوب در محل جوشکاری به جای نمی گذارد از این رو خنثی خواهد بود . مخروط شدن گازهای اکسیژن و استیلن برای ایجاد آن در لوله اختلاط بک به نسبت یک به یک می باشد .

مخروط سفید رنگ و درخشان شعله خنثی ، طولی در حدود ۱/۵ تا ۱۹ میلیمتر می تواند داشته باشد که میزان آن بستگی به اندازه سربک خواهد داشت .

از شعله خنثی برای جوشکاری اغلب فلزات استفاده می شود . هر نوع تغییری که باعث شود اختلاط ۱:۱ را به هم بزند ، خواص ویژه ای به شعله خواهد داد .

چنانچه مقدار بیشتری اکسیژن به مخلوط گازهای جوشکاری اضافه شود، شعله ای به وجود می آید که به آن اکسید کننده گویند. این شعله تا حدی به شعله خنثی شباهت داشته و با این تفاوت که مخروط داخلی آن قدری کوتاه تر و نوک تیز تر است و رنگ آن از سفید درخشان به ارغوانی مبدل می گردد گاهی از این شعله در لحیم سخت استفاده می شود.

اگر مقدار گاز استیلن در مخلوط گازهای جوشکاری بیشتر باشد آن را احیا کننده می نامند. این شعله بسادگی تشخیص پذیر است و زیرا برخلاف شعله خنثی که دارای دو مخروط متمایز است و دارای سه مخروط متمایز از همدیگر می باشد.

**کاربرد شعله های مختلف (آزمایش شعله ها):** در شروع جوشکاری برای تنظیم یک شعله صحیح با مشکل مواجه خواهیم شد و اما اگر مشخصات ویژه ای اکسید کننده و احیا کننده را بدانیم و تنظیم شعله خنثی ساده خواهد شد.

**شعله احیا کننده:** ابتدا شیر استیلن را باز کرده و شعله را روشن می کنیم سپس به آن اکسیژن اضافه کرده تا مخروطی به وجود آید که در مخروط سفید رنگ دیگری را احاطه کند این مخروط دارای وزش است و لبه های پرمانندی دارد و این شعله را احیا کننده می نامند.

**شعله اکسید کننده:** اکنون شیر اکسیژن روی مشعل را بیشتر باز نمود مشاهده خواهیم کرد مخروط سفید رنگ و کوتاه شده و رنگ سفید آن ارغوانی و شعله همراه با صدا است. شعله مزبور را طوری روی قطه فلز می گیریم تا مخروط آن با سطح فلز تماس حاصل نماید. مشاهده خواهیم کرد ضمن ذوب شدن فلز جرقه های زیادی به اطراف پراکنده شده و کف سفید رنگی به شکل تفاله روی سطح فلز ظاهر می شود. بعد از سرد شدن فلز دارای سطحی براق خواهد بود.

شعله خنثی: اکنون با تنظیم شیر های مشعل سعی می کنیم تا مخروط وسط که دارای وزش است محو گردد و شعله خنثی ایجاد شود. بعد از آن که شعله خنثی تشکیل شد، آن را بر روی یک قطعه فلز می گیریم ملاحظه خواهیم کرد فلز مذاب به وجود آمده جرقه های خیلی ناچیزی داشته و به آرامی مانند شربت بر روی قطعه کار، جاری می شود.

### ابزارها و وسایل دستی جوشکاری گازی

برای اجرای جوشکاری و برشکاری با شعله گاز ابزارها و وسایلی غیر از تجهیزات اصلی آن مورد نیاز می باشند که مشخصات فنی آنها را توضیح می دهیم و عبارتند از:

**فندک جوشکاری (آتش زنه):** فندک جوشکاری ابزاری است که برای روشن کردن مشعل جوش از آن استفاده می شود. شعله اکسی استیلن را نباید هیچ گاه با کبریت و کاغذ مشتعل یا امثال آن روشن کرد، زیرا ضمن حرارت زیاد، چون روشن شدن آن، دفعتاً صورت می گیرد و دارای شعله کشیده ای می باشد ممکن است به دست یا لباسهای شخص جوشکار اصابت نموده باعث سوختگی شود بنابراین به منظور محافظت و داشتن ایمنی بیشتر باید از فندکهای سنگی یا الکتریکی استفاده کنند که دارای دسته ای بلند و مسلط باشند.

**عینک جوشکاری:** شعله اکسی-استیلن نوری با شدت زیاد و خیره کننده همراه با اشعه حرارتی تولید می کنند که اگر مستقیماً به چشم جوشکار، بتابد امکان آسیب رسانیدن به نسوج چشم را به وجود می آورد بنابراین به کار بردن یک عینک جوشکاری مناسب و با تیرگی و رنگ استاندارد ضروری خواهد بود. درجه تیرگی شیشه های عینک جوشکاری گاز باید در حدی باشد که بتواند نور شدید را که در جریان جوشکاری ایجاد می شود در مقابل چشمهای جوشکار سد نماید.

