

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اللَّهُمَّ صَلِّ عَلَى مُحَمَّدٍ وَآلِ مُحَمَّدٍ وَعَجِّلْ فَرَجَهُمْ



# جوشکاری با فرآیند قوس الکتریکی (E۶)

پایه یازدهم

دوره دوم متوسطه

شاخه: کاردانش

زمینه: صنعت

گروه تحصیلی: مکانیک

رشته مهارتی: جوشکاری لوله و مخزن

نام استاندارد مهارتی مبنا: جوشکاری مخازن فولادی با فرآیند قوس (SMAW)

کد استاندارد متولی: ۸-۷۲/۲۵/۱/۱

عنوان و نام پدیدآور	: جوشکاری با فرآیند قوس الکتریکی (E۶) [کتاب‌های درسی] شاخه کاردانش ... / مؤلفان محمود پارسا ... [و دیگران]؛ برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی.
مشخصات نشر	: تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
مشخصات ظاهری	: ۹۸ ص. : مصور: (رنگی)، جدول (رنگی)، نمودار (رنگی).
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۱۹۹۴-۳
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا
یادداشت	: مؤلفان: محمود پارسا، امید گل محله، غلامرضا شیرازی رستمی، آرش حبیبی.
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۹۸.
موضوع	: ۱- جوشکاری با قوس برقی، ۲- جوشکاری- راهنمای آموزشی
شناسه افزوده	: الف- پارسا، محمود، ۱۳۴۳. ب- سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. ج- دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش. د- اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
رده‌بندی کنگره	: TK ۴۶۶/ج ۸۷ ۱۳۹۲
رده‌بندی دیویی	: ۶۰۹/۳۳ک/۳۷۳
شماره کتاب‌شناسی ملی	: ۳۱۱۸۲۲۸

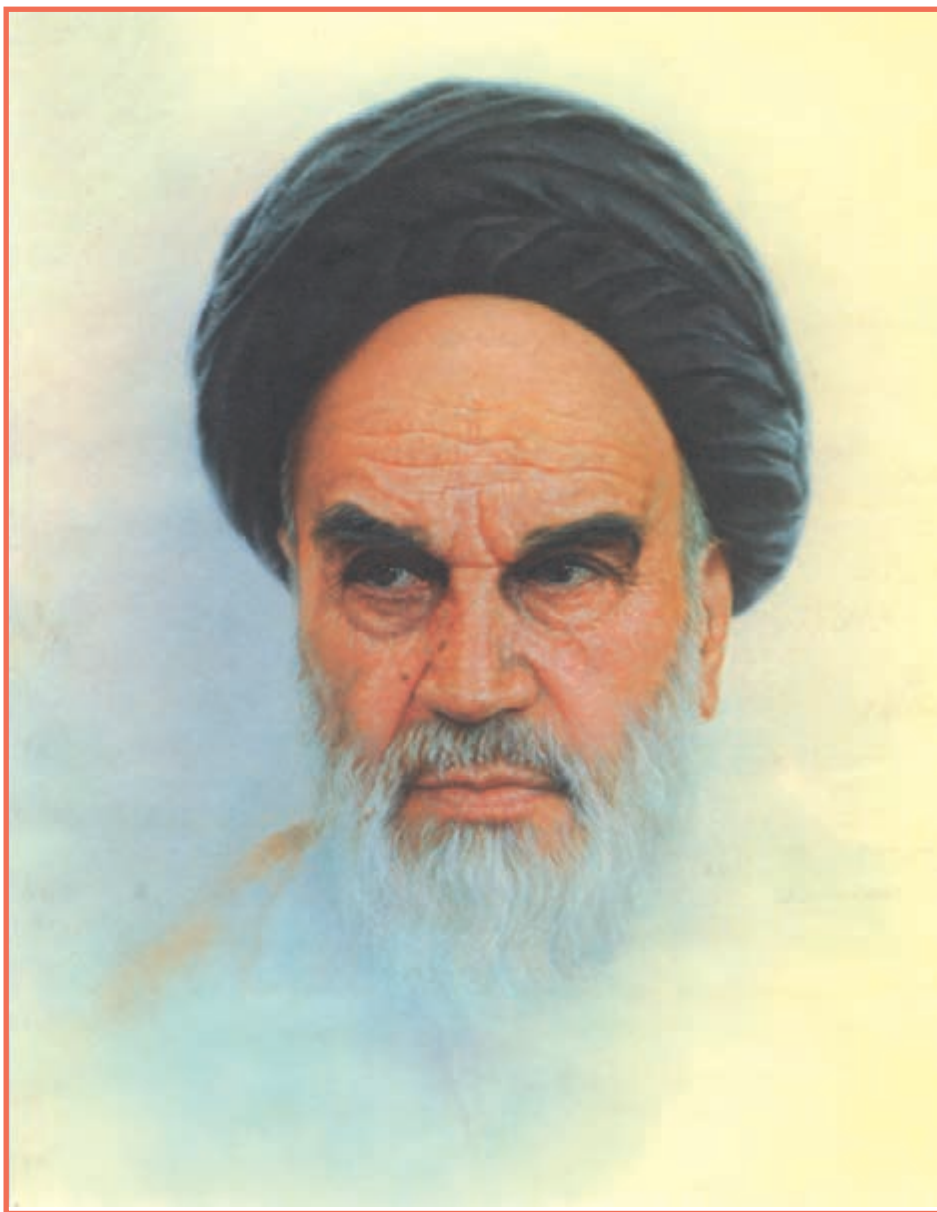




وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

- نام کتاب : جوشکاری با فرآیند قوس الکتریکی (E۶) - ۳۱۱۱۱۳
- پدیدآورنده : سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف : محمود پارسا، امید گل محله، غلامرضا شیرازی رستمی و آرش حبیبی (اعضای گروه تألیف)
- مدیریت آماده‌سازی هنری : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
- شناسه افزوده آماده‌سازی : حامد حاجی محمدی (مدیر هنری) - حامد حاجی محمدی، فرناز موگویی (صفحه‌آرا) - حامد موسوی (طراح جلد) - فرینوش موگویی (رسام)
- نشانی سازمان : تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
- تلفن : ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
- وب‌گاه : [www.irtextbook.ir](http://www.irtextbook.ir) و [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)
- ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)
- تلفن : ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۳۷۵۱۵-۱۳۹
- چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
- سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ پنجم ۱۴۰۱

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



از مکیاید [حیله‌های] بزرگ شیطان و نفس اماره آن است که جوانان را وعده صلاح و اصلاح در زمان پیری می‌دهد تا جوانی با غفلت از دست برود و به پیران وعده طول عمر می‌دهد و تا لحظه آخر با وعده‌های پوچ انسان را از ذکر خدا و اخلاص برای او باز می‌دارد تا مرگ برسد.

امام خمینی (قُدَس سِرُّه)

همکاران محترم و دانش آموزان عزیز :

پیشنهادهای و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی  
تهران- صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتابهای درسی  
فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار (ایمیل) [info@tvoccd.sch.ir](mailto:info@tvoccd.sch.ir)

وب‌گاه (وب‌سایت) [www.tvoccd.sch.ir](http://www.tvoccd.sch.ir)

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیش‌گفتار	
فصل اول پیچیدگی در سازه های جوشکاری و راهکارهای جلوگیری از آن	۱
فصل دوم شناخت روش های بازرسی و کنترل کیفی جوش	۱۹
فصل سوم توانایی جوشکاری در سطح E۵	۳۷
فصل چهارم شناخت روش های تولید فولاد	۶۳
فصل پنجم شناخت ساختار و خواص فولاد	۷۲
فصل ششم توانایی جوشکاری در سطح E۶	۸۵

دهه های اخیر، صنعت نفت، گاز و پتروشیمی - صنایع خودرو سازی و سایر صنایع در کشور عزیزمان پیشرفت چشم گیری داشته است و به طبع آن تأمین نیروی انسانی ماهر و کارآمد از مهم ترین دغدغه های برنامه ریزان بوده است.

مشاغل مرتبط با جوشکاری از جمله مشاغلی است که به دلیل نقش آن در صنایع مختلف بیشتر از سایر مشاغل مورد نیاز صنعت می باشد. این مهم وظیفه برنامه ریزان درسی و مراکز آموزش فنی و حرفه ای و کاردانش که مجری دوره های جوشکاری هستند را به مراتب سنگین تر نموده است.

به همین منظور و با توجه به محدودیت منابع آموزشی دفتر تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کاردانش بر اساس استاندارد مهارت و آموزشی جوشکاری با قوس الکتریکی دستی (SMAW) سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور ۵ جلد کتاب درسی تهیه نموده است. این مجموعه بر اساس جدول زیر استانداردهای E۳، E۶، E۸ و E۹ را پوشش می دهد:

کتاب	استاندارد
✓ جوشکاری با فرآیند قوس الکتریکی (E۳) جلد های اول، دوم و سوم	E۳
✓ جوشکاری با فرآیند قوس الکتریکی (E۶) توانایی های ۱۸ و ۲۰	E۳
✓ جوشکاری با فرآیند قوس الکتریکی (E۶)	E۶
✓ جوشکاری با فرآیند قوس الکتریکی (E۸ و E۹)	E۸ و E۹

امید است هنرآموزان محترم بر اساس استاندارد و با مدیریت زمان به پیشرفت مهارتی فراگیران در جهت شکوفایی استعدادشان در کسب مهارت های رشته جوشکاری توجه خاص داشته و با هدایت و راهنمایی مدبرانه خویش پویایی جوانان را فراهم نمایند.

تلاش شده است این مجموعه از کتاب ها بر اساس استاندارد جوشکاری با فرآیند قوس الکتریکی دستی (SMAW) تدوین شود، اما لازم به ذکر است که مبنای اصلی آموزش و ارزشیابی مهارت ها بر اساس استاندارد سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور می باشد. در پایان انتظار دارد همکاران گرامی از نظرات مفید خویش در راستای اصلاح برنامه ها و کتاب های درسی، این دفتر را بهره مند فرمایند.

کمیسیون تخصصی برنامه ریزی درسی

## پیچیدگی در سازه های جوشکاری و راهکارهای چلو گیری از آن

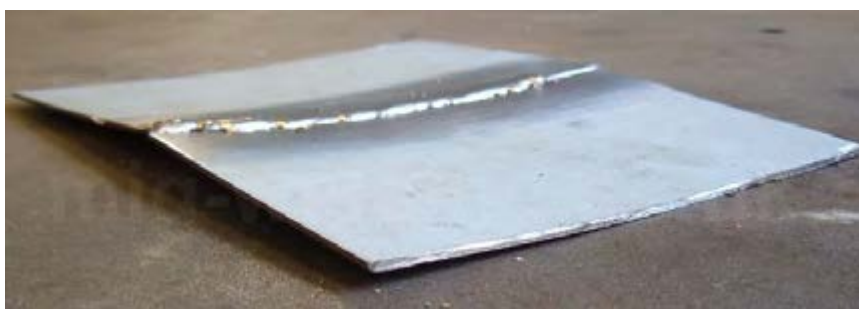
زمان آموزش (ساعت)		سرفصل های آموزشی
عملی	نظری	توانایی شناخت پیچیدگی و انواع آن و علل بروز پیچیدگی در مقاطع جوشکاری شده
		شناسایی انواع پیچیدگی در مقاطع جوشکاری
		شناسایی عوامل ایجاد کننده پیچیدگی در مقاطع جوشکاری شده
۳	۴	توانایی شناخت روش های کنترل و به حداقل رساندن پیچیدگی مقاطع جوشکاری شده
		شناسایی تنش پسامد در مقاطع جوشکاری شده
		شناسایی روش های عملی در هنگام جوشکاری برای کاهش پیچیدگی مقاطع جوشکاری شده

- ۱ از فراگیر انتظار می رود در پایان این بخش بتواند.
- ۲ مفهوم پیچیدگی را در سازه های جوشکاری بداند.
- ۳ عوامل ایجاد پیچیدگی را به شناسد.
- ۴ راهکارهای مقابله با پیچیدگی را توضیح دهد

## ۱-۱- مقدمه

در حالت کلی به ایجاد تغییر در ابعاد و زوایای یک سازه پیچیدگی یا اعوجاج (Distortion) می‌گویند. این موضوع در بیان عام به تاب برداشتن نیز معروف است که موجب از بین رفتن دقت ابعادی قطعه یا سازه می‌گردد. پیچیدگی یا تاب برداشتن یکی از مشکلات رایج در ساخت قطعات و سازه ها با استفاده از فرآیندهای جوشکاری است. به شکل (۱-۱) نگاه کنید: ابتدای دو ورقه فولادی که بدون قید و بند در حالت تخت بوسیله جوشکاری به متصل شده اند از روی میز بلند شده است.

شکل (۱-۱)



تاب برداشتن ورقه فولادی که بدون قید و بند به وسیله جوشکاری به هم متصل شده‌اند

دلیل ایجاد پیچیدگی یا اعوجاج سازه‌ها در حین جوشکاری انبساط و انقباض فلز در اثر گرمای ناشی از فرآیند جوشکاری است. همانطور که می‌دانید فلزات مثل اکثر مواد در اثر حرارت انبساط می‌یابند و وقتی سرد می‌شوند منقبض می‌گردند. چنانچه حرارت وارده به جسم به صورت موضعی باشد (نظیر آنچه در حین عملیات جوشکاری رخ می‌دهد) باعث ایجاد انبساط و انقباض موضعی و غیر متعادل در قطعه می‌شود که نتیجه نهایی آن اعوجاج یا تاب برداشتن قطعه پس از جوشکاری است. در این فصل ضمن شناخت انواع متداول پیچیدگی سازه‌ها در اثر جوشکاری، عوامل موثر بر ایجاد پیچیدگی و تاب برداشتن را بررسی می‌کنیم و با راهکارهای جلوگیری یا مقابله با اعوجاج آشنا می‌شویم.

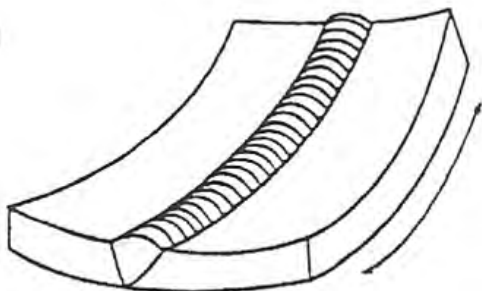
## ۱-۲- تقسیم بندی انواع پیچیدگی

به طور معمول پیچیدگی‌های ناشی از فرآیندهای جوشکاری را می‌توان به سه دسته عمده تقسیم کرد.



## ۱-۲-۱- پیچیدگی یا اعوجاج در اثر انقباض طولی (longitudinal Shrinkage)

شکل (۱-۲)

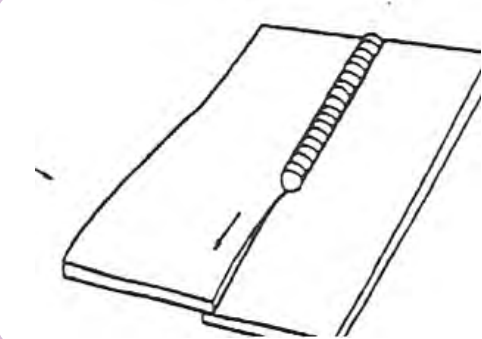


پیچیدگی قطعه در اثر انقباض فلز جوش در امتداد خط جوشکاری

به شکل (۱-۲) نگاه کنید: همانطور که مشاهده می کنید قطعه فلزی مشابه شکل (۱-۱) در امتداد طول خود دچار پیچیدگی شده است. دلیل پیچیدگی قطعه مذکور انقباض فلز جوش در امتداد خط جوش می باشد. از آنجا که اتصال دو قطعه از طریق جوش یک طرفه با طرح اتصال V صورت گرفته است بنابراین در شرایط جوشکاری حجم مذاب بیشتری در طرف گرده جوش تشکیل می شود به همین دلیل مقدار انقباض ناشی از منجمد شدن فلز جوش مذاب در طرف رویی قطعه نیز بیشتر است در نتیجه قطعه بصورت طولی دچار اعوجاج می گردد. این نوع پیچیدگی با افزایش ضخامت دو قطعه کار افزایش می یابد.

## ۱-۲-۲- پیچیدگی یا اعوجاج در اثر انقباض عرضی (Transverse Shrinkage)

شکل (۱-۳)



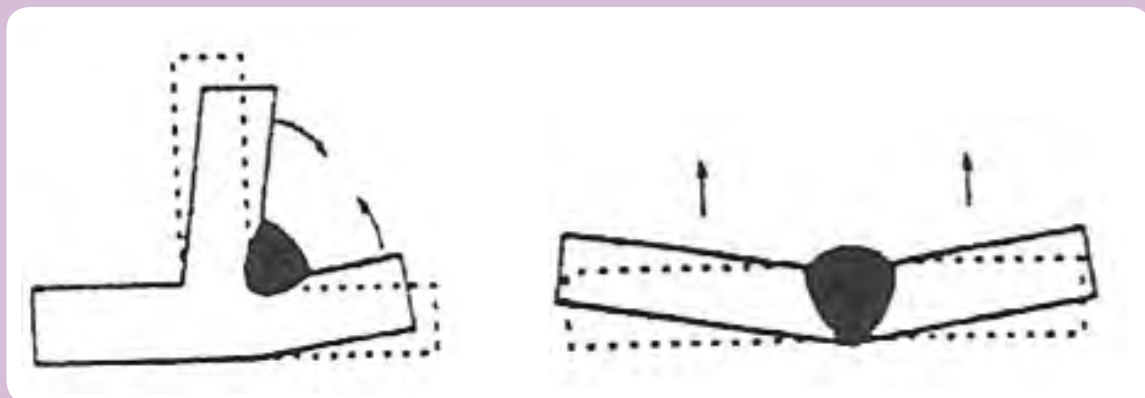
شکل (۱-۳) قطعه فلزی در امتداد عرضی دچار پیچیدگی شده، و باعث گردیده است لبه های دو قطعه کار در قسمت جلویی خط جوش روی یکدیگر قرار گیرند.

به شکل (۱-۳) نگاه کنید: همانطور که مشاهده می کنید قطعه فلزی در امتداد عرضی دچار پیچیدگی شده، و باعث گردیده است که لبه های دو قطعه کار در قسمت جلویی خط جوش روی یکدیگر قرار گیرند. دلیل پیچیدگی قطعه مذکور آن است که دو قطعه کار قبل از جوشکاری بوسیله خال جوش یا گیره مناسب نسبت به یکدیگر ثابت نشده اند و انقباض ناشی از منجمد شدن فلز جوش مذاب باعث نزدیک شدن لبه های دو قطعه کار و نهایتاً روی هم قرار گرفتن آنها شده است.

### ۳-۲-۱- پیچیدگی یا اعوجاج زاویه ای (Angular distortion)

به شکل (۱-۴) نگاه کنید: همانطور که مشاهده می کنید قطعات فلزی در حالت طرح اتصال لب به لب ۱ و اتصال گوشه ای ۲ دچار پیچیدگی زاویه ای شده اند.

شکل (۱-۴)



قطعات فلزی در حالت طرح اتصال لب به لب ۱ و اتصال گوشه ای ۲ دچار پیچیدگی زاویه ای شده اند.

شکل (۱-۵)



دو قطعه کار با ضخامت حدود ۱۵ میلی متر در اثر جوشکاری با طرح اتصال ۷ حدود ۲۰ درجه دچار پیچیدگی زاویه ای شده اند.