**لباس ایمنی جوشکاری گازی:** به هنگام جوشکاری و برشکاری با شعله های اکسی-استیلن استفاده از پیش بند چرمی و روپوش ویژه ضروری است -چنانچه پوشش مناسبی در موقع جوشکاری یا برشکاری با شعله گاز نداشته باشیم جرقه های پرتاب شده از فلزات مذاب سوراخهای ریزی را در لباس به وجود می آورند از این رو هیچ گاه نباید از پوشیدن و به کار بردن تجهیزات ایمنی



خودداری کنیم . گاهی در اثر خاموش شدن مشعل در حین جوشکاری ، مواد مذاب زیادی به اطراف پخش می شود که اگر در این هنگام لباس مناسب ایمنی در بر نداشته باشیم ممکن است عواقب وخیمی به وجود آید . استفاده از کلاه ایمنی ، در مواردی که خطر پرتاب شدن ذرات داغ بر روی موهای سر جوشکار یا برشکار ، وجود دارد توصیه می شود .

### آهنگری (تغییر فرم آزاد)

تغییر فرم آزاد همان تغییر شکل تحت فشار می باشد با اختلاف اینکه فقط گاهی اوقات افزار مورد مصرف ملزوم را داراست در اینجا فقط بوسیله حرکت نسبی افزار و کار تولید می شود در آغاز مقطعیهای بزرگ مانند دستگاه نورد بوسیله حرارت و یا بدون حرارت

کوچک می شوند .

روشهای مختلفی که نرم هستند عبارتند از :

- دراز کردن
- پهن کردن
- پخ کردن
- فشردن
- پخ کردن به صورت پله ای

## مراحل آهنگری فولاد

فولادی که برای آهنگری استفاده می شود اکثراً از قطعه خام و یا قطعات ریخته شده و یا

از میله های مختلف تشکیل شده است . کریستالهای فولاد خام معمولاً بزرگ و نا

منظم می باشند که در نتیجه مقدار تغییر شکل را محدود می سازند . از این رو فولاد خام

را بایستی با ضربات ملایم آهنگری کرد تا بلورهای کوچک و منظمی پیدا کند . البته

مقاومت آن در برابر تغییر شکل نیز افزایش می یابد .

برای اینکه خواص فولاد را بهتر کنیم باید آن را تا درجه خاصی دراز کنیم و یا آهنگری

کنیم به طوری که اثر آهنگری به عمق کامل فولاد اثر کرده باشد . برای قطعه های آلیاژی

درجه دراز کردن ۴ و برای بقیه فولادها ۳ تا  $\frac{A0}{A1} = 2$  می باشد .

اکثراً بوسیله چکش آهنگری طول قطعه را زیاد و سطح مقطع آن را کم می کنند که این

نیز مراحل مختلفی از لحاظ کمی و کیفی کار دارد . وقتی که قطعه چهار گوش را از دو

پهلوی آهنگری کنیم کریستالهای آنها فشرده تر می شوند و عرض زیاد شده و دوباره کم

می گردد از این طریق طول قطعه با کم شدن سطح مقطع آن زیاد می شود . هر چه چکش

و سندان باریکتر باشند می توانند طول فولاد را زیاد تر کنند و عرض فولاد فقط تا

حدودی زیاد می شود . اگر بلوکهای آهنگری شونده بزرگ باشند سطح چکش و سندان

بهتر است که صاف باشد .

در ضمن برای فولادهای بزرگ باید عرض چکش هم زیاد باشد تا عمل چکش کاری هم خوب انجام شود البته بلوک باید به طور یکنواخت چرخانده شود.

اگر از سندان زاویه دار استفاده شود اتلاف دستگاه کاهش می یابد. معمولاً فولادهای سنگین را نمی توان بوسیله سندان زاویه دار به طور عمیق آهنگری کرد. زیرا که نیروی چکش روی سندان بوسیله دو نقطه تحمیل می شود یعنی نیرو نصف می شود.

پهن کردن قطعه همان پخ کردن است با فرق اینکه طول آن به مقدار خیلی کم زیاد می شوند ولی عرض آن پهن تر می گردد. برای این کار بهتر است که از چکش گرد استفاده نمود.

باریک کردن قطعه فولاد در یک محل را باریک سازی (نشست) می گویند. و معمولاً قطعه بوسیله دست روی سندان آهنگری می شود. ولی وقتی که بخواهیم بوسیله پتک هیدرولیکی فولاد را آهنگری کنیم ابزار مختلفی لازم داریم. میل لنگ را نیز از همین طریق می سازند زیرا که از ایجاد تنش فراوان در آن جلوگیری می شود.

## آهنگری میله

وقتی که قطر یک محور و یا لوله را بوسیله چکش کاری کم کنیم نشست قطر می گویند. برای اینکار ابزار لازم به طور متوالی روی تمام یا قسمتی از محور یا لوله را می

پوشاند. این ابزار با هم و در جهت شعاع به محور ضربه می زنند و نسبت به محور نیز می چرخند .

Anspiltpn = تیر کردن). در این حالت محور نازک می شو و به شکل مخروطی در می آید . در واقع شعاعش کم شده و طول آن افزایش می یابد . کاهش دادن قطر میله می تواند سرد یا گرم انجام شود . معمولاً لوله و میله ها بوسیله ابزار آهنگری با ضربات متوالی و بدون حرارت آهنگری می شوند . سطح و مقاومت قطعه فولادی در آهنگری سرد بهتر از آهنگری گرم می شود . در ضمن تولرانس لازمه را می توان خیلی دقیق انتخاب نمود .

همانطور که ابزار آهنگری گرد هستند و در ضمن حول محور قطعه نیز نیز می چرخند پتکهای آهنگری منحنی شکل ساخته شده اند و یک حرکت نسبی نسبت به غلکطها دارند .

اگر تعداد دور ماشین ۴۰۰ تا ۵۰۰ دور در دقیقه باشد تعداد ضربه ها ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ می باشد ، مثلاً این روش برای زدن جای خار روی محور خیلی متناسب است .

چون این روش خیلی ساده و ارزان تمام می شود برای ساختن حتی تعداد کم نیز صرف می کند . ماتریالهاییکه به وسیله این روش آهنگری می شوند عبارتند از فولاد خالص و یا آلیاژهایش با حداقل درجه انبساط ۱۰٪ تا ۸ =

پهن کردن صحیح فولاد نه تنها برای به شکل دلخواه در آوردن آنها مناسب است بلکه خواص آنها را نیز بهتر می کند . آهنگری صحیح آن که پس از پهن کردن طول آن را به



وسیله ضربه های چکش درازتر کند. از قطعات خالص که در اثر ریخته گری بدست آمده اند باید قسمت سرو ته آنها را جدا کرد زیرا که ناخالصی موجود در قسمت سر و ته خواص جسم را بدتر می کند.

در ضمن اره کردن آنها گران تمام می شود. از این رو نباید از چکش و سندان تخت استفاده نمود. معمولاً سر قطعه بوسیله حلقه ای روی سندان نگه داشته می شود و روی قسمت بالای دستگاه که چکش به آن وصل است صفحه ای جهت ایمنی نصب می شود. پس از پهن کردن قطعه و سپس دراز کردن آن سر و ته آن را می توان جدا کرد. در ضمن برای اینکه قطعه خوب آهنگری شود باید از پرسهائی استفاده کرد که آرام حرکت کنند. برای پهن کردن یک قطعه باید طول آن بیشتر از ۲ تا ۲/۵ برابر قطرش نباشد در غیر این صورت امکان دارد قطعه از یک طرف شکم داده و چروک شود.

## پهن کردن الکتریکی

در اینجا قطعه را بوسیله جریان برق موضعی گرم کرده و سپس چکش کاری می نمایند. به قطعه حرکتی نیز داده می شوند تا تمام قسمتهای آن به ترتیب حرارت داده شود.

دستگاه پهن کردن الکتریکی با شکل خاصی که دارد فقط برای آهنگری ابتدایی قطعات گرد مفید است. قطعه را بوسیله الکترودهای مسی نگه می دارند و بوسیله چکش در مقابل

سندان که به آنطرف جریان برق وصل است فشار داده می شود . از این رو بین الکتروود مسی و سندان از طریق قطعه جریان برق عبور می کند .

در اثر مقاومت الکتریکی قطعه تا حد قرمز شدن و سپس در اثر فشار هیدرولیکی قسمت گرم شده بلوک پهن می شود . در این میان الکتروود مسی را آرام آرام به عقب می کشیم تا تمام قسمت قطعه را پهن کنیم . پس از اینکه طول تنظیم شده آهنگری شد برق به طور اتوماتیک قطع می شود و قطعه را می توان برای کار بعدی آماده کرد . در ضمن طول قطعه جهت پهن کردن الکتریکی هر اندازه دلخواه را می تواند دارا باشد زیرا که فقط قسمتی گرم است و بقیه سرد می باشد .