دلیل این نوع پیچیدگی عدم تعادل در مقدار مذاب فلز جوش در دو طرف قطعه کار و به تبع آن انقباض بیشتر در طرف حوضچه مذاب می باشد. از آنجا که در طرح اتصال لب به لب اتصال دو قطعه از طریق جوش یک طرفه با طرح اتصال V صورت گرفته است بنابراین در شرایط جوشکاری حجم مذاب بیشتری در طرف گرده جوش تشکیل می شود به همین دلیل مقدار انقباض ناشی از منجمد شدن فلز جوش مذاب در طرف رویی قطعه نیز بیشتر است در نتیجه دو قطعه کار به طرف گرده جوش متمایل می شوند. در طرح اتصال گوشه ای نیز چون فلز جوش به طور کلی در یک طرف اتصال ایجاد شده است بنابراین دو قطعه کار به طرف فلز جوش متمایل می گردند. شکل (۱-۵) نشان می دهد که در اثر جوشکاری دو قطعه کار با ضخامت حدود ۱۵ میلی متر با طرح اتصال V حدود ۲۰ درجه دچار پیچیدگی زاویه شده است.

### ۳-۱- عوامل موثر در پیچیدگی

#### ۱- دستورالعمل جوشکاری

متغیرهای جوشکاری مثل: ولتاژ و شدت جریان که نشان دهنده میزان حرارت ورودی به قطعه کار می‌باشند، تعداد پاس‌های جوشکاری، میزان پیشگرم و پسگرم کردن قطعه کار و فرآیند جوشکاری و ترتیب جوشکاری جزء عواملی هستند که بر اساس دستورالعمل جوشکاری مشخص می‌شوند و روی میزان پیچیدگی قطعه کار موثراند.

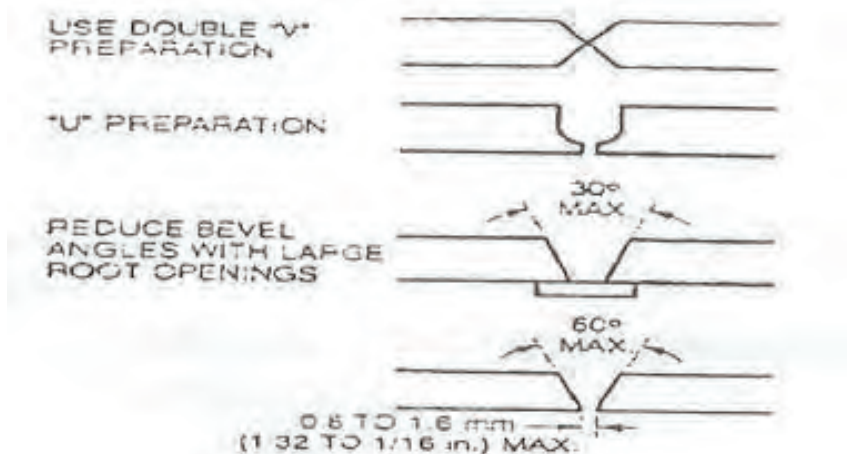
#### ۲- خواص متریال پایه

قابلیت هدایت حرارتی، ضریب انبساط حرارتی، قابلیت تغییر فرم پذیری و نیز استحکام فلز پایه تاثیر قابل توجهی در میزان اعوجاج و تاب برداشتن دارند. به طور مثال در شرایط یکسان قطعات فولاد زنگ نزن (نگیر) به دلیل کمتر بودن ضریب انتقال حرارت مشکل بیشتری از نظر پیچیدگی نسبت به قطعات فولادی ساده کم کربن دارند.



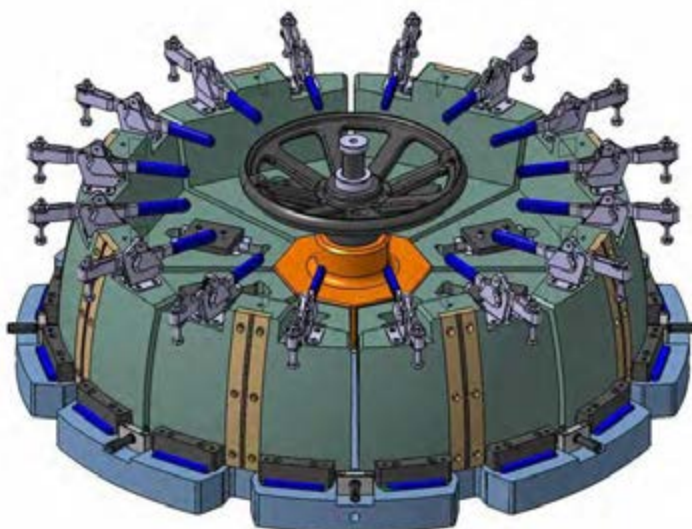
### ۳- طرح اتصال جوشکاری

به طور کلی هندسه طرح اتصال (شکل پنخ، زاویه پنخ، یکطرفه یا دوطرفه بودن) از جمله عوامل بسیار موثر در ایجاد پیچیدگی و اعوجاج سازه های جوشکاری بحساب می آید.



### ۴- مونتاژ کردن قطعات قبل از جوشکاری

منظور شرایط مونتاژ قبل از شروع جوشکاری است مثل: استفاده از ابزار نگهدارنده نظیر گیره و قید و بند، درجه آزادی قطعه کارها، خال جوش زدن از جمله عواملی هستند که مربوط به شرایط آماده سازی و مونتاژ قبل از جوشکاری می باشند و روی میزان ایجاد پیچیدگی و اعوجاج در سازه های جوشکاری نقش دارند.



#### ۴-۱- راه کارهای مقابله با اعوجاج

به طور کلی راهکارهای مقابله یا کنترل اعوجاج و پیچیدگی می تواند در دو مرحله انجام پذیرد:

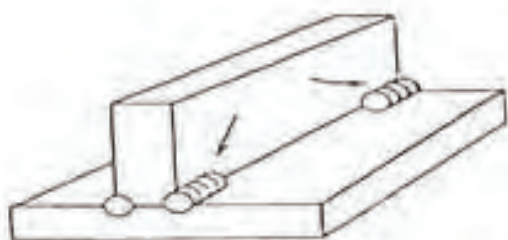
۱- قبل از جوشکاری

۲- بعد از جوشکاری

برای کنترل پیچیدگی، قبل از جوشکاری می توان از راهکارهای زیر استفاده کرد.

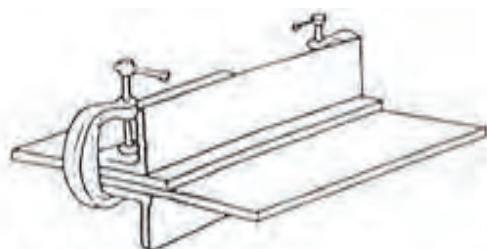
۱- خال جوش زدن قطعات به منظور جلوگیری از حرکت و جابجایی قطعات در حین جوشکاری





خال جوشی TACK WELDS

۲- استفاده از ابزار نگه‌دارنده کمکی نظیر: گیره و قید و بند<sup>۱</sup> برای مهار کردن قطعات و جلوگیری از انقباض و انقباض‌های ناخواسته در قطعه حین جوشکاری و یا عملیات دیگر نظیر: ماشینکاری، عملیات حرارتی و غیره

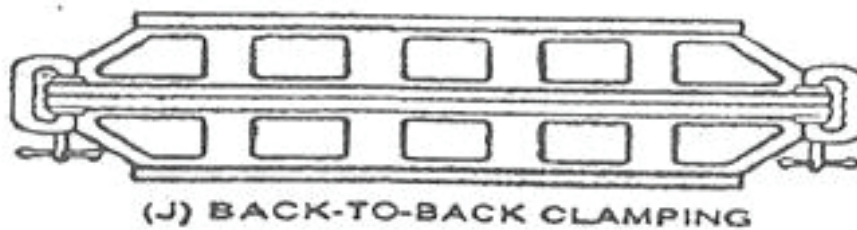
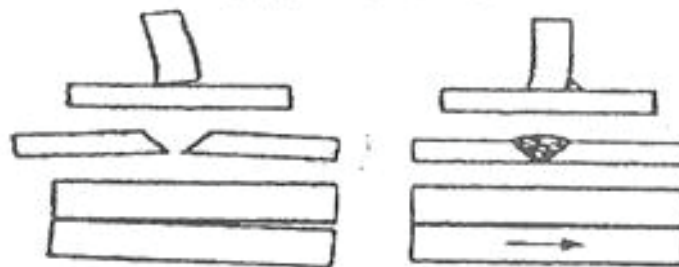


گیره و نگه‌دارنده CLAMPS

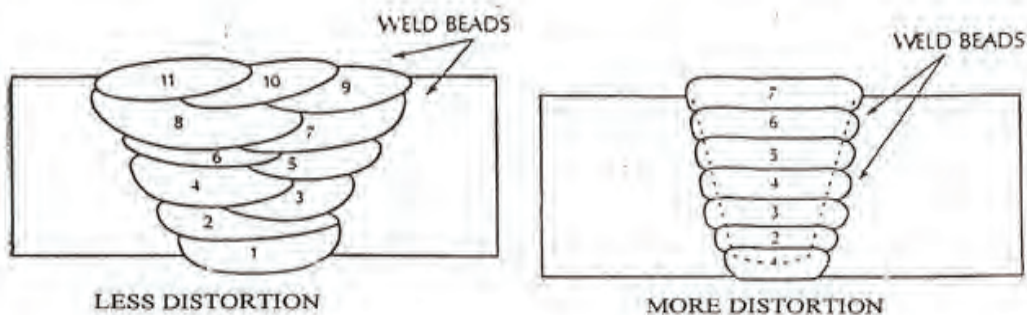
۳- تا حد امکان انجام جوش در دو طرف کار حول محور خشی



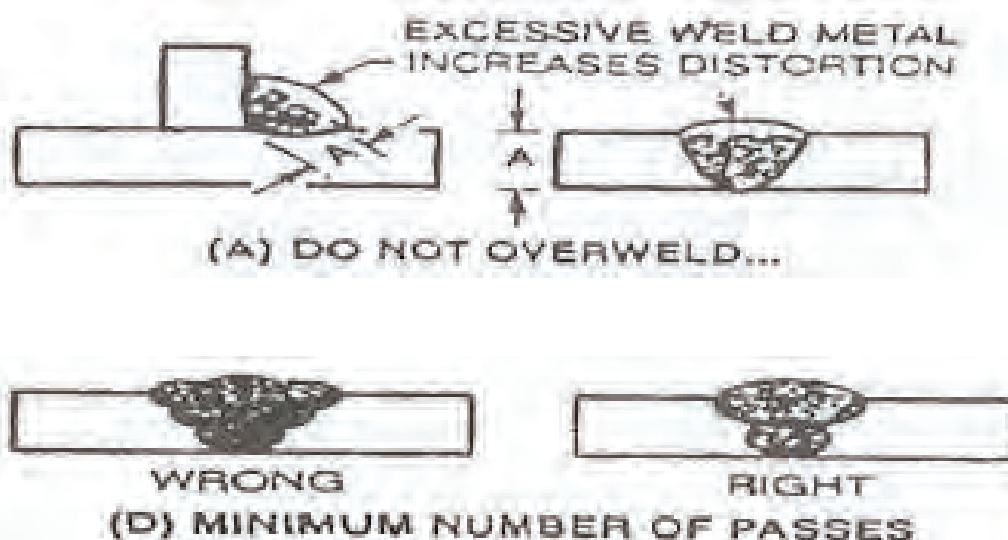
۴- حین طراحی و ساخت قطعه با تدابیر خاصی اعوجاج را خشی کنیم.



۵- از تعداد جوش کمتر با اندازه کوچکتر برای بدست آوردن استحکام مورد نیاز استفاده شود.



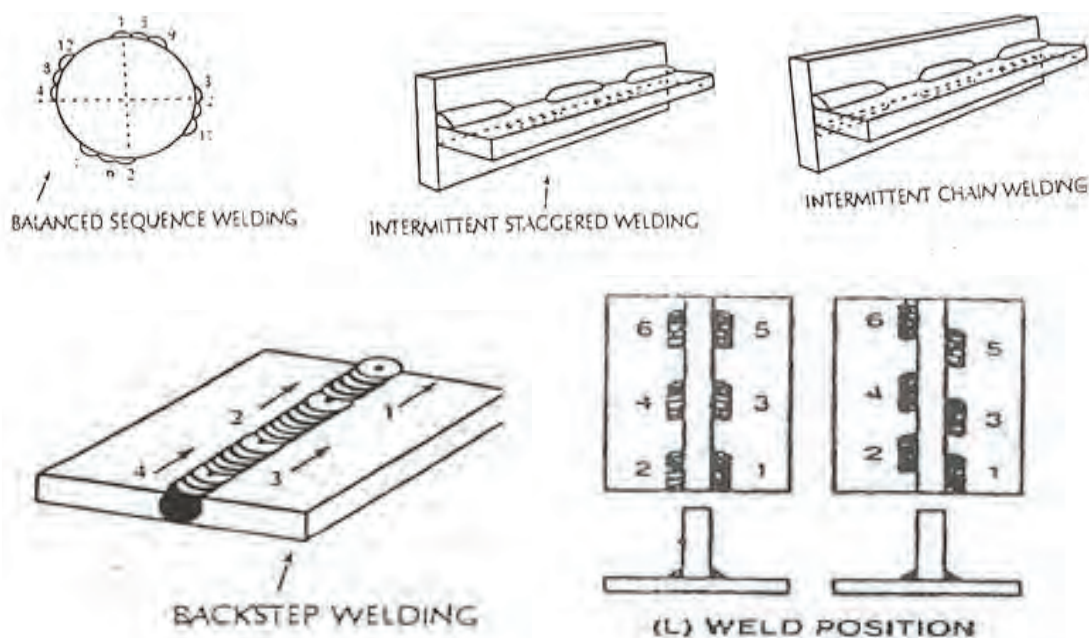
۶- تشدید حرارت و تمرکز آن بر حوزه جوش در اینصورت نفوذ بهتری داریم و نیازی به جوش اضافه نیست.



۷- ازدیاد سرعت جوشکاری که باعث کمتر حرارت دیدن قطعه می شود.

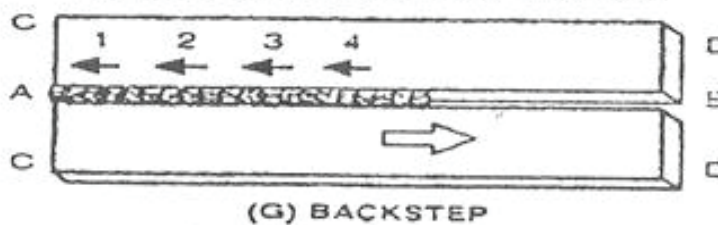
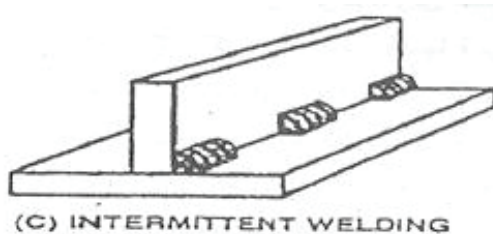
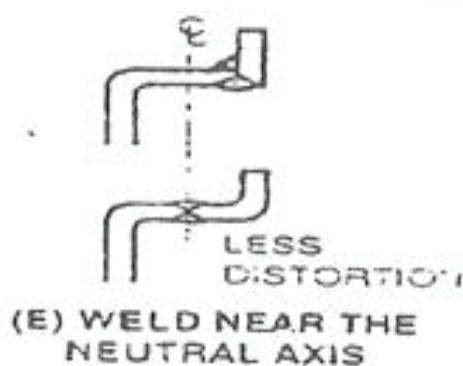
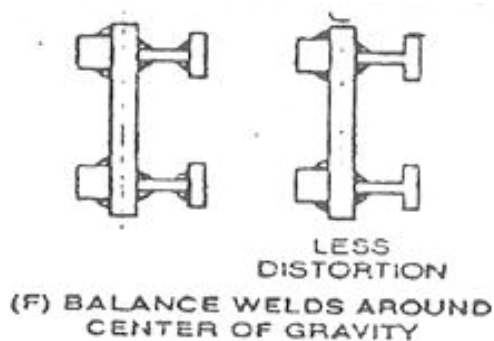
۸- در صورت امکان بالا بردن ضخامت چرا که در قطعات با ضخامت کم، اعوجاج بیشتر نمود دارد.

۹- تا حد امکان انجام جوش در دو طرف کار حول محور خشی





۱۰- طرح مناسب لبه مورد اتصال که اگر صحیح طراحی شده باشد می تواند بصورت فرضی مصالح جوش را در اطراف محور خشی پخش کند و تا حد زیادی از میزان اعوجاج بکاهد.



## ۵-۱- کنترل اعوجاج پس از جوشکاری

راهکارهای مقابله با پیچیدگی و اعوجاج در قطعه جوشکاری شده پس از پایان عملیات جوشکاری به طور عمده شامل دو دسته اقدامات می شود:

کاهش یا از بین بردن تنش های باقیمانده

رفع یا کاهش پیچیدگی و اعوجاج بوجود آمده

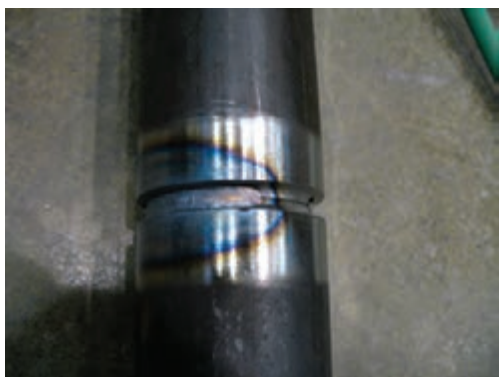
### ۱-۵-۱- تنش های باقیمانده

تنش های باقیمانده یا پسماند تنش های هستند بر اثر انجام عملیات مختلف مثل جوشکاری فورج ماشینکاری و غیره در جسم ایجاد می شوند و پس اتمام عملیات در حالی که جسم تحت بارگذاری خارجی قرار ندارد در جسم باقی می ماند. ماهیت تنش های پسماند به گونه ای است که در مجموع یکدیگر را خنثی می کنند. یعنی در مقابل تنش های کششی به مقدار معادل آن تنش های فشاری نیز در جسم وجود دارند، به طوریکه جسم در حالت تعادل باقی بماند.

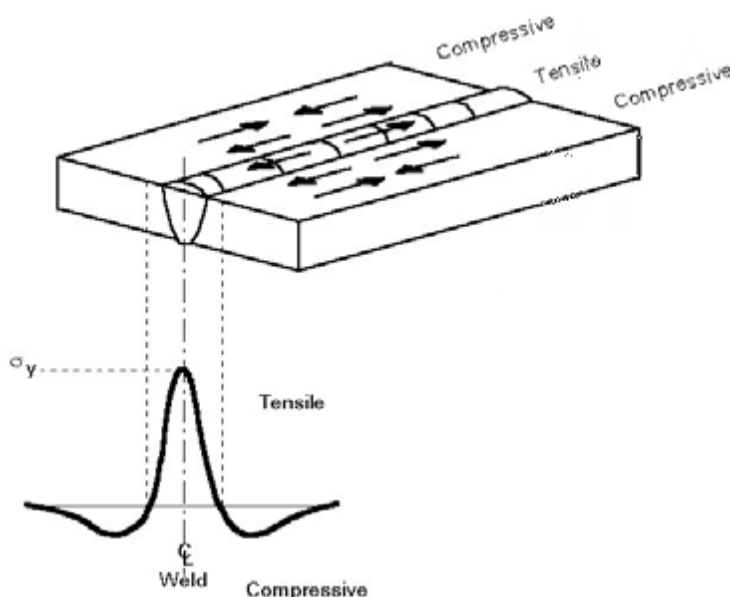
تنشهای پسماند دلیل اصلی ناپایداری قطعات در طول زمان می باشد. هم چنین تنش پسماند باعث پایین آمدن تحمل بارگذاری قطعات و نیز کاهش عمر خستگی می گردد. این تنشها مانند نیروی مازاد برروی قطعه وجود دارند و در بسیاری از موارد باعث تخریب سازه ها می گردد.