## سوراخ کردن

برای سوراخ کردن از میله مخروطی شکل (۱:۱۰ تا ۱:۱۵) استفاده می کنند . اگر سوراخ بزرگ باشد باید پیشانی میله را مسطح و صاف در نظر گرفت تا بتوان به راحتی آن را روی قطعه قرار داد و احتیاجی به انبر ندارد . طول میله نباید از ۱/۵ برابر قطر آن بیشتر باشد . قطعاتی را که نسبت ضخامت آنها به قطر سوراخ کوچکتر از ۱/۵ درجه چرخانده از طرف دیگر سوراخ را کامل می کنند . پس از آن بوسیله میله دیگری سوراخ را به اندازه نهائی می رسانند .

در صورتی که سوراخ خیلی عمیق باشد باید درون لوله ای استفاده شود به این ترتیب که از یک طرف قطعه سوراخ می شود و سوراخ استوانه ای تمیزی حاصل می گردد. در ضمن درون لوله ای راحت تر در قطعه فرو می رود و سفت به قطعه نمی چسبد. در اثر خم کردن جسم قسمت های خارجی آن دراز و قسمت های داخلی پهن می شود ولی سطح مقطع ثابت می ماند و شکلش تغییر میکند. اگر سطح مقطع گرد باشد به شکل بیضی و اگر مربع و یا مستطیل باشد به شکل دوزنقه ای در می آید. اگر بخواهیم شکل سطح مقطع و اندازه آن در تمام قطعه ثابت و یکسان باشد باید قسمتی که خم می شود را کلفتتر در نظر بگیریم. برای این کار باید موقع دراز کردن قطعه سطح مقطع قسمت خم شونده را بیشتر انتخاب کنیم.

## مثالهایی از آهنگری فولادهای بزرگ

از آنجائیکه فولادهای بزرگ را جهت آهنگری چندین بار باید گرم کرد می بایستی قبلاً مراحل کاری طراحی و ابزارهای لازم ساخته و آماده شوند. در غیر این صورت انجام کار اقتصادی نمی باشد. در ضمن شکل و اندازه و مرغوبیت کار نیز مهم هستند. مانند مثالهای زیر:

## محور گردنده توربین

بوسیله دراز کردن و یا پهن کردن محور گردنده توربین ساخته می شوند. وزن آن می تواند ۱۰۰ تن و یا بیشتر باشد. در نتیجه نیروی پرس حتی بیشتر از 75MN می شود.

مراحل آهنگری یک قطعه هشت پهلو با وزن ۹۵ تن و قطر میانگین ۲۱۰۰ میلیمتر را به

صورت زیر آهنگری می کنیم . نیروی پرس 70MN است . قطر میانگینی بایستی ۲۱۰۰

میلیمتر باشد تا در اثر فقط پهن کردن بتوان قطر مینیمم ۱۲۰۰ میلیمتر را بدست آورد .

برای انجام این مراحل قطعه چهار بار گرم شده و فقط ۲۴٪ جسم برای محور گردنده

استفاده می گردد . در آخر محور یکنواخت می شود .

ولی اگر از روش پهن و دراز کردن کروپ - ریتر ها وزن استفاده شود اندازه و وزن قطعه

را می توان خیلی کمتر در نظر گرفت و از این بابت انجام کار خیلی با صرفه تر است . در

اینجا از فولاد (Cr-Ni- Mo) با قطر حداقل ۱۲۰۰ میلیمتر و وزن ۳۶ تن می توان اندازه

های نهائی حاصل از روش پهن کردن را بدست آورد . مراحل کاری بدین ترتیب در نظر

گرفته می شود .

۱- فولاد را تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد حرارت داده و سطح آنرا آهنگری میکنند.

۲- سپس سر و ته آن را جدا می سازند.

۳- فولاد را در درجه حرارت آهنگری پهن کرده تا قطر آن به ۲۲۰۰ میلیمتر برسد.

۴- در همین گرما آن را دراز کرده تا به قطر ۱۴۰۰ میلیمتر برسد .

۵- فولاد را دوباره حرارت داده و آنرا تا قطر ۲۲۰۰ میلیمتر برای بار دوم پهن

می سازند . بدین ترتیب قطعه بیشتر از چهار بار به طور کامل آهنگری می شود



۶- سپس آن را دراز کرده تا به قطر ۱۲۰۰ میلیمتر برسد .

۷- آنرا تا اندازه های نهائی چند بار اهنگیری کرده و در اخر بوسیله حرارت

یکنواختی می کنند .

## آهنگری لوله

اگر قطعه فولادی کوتاه باشد باید عمل اهنگیری خیلی با دقت صورت گیرد . پس از اینکه مقداری چکش کاری شد سر و ته آن را جا کرده و باقیمانده را پهن می کنند . اگر در ضمن پهن کردن در سطح جانبی آن شکافی ایجاد شد باید آن را بر طرف کرد و سپس عمل اهنگیری را ادامه داد . حالا قطعه پهن شده را بوسیله درون لوله ای سوراخ می کنند .

بدین ترتیب هسته آهن که احتمالاً دارای غیر یکنواختی است جدا می شود . پس از اینکه قطعه فولاد کاملاً سوراخ شد آن را روی سندان قرار داده بوسیله درون سوراخ آن را تا اندازه نهائی گشاد و سپس روی یک درون بلندتری دراز می کنند . در مرحله بعدی پیشانی های قطعه پرس می شوند تا مسطح ردند و در خاتمه قطعه را تا رسیدن به اندازه نهائی اهنگیری می کنند . خوبی این روش این است که درون در داخل قطعه آزاد و قابل حرکت می باشد .

## آهنگری میل لنگ

برای آهنگری میل لنگ طرق مختلفی وجوددارند که هر کدام به دلیل خاصی حائز اهمیت اند . اندازه میل لنگ و کورس دستگاه نوع آهنگری ان را مشخص می کنند.

آهنگری میل لنگهای متوسط وقتی که تعداد آنها هم کم باشد از طریقه خیلی آسانی صورت می گردد .

مراحل آهنگری یک میل لنگ با شش قسمت لنگ به صورت زیر انجام می دهیم .

۱- قطعه را به صورت چهار گوش آهنگری کرده و سر و ته آن را در یک محور

گرد می کنیم مرکز این محور با مرکز قسمت چهار گوش یکی نمی باشد .

۲- سپس تمام قسمت های لنگ را یکی یکی در یک صفحه آهنگری کرده

سپس جای یاطاقانها را تراشکاری می کنیم . در آخر هر کدام از قسمت های

لنگ را تک تک حرارت داده بوسیله آهنگری فرم و اندازه و زاویه آن را در

می آوریم . طریقه آهنگری این است که قسمت لنگ شماره I را بین چکش و

سندان نگه داشته و بوسیله جرثقیل قسمت لنگ II را به سمت بالا می کشیم تا

شماره I زاویه دلخواه را پیدا کند . این زاویه در حین عمل بوسیله ساعت نشان

داده می شود .

قسمت های بعدی نیز از همین طریق ساخته می شوند . سپس هر کدام از قسمتها بایستی

بوسیله روش براده برداری سطح صیقلی خاصی پیدا کند و بعد آنها را بوسیله شعله می

سوزانند . بدین ترتیب الیافهای قطعه بریده شده اند و دیگر شکل میل لنگ را ندارند .

از این روش برای تولید میل لنگ تا وزن ۳۰ تن می توان استفاده کرد .

اگر قسمتهای لنگ میل لنگ شکل و زاویه مخصوص داشته باشند قیمت و مدت زمان ساخت آن بالا می روند . برای میل لنگهای زیر ۱۰ تن روشهای خاص دیگری نیز وجود دارند .

میل لنگهایی که قطر آنها بین ۲۰۰ میلیمتر تا ۸۰۰ میلیمتر باشند خیلی سنگین هستند . آنها را نمی توان یک جا آهنگری کرد . از این رو هر یک را از چند قطعه درست می کنند . (مثل میل لنگ موتور کشتی و یا کمپرسور). نسبت به قطر و وزن دو روش برای آهنگری مورد استعمال دارند . میل لنگ تمام ساخته شده ، یعنی تمام قسمتهای آن روی یک محور جدا از هم آهنگری می شوند مانند میل لنگ نیمه ساخته شده که قسمتهای لنگ و محور جدا از هم ساخته می شوند . در هر دو روش قسمتهای جدا از هم بعد از اتمام کارهای لازم بوسیله حرارت روی هم پرس می شوند . برای این که قطعه به طور عمیق آهنگری شود و الیاف آن سالم بمانند معمولاً از روش Nichaus که روش حلقه ای نامیده می شود استفاده می کنند .

در این روش قطعه اول در اثر آهنگری به صورت استوانه ای در می آید و قسمت بندی شده از پس از پهن کردن سوراخ می گردد بدین ترتیب قطعه به طور عمیق آهنگری شده و حبابهای هوا و غیر یکنواختی از آن جدا می شوند . حالا درونی داخل سوراخ کرده و قطعه کاملاً آهنگری می شود . تا یک قطعه حلقه ای حاصل گردد سپس آن را چکش کاری می کنند تا دارای دو قسمت لنگ گردد . در نتیجه قسمت عمده میل لنگ یک قطعه

را تشکیل می دهد . در ضمن الیاف آن نیز در جهت نیرو می باشند . در هر پهلوی

سوراخی جهت پرس کردن محور اصلی ایجاد می گردد .

از انجائیکه سطح پرس شده زیاد است احتمال لق شدن و یا بریدن خیلی کم است بدین

ترتیب یک میل لنگ نیمه تمام تولید می شود .