## ۲-۵-۱- تشکیل تنش‌های پسماند در اتصالات جوشکاری

یکی از فرایندهایی که باعث ایجاد تنش پسماند در سازه‌ها می‌گردد، جوشکاری است که به علت گرم و سرد شدن‌های متوالی جوش و مناطق نزدیک جوش تنشهای پسماند داخلی در فلز جوش و مناطق مجاور آن بوجود می‌آید. مقدار انبساط و تغییر شکل جسم در مقابل گرما متناسب با درجه حرارت می‌باشد. اصولاً با افزایش درجه حرارت تا نقطه ذوب فلز انبساط پیدا می‌کند. هنگامی که در قسمتی از جسم به دلیل جوشکاری درجه حرارت به طور موضعی افزایش یابد در اطراف آن یک شیب حرارتی بوجود می‌آید که می‌خواهد باعث انبساط موضعی بشود، ولی نواحی اطراف موضع جوشکاری که دمای بالایی ندارند تمایل به تغییر شکل ندارند و با تغییر شکل موضع جوشکاری مقابله میکنند



بنابراین در مواضعی که فلز در اثر فرآیند جوشکاری ذوب می‌شود هنگام انجماد به دلیل انقباض موضعی تنش کششی ایجاد می‌شود و مناطق نزدیک به فلز جوش تحت تنش فشاری قرار می‌گیرند. به این ترتیب تنشهای پسماند جوش در جهت موازی با جهت جوش در فلز جوش و نواحی نزدیک به آن از نوع کششی و در حد تنش تسلیم فلز می‌باشند و با افزایش فاصله از مرکز جوش سطح این تنش‌ها کاهش می‌یابد. لازم به یادآوری است براساس اصل خود تعادلی متناسب با اینگونه تنشها، تنشهای فشاری نیز جهت تعادل جسم در مناطق مجاور جوش بوجود می‌آیند. هم‌چنین میزان و نحوه توزیع تنشهای پسماند جوش وابستگی زیادی به نوع اتصال جوشی و شرایط مهار جسم (ناشی از ابعاد کلی قطعه و قید و بندهای دیگر) دارد.



بنابراین تنشهای پسماند ناشی از جوشکاری روی خواص مکانیکی مثل استحکام و خستگی اتصالات جوشی تاثیر گذار است بطوریکه بر اساس بررسی های صورت گرفته در بعضی از سوانح بزرگ مربوط به سازه های جوشکاری (ریزش پلهای فلزی و یا دو نیم شدن کشتی های ساخته شده با اتصالات جوشی) تنشهای پسماند ناشی از جوشکاری مهمترین عامل سانحه شناخته شده است. لذا بهتر است تا حد امکان طول مسیر جوش حداقل باشد و اتصال جوشی طوری طراحی شود که در محل های دور از محل های مرکز تنش و یا حتی المقدور در محل های نزدیک با تنش های فشاری قرار گیرند.

بطور خلاصه مهم ترین عوامل در تشکیل تنش های پسماند جوشی را می توان به صورت زیر ذکر کرد:

۱- حرارت موضعی و غیر همگن ناشی از جوشکاری

۲- تغییر شکل جسم ناشی از تنش های حرارتی

۳- پایین آمدن تنش تسلیم فلز با افزایش درجه حرارت

۴- میزان مهار جسم یا درجه آزادی قطعه کار

### ۳-۵-۱- کاهش تنش های پسماند در اتصالات جوشکاری

سازه های جوش شده چه هنگام جوشکاری مهار شده و چه آزاد بوده باشند در آستانه تنش تسلیم دارای تنش های پسماند یا باقیمانده هستند، این تنشها قادراند اشکالاتی در جوش به وجود بیاورند البته احتمال پدید آمدن این اشکالات به ترکیب شیمیایی فولاد، روش جوشکاری، طرح جوش و شرایط بهره برداری و غیره بستگی دارد. با این وصف از بین بردن این تنش ها فوائد زیر را نیز در پی خواهد داشت:

۱- افزایش استحکام و تحمل تنش

۲- پایداری بیشتر ابعاد

۳- مقاومت بیشتر در مقابل خوردگی

### ۴-۵-۱- تنش زدائی حرارتی



عملیات حرارتی تنش زدائی عبارت از گرم کردن یکنواخت قطعه یا سازه تا دمای مناسب که بستگی به جنس و نوع سازه دارد و نگهداری به مدت معین در آن دما که متناسب با ضخامت در نظر گرفته می شود، سپس سرد کردن آرام و یکنواخت است به طور معمول عملیات حرارتی در محدوده دمای حدود ۳۵۰ الی ۷۰۰ درجه سانتی گراد انجام می گیرد.

مدت عملیات تنش زدائی در مورد قطعات فولادی به طور معمول به ازاء هر اینچ ضخامت حدود یک ساعت است. برای قطعات پیشگرم شده اغلب تنش زدایی لازم می شود، هم چنین قطعات پیچیده یا فولادهایی که میل زیادی به ترک خوردن دارند باید بلافاصله پس از جوشکاری و قبل از سرد شدن تا دمای پیشگرم، در کوره تنش زدایی قرار بگیرند.

پایداری ابعادی در یک جوش مستقیماً از تنش هایی که در قطعه محبوس مانده باشند، متأثر می شود. هنگامی که یک سازه جوشکاری در عین حال که دارای تنش های پسماند یا باقیمانده است تحت عملیات تراشکاری یا ماشینکاری قرار می گیرد، پخش مجدد تنش ها و انقباض جوش رخ می دهد. لذا تراشکار نمی تواند مطمئن باشد که در جهت درستی تراشکاری می کند یا نه، چون جوش همزمان با تراش قطعه به انقباض خود ادامه می دهد. بنابراین در بسیاری مواقع تنش زدائی قطعه جوشکاری قبل از ماشینکاری باعث می شود که قطعه از نظر شکل پایدار بماند و ابعاد آن هنگام ماشینکاری تغییر نکند. در واحد های صنعتی بزرگ سازنده سازه های بزرگ جوشکاری به طور معمول کوره های بزرگ عملیات حرارتی جهت تنش زدای سازه نهایی وجود دارد.



### ۵-۱-۵- تنش زدایی مکانیکی

درمتد تنش زدایی ارتعاشی تنش مکانیکی بوسیله لرزاننده به قطعه اعمال می گردد. تنش اعمال شده همراه با انرژی موجود در داخل قطعه که ناشی از تنش پسماند می باشد جمع گشته و باعث ایجاد تغییر شکلهای میکرو پلاستیک گشته و در نهایت قطعه تنش زدایی می گردد.

تنش زدایی ارتعاشی به دو روش انجام می گیرد. در روش اول که روش تنش زدایی ارتعاشی سنتی نیز



نامیده می شود، ارتعاشات فقط در یک فرکانس اعمال می گردد ولی در متدهای جدید که به مراتب دارای قابلیتها و تاثیرات بهتری از نظر تنش زدایی می باشد، ارتعاشات در چند فرکانس رزنانس اعمال می گردد. در این روش نسبت به روش سنتی خطاهای اپراتوری به میزان زیادی کاهش یافته و دارای نویز کمتری می باشد همچنین جهت قطعات با فرکانسهای بالا محدودیت ندارد و دارای اثربخشی به مراتب بالاتری می باشد. بطوریکه در حال حاضر در دنیا دیگر از روش سنتی استفاده نمی گردد.



مهمترین مزایای تنش زدایی به روش ارتعاشی به شرح زیر است. لازم به ذکر است که مقادیر مذکور در هر مورد بر اساس آمار و گزارشهای ارایه شده به سازندگان تجهیزات تنش زدایی ارتعاشی است.

## ۶-۱- مزایای تنش زدایی ارتعاشی نسبت به روش حرارتی

کیفیت بدست آمده به خوبی تنش زدایی حرارتی است. برای مواد و ساختارهای مختلف قابل استفاده می باشد. هیچگونه محدودیت اندازه یا وزن در به کارگیری این روش وجود ندارد. تاثیری بر خواص مواد از قبیل مقاومت سایش، سختی و تنش تسلیم ندارد. باعث تاثیرات نامطلوب بر خواص متالورژیکی مواد نمی گردد. باعث از بین رفتن و تخریب پوشش قطعات نمی گردد. نسبت به روشهای دیگر بسیار سریعتر می باشد و باعث صرفه جویی در زمان می گردد. تجهیزات این روش قابل حمل هستند که باعث کاهش فوق العاده هزینه های حمل و نقل می شود همچنین می توان فرایند تنش زدایی را در محل کارفرما انجام داد و در هزینه های حمل و نقل صرفه جویی کرد. تغییرات نامطلوب در لایه های بیرونی قطعات از قبیل اکسید شدگی در این روش اتفاق نمی افتد.

زمان مورد نیاز به مقدار زیادی کاهش یافته است. معمولاً اگر قطعات چندان پیچیده و بزرگ نباشند کل عملیات تنش گیری با استفاده از این روش در حد چند دقیقه وقت می گیرد. ولی به هر حال نسبت به روش حرارتی بسیاری از زمانها مثل آماده سازی کوره، زمان مورد نیاز برای گرم کردن و سپس سرد کردن آن که به صورت تدریجی می باشد حذف می شوند.

راندمان بالا و عدم تولید آلودگی از مزایای روش تنش زدایی ارتعاشی است. با توجه به مسائل زیست محیطی که امروزه بسیار مورد توجه جوامع مختلف است کاهش قابل توجه آلودگی و استفاده از انرژیهای پاک (برق) مهمترین مزیت این روش است.

مصرف توان و انرژی فوق العاده پایین است.

## ۷-۱- محدودیتهای تنش زدایی ارتعاشی

تنش زدایی ارتعاشی دارای محدودیتهایی نیز می باشد. به عنوان مثال بهبود دانه بندی که در روش تنش زدایی حرارتی ایجاد می گردد در این روش وجود ندارد و همچنین این روش جهت مواد کار سخت شده و مواد با تنش تسلیم بسیار بالا محدودیت وجود دارد.



## شناخت روشهای بازرسی و کنترل کیفی جوش

عنوان توانایی		زمان آموزش (ساعت)
نظری	عملی	
۱۵	-	<p>توانایی شناخت روش های بازرسی مخرب و غیر مخرب بر روی جوش</p> <p>آشنایی با روش FN۹۷۰ بازرسی با روش به صورت چشمی طبق استاندارد</p> <p>آشنایی با روش های بازرسی چشمی جوش قبل و بعد از جوشکاری هم چنین در حین کار</p> <p>راه های جوشکاری (guage) و به کار گیری آنها</p> <p>شناسایی روش تست مخرب خمش و کشش بر روی جوش ها</p> <p>شناسایی روش تست غیر مخرب مایع نافذ و ذرات مغناطیسی و کاربرد آن</p> <p>شناسایی روش تست مخرب اتراسونیک و کاربرد آن</p> <p>شناسایی روش تست غیر مخرب پرتونگاری و کاربرد آن</p>

۱ از فراگیر انتظار می رود در پایان این بخش بتواند.

۲ اصول بازرسی و کنترل کیفی جوش را توضیح دهد.

۳ روشهای متداول بازرسی را بشناسد.

۴ موارد کاربرد روشهای متداول بازرسی را بیان کند.

## ۱-۲- اصول کلی بازرسی و کنترل کیفی جوش

جوشکاری یک فرآیند حساس و ویژه است؛ لذا تنها از طریق بازرسی محصول نهایی نمی‌توان به کیفیت آن اطمینان نمود و آنرا تضمین کرد. بلکه ضروری است در طی فرآیند ساخت و تولید محصولات جوشکاری فعالیت‌های بازرسی و کنترل کیفی بصورت نظام‌مند و مرحله به مرحله در مورد مواد و متریال‌های مورد استفاده، ابزار، تجهیزات و دستگاه‌های جوشکاری و بازرسی، پرسنل جوشکار و بازرس، دستورالعمل‌های اجرایی و نیز شرایط اجراء و در نهایت بازرسی قطعات و مجموعه نهایی انجام شود. هم‌چنین لازم است در پایان فرآیند ساخت سازه مورد نظر، مستندات و مدارک مرتبط با کیفیت سازه بایگانی و برای مدت معینی نگهداری گردند.

فعالیت‌های بازرسی و کنترل کیفی مربوط به فرآیند ساخت سازه‌های جوشکاری را می‌توان به ۳ دسته مطابق شرح زیر تقسیم کرد؛

### الف- بازرسی قبل از جوشکاری (ساخت)

مواردی که قبل از جوشکاری لازم است از طریق بازرس مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرند شامل موارد زیر است:

۱- بررسی مدارک طراحی، نقشه‌های

جوشکاری و بازرسی

۲- بررسی دستورالعمل‌های تأیید شده

جوشکاری (WPS)

Welding Procedure Specification					
Client:	Mohd	Project:	221010Gastec	REF No:	WPS 6 R1
Procedure Description:	12" Heavy Wall Offshore Tie-In		42061/WPS		
Material:	ASME 9.1 Grade 250 API 5L X65	Diameter:	108.3	Thickness:	18.3
Position:	6G	Clamp Type:	Internal		
Preheat °C (Min):	100	Interpass °C (Max):	300		
Welding Process:	SMAW	HOT PASS:	SMAW	FILL & CAP:	SMAW
Welding Direction:	Vertical Down	Vertical Down:	SMAW	Vertical Down:	SMAW
Filler:	Lincoln SA707	Lincoln SA707:	Bokler BVD905M		
Polarity:	DC +ve	DC +ve:	DC +ve		
Shielding Gas:	N/A	N/A:	N/A		
Purge Gas:	N/A	N/A:	N/A		
Pass No	Filler Size (mm)	Amper	Volts	Speed (mm/min)	Root Gap (mm)
1	3.2mm	50-120	18-30	3.3-4.6	0-4.0
2	4.0mm	130-210	18-30	2.3-4.8	0-4.0
FILL	4.0mm	140-260	18-30	1.8-7.0	0-4.0
CAP	4.0mm	130-210	18-30	1.8-4.8	0-4.0
<b>NOTES:</b> 1. API Std 1104B/P1094-SP-PL-3010R1 2. Clamp removal stage: 100% completion of root (external clamp may be used in the event of a breakdown - removed after 50% minimum completion of the root) 3. Time lapse between root and second pass: 16 Minutes 4. Time lapse between second pass and 1 <sup>st</sup> fill: 12 Minutes 5. Minimum number of passes before pipe movement: 3 passes 6. Minimum number of passes before break in welding: 3 passes 7. Minimum Number of welders: Root & second pass: 2, Fill & Cap: 1 8. Method of cleaning: Grinder / Wire brush 9. Method of Preheat: Gas Torch 10. Qualification reference number: 48280/PP/WPS R1					
Company Welding Engineer Approved			Approved for Client		

### ۳- بررسی و کنترل تأییدیه دستورالعمل های جوشکاری (PQR)



### ۴- ارزیابی صلاحیت جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری



### ۵- بررسی و تأیید صلاحیت پرسنل بازرسی آزمون های غیرمخرب



۶- بررسی و تأیید برنامه جامع بازرسی و کنترل کیفی (QC Plan)

۷- بررسی و کنترل مدارک مواد پایه و مواد مصرفی جوشکاری نظیر: تیرآهن، ورق، پروفیل، الکتروود، پیچ،

مهره و ....



۸- بررسی و تأیید صلاحیت تجهیزات جوشکاری



۹- بررسی و تأیید برنامه ساخت و تولید محصول، دستورالعملها و رویه‌های اجرایی در خصوص کلیه

مراحل ساخت، مونتاژ، نصب و کنترل کیفی



۱۰- بررسی طرح اتصالها (مثل: زاویه شیار، دهانه ریشه، پشت بند، خال جوشها، شرایط تمیزکاری)، شرایط فیت آب، و مونتاژ قطعات

۱۱- بررسی و کنترل شرایط پیشگرم و یا نگهداری و پخت الکترودها (در صورت لزوم)



با توجه به موارد مذکور ملاحظه می شود بازرسی های قبل از جوشکاری نقش بسیار مهمی در رسیدن به کیفیت سازه های جوشکاری ایفاء می نمایند زیرا هر کدام بصورت مستقیم در کیفیت جوشکاری تأثیر گذارند و چنانچه به درستی و به موقع انجام شوند، از بسیاری مسائل و مشکلاتی که در مراحل بعدی ممکن است اتفاق بیافتد، جلوگیری گردد.

### ب- بازرسی حین جوشکاری (ساخت)

در حین جوشکاری، چندین آیتم وجود دارد که نیاز به کنترل دارند تا نتیجتاً جوش رضایتبخشی حاصل شود. هر کدام از این فاکتورها اگر نادیده گرفته شود سبب بوجود آمدن ناپوستگی هایی می شود که می تواند کاهش جدی کیفیت را در بر داشته باشد. بعضی از این جنبه های ساخت که باید کنترل شوند

شامل موارد زیر می باشد:

- ۱- کنترل پارامترهای اساسی جوشکاری مثل: شدت جریان، ولتاژ قوس، قطبیت جریان، سرعت پیشروی جوشکاری و غیره
- ۲- کنترل دمای پیشگرم و دمای بین پاسی
- ۳- کیفیت پاس ریشه جوش
- ۴- کنترل توالی و ترتیب جوشکاری
- ۵- بررسی شرایط تمیزکاری پاسهای جوشکاری و شکل فلز جوش
- ۶- کنترل استفاده صحیح از مواد مصرفی جوشکاری
- ۷- بررسی شرایط شیار زنی و پشتبند
- ۸- کنترل پیچیدگی و بررسیهای ابعادی
- ۹- انجام بازرسیهای حین جوشکاری که بر حسب مورد ممکن است در نظر گرفته شوند.

### ج- بازرسی پس از جوشکاری (ساخت)

علی‌رغم همه توصیه‌ها و بازرسی‌هایی که در مراحل قبل و حین جوشکاری صورت می‌گیرد و شرایطی که لازم است در قبل و حین جوشکاری رعایت شده باشد باز هم ممکن است عیب و ایرادهایی در عمل ایجاد شود. لذا هدف اساسی از بازرسی و کنترل کیفی قطعات و سازه‌های جوشکاری شده کسب اطمینان از کیفیت و انطباق مشخصات آن با معیارهای از پیش تعیین شده است. بعضی از موارد بازرسی بعد از تکمیل جوشکاری دارند عبارتند از:

- ۱- کنترل شکل، ترکیب و ابعاد قطعات یا مجموعه جوشکاری شده
- ۲- کنترل نتایج عملیات پس از جوشکاری مثل: عملیات حرارتی، تنش‌زدایی و غیره
- ۳- بازرسی چشمی جوش‌ها از نظر ظاهری و ایجاد ناپیوستگی‌های احتمالی نظیر: تخلخل، ذوب ناقص، نفوذ ناقص، بریدگی کناره جوش، رویهم افتادگی، ترکها، ناخالصی‌های سرباره، گرده جوش اضافی و غیره
- ۴- انجام آزمایشهای مخرب (در صورت لزوم)
- ۵- انجام بازرسی‌های غیر مخرب تکمیلی متناسب با استاندارد و شرایط از پیش تعیین شده

## ۲-۲- آشنایی با روش های متداول بازرسی های غیر مخرب

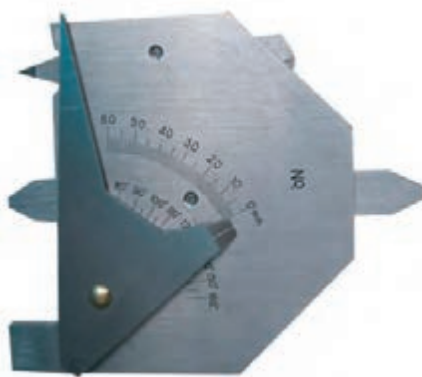
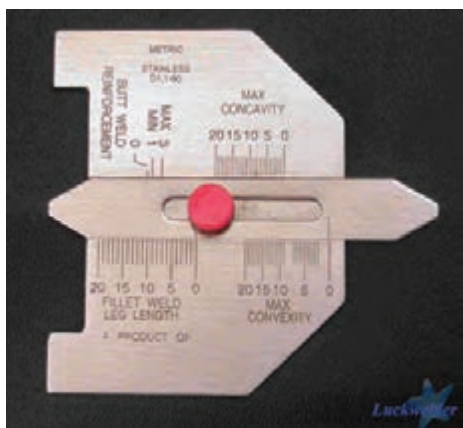
در طی مراحل ساخت و تولید و یا حمل و نقل و استفاده از قطعات و محصولات جوشکاری ممکن است انواع عیوب با اندازه ها و شکل های مختلف در ماده یا قطعه به وجود آیند. منشا عیوبی که در مواد و قطعات یافت می شوند به طور عمده عبارتند از:

- فرآیند تولید محصولات نیم ساخته مثل: ریخته گری، نورد، اکستروژن، آهنگری یا فورج و غیره
  - فرآیند ساخت قطعات و مجموعه ها مثل: برشکاری، ماشینکاری، عملیات حرارتی، جوشکاری، و غیره
  - زمان استفاده یا کاربری و حمل و نقل به وجود می آیند
- چون نوع، اندازه، شکل و موقعیت هر عیب روی عملکرد قطعه تاثیر دارد بنابراین آشکار سازی وجود عیب و مشخصات آنها در مرحله از تولید و بهره برداری ضروری است. بازرسی هایی غیرمخرب در عمل دارای تنوع زیادی هستند. اعتبار هر روش آزمون غیرمخرب بستگی به قابلیت و توانمندی آن روش در آشکار سازی نوع، شکل، اندازه و موقعیت وجود عیب دارد. در این قسمت روشهای متداول و پر کاربرد بازرسی غیر مخرب را در خصوص سازه های جوشکاری به صورت مختصر معرفی می کنیم.

### ۲-۲-۱- بازرسی چشمی

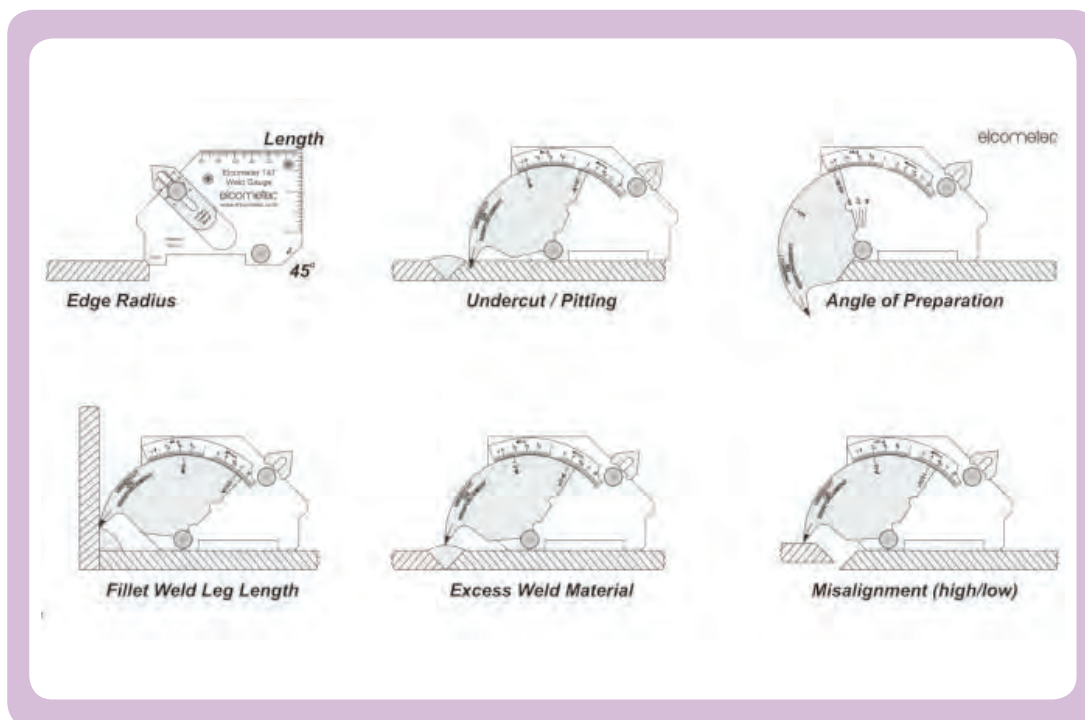
به طور معمول در برنامه های بازرسی و کنترل کیفیت محصولات جوشکاری آزمون چشمی به عنوان اولین روش مورد استفاده قرار می گیرد و یا در بعضی موارد به عنوان تنها روش ارزیابی و بازرسی محسوب می شود. اساس بازرسی چشمی مشاهده است و در عمل برای افزایش دقت و کارایی آن از ابزار و وسایل کمکی مثل: چراغ قوه، ذره بین، آینه، خط کش، انواع گیج و وسایل دیگر نیز استفاده می شود.







قابلیت روش بازرسی چشمی شناسایی نواقص و عیوب سطحی یا ظاهری می‌باشد. با استفاده از این تکنیک بازرسی می‌توان بسیاری از عیوب و نواقص ظاهری جوش مثل: تخلخل، ذوب ناقص، نفوذ ناقص، بریدگی یا سوختگی کناره جوش، رویهم افتادگی، ترک‌های سطحی، ناخالصی‌های سرباره، گرده جوش اضافی، وضعیت ظاهری و ابعاد جوش، نفوذ اضافی ریشه و موارد دیگر را با وسایل خیلی ساده و با سرعت در مراحل مختلف ساخت و تولید ارزیابی کرد.



همان‌طور که پیشتر نیز گفته شد اکثر بازرسی‌های مربوط به مراحل قبل و حین جوشکاری نیز بر اساس بررسی‌ها و مشاهدات چشمی استوار است لذا ملاحظه می‌شود این نوع بازرسی چنانچه به موقع و از طریق افراد با تجربه صورت پذیرد بسیار کارآمد و موثر است. و به تجربه ثابت شده است؛ بسیاری از عیوبی که بعدها با روشهای بازرسی پیشرفته و پرهزینه کشف می‌شوند، از طریق برنامه‌مند بازرسی چشمی و کنترل‌های قبل، حین و بعد از جوشکاری به راحتی قابل آشکارسازی می‌باشند.

## ۲-۲-۲- بازرسی به وسیله مایعات نافذ

ترکها و حفرات کوچک سطحی که در بازرسی چشمی قابل رویت نمی باشند را می توان بوسیله آزمون مایعات نافذ شناسایی کرد. آزمون مایعات نافذ به دو طریق صورت می گیرد؛

۱- با استفاده از محلول های رنگی که با چشم غیر مسلح دیده می شوند.

۲- با استفاده از محلول های دارای موادی که زیر نور فلورسنت دیده می شوند.



### مراحل انجام کار

۱- سطح قطعه مورد نظر را تمیز و خشک مینماییم (سطح باید عاری از هرگونه شی خارجی مثل براده ها باشد تا مایع نافذ بخوبی داخل ترکها نفوذ نماید).



۲- سپس بوسیله مایع نافذ (penetrant) سطح موردنظر را می پوشانیم که میتوان این عمل را با اسپری نمودن نافذ و یا غوطه ور ساختن قطعه درون نافذ انجام داد. بر اثر خاصیت موینگی نافذ به درون ترکها نفوذ میکند و برای اینکه از نفوذ آن اطمینان حاصل نماییم مدتی را صبر کرده (حدود ۳۰ دقیقه) و سپس

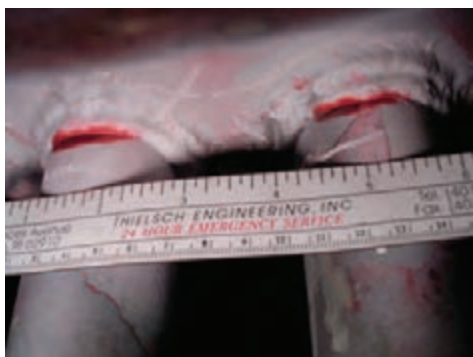
ماده نافذ اضافی را از روی سطح پاک میکنیم.



۳- ظاهر کننده (Developer) که پودر سفید رنگی میباشد را روی سطح فوق اسپری میکنیم. ظاهر کننده باعث میشود مایع نافذ از ترکها بیرون کشیده شود و در نتیجه رنگ بر روی سطح پس میزند.



۴- سپس بوسیله بازرسی چشمی تحت نور سفید (در صورت استفاده از رنگ مرئی) و یا نور ماورابنفش (در صورت استفاده از رنگ فلورسنتی) نشانه های رنگی ایجاد شده را مشاهده نموده و محل عیوب و ترکها مشخص میگردد.



استفاده‌های عمومی:

شناسایی و تشخیص محل عیوب سطحی در مواد بدون خلل و فرج

**کاربردها:**

شناسایی ترک و منفذ در جوش

شناسایی عیوب سطحی در ریخته گری

شناسایی ترک ناشی از خستگی در اجسام تحت تنش

**محدودیتها:**

جسم باید تقریباً سطح غیر متخلخل و صافی داشته باشد.

زمان تخمینی جهت ارزیابی کمتر از یک ساعت:

## ۳-۲-۲- بازرسی با ذرات مغناطیسی (Magnetic Particle Testing)



بازرسی با ذرات مغناطیسی، روش حساسی برای ردیابی عیوب سطحی و برخی نقصهای زیر سطحی (نزدیک به سطح) در قطعات دارای خاصیت فرو مغناطیسی است. پارامترهای اساسی فرآیند به مفاهیم نسبتاً ساده‌ای بستگی دارد. هنگامی که یک قطعه فرو مغناطیسی، مغناطیس می‌شود، ناپیوستگی مغناطیسی که تقریباً در راستای عمود بر جهت میدان مغناطیسی واقع است، موجب ایجاد یک میدان نشتی قوی می‌شود. این میدان نشتی در رو و بالای سطح قطعه مغناطیس شده حضور دارد و می‌تواند توسط ذرات ریز مغناطیسی آشکار شود.

ذرات مورد استفاده در تست MT از موادی که به دقت از لحاظ مغناطیس شوندگی، شکل و قابلیت نفوذپذیری انتخاب شده‌اند می‌باشند. این ذرات، مغناطیس باقی مانده را در خود نگه نمی‌دارند. این ذرات

از براده های تراشکاری هم کوچکترند و در حقیقت این ذرات شبیه پودر می باشند . ذرات بر مبنای روشهای استفاده آنها به دو گروه خشک و تر طبقه بندی می شوند. ذرات مغناطیسی توسط نشت میدان مغناطیسی جذب می شوند و تجمع ذرات در محل عیب و نشت میدان می توان موجب آشکار شدن علائم عیب شود . در روش فلوروسنت از لامپ UV ( ماوراء بنفش ) که دارای نور مرئی می باشند و به آن نور سیاه نیز گفته می شود استفاده می گردد. پس عملیات تست به وسیله روش فلوروسنت در نور مرئی انجام پذیر نیست. ذرات مغناطیسی باید دارای قابلیت نفوذپذیری زیاد باشند تا اطمینان از این که جذب این ذرات توسط میدانهای ضعیف هم صورت می گیرد حاصل شود و همچنین باید این ذرات قابلیت نگهداری کم داشته باشند تا مغناطیس باقیمانده در آن کم باشد و این مواد باید بلافاصله بعد از قطع میدان برطرف شوند البته اگر جذب نشتی میدان نشوند. پاشیدن ذرات خشک یا ذرات مرطوب با یک مایع محلول بر روی سطح قطعه، موجب تجمع ذرات مغناطیسی روی ناپیوستگی می شود. بنابراین پل مغناطیسی تشکیل شده، موقعیت، اندازه و شکل ناپیوستگی را نشان می دهد. این روش بازرسی در صنایع مختلف مثل: لوله سازی، خودرو، ماشین سازی، هوافضا، کشتی سازی و غیره کاربرد وسیعی دارد.

## مراحل کار

تست ذرات مغناطیسی شامل هفت مرحله اصلی می باشد که این مراحل به ترتیب شامل:

۱- تمیز کردن سطح جوش و آماده سازی سطح قطعه



۲- پاشیدن محلول محتوی ذرات مغناطیسی

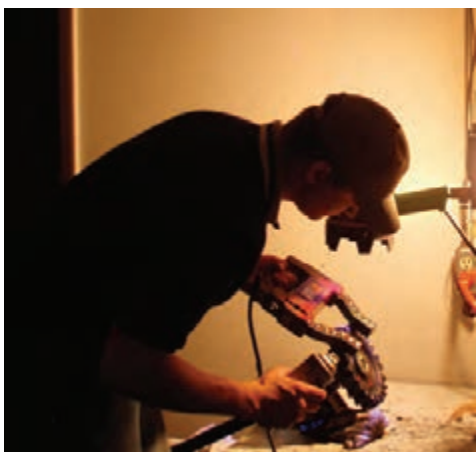




۳- ایجاد میدان مغناطیس در ناحیه جوش ( جهت طولی) و بازرسی برای علائم عیوب طولی



۴- ایجاد میدان مغناطیس در ناحیه جوش ( جهت عرضی) و بازرسی برای علائم حاصل از عیوب عرضی



۵- مغناطیس زدایی

۶- تمیز کردن کامل سطح قطعه از مواد تست

یک قطعه را می توان با به کار بردن آهنرباهای دائم، آهنرباهای الکتریکی و یا عبور یک جریان قوی از درون یا بیرون قطعه، مغناطیس کرد. با توجه به این که با روش آخر می توان میدانهای مغناطیسی با شدت زیاد در داخل قطعه ایجاد کرد، این روش به صورت گسترده ای در کنترل کیفی محصول به کار می رود زیرا این روش حساسیت خوبی برای شناسایی عیوب قطعات و آشکارسازی آنها عرضه

می دارد

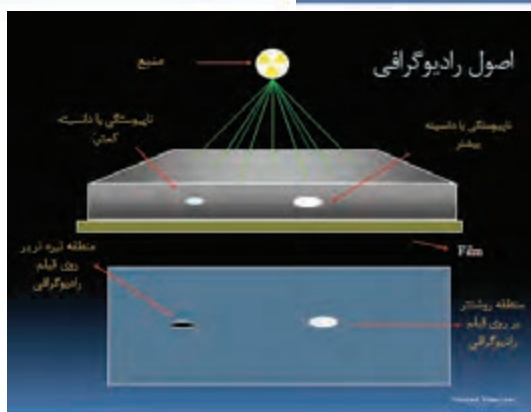
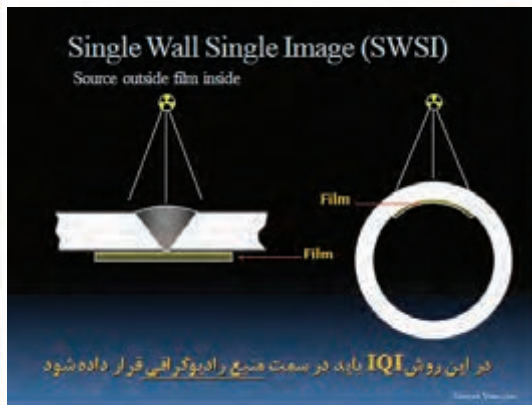
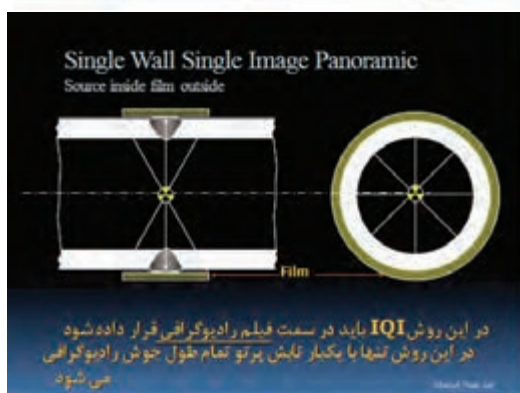
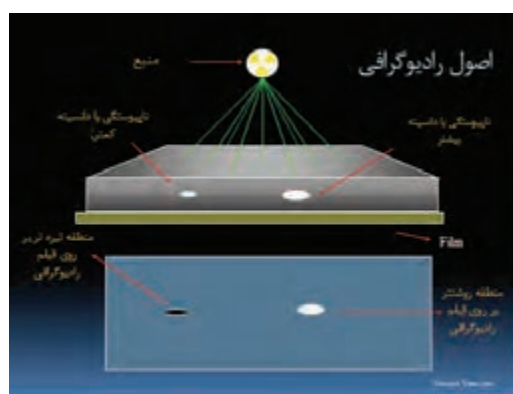
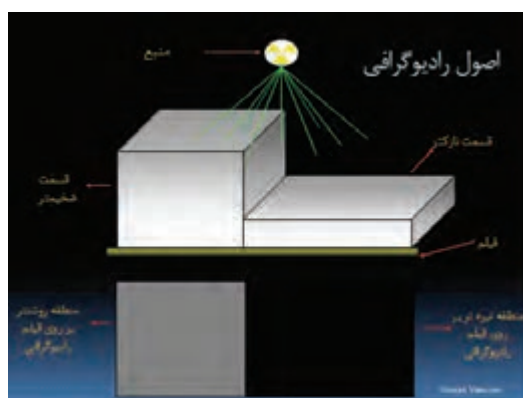
## ۴-۲-۲- آزمایش فراصوتی (Ultrasonic Testing)

در این روش، امواج صوتی با فرکانس حدود ۵/۰ تا ۲۰ مگاهرتز به درون قطعه فرستاده می‌شود. این موج پس از برخورد به سطح مقابل قطعه و یا سطوح ناشی از وجود ناپیوستگی در داخل قطعه باز تابیده می‌شود. با توجه به اختلاف زمانی رفت و برگشت امواج، می‌توان ضخامت قطعه و یا موقعیت و اندازه ناپیوستگی‌های داخل قطعه را مشخص کرد. روشهای فراصوتی به طور گسترده‌ای برای آشکارسازی عیوب داخلی مواد به کار می‌روند.



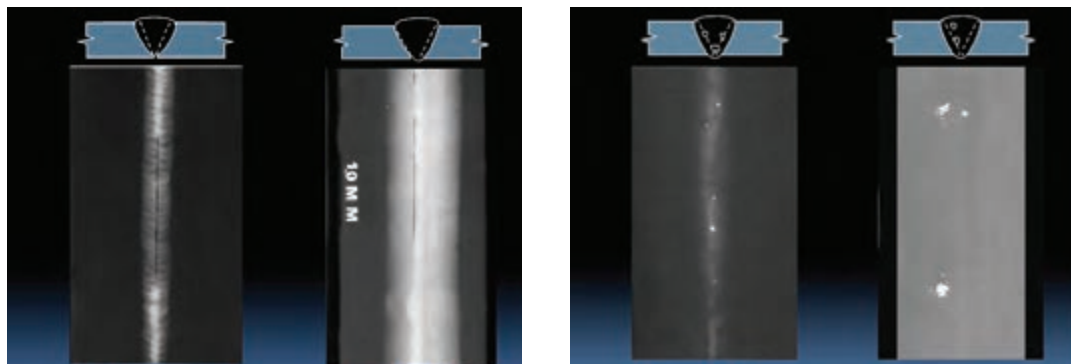
## ۵-۲-۲- آزمایش پرتو نگاری و تفسیر فیلم Radiographic Testing and Film Interpretation

تابش الکترومغناطیسی با طول موجهای بسیار کوتاه، یعنی پرتو ایکس یا پرتو گاما از درون مواد جامد عبور می‌کند اما بخشی از آن، توسط محیط جذب می‌شود. مقدار جذب پرتو در هنگام عبور از ماده به چگالی و ضخامت ماده و همچنین ویژگیهای تابش بستگی دارد. تابش عبوری از درون ماده می‌تواند به وسیله یک فیلم یا کاغذ حساس آشکار شده و روی صفحه فلورسنت مشاهده شود، یا این که توسط دستگاههای حساس الکترونیکی نشان داده شود. اگر بخواهیم دقیقتر بگوییم، عبارت پرتو نگاری به معنی فرایندی است که در نتیجه آن، تصویری روی فیلم ایجاد شود، بررسی این فیلم را تفسیر می‌گوییم.