## تغییر شکل دادن اجسام با کمک قالب گرم

هرگاه قطعه ای را بوسیله سنبه و ماتریس پرس با فشار تغییر دهیم این عمل را تغییر شکل

بوسیله قالب می گیرند . قالب که از دو قسمت تشکیل شده فرم دلخواه را داراست و تمام

یا قسمتی از قطعه را می پوشاند .

## تکنیک قالب تغییر شکل دهنده

معمولاً وقتی از قالب استفاده می شود که تعداد بسیار زیادی از یک فرم احتیاج باشد .

مواردی که مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از مواد آهنگری شده ، محصولات

اکستروژن ، موارد ریخته گری شده و یا اکثراً مواد نورد شده از قبیل میله های طویل .

فولاد را تا درجه حرارت آهنگری حرارت نمی دهند و بین قالب قرار داده و بوسیله نیروی

پرس فرم قالب را روی آنها در می آورند . قالبها فرم منفی و اندازه های دقیق قطعه تمام

شده را دارند .

به طور کلی فرمهای منفی به سه دسته تقسیم می شوند .

(A) فرم منفی باز

(B) فرم منفی نیمه باز



C) فرم منفی بسته

فرم منفی قالب بستگی به شکل قطعه دارد. از این بابت گاهی از دو قسمت و گاهی از چند قسمت تشکیل می شود.

در صنعت قالب سازی نیمه باز از همه بیشتر مورد استعمال دارد. مواد اضافی در این قالب نمی ماند و بیرون می آید. مواد اضافی که در شکاف باریکی فشرده می شود به طور کامل و یا تا حدودی شکاف را پر می کنند. آنها را فوراً و یا بعداً از قطعه جدا می سازند.

### ابزار مخصوص قالب تغییر شکل دهنده

قالب های آهنگری ابزاری هستند که در درجه حرارت بالا باید در برابر نیرو مقاوم باشند یعنی مقاومت مکانیکی و حرارتی آنها قابل توجه باشند. اعمال مکانیکی و حرارتی سطح قالب را می ساینند و از این رو دقت و تolerانس اندازه های قطعه از بین می روند و یا اینکه باعث ترک خوردن و شکستن قالب می شوند. گرما از قطعه به قالب عبور می کند و این عمل در پرس شدت بیشتری دارد تا در چکش. پس باید از ازدیاد درجه حرارت قالب جلوگیری کرد (ترک حرارتی). اگر مواد از فولادهای آلیاژی باشند و یا اینکه دارای هدایت گرمایی ضعیف و خوب خنک نشوند قالب می شکنند.

هیچ موادی وجود ندارد که بتواند خواص لازمه را داشته باشد فقط تعدادی آلیاژ فولاد وجود دارند که در برابر حرارت مقاوم هستند، که بهترین آنها Mi-cr-mo و w-cr-v- cr<sub>3</sub>-Mo دارای ۰/۳ تا ۰/۶ درصد کربن می باشند. برای قالب های کوچک با شکل ساده

از فولاد غیر آلیاژی با کمتر از ۰/۸٪ کربن نیز استفاده می شوند. این فولادها برای محکم ساختن قالب و بقیه قسمت آن نیز بکار می روند. فولاد ها می توانند به دو صورت دوم آنها را با مقاومت خواسته شده می فروشند. اگر فولاد مقاوم را برای ساختن قالب استفاده کنیم خرج ساخت بیشتر می شود بدین ترتیب از فولاد نرم شده استفاده می شود. و پس از ساخت قالب آن را بوسیله حرارت بین ۹۰۰ تا ۱۵۰۰ نیوتن میلی متر مربع مقاوم می سازیم. اگر قالب مقاومت زیاد احتیاج نداشته باشد از فولاد ریخته گری شده استفاده می کنیم که در این صورت فرم قالب نیز به طور همزمان ریخته گری میشوند. شکل خارجی قالب بستگی به نوع دستگاه دارد. قالب ها بوسیله خار و پیچ و یا بست به دستگاه وصل می شوند.

## دستگاه و لوازمات آهنگری

### ۱- کوره های آهنگری

سوخت مصرفی کوره های آهنگری آزاد و یا با قالب می تواند جامد، مایع و یا گاز باشد. گرم کردن الکتریکی هم مزایای بسیاری دارد.

یک آهنگری صحیح و اقتصادی همیشه با حرارت دادن متناسب همراه است. از این جهت باید حتی کوره های کوچک هم دارای دستگاه خود کار اندازه گیری باشند.

## شکل دادن فلزات

محفظه سوخت و هوایی که برای سوخت احتیاج است باید قبلاً گرم شود. این عمل معمولاً بوسیله حرارتی که در گازهای حاصله از سوخت وجود دارد انجام می شود.