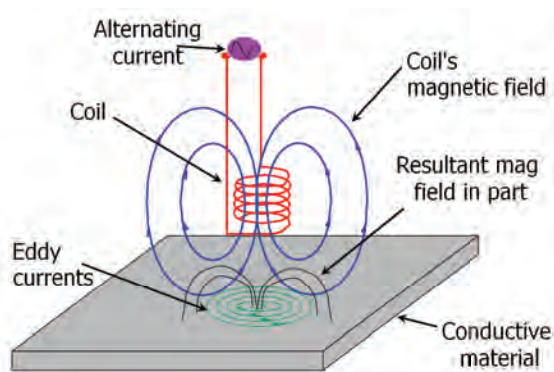


بعد از این که فیلم عکس گرفته شده پرتو نگاری ظاهر شد، تصویری سایه روشن با چگالی متفاوت مشاهده می شود. قسمت هایی از فیلم که بیشترین مقدار تابش را دریافت کرده اند، سیاه تر دیده می شوند. هم چنانکه پیشتر گفته شد، مقدار تابش جذب شده توسط ماده، تابعی از چگالی و ضخامت آن خواهد بود. همچنین وجود عیوب خاص، مانند حفره ها و تخلخل درون ماده، بر مقدار تابش جذب شده تاثیر خواهد گذاشت. بنابراین پرتو نگاری می تواند برای آشکار سازی انواع خاصی از عیوب در بازرسی مواد و قطعات به کار رود.



استفاده از پرتو نگاری و فرآیندهای مربوط به آن باید به شدت کنترل شود، زیرا قرار گرفتن انسان در معرض پرتو می تواند منجر به آسیب بافت بدن شود.

## ۶-۲-۲- آزمایش جریان گردابی (Eddy Current Testing)



اساس روشهای آزمون الکترومغناطیسی بر این است که وقتی یک سیم پیچ حامل جریان متناوب، نزدیک ماده ای تقریباً رسانا قرار داده شود، جریانهای گردابی یا ثانویه در آن ماده القا خواهد شد. جریانهای القایی، میدانی مغناطیسی ایجاد خواهند کرد که در جهت مخالف میدان مغناطیسی اولیه اطراف سیم پیچ است. تاثیر متقابل بین میدانها موجب ایجاد یک نیروی ضد محرکه الکتریکی در سیم پیچ شده و در نتیجه سبب تغییر مقدار مقاومت ظاهری سیم پیچ خواهد شد.









اگر ماده از نظر ابعاد و ترکیب شیمیایی یکنواخت باشد. مقدار مقاومت ظاهری سیم پیچ کاوشگر نزدیک سطح قطعه در کلیه نقاط سطح قطعه یکسان خواهد بود، به غیر از تغییر اندکی که نزدیک لبه‌های نمونه مشاهده می‌شود. اگر ماده ناپیوستگی داشته باشد، توزیع و مقدار جریانهای گردابی مجاور آن تغییر می‌کند و در نتیجه کاهشی در میدان مغناطیسی در رابطه با جریانهای گردابی به وجود می‌آید، بنابراین مقدار مقاومت ظاهری سیم پیچ کاوشگر تغییر خواهد کرد.

از روی تحلیل این آثار می‌توان در مورد کیفیت و شرایط قطعه کار نتیجه‌گیری کرد. این روشها بسیار متنوع هستند و با وسیله و روش آزمون مناسب، می‌توان آنها را برای آشکارسازی عیوب سطحی و زیر سطحی قطعات و تعیین ضخامت پوشش فلزات به کار برد و اطلاعاتی در زمینه مشخصات ساختاری مانند اندازه دانه بندی و شرایط عملیات حرارتی به دست آورد. همچنین می‌توان خواص فیزیکی مانند رسانایی الکتریکی تراوایی مغناطیسی و سختی فیزیکی را تعیین کرد

## توانایی جوشکاری در سطح E5

عنوان توانایی		زمان آموزش (ساعت)
جوشکاری قوس با الکترود روپوش دار در سطح E5		نظری
		عملی
		۱
		۶۴

Practical exercises E5 تعریف عملی جوشکاری در سطح E5						
exercises تعاریف عملی						
Type of weld نوع جوش	Recommended thickness mm	Position	sketch	Stick electrode روپوش دار الکترود		Remarks توضیحات
				type	mm	
Introduction						
V-butt weld	>12	PC		R.B	2.5,3,2	One side welding
K-butt weld	>12	PC		R.B	2.5,3,2	
V-butt weld	>12	PE		R.B	2.5,3,2	One side welding
V-butt weld	4-5	PC		R.B	2.5	One side welding
V-butt weld	4-5	PE		R.B	2.5,3,2	One side welding
V-butt weld	>12	PF		R.B	2.5,3,2	One side welding

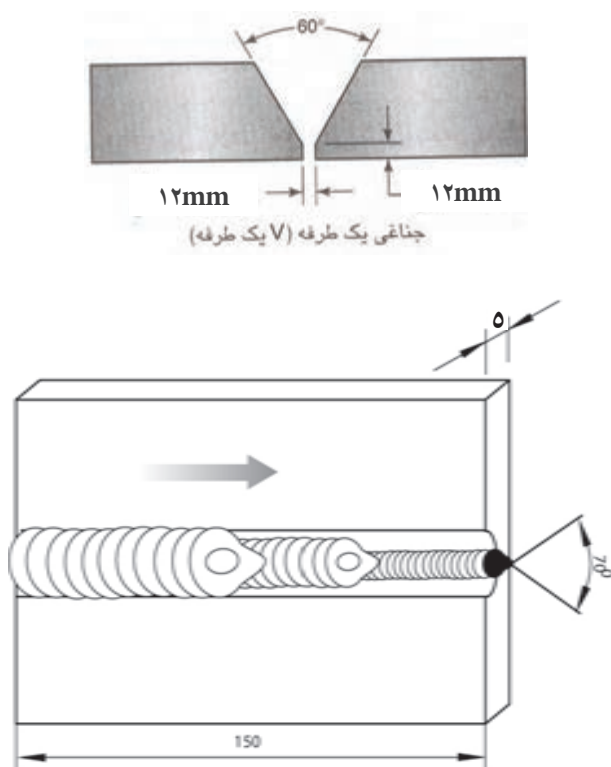
فراگیرنده پس از پایان این درس باید بتواند

## جوشکاری با طرح اتصال لب به لب و پخ V در وضعیت افقی (pc)

نکات ایمنی را کنترل نمائید و مواد، ابزار و تجهیزات جوشکاری را تدارک ببینید.

جدول وسایل کار				جدول وسایل ایمنی			
ردیف	نام وسیله یا ابزار	مشخصات	تعداد	ردیف	نام وسیله	مشخصات	تعداد
۱	کابل های دستگاه	طول حدود ۳ متر	۲	۱	ماسک	کلاهی	۱
۲	رکتیفایر جوش	تا ۳۰۰ آمپر	۱ دستگاه	۲	پیش بند	چرمی	۱
۳	انبر قطعه گیر	استاندارد	۱	۳	دستکش	چرمی	۱ جفت
۴	چکش جوشکاری	معمولی	۱	۴	لباس کار	مناسب بدن	۱ دست
۵	برس سیمی	با سیم فولادی	۱	۵	پلند	چرمی	۱ جفت
				۶	کفش ایمنی	اندازه پای جوشکار	۱ جفت

جدول مواد لازم				
ردیف	نام	مشخصات	تعداد	ملاحظات
۱	ورق فولادی	۱۵۰ × ۱۰۰ × ۱۵	به تعداد لازم	قطر ۳/۲ یا ۲/۵
۲	الکتروود	E-۷۰۱۸ E-۶۰۱۰	به مقدار کافی	



شماره نقشه کار: E5-۱	جنس	ابعاد (میلی متر)	وضعیت جوشکاری	نوع جنس	نوع اتصال	نوع جریان و قطبیت
مشخصات قطعه کار	st۳۷	۵×۱۰۰×۱۵۰	افقی pc	جناغی	سر به سر	متناسب با توصیه سازنده الکتروود
			نوع الکتروود: رتیلی یا بازی		سایز الکتروود	۳/۲ یا ۲/۵
فرآیند جوشکاری قوس با الکتروود روپوش دار						
هدف آموزش: توانایی جوشکاری قوس الکتروود دستی در وضعیت pc با اتصال سر به سر						

## مراحل انجام کار

### مرحله ۱



۱- لباس کار بپوشید و پس از پوشیدن لباس کار مناسب وسائل ایمنی را آماده کنید.

### مرحله ۲



۲- ابزار و تجهیزات جوشکاری و نیز وسائل و امکانات کارگاهی را از نظر ایمنی کنترل کنید.

### مرحله ۳



۳- قطعه کار را در وضعیت مناسب روی میز قرار دهید و آنرا مونتاژ نمایید.

## مرحله ۴



۴- دستگاه رکتیفایری را که برای جوشکاری با فرآیند الکترو د دستی انتخاب شده با رعایت نکات ایمنی راه اندازی نمائید و آمپر مناسب را تنظیم کنید.

## مرحله ۵



۵- مطابق دستورالعمل جوشکاری نسبت به اجرای جوش اقدام کنید.

## مرحله ۷



۶- پاس اول را مطابق دستورالعمل و زیر نظر مربی اجرا نمائید.

۷- پس از هر پاس جوشکاری ضمن استفاده از وسایل ایمنی و محافظ تمیزکاری کنید (مواظب چشم های خود باشید و از عینک مخصوص استفاده کنید).





نکته

چشم جوشکار و اطرافیان باید از رسیدن اشعه‌ها و نور جوشکاری در امان باشد. (تحت محافظت باشد)

مرحله ۸



۸- پاسهای بعدی را روی پاس اول اجرا نمائید و به ترتیب پر شدن درز اتصال توجه کنید

مرحله ۹



۹- چنانچه سطح قطعه کار از جوش یا خال جوش و جرقه پر شد با استفاده از چکش جوشکاری و برس سیمی تفاله‌ها (سرباره‌ها) را پاک کنید.

## مرحله ۹

۱۰- پس از پایان کار قطعه کار را تمیز کنید و به

مربی خود نشان دهید



۱۱- قطعه کار خود را به کمک ابزار بازرسی چشمی کنترل نمائید و در خصوص عیوب احتمالی خط

جوش و دلایل احتمالی ایجاد آن گزارش تهیه کنید و آنرا با کمک مربی خود بررسی نمائید.

## مرحله ۱۱

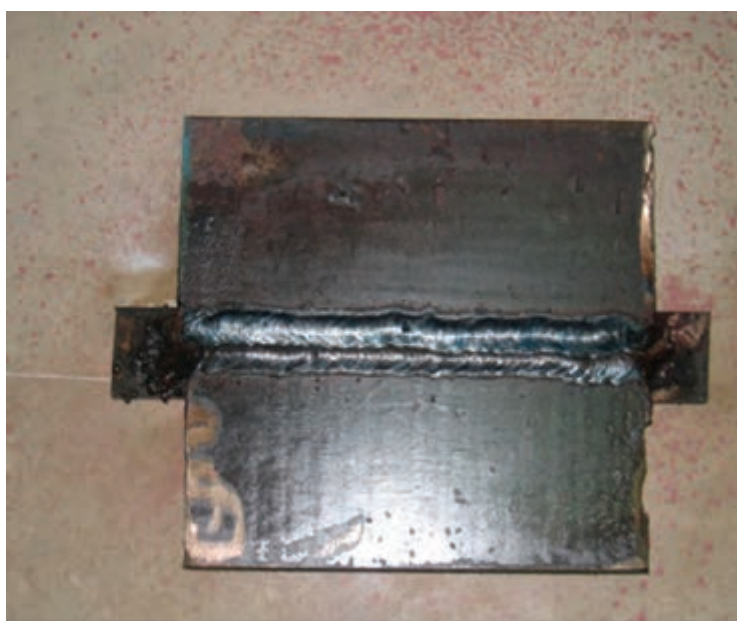
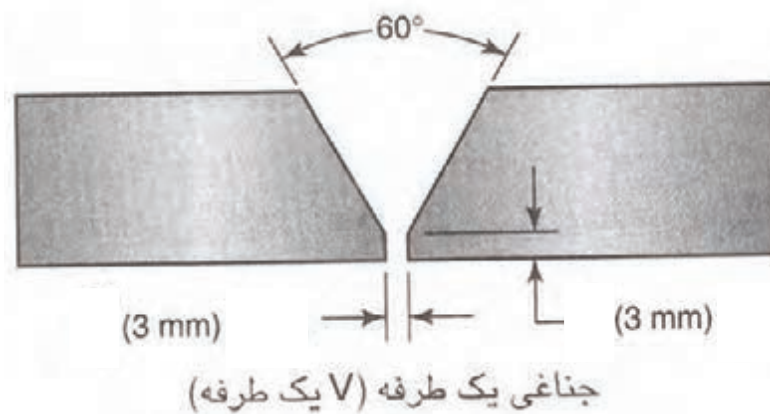


## جوشکاری با طرح اتصال لب به لب و پخ V در وضعیت افقی (pc)

نکات ایمنی را کنترل نمائید و مواد، ابزار و تجهیزات جوشکاری را تدارک بینید.

جدول وسایل کار				جدول وسایل ایمنی			
ردیف	نام وسیله یا ابزار	مشخصات	تعداد	ردیف	نام وسیله	مشخصات	تعداد
۱	کابل های دستگاه	طول حدود ۳ متر	۲	۱	ماسک	کلاهی	۱
۲	رکتیفایر جوش	تا ۳۰۰ آمپر	۱ دستگاه	۲	پیش بند	چرمی	۱
۳	انبرقطعه گیر	استاندارد	۱	۳	دستکش	چرمی	۱ جفت
۴	چکش جوشکاری	معمولی	۱	۴	لباس کار	مناسب بدن	۱ دست
۵	برس سیمی	با سیم فولادی	۱	۵	پابند	چرمی	۱ جفت
				۶	کفش ایمنی	اندازه پای جوشکار	۱ جفت

جدول مواد لازم				
ردیف	نام	مشخصات	تعداد	ملاحظات
۱	ورق فولادی	۱۵۰×۱۰۰×۱۵	به تعداد لازم	قطر ۳/۲ یا ۲/۵
۲	الکتروود	E-۷۰۱۸ E-۶۰۱۰	به مقدار کافی	



شماره نقشه کار: E5-۲	جنس	ابعاد(میلی متر)	وضعیت جوشکاری	نوع جوش	نوع اتصال	نوع جریان و قطبیت
مشخصات قطعه کار	st۳۷	۱۵۰×۱۰۰×۱۵	افقی pc	جناقی	سر به سر	متناسب با توصیه سازنده الکتروود
			نوع الکتروود: رتیلی یا بازی			سایز الکتروود
فرآیند جوشکاری قوس با الکتروود روپوش دار						
هدف آموزش: توانایی جوشکاری قوس الکتروود دستی در وضعیت pc با اتصال سر به سر						

## مراحل اجرای کار

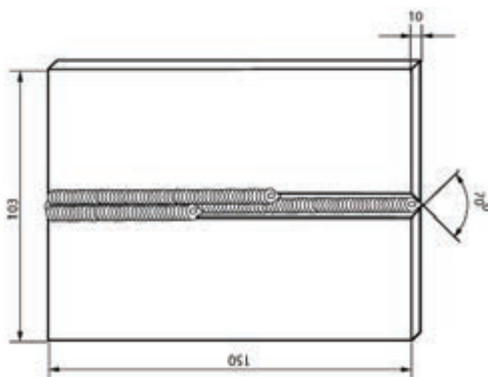
?

تمام مراحل کار مطابق دستور کار (E5-1) است با این تفاوت که در این مرحله از قطعه کار با ضخامت بیش تر از ۱۲ میلی متر برای تمرین استفاده کنید.

توجه

?

به ترتیب قرار گرفتن پاس های جوشکاری در کنار هم توجه کنید.



توجه

در پایان کار قطعه کار را تمیز کنید و به کمک مربی خود آنرا بررسی نمائید.



قطعه کار خود را به کمک ابزار بازرسی چشمی کنترل نمائید و در خصوص عیوب احتمالی خط جوش و دلایل احتمالی ایجاد آن گزارش تهیه کنید و آنرا با کمک مربی خود بررسی نمائید.



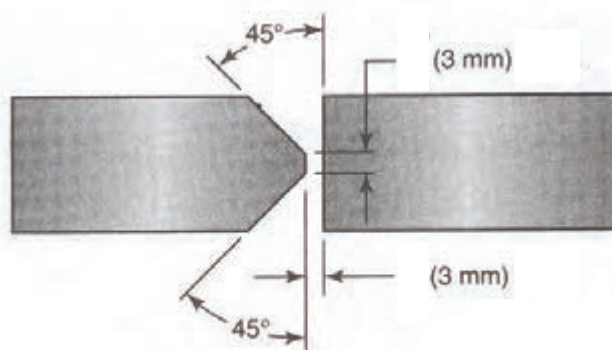
## جوشکاری با طرح اتصال لب به لب و پخ V در وضعیت افقی (pc)

نکات ایمنی را کنترل نمائید و مواد، ابزار و تجهیزات جوشکاری را تدارک بینید.

جدول وسایل کار				جدول وسایل ایمنی			
ردیف	نام وسیله یا ابزار	مشخصات	تعداد	ردیف	نام وسیله	مشخصات	تعداد
۱	کابل های دستگاه	طول حدود ۳ متر	۲	۱	ماسک	کلاهی	۱
۲	رکتیفایر جوش	تا ۳۰۰ آمپر	۱ دستگاه	۲	پیش بند	چرمی	۱
۳	انبر قطعه گیر	استاندارد	۱	۳	دستکش	چرمی	۱ جفت
۴	چکش جوشکاری	معمولی	۱	۴	لباس کار	مناسب بدن	۱ دست
۵	برس سیمی	با سیم فولادی	۱	۵	پابند	چرمی	۱ جفت
۶	سوزن خط کش	معمولی	۱	۶	کفش ایمنی	اندازه پای جوشکار	۱ جفت
۷	خط کش ۳۰ سانتی	فولادی	۱				
۸	سوزن خط کش	معمولی	۱				
۹	خط کش ۳۰ سانتی	فولادی	۱				

جدول مواد لازم				
ردیف	نام	مشخصات	تعداد	ملاحظات
۱	ورق فولادی	۱۵۰ × ۱۰۰ × ۱۵	به تعداد لازم	
۲	الکتروود روپوش دار	E-۷۰۱۸ E-۶۰۱۰	به مقدار کافی	قطر ۳/۲ یا ۲/۵





نیم جناغ دو طرفه



شماره نقشه کار: E۵-۳	جنس	ابعاد(میلی متر)	وضعیت جوشکاری		نوع جوش	نوع اتصال	نوع جریان و قطبیت
مشخصات قطعه کار	st۳۷	۱۵۰×۱۰۰×۱۵	افقی pc		جناغی	سر به سر	متناسب با توصیه سازنده الکتروود
			نوع الکتروود: رتیلی یا بازی		سایز الکتروود	۳/۲ یا ۲/۵	
فرآیند جوشکاری قوس با الکتروود روپوش دار							
هدف آموزش: توانایی جوشکاری قوس الکتروود دستی در وضعیت pc با اتصال سر به سر و طرح اتصال k شکل							

## مراحل انجام کار

۱- لباس کار بپوشید و آماده برای کار شوید.



### مرحله ۲

۲- وسائل ایمنی و ابزار و تجهیزات جوشکاری را تدارک ببینید (تحویل بگیرید).



### مرحله ۳

۳- قطعه کاری را مطابق نقشه انتخاب و پلیسه گیری نموده و نیز سطح آن را از زنگار و آلودگی های دیگر با استفاده از برس سیمی تمیز کنید



## مرحله ۴



۴- قطعه کار را در وضعیت مناسب ببندید و یک طرف آنرا جوشکاری کنید.  
پس از اجرای خط جوش ها اجازه دهید قطعه کار سرد شود و عملیات تمیزکاری را انجام دهید.

## نکته ایمنی

موقع پاک کردن شلاکه ها از روی خط جوش ها حتماً از عینک ایمنی مناسب استفاده کنید.

## مرحله ۵



۵- قطعه کار را برای انجام جوشکاری طرف دوم در وضعیت مناسب ببندید و طرف دیگر را هم جوشکاری کنید

۶- پس از اجرای جوش کاری اجازه دهید قطعه کار سرد شود و عملیات تمیزکاری را در طرف دوم انجام دهید.

۷- دستگاه را خاموش کنید.

مرحله ۳



۸- قطعه کار خود را به کمک ابزار بازرسی چشمی کنترل نمائید و در خصوص عیوب احتمالی خط جوش و دلایل احتمالی ایجاد آن گزارش تهیه کنید و آنرا با کمک مربی خود بررسی نمائید.

مرحله ۱۱



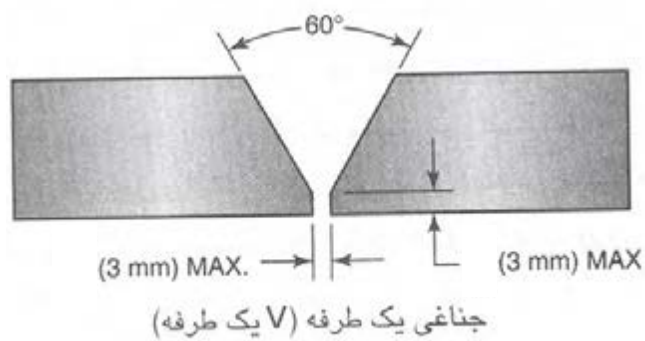
۹- در پایان کار ابزار و وسائل را جمع‌آوری کرده، میز کار را تمیز و مرتب کنید و ابزار و وسائل را به انبار تحویل دهید.

## جوشکاری با طرح اتصال لب به لب و پخ V در وضعیت سربالا (PF)

نکات ایمنی را کنترل کنید و امکانات جوشکاری را فراهم نمایید.

جدول وسایل کار				جدول وسایل ایمنی			
ردیف	نام وسیله یا ابزار	مشخصات	تعداد	ردیف	نام وسیله	مشخصات	تعداد
۱	کابل های دستگاه	طول حدود ۳ متر	۲	۱	ماسک	کلاهی	۱
۲	رکتیفایر جوش	تا ۳۰۰ آمپر	۱ دستگاه	۲	پیش بند	چرمی	۱
۳	انبر قطعه گیر	استاندارد	۱	۳	دستکش	چرمی	۱ جفت
۴	چکش جوشکاری	معمولی	۱	۴	لباس کار	مناسب بدن	۱ دست
۵	برس سیمی	با سیم فولادی	۱	۵	پابند	چرمی	۱ جفت
۶	سوزن خط کش	معمولی	۱	۶	کفش ایمنی	اندازه پای جوشکار	۱ جفت
۷	خط کش ۳۰ سانتی	فولادی	۱				
۸	سوزن خط کش	معمولی	۱				
۹	خط کش ۳۰ سانتی	فولادی	۱				

جدول مواد لازم				
ردیف	نام	مشخصات	تعداد	ملاحظات
۱	ورق فولادی	۱۵۰ × ۱۰۰ × ۱۵	به تعداد لازم	
۲	الکتروود روپوش دار	E-۷۰۱۸ E-۶۰۱۰	به مقدار کافی	قطر ۳/۲ یا ۲/۵



شماره نقشه کار: E5-4	جنس	ابعاد(میلی متر)	وضعیت جوشکاری	نوع جوش	نوع اتصال	نوع جریان و قطبیت
مشخصات قطعه کار	st37	۱۵۰×۱۰۰×۱۵	PF	جناغی	سر به سر	متناسب با توصیه سازنده الکترود
			نوع الکترود: رتیلی یا بازی			سایز الکترود
فرآیند جوشکاری قوس با الکترود روپوش دار						
هدف آموزش: توانایی جوشکاری قوس الکترود دستی در وضعیت PF با اتصال سر به سر						



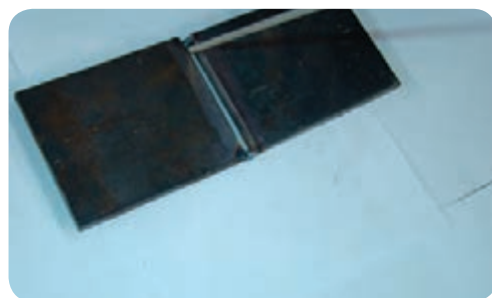
## مراحل انجام کار

### مرحله ۱



۱- قطعه کار را پس از آماده سازی و تمیز کاری با فاصله مناسب روی میز کار مونتاژ نمائید

### مرحله ۲



۲- قطعه کار را پس از مونتاژ به وسیله خال جوش یا با استفاده از چند لقمه نسبت به هم تثبیت نمائید

### مرحله ۳



۳- قطعه کار را در وضعیت مناسب روی میز کار ببندید و با رعایت نکات ایمنی شروع به جوشکاری نمائید. (در صورت لزوم از مربی خود مشورت بگیرید.)

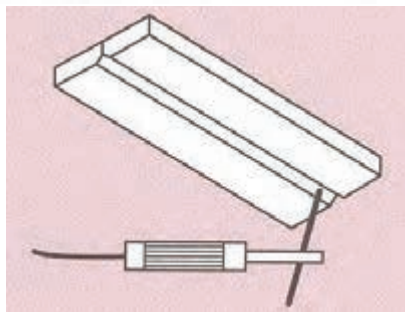
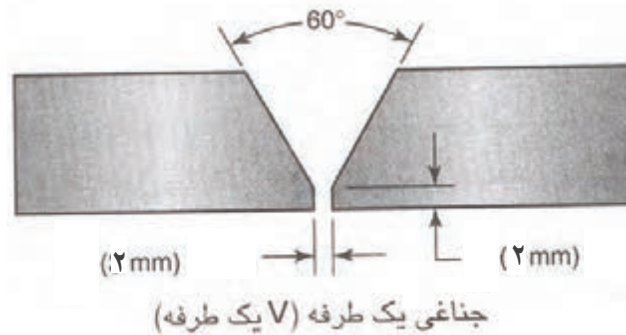
### مرحله ۴



۴- در پایان کار قطعه کار را تمیز کنید و به کمک مربی خود آنرا بررسی نمائید و در خصوص اجرای بازرسی چشمی قطعه گزارش تهیه کنید.

## جوشکاری با طرح اتصال لب به لب و پخ V در وضعیت بالاسری (PE)

نکات ایمنی را کنترل کنید و امکانات جوشکاری را فراهم نمایید.



شماره نقشه کار: E5-5	جنس	ابعاد(میلی متر)	وضعیت جوشکاری	نوع جوش	نوع اتصال	نوع جریان و قطبیت
مشخصات قطعه کار	st۳۷	۱۵۰×۱۰۰×۱۵	افقی PE	جناغی	سر به سر	متناسب با توصیه سازنده الکتروود
			نوع الکتروود: رتیلی یا بازی		سایز الکتروود	۳/۲ یا ۲/۵
فرآیند جوشکاری قوس با الکتروود روپوش دار						
هدف آموزش: توانایی جوشکاری قوس الکتروود دستی در وضعیت PE با اتصال سر به سر						

## مراحل انجام کار

### مرحله ۱



۱- قطعه کار را پس از آماده سازی و تمیز کاری با فاصله مناسب روی میز کار مونتاژ نمائید

### مرحله ۲



۲- قطعه کار را پس از مونتاژ به وسیله خال جوش یا با استفاده از چند لقمه نسبت به هم تثبیت نمائید

### مرحله ۳

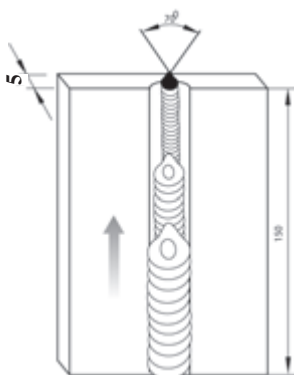


۳- قطعه کار را در وضعیت مناسب روی میز کار ببندید و با رعایت نکات ایمنی شروع به جوشکاری نمائید.



توجه

به نحوه قرار گرفتن پاسهای جوش در روی یکدیگر توجه کنید.



۴- در پایان کار قطعه کار را تمیز کنید و به کمک مربی خود آنرا بررسی نمایید.

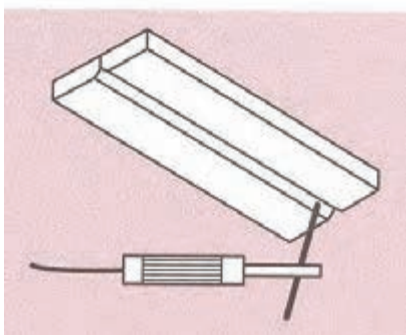
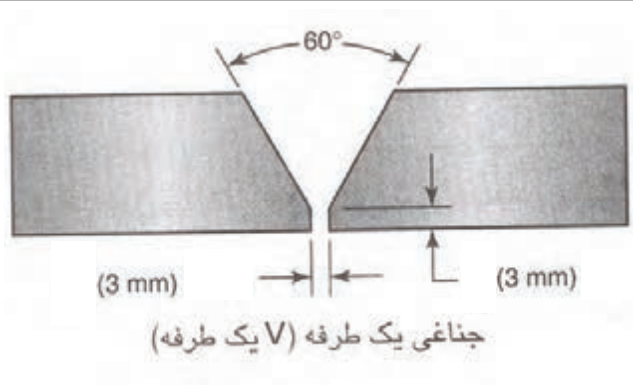
۵- سطح میز کار و کابین جوشکاری را تمیز کنید و وسایل ایمنی و وسایل کار را مرتب کرده و به انبار تحویل دهید.

## جوشکاری با طرح اتصال لب به لب و پیخ V در وضعیت بالاسری (PE)

نکات ایمنی را کنترل کنید و امکانات جوشکاری را فراهم نمایید.

جدول وسایل کار				جدول وسایل ایمنی			
ردیف	نام وسیله یا ابزار	مشخصات	تعداد	ردیف	نام وسیله	مشخصات	تعداد
۱	کابل های دستگاه	طول حدود ۳ متر	۲	۱	ماسک	کلاهی	۱
۲	رکتیفایر جوش	تا ۳۰۰ آمپر	۱ دستگاه	۲	پیش بند	چرمی	۱
۳	انبر قطعه گیر	استاندارد	۱	۳	دستکش	چرمی	۱ جفت
۴	چکش جوشکاری	معمولی	۱	۴	لباس کار	مناسب بدن	۱ دست
۵	برس سیمی	با سیم فولادی	۱	۵	پابند	چرمی	۱ جفت
۶	سوزن خط کش	معمولی	۱	۶	کفش ایمنی	اندازه پای جوشکار	۱ جفت
۷	خط کش ۳۰ سانتی	فولادی	۱				
۸	سوزن خط کش	معمولی	۱				
۹	خط کش ۳۰ سانتی	فولادی	۱				

جدول مواد لازم				
ردیف	نام	مشخصات	تعداد	ملاحظات
۱	ورق فولادی	۱۵۰ × ۱۰۰ × ۱۵	به تعداد لازم	
۲	الکتروود روپوش دار	E-۷۰۱۸ E-۶۰۱۰	به مقدار کافی	قطر ۳/۲ یا ۲/۵



شماره نقشه کار: E۵-۶	جنس	ابعاد(میلی متر)	وضعیت جوشکاری	نوع جوش	نوع اتصال	نوع جریان و قطبیت
مشخصات قطعه کار	st۳۷	۱۵۰×۱۰۰×۱۵	افقی PE	جناغی	سر به سر	متناسب با توصیه سازنده الکتروود
			نوع الکتروود: رتیلی یا بازی			سایز الکتروود
فرآیند جوشکاری قوس با الکتروود روپوش دار						
هدف آموزش: توانایی جوشکاری قوس الکتروود دستی در وضعیت PE با اتصال سر به سر						



## مراحل انجام کار

تمام مراحل کار مطابق دستور کار ۵-۵E با این تفاوت که در این مرحله از قطعه کار با ضخامت ۱۵ میلیمتر

برای تمرین استفاده کنید.

۱- قطعه کار را پس از آماده سازی و تمیز کاری با

فاصله مناسب روی میز کار مونتاژ نمائید.

مرحله ۱



مرحله ۲



۲- قطعه کار را پس از مونتاژ به وسیله خال جوش

یا با استفاده از چند لقمه نسبت به هم تثبیت نمائید.

مرحله ۳



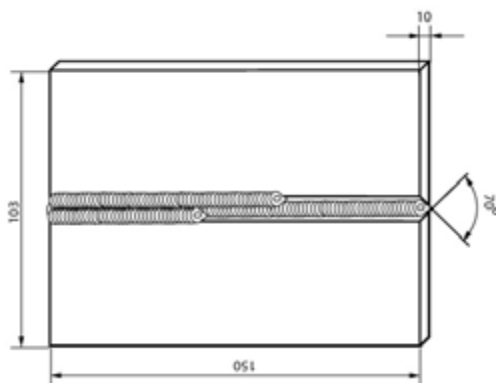
۳- قطعه کار را در وضعیت مناسب روی میز کار

ببندید و با رعایت نکات ایمنی شروع به جوشکاری

نمائید.



به نحوه قرار گرفتن پاسهای جوش در روی یکدیگر توجه کنید.



مرحله ۴

۴- در پایان کار قطعه کار را تمیز کنید و به کمک مربی خود

آنرا بررسی نمایید



۵- سطح میز کار و کابین جوشکاری را تمیز کنید و وسائل ایمنی و وسائل کار را مرتب کرده و به انبار تحویل دهید.

## شناخت روشهای تولید فولاد

عنوان توانایی		زمان آموزش (ساعت)
شناسایی انواع شبکه کریستالی در فلز آهن شناسایی خواص مکانیکی و شیمیایی شبکه‌های کریستالی آهن در دماهای مختلف شناسایی خواص عملیات حرارتی فولاد شناسایی انواع عملیات حرارتی بر روی فولاد و تأثیر آن بر روی خواص فولاد	نظری	۲
	عملی	-

۱. حالت پایدار عنصر آهن را در طبیعت بیان کند.
۲. مراحل استخراج سنگ آهن از معدن تا کارخانه فولادسازی را توضیح دهد.
۳. مراحل اصلی تولید فولاد را در کارخانه فولادسازی بیان نماید.
۴. شکل‌های مختلف محصول کارخانه‌های فولادسازی (نیم ساخته‌های فولادی) را نام ببرد.
۵. تأثیر عملیات نورد را روی ساختار میکروسکوپی فولاد توضیح دهد.
۶. شرایط سطحی فولاد نورد شده را بیان کند.

## نمونه سؤالات پیش آزمون

### ۱- کدام فلزات در صنعت کاربرد گسترده تری دارند؟

الف) آلومینیوم و آلیاژهای آن

ب) آهن و فولاد

ج) مس و برنج

د) نیکل و آلیاژهای آن

### ۲- بیشتر فلزات در طبیعت به صورت ..... یافت می شوند.

الف) خالص

ب) ترکیب با اکسیژن

ج) ترکیب با گوگرد

د) ترکیب با کربن

### ۳- کدام گزینه زیر فرآیند استخراج آهن را بهتر توضیح میدهد؟

الف) حرارت دادن سنگ های معدن آهن و ذوب آن

ب) خرد کردن- جداسازی- ذوب کردن سنگهای معدن آهن با مواد احیاء کننده

ج) سوزاندن پودر سنگ آهن گوگردی و تولید فولاد مذاب

د) خرد کردن- جدا کردن و ذوب کردن سنگ معدن آهن

### ۴- اولین کارخانه ذوب آهن ایران در کدام استان شروع به کار کرده است؟

الف) خوزستان

ب) یزد

ج) اصفهان

د) تبریز

### ۵- ظروف استیل آشپزخانه از چه نوع فولادی است؟

الف) فولاد کربن دار

ب) فولاد پرآلیاژ کروم و نیکل دار

ج) آلیاژ آهن و روی

د) آلیاژ آهن و آلومینیوم

۶- قطعات چدنی در کدام گروه از فلزات قرار دارند؟

- الف) رنگی  
ب) آهنی  
ج) غیر آهنی  
د) غیر آلیاژی

۷- در صنعت آهن خالص کاربرد بیشتری دارد یا به صورت فولاد؟

- الف) آهن  
ب) فولاد

۸- معادن بزرگ سنگ معدن آهن در چه مناطقی وجود دارند؟

- الف) خوزستان  
ب) یزد  
ج) تهران  
د) مازندران

۹- کدام فلزات جذب آهنربا نمیشوند؟

- الف) فولاد زنگ نزن  
ب) فولاد معمولی  
ج) چدن  
د) آهن نرم

## ۴-۱- ساختار و خواص فولاد

عنصر آهن حدود ۵ درصد از وزن پوسته زمین را تشکیل می‌دهد و پس از آلومینیوم فراوانترین عنصر فلزی موجود در سطح زمین بحساب می‌آید. این عنصر آهن مثل اکثر عناصر فلزی دیگر در سطح زمین بصورت ترکیبات مختلف اکسیدی در معادن یافت می‌شود در شکل (۴-۱)، نمای معدن سنگ آهن روباز و در شکل (۴-۲) ظاهر کانی‌های محتوی آهن نشان داده شده است. لازم به ذکر است ترکیب شیمیایی کانیهای اصلی آهن در طبیعت مطابق جدول زیر است.

شکل (۴-۲)



معدن سنگ آهن روباز

شکل (۴-۱)



ظاهر کانی‌های محتوی ترکیبات آهن

جدول ترکیب شیمیایی کانی‌های مهم سنگ معدن آهن		
درصد آهن	ترکیب شیمیایی	سنگ معدن آهن
۷۲	$\text{Fe}_2\text{O}_4$	ماگنتیت
۷۰	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	هماتیت
۶۲	$\text{FeO}(\text{OH})$	لیمونیت
۴۸	$\text{FeCO}_3$	سیدریت

برای تهیه آهن و فولاد ابتدا بایستی سنگهای محتوی عنصر آهن را که در معادن وجود دارند استخراج کرد، سپس آنها را برای رسیدن به فلز آهن احیاء نمود و برای تهیه آهن نسبتا خالص و یا تولید فولادهای با کیفیت آهن احیاء شده را تصفیه کرد و بعد به آن عناصر آلیاژی اضافه می‌کنند.



## ۲-۴- مراحل استخراج سنگ آهن

### ۱-۲-۴- استخراج سنگ آهن از معدن

ابتدا توده‌های سنگ محتوی کانی‌های آهن استخراج و به کارخانه‌های ویژه فرآوری ماده معدنی منتقل می‌شوند. عملیات کنده‌کاری و خرد کردن سنگ‌ها ممکن است از طریق کار گذاشتن مواد منفجره در داخل سنگ‌ها و یا توسط ماشین‌آلات مخصوص صورت پذیرد که در شکل (۳-۴) نمونه‌ای از این تجهیزات مشاهده می‌گردد.

شکل (۳-۴)



استخراج سنگ‌های معدنی توسط ماشین‌های مکانیکی و به کمک مواد منفجره

### ۲-۲-۴- خرد کردن سنگ‌های معدنی

در سنگ‌های معدنی کانی‌های مفید و غیرمفید که در اصطلاح باطله نامیده می‌شوند به هم چسبیده‌اند و به طور معمول درصد کانی‌های مفید بسیار کم می‌باشد. بنابراین قبل از ارسال مواد معدنی به کارخانه‌های فولادسازی باید با حذف مقداری از مواد باطله از سنگ معدنی درجه خلوص مواد معدنی را بالا برد. لذا در اولین قدم به کمک سنگ شکن‌های مختلف سنگ‌های معدنی خرد می‌شوند و برای خردایش بیشتر از آسیاب استفاده می‌کنند که در شکل (۴-۴) نمونه از تجهیزات سنگ شکنی و خرد کردن سنگ‌های معدنی نشان داده شده است. ماده خروجی از سنگ شکن‌ها در ابعاد و اندازه‌های قابل مشاهده در شکل (۴-۵) می‌باشد که برای خرد کردن بیشتر از آسیاب‌های مخصوص استفاده می‌گردد.