کورهای اطاقدار (مانند بخاری) برای آهنگری مورد استعمال فراوان دارد. این کورها دارای یک اجاق ثابت بوده که بوسیله اطاقی پوشیده شده است.

آن را از روی اندازه سطح اجاقش اندازه می گیرند مثلاً برای آهنگری با قالب کوره ای با سطح اجاق 0/1 m تا 4m (DIN24205) لازم می باشد.

کوره اطاق دار برای آهنگری آزاد خیلی مفید است. حتی برای قطعات کوچک و متوسط از کوره های دو اطاقه استفاده می شود. در یک از اطاقها قطعه تا درجه حرارت آهنگری کاملاً گرم شده و در اطاق دیگر که بوسیله گازهای حاصله از سوخت اطاق اول گرم می شود قطعه را مقداری حرارت می دهند تا در اطاق اول درجه حرارت آن زودتر به درجه حرارت آهنگری برسد. اگر از اطاق اول استفاده نشود اطاق دوم درجه حرارت آهنگری را به قطع می دهد. برای داخل کردن قطعات بزرگ در کوره ترتیب مخصوصی لازم است، در این طور مواقع خطر شکست آجر کوره زیاد است. از این رو کوره هایی که جدیداً ساخته می شوند دارای اجاق متحرک روی ریل می باشند.

## ۲- دستگاهها و ابزار آلات تغییر شکل دادن آزاد آهنگری

جهت تغییر شکل دادن از چکش و پرس آهنگری استفاده می شود. تغییر شکل اجسام بوسیله ضربات کوتاه و محکم چکش انجام میشود. هر ضربه چکش کار و توان زیادی بر روی جسم اعمال می کند ولی فقط قسمتی از کار چکش جسم را تغییر شکل میدهد قسمت دیگر از بین می رود زیرا که در اثر ضربه یا قطعه از زیر چکش

در می رود و یا خود چکش پس از برخورد با جسم به بالا پرت می شود. حداکثر نیروی هر ضربه چکش را می توان بوسیله تغییر شکل جسم بدست آورد. در صورتیکه مسیر تغییر شکل کوتاه باشد نیروی چکش بهطور سریع زیاد می شود.

کار انجام شده بوسیله چکش می توان از طول مسیر شکل و نیروی آن بدست آورد مقدار این کار نباید از حد تعیین شده برای دستگاه تجاوز کند. مقدار این حد بوسیله پایه چکش تعیین می شود اگر تمام توان چکش صرف تغییر شکل قطعه شود بازده دستگاه ۱۰۰٪ می باشد و در نتیجه ضریب ضربه دستگاه برابر صفر است  $K=0$ . اگر  $K=1$  باشد قطعه فقط به طور الاستیکی تغییر شکل یافته و راندمان کار مساوی با صفر خواهد بود.

بدین ترتیب ضریب ضربه حد بالا و پائین کار دستگاه را تعیین می کند. وقتی ضریب ضربه به طرف یک صعود می کند که قطعه نازک باشد و یا درجه حرارت کم شود. مقاومت تغییر شکل قطعه در برابر نیروی خارجی با افزایش سرعت تغییر شکل زیاد می شود و در نتیجه مقدار کار لازم جهت تغییر شکل دادن قطعه نیز افزایش می یابد یعنی که کار لازم جهت تغییر شکل دادن قطعه در چکش بیشتر از پرس می باشد.

### ۳- ماشینهای تغییر شکل دهنده بوسیله قالب

ساخت ماشین آلات قالب دار تغییر شکل دهنده آهنگری بطوری ترقی کرده است که این ماشین آلات قادرند قطعات زیادی را در زمان بسیار کم به طور دقیق تغییر شکل دهند. قطعاتی را که دارای دیواره نازک و سطوح قسمت بندی شده هیتند فقط می توان بوسیله



چکش های خیلی سریع آهنگری چکشهای سریعی که جدیداً ساخته شده اند افقی بوده و

به طور خود کار کار می کنند .

## چکشهای قالب دار آهنگری

این چکشها را می توان از روی ساختمان و یا نوع نیروی آنها تقسیم بندی کرد .