شکل (۴-۴)



خرد کردن سنگ های معدن آهن

شکل (۴-۵)

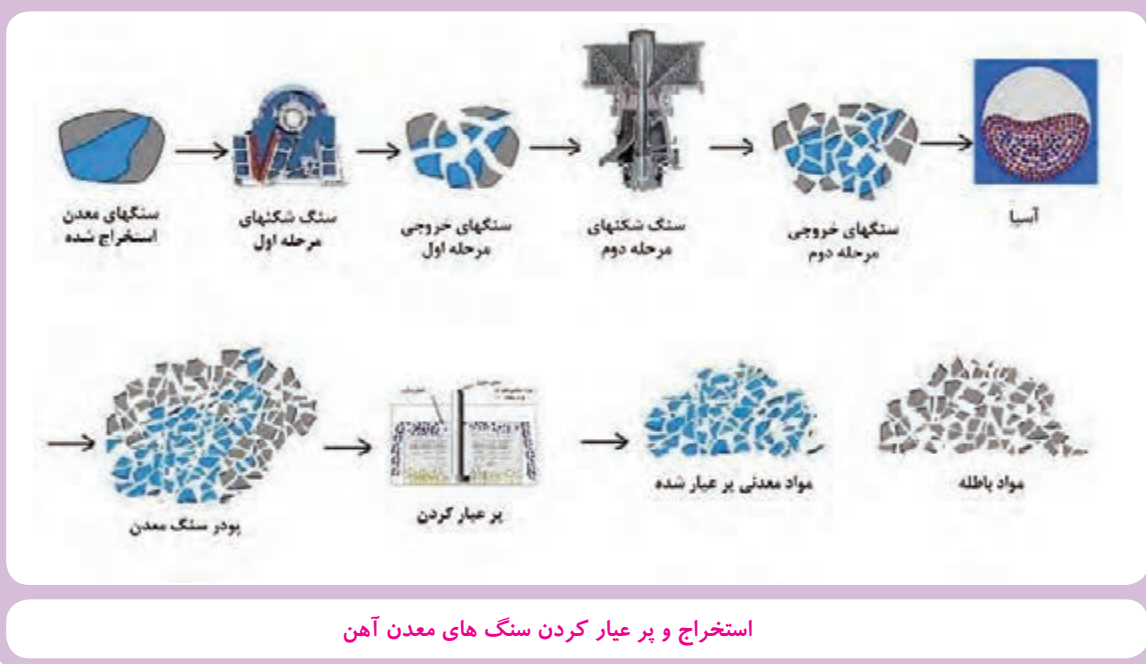


سنگ معدن آهن خرد شده توسط تجهیزات سنگ شکنی

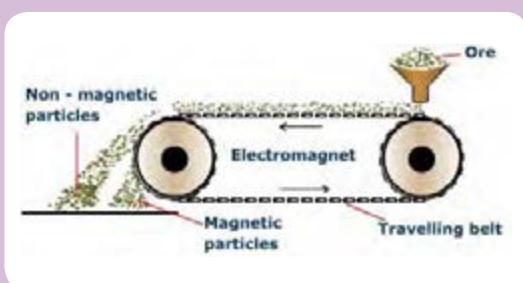
### ۳-۲-۴- بالا بردن درجه خلوص مواد معدنی

پس از خرد کردن و آسیاب کردن مواد معدنی با توجه به خواص فیزیکی و شیمیایی کانی های مفید و مواد باطله همراه، از روشهای مختلف جهت جدا کردن اجزاء مفید از مواد باطله استفاده می گردد. که در مورد سنگهای آهن بیشتر از روش مغناطیسی استفاده می کنند. و در شکل های (۶-۴ و ۷-۴) فرآیند خرد کردن، آسیاب کردن و جدا کردن یا پر عیار کردن مواد معدنی محتوی کانی های آهن نشان داده شده است .

شکل (۴-۶)



شکل (۴-۷)



جداسازی کانی های محتوی آهن از مواد باطله به کمک آهن ربای مغناطیسی

شکل (۴-۸)



ذخیره مواد معدنی در فضای روباز

### ۴-۳- احیاء سنگ آهن

مواد معدنی تغلیظ شده به منظور تهیه آهن به کارخانه های فولادسازی نظیر ذوب آهن و فولاد مبارکه اصفهان منتقل می شوند. در کارخانه های فولادسازی از طریق انرژی حرارتی در مجاورت یک ماده احیا کننده نظیر: کک یا گاز شهری طی واکنش های شیمیایی که در چند مرحله صورت می گیرد، اتم اکسیژن از ترکیب با آهن حذف و آهن فلزی تولید می گردد شکل های (۴-۸ و ۴-۹) تاسیسات مربوط به ذخیره مواد معدنی و احیاء سنگ معدن آهن را در مجتمع فولاد مبارکه اصفهان نشان می دهد که از گاز شهری و به روش مستقیم جهت احیاء سنگ آهن استفاده می کنند.

شکل (۴-۹)



تأسیسات احیاء سنگ آهن به روش مستقیم در مجتمع فولاد مبارکه اصفهان

ولی در کارخانه ذوب آهن اصفهان که تصویر کوره بلند آن در شکل (۴-۱۰) نشان داده شده است از کک بعنوان ماده احیاء کننده سنگ آهن استفاده می شود و شکل (۴-۱۱) قسمتهای داخلی کوره را نشان می دهد.

شکل (۴-۱۰)



تصویر کوره بلند کارخانه ذوب آهن اصفهان

شکل (۴-۱۱)

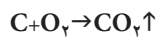


بخشهای اصلی کوره بلند احیاء آهن

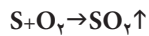
آهن تولید شده در کورههای احیاء دارای مقدار زیادی عناصر ناخالصی نظیر کربن، سیلیسیم، فسفر، گوگرد و غیره می باشد. این آهن که در اصطلاح آهن خام نامیده می شود، کاربرد صنعتی ندارد چون: قابلیت شکل پذیری، چکش خواری و جوش پذیری ندارد. بنابراین برای اینکه بتوان از آن جهت تولید قطعات و سازه های صنعتی استفاده کرد باید درصد عناصر ناخالصی را کاهش داد و به منظور بهبود خواص به آن عناصر مفیدی اضافه کرد.

#### ۴-۴- تصفیه آهن خام و فولادسازی

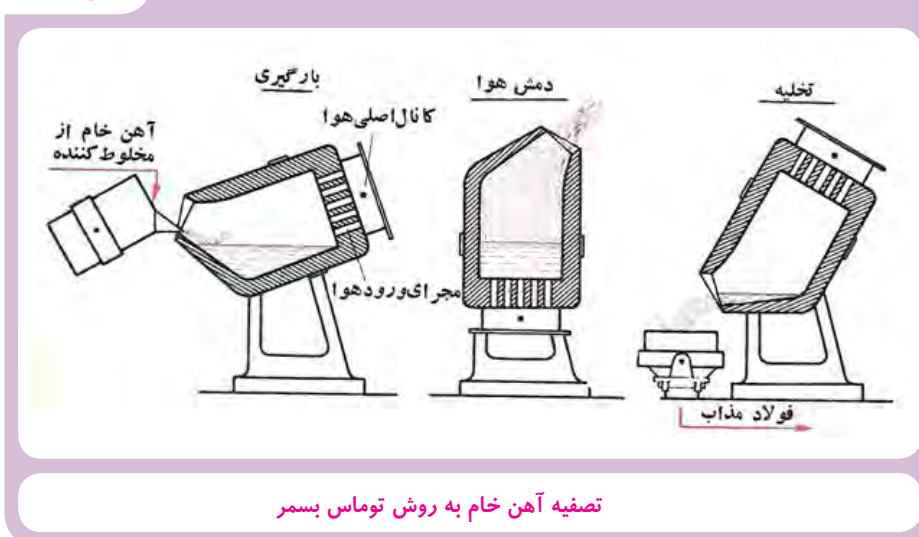
تصفیه آهن خام عمدتاً از طریق دمیدن گاز اکسیژن به درون مذاب آهن خام در کوره‌های مخصوص مشابه



شکل (۴-۱۲) به منظور سوزاندن عناصر ناخالصی صورت می‌گیرد:



شکل (۴-۱۲)



تصفیه آهن خام به روش توماس بسمر

از طریق تصفیه آهن خام می‌توان به ترکیب چندین یا فولادهای ساده کربنی دست یافت.

#### ۴-۵- تولید فولادهای آلیاژی

عملیات تولید فولادهای آلیاژی پس از حذف یا کاهش درصد عناصر ناخالصی به مقدار مجاز و سپس

اضافه کردن مقدار معین عناصر آلیاژی مثل کرم، نیکل، وانادیوم، مس، منگنز و غیره به مذاب فولاد در

کوره‌های مخصوص صورت می‌گیرد.

## شناخت ساختار و خواص فولاد

عنوان توانایی		زمان آموزش (ساعت)
شناسایی انواع شبکه کریستالی در فلز آهن	نظری	۶
شناسایی خواص مکانیکی و شیمیایی شبکه‌های کریستالی آهن در دماهای مختلف	عملی	
شناسایی خواص عملیات حرارتی فولاد		
شناسایی انواع عملیات حرارتی بر روی فولاد و تأثیر آن بر روی خواص فولاد		

- ۱ شبکه کریستالی فلزات مهم صنعتی را بشناسد.
- ۲ ارتباط بین شبکه کریستالی و خواص مکانیکی را بیان کند.
- ۳ تغییر شبکه کریستالی آهن را در دماهای مختلف بیان نماید.
- ۴ انواع مهم و متداول عملیات حرارتی مربوط به فلزات را بیان کند.

## نمونه سؤالات پیش آزمون

۱- آیا همه فلزات در درجه حرارت محیط جامد هستند؟

الف) بلی                      ب) خیر

۲- آیا امکان دارد آهن و فولاد بخار شوند؟

الف) بلی                      ب) خیر

۳- آیا اتم های فلز مذاب طبق نظم خاصی کنار هم قرار می گیرند؟

الف) بلی                      ب) خیر

۴- آیا اتم ها در حالت عادی دارای بار الکتریکی هستند؟

الف) بلی                      ب) خیر

۵- جزء مثبت و منفی اتم به ترتیب در کجا قرار دارند؟

الف) هر دو در هسته

ب) مثبت در هسته منفی دور هسته

ج) منفی در هسته و مثبت دور هسته

د) هر دو در اطراف هسته

۶- آیا آهن و فولاد معمولی چنانچه تا ۸۰۰ درجه سانتیگراد گرم شوند باز هم جذب آهن ربا

می شوند؟

الف) بلی                      ب) خیر



## ۵-۱- ساختار و خواص فولاد

### ۵-۱-۱- پیوند در فلزات

می‌دانیم هر اتم دارای یک هسته بسیار کوچک می‌باشد که از تعدادی پروتون و نوترون تشکیل شده و در اطراف این هسته تعدادی الکترون در حال حرکت می‌باشند.

شکل (۱-۵)



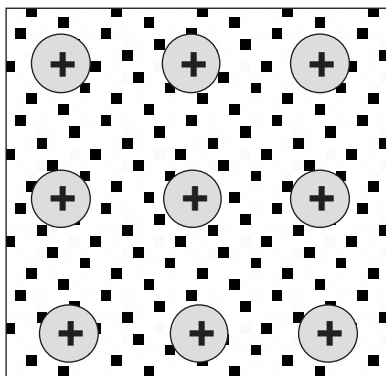
درک بسیاری از خواص مواد مثل خواص فیزیکی و مکانیکی مستلزم شناخت نحوه آرایش اتمها در کنار یکدیگر و آشنایی با نیروهای بین اتمهای تشکیل دهنده ماده می‌باشد. در حقیقت پیوند اتمی نشان دهنده برآیند نیروهای دافعه و جاذبه بین دو یا چند اتم مجاور یکدیگر است.

زمانیکه دو اتم خیلی دور باشند تأثیری روی همدیگر ندارند ولی چنانچه به هم نزدیک شوند با توجه به وجود الکترون های دارای بار منفی و پروتونهای دارای بار مثبت نسبت به هم یکسری نیروی جاذبه (الکترون یک اتم با پروتون های اتم دیگر) و نیروی دافعه (الکترون ها یک اتم با الکترون های اتم دیگر و نیز پروتون های دو اتم با همدیگر) اعمال می‌نمایند که این نیروها در فاصله معینی بین مراکز دو اتم به حالت تعادل می‌رسد.

در پیوند بین اتمها الکترون های مدار آخر یا آخرین لایه الکترونی تأثیرگذار بوده و نقش ایفا می‌نمایند.

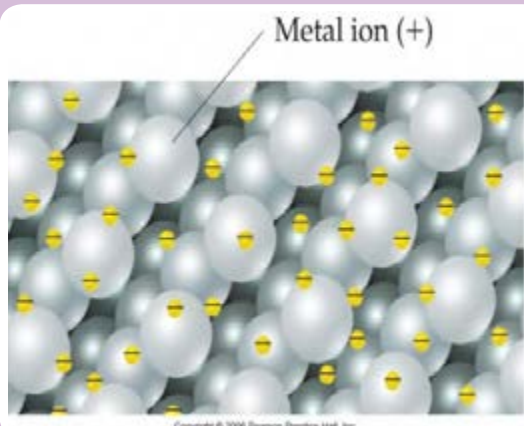
اگر مجموع هسته اتم و الکترون های غیر از لایه خارجی را در عناصر فلزی بصورت یک مجموعه واحد در نظر بگیریم می توانیم ساختار اتمی مواد فلزی و آلیاژهای آن ها را به صورت شکل مقابل نمایش دهیم.

شکل (۲-۵)



ساختار اتمی مواد فلزی

شکل (۳-۵)



ساختار اتمی مواد فلزی که هسته های با بار مثبت در یک دریایی از الکترون شناور می باشند

در اینجا دایره های با علامت مثبت در وسط نشان دهنده مجموعه هسته اتم و لایه های الکترونی غیر از مدار آخر می باشد که علامت مثبت نشان دهنده بیشتر بودن تعداد پروتون ها در مقایسه با تعداد الکترون های اطراف آن منهای الکترون های مدار آخر می باشد و علامت های منفی مابین دایره های سفید رنگ نشان دهنده الکترون های مدار خارجی اتم های فلزی است که در محدوده فضای خاکستری رنگ قابلیت حرکت دارند. بعبارت دیگر براساس مدل مذکور می توان تصور کرد هسته های با بار مثبت در یک دریایی از الکترون شناور می باشند (شکل ۳-۵).

این تصویر ذهنی می تواند به درک بسیاری از خواص فلزات مثل: هدایت الکتریکی، حرارتی، چکش خواری، شکل پذیری و... کمک نماید. بر این اساس براحتی می توان دریافت چگونه الکترون های غیرمستقر در ساختار اتمی فلزات که آزادانه می توانند در سراسر ساختمان ماده حرکت نمایند سبب هدایت جریان

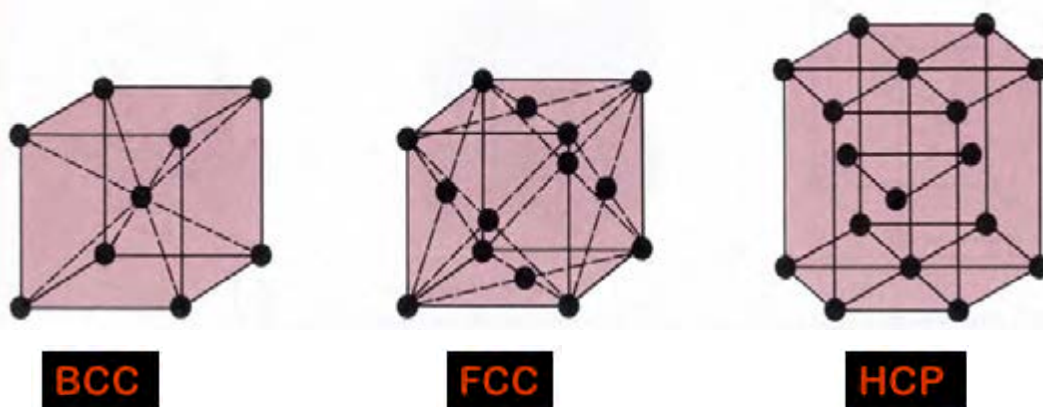
الکتریکی یا گرما می‌شوند و یا آزادی حرکت نسبی هسته‌های یا بار مثبت نسبت به یکدیگر در اثر اعمال نیروی مکانیکی سبب تغییر شکل نسبتاً راحت فلزات در مقایسه با مواد جامد دیگر می‌گردد.

## ۵-۱-۲- ساختار بلور در فلزات

اتم‌های فلزات در حالت مذاب بدون هیچ نظمی در کنارهم قرار دارند و نیروی جاذبه آنها نسبت به هم کم است. ولی وقتی مذاب فلز منجمد می‌شود اتم‌های فلز جامد طبق نظم خاصی در کنار هم قرار می‌گیرند و این نظم در تمام قسمت‌های جامد تکرار می‌شود.

طبق تعریف حداقل نظم در ساختارهای منظم بنام سلول واحد نظم اتمی معروف است. بر این اساس در ساختار فلزات ۱۴ نوع واحد نظم اتمی وجود دارد ولی با توجه به اینکه اکثر فلزات صنعتی پر کاربرد از جمله آهن در سه نوع شبکه کریستالی متبلور می‌شوند لذا در ادامه به معرفی مختصر این سه نوع شبکه می‌پردازیم.

شکل (۴-۵)



شبکه‌های کریستالی متداول در فلزات

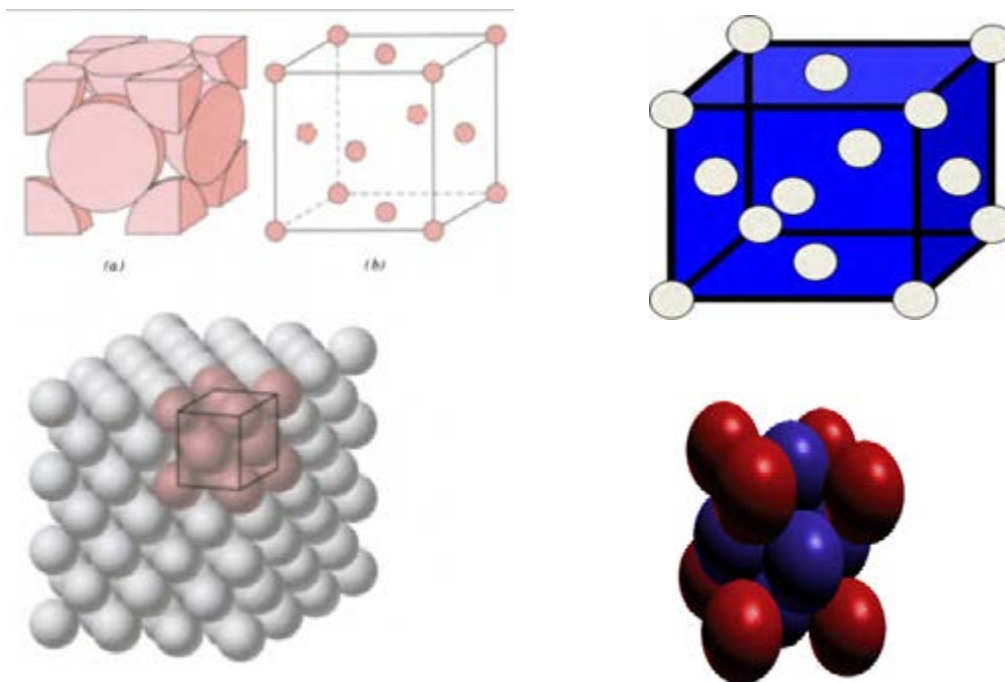
### ۵-۱-۲-۱ سلول واحد مکعبی با وجود مرکز پر (FCC)<sup>۱</sup>

همانطور که در شکل (۵-۵) مقابل ملاحظه می‌شود در اینجا سلول واحد بصورت یک مکعب فرض می‌شود که در هر گوشه مکعب و مرکز سطوح جانبی مکعب یک اتم قرار می‌گیرد که هر اتم گوشه بین هشت

۱ - Face Cersered Cubic

سلول واحد مجاور هم مشترک است و هر اتم موجود در مرکز شش سطح جانبی مکعب یا سلول واحد مجاور هم مشترک است بنابراین در این ساختار سهم هر سلول واحد مجموعاً معادل چهار اتم کامل است یعنی  $4 = 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2}$ . در دمای معمولی ساختار کریستالی فلزاتی مثل: مس، آلومینیوم، نقره و طلا، پلاتین، نیکل و سرب بصورت FCC است.