تقسیم بندی از روی ساختمان : دستگاه با سندان ثابت - دستگاه با سندان متحرک

تقسیم بندی از روی تولید نیرو : چکش سقوطی - چکش بالا کشنده - چکش تحت

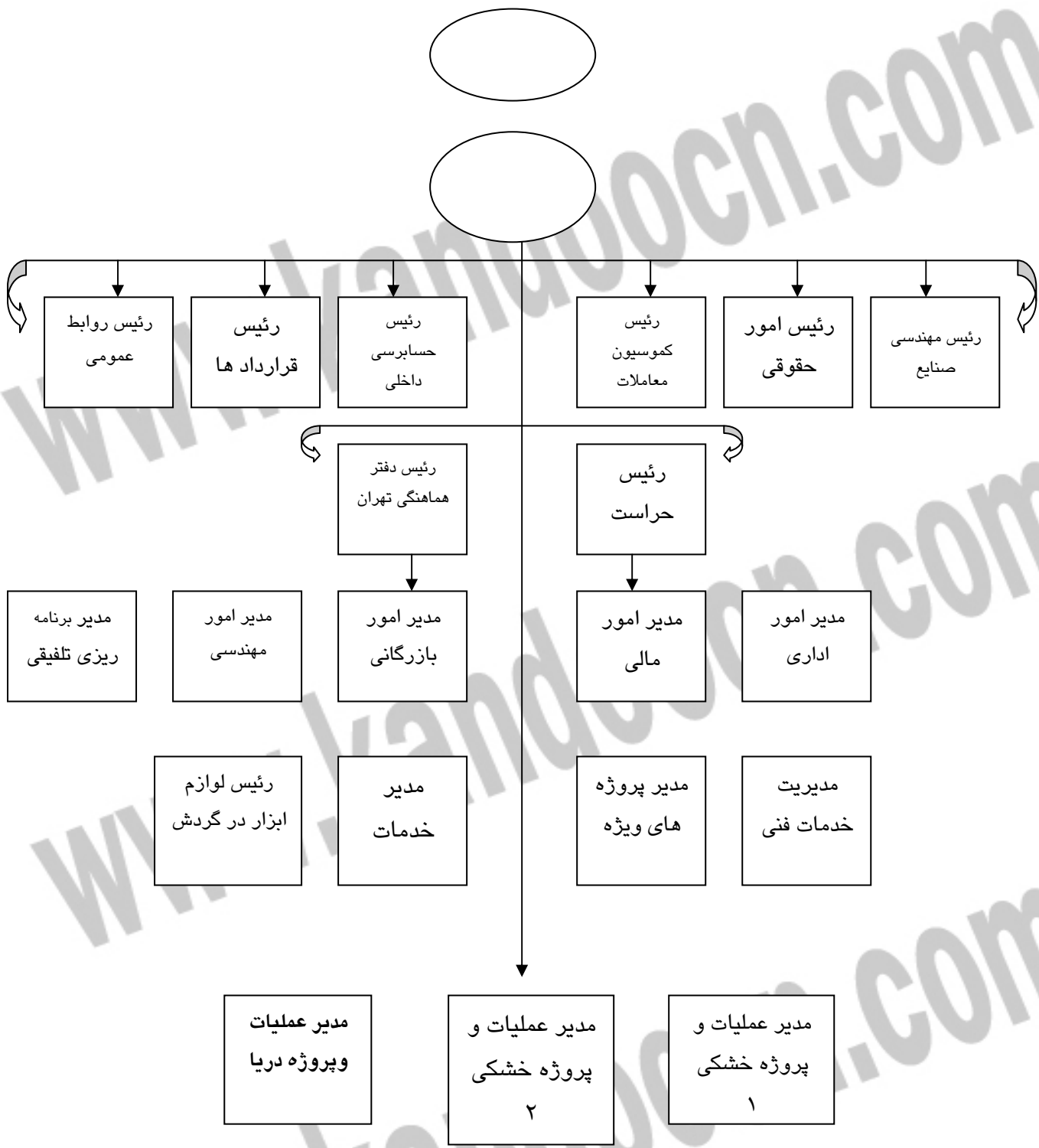
فشار .

### منابع

- کتاب اصول نوین جوشکاری ، محمد سلطان بیگی - اردشیر هنر بخش.
- کتاب حساب فنی دوم صنایع فلزی ، عبدالحسین گل سری .
- کتاب در فنی سال دوم مکانیک عمومی ، صمد خادمی اقدام - بهروز نصیری زنوزی .
- کتاب تکنولوژی جوشکاری برق (قوسی مقاومتی) ، سال دوم صنایع فلزی

نمودار سازمانی

رئیس هیئت مدیره شرکت ملی نفت ایران



Filename: Document1  
Directory:  
Template: C:\Documents and Settings\hadi tahaghoghi\Application  
Data\Microsoft\Templates\Normal.dotm  
Title:  
Subject:  
Author: Alavi  
Keywords:  
Comments:  
Creation Date: 4/15/2012 11:36:00 AM  
Change Number: 1  
Last Saved On:  
Last Saved By: hadi tahaghoghi  
Total Editing Time: 1 Minute  
Last Printed On: 4/15/2012 11:36:00 AM  
As of Last Complete Printing  
Number of Pages: 79  
Number of Words: 12,328 (approx.)  
Number of Characters: 70,274 (approx.)