شکل (۵-۵)

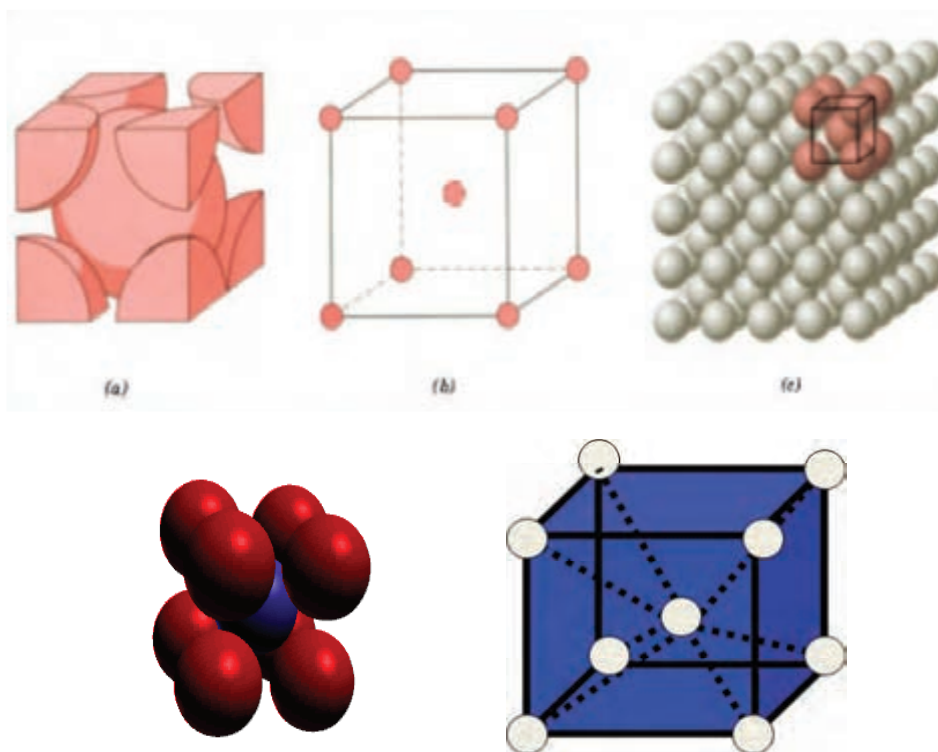


سلول واحد مکعبی با وجود مرکز پر (FCC)

## ۲-۱-۵- سلول واحد مکعبی مرکز پر (BCC)

براساس آنچه که در شکل (۵-۶) ملاحظه می‌شود در اینجا سلول واحد بصورت یک مکعب فرض شده است که در هر گوشه مکعب یک اتم و در وسط مکعب هم یک اتم قرار گرفته است در اینجا هم اتم‌های واقع در گوشه‌ها سلول واحد بین هشت سلول واحد مجاور هم مشترک هستند ولی اتم موجود در مرکز مکعب فقط به همان مکعب مربوط می‌شود بدین ترتیب سهم هر سلول واحد در این ساختار معادل دو اتم است  $2 = 8 \times \frac{1}{8} + 1$  بسیاری از فلزات نظیر: آهن، کرم، تنگستن، وانادیم، مولیبدن در دمای محیط دارای ساختار BCC هستند.

شکل (۵-۶)

سلول واحد مکعبی مرکز پر (BCC) <sup>۱</sup>

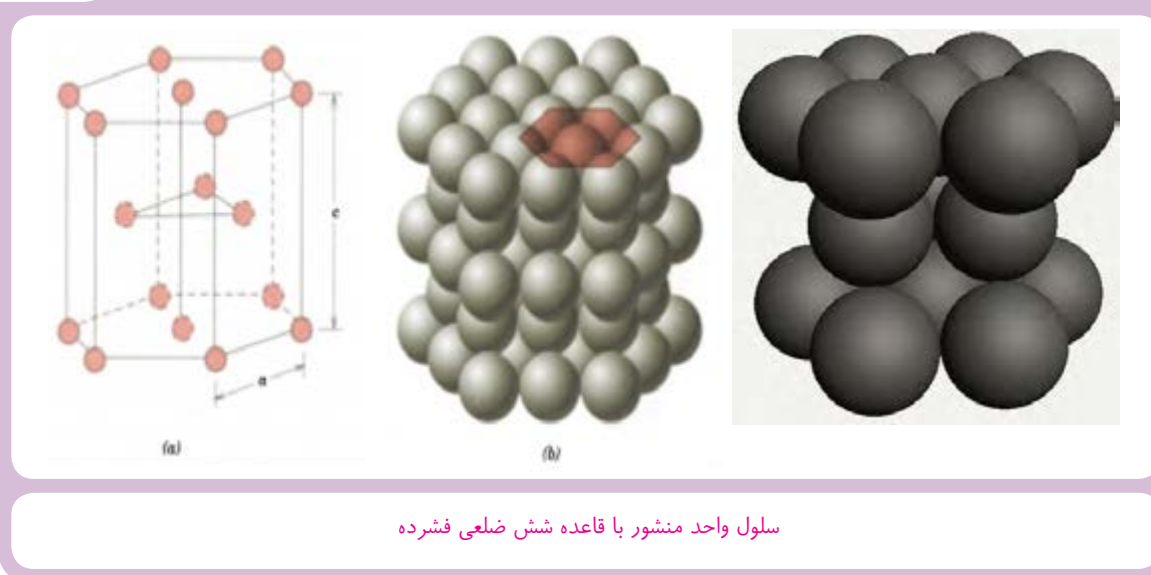
### ۳-۲-۱-۵- سلول واحد منشور با قاعده شش ضلعی فشرده HCP

نمایش این سلول واحد در شکل (۵-۷) نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد سلول واحد بصورت یک شش وجهی منظم است بطوریکه دوازده اتم در ۱۲ گوشه آن قرار گرفته، دو اتم در وسط وجه بالایی و پایینی و سه اتم در وسط صفحات میانی مستقر می‌باشند. بدین ترتیب تعداد اتمهای متعلق به یک سلول واحد HCP مجموعاً معادل شش می‌باشد (یک ششم به ازاء هر یک از اتمهای گوشه، یک دوم به ازاء اتمهای وجود بالا و پایین و سه اتم متعلق به صفحات میانی که ویژه هر سلول واحد است)

$$6 = 12 \times \frac{1}{6} + 2 \times \frac{1}{2} + 3 = 6$$

فلزاتی مثل روی، کادمیم، منگنز، تیتانیم، کبالت و منیزیم در دمای محیط و شرایط طبیعی دارای ساختار کریستالی بشکل HCP می‌باشند.

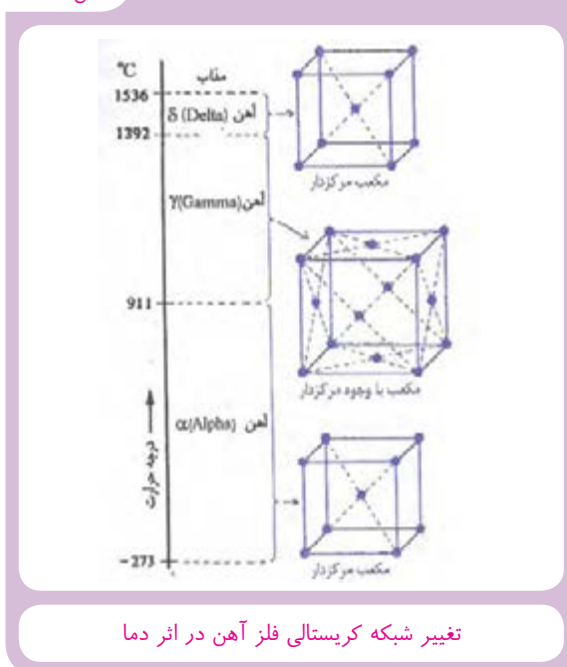
شکل (۷-۵)



سلول واحد منشور با قاعده شش ضلعی فشرده

## ۲-۵- تغییر شبکه کریستالی در اثر دما

شکل (۸-۵)



تغییر شبکه کریستالی فلز آهن در اثر دما

ساختار اتمی بعضی از مواد جامد بلوری و فلزات در اثر تغییر دما ممکن است تغییر نماید یعنی نحوه آرایش اتمی آنها از یک حالت منظم بحالت منظم دیگر در آیند که به این مواد چند شکل یا به اصطلاح آلوتروپی می گویند. اینگونه تغییرات ساختاری سبب تغییر در خواص ماده می شود مثل آهن که در حالت انجماد می تواند در سه حالت بلوری یا سه نوع آلوتروپ ظاهر شود. بعبارت دیگر دارای سه نوع نظم اتمی می باشد که در درجات حرارت معین نظم جدید به خود می گیرند.

۱- آهن در دمای پایین یعنی زیر ۹۱۱ درجه سانتیگراد بصورت ساختار مکعبی مرکز پر یا BCC وجود دارد که اصطلاحاً به آن آهن آلفا یا فريت می گویند.

۲- چنانچه قطعه آهن را حرارت دهیم در دمای ۹۱۱ درجه سانتیگراد نحوه آرایش اتمهای آهن تغییر می کند



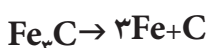
و به صورت مکعب با وجوه مرکز پر (FCC) در می آیند و با افزایش دما تا ۱۳۹۲ درجه سانتیگراد این حالت پایدار می ماند به ساختار اتمی آهن در حالت FCC اصطلاحاً آهن گاما یا آستنیت می گویند.

۳- درجه بالاتر از دمای ۱۳۹۳ درجه سانتیگراد مجدداً ساختار کریستالی آهن به حالت BCC تبدیل می شود که اندازه هر ضلع آن کمی بزرگتر از حالت BCC اولیه است و این حالت تا دمای ذوب آهن خالص که ۱۵۳۶ درجه سانتیگراد است پایدار می ماند. لازم به ذکر است آهن در این ساختار اتمی هم آهن دلتا نامیده می شود.

در درجه حرارت محیط آهن دارای نظم BCC (اتم در مرکز مکعب) است بدلیل کوچک بودن حفره های مابین اتمهای تشکیل دهنده سلول قابلیت جذب اتمهای کربن بسیار کمی دارد. ولی وقتی فولاد گرم شود و تغییر شبکه داده و دارای شبکه FCC می شود که فضای خالی بین اتمهای آن دارای حفره های بزرگتری است و قابلیت جذب اتم کربن تا ۲٪ را دارا می باشد.

### ۳-۵- عملیات حرارتی و تأثیر آن روی خواص فولاد

بطور کلی عملیات حرارتی فرآیندی است شامل حرارت دادن یک ماده جامد تا دمایی مشخص و نگهداشتن ماده در آن دما برای یک مدت معین و سپس سرد کردن با سرعت کنترل شده تا دمای محیط همانطور که می دانید آهن خالص بدلیل استحکام پایین استفاده صنعتی ندارد و همیشه همراه با مقدار کربن بنام فولاد استفاده می شود. کربن در فولاد به دو صورت وجود دارد یکی در حالت اتمی یعنی قرار گرفتن بین اتمهای آهن و دیگری بصورت ترکیب با آهن ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) ترکیب  $\text{Fe}_3\text{C}$  در درجه حرارت کمتر از ۹۱۱ درجه سانتیگراد پایدار است ولی از دمای مذکور به بعد به اتمهای اولیه خود تجزیه می گردد.



همچنین در دمای ۹۱۱ درجه سانتیگراد شبکه اتمی آهن از حالت BCC به FCC تغییر می نماید و فضای خالی مناسب برای جا دادن اتمهای کربن تجزیه شده از  $\text{Fe}_3\text{C}$  فراهم می گردد. بنابراین در فولاد گاما کربن بصورت اتمی در فضای خالی بین اتمهای آهن قرار می گیرند.

چنانچه فولاد سختی پذیر را حرارت دهیم تا ساختار اتمی آن از حالت BCC ( $\alpha$ ) به FCC ( $\gamma$ ) تبدیل شود مطابق آنچه گفته شد کربن آزاد شده از تجزیه  $\text{Fe}_3\text{C}$  در فولاد تشکیل می شود و سختی بیشتر از حالت اولیه بدست نمی آید.



شکل (۵-۹)



کوره عملیات حرارتی آزمایشگاهی

ولی چنانکه سریع سرد شود اجباراً کربن در شبکه BCC بصورت متراکم و فشرده باقی می ماند و سختی بیشتر از قبل از حرارت دادن فولاد خواهد شد که به این عملیات آب دادن یا سخت کردن حرارتی می گویند. سختی حاصل از عملیات حرارتی مذکور با توجه به درصد کربن و بعضی عناصر آلیاژی رابطه مستقیم دارد که به یاری خداوند در تحصیلات دانشگاهی مورد مطالعه قرار می گیرد.

### ۱-۳-۵- آنیل کردن

نوعی عملیات حرارتی است که عمدتاً روی قطعات ساخته شده از فولادهای کم کربن تا کربن متوسط تحت عملیات تغییر شکل قرار گرفته صورت می گیرد فرآیند آنیل کردن شامل سه مرحله است.

۱- حرارت دادن تا رسیدن به دمای معینی که تابع مقدار کربن موجود در فولاد است ولی حدود ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ درجه سانتی گراد می باشد یعنی منطقه ای که ساختار اتمی فولاد دارای شبکه کریستالی FCC یا فاز آستنیت است.

۲- نگهداری قطعه برای مدت معین به منظور کامل شدن تغییر ساختار اتمی قطعه بصورت آهن گاما (γ) که بستگی به ترکیب شیمیایی، دما و ابعاد قطعه دارد.

۳- سرد کردن قطعه یا ماده به آرامی تا دمای محیط که در داخل کوره صورت می گیرد. لازم به ذکر است چنانچه قطعه در مرحله آخر بجای سرد شدن در داخل کوره در هوای آزاد سرد شود به آن عملیات نرمالیزه کردن می گویند.

### ۲-۳-۵- تنش زدایی

در این عملیات حرارتی هدف تنشهای داخل در شبکه اتمی ماده است این تنشها ممکن است در اثر سرد شدن غیریکنواخت قطعه پس از ریخته گری یا عملیات حرارتی بوجود آمده باشند و یا ممکن است در اثر اعمال تنشهای بیرونی مثل تغییر شکل، ماشینکاری، سنگ زنی و غیره ایجاد شده باشند.

با توجه به اینکه اساساً وجود تنشهای داخلی در قطعات مضر است و می‌توانند سبب ترک خوردن، تاب برداشتن و نهایتاً تخریب زود هنگام قطعه شوند لازم است آنها را حذف کرد و یا مقدار آنها را کاهش داد برای اینکار قطعه را در حدود  $400^{\circ}\text{C}$ – $900^{\circ}\text{C}$  برای مدت زمان معینی که به ایجاد قطعه و دما بستگی دارد حرارت می‌دهند سپس آن را به آرامی سرد می‌کنند.

شکل (۵-۱۰)



کوره عملیات حرارتی صنعتی با ابعاد بزرگ

## نمونه سؤالات آزمون پایانی

۱- وقتی دو اتم ..... شوند نسبت به همه جاذبه دارند.

الف) به هم نزدیک شوند

ب) از هم دور شوند

ج) مثل هم باشند

د) به صورت یون باشند.

۲- در حقیقت پیوند اتمی نشان دهنده برآیند نیروی دافعه و جاذبه بین دو یا چند اتم..... است.

الف) یکسان

ب) مجاور

ج) متفاوت

د) همسان

۳- عبارت ساده تجسم اتم ها در یک فلز جامد کدام است؟

الف) هسته‌های بار مثبت‌دار در یک دریای الکترون شناور می‌باشد.

ب) الکترون‌ها در یک مجموعه رویهم قرار گرفته و نوترون‌ها را دور می‌زند.

ج) پرتون‌ها بی حرکت بوده و نوترون‌ها در حال حرکت هستند.

د) پرتون و نوترون و الکترون دارای حجم یکسان هستند.

۴- مقصود از سلول واحد چیست؟ شرح دهید.

۵- نمایش یک سلول واحد مکعبی BCC را بطور شماتیک رسم کنید.

۶- چند اتم در تشکیل یک شبکه سلول واحد منشور با قاعده شش ضلعی فشرده شده اثر دارند؟

۷- فولاد از درجه حرارت محیط تا نقطه ذوب چند مرحله دچار تغییر شبکه کریستالی می شود؟

۸- کدام عامل در سختی فولاد نقش دارد؟

الف) درصد کربن

ب) ضخامت قطعه فولادی

ج) شکل قطعه فولادی

د) نوع عناصر آلیاژی

۹- چگونه فولاد با عملیات سخت می شود؟ جواب را در چهار سطر بنویسید.

## توانایی جوشکاری در سطح E۶

عنوان توانایی		زمان آموزش (ساعت)
توانایی جوشکاری در سطح E۶ برای کسب گواهینامه مهارت درجه ۱ جوشکاری (SMAW) در سطح E۶	نظری	۲
	عملی	۴۰

زمان: ۱۲ ساعت

کار عملی ۱- E6

## دستور کار

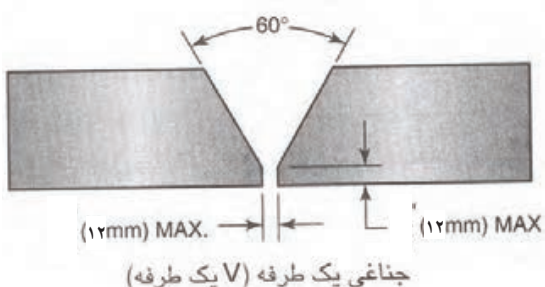
جوشکاری با طرح اتصال لب به لب و پخ V در وضعیت سربالا با زاویه ۴۵ درجه.

## نکات ایمنی (کنترل شود)

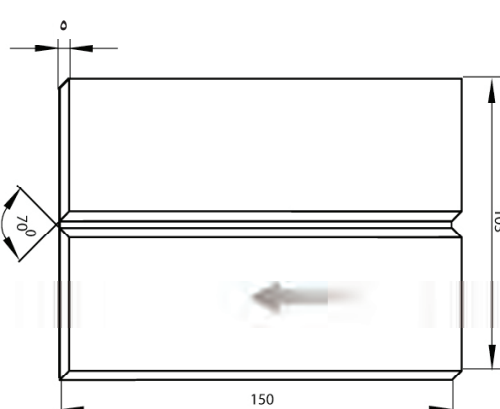
- ۱- کابل های ورودی به دستگاه باید سالم و با اجسام تیز و برنده در تماس نباشد
- ۲- ماسک جوشکاری سالم و دارای شیشه با درجه تیرگی مناسب و نیز شیشه سفید تمیز باشد.
- ۳- اجسام قابل احتراق کاملاً از اطراف محل جوشکاری دور باشند.
- ۴- سیستم تهویه کارگاه قبل از شروع کار روشن باشد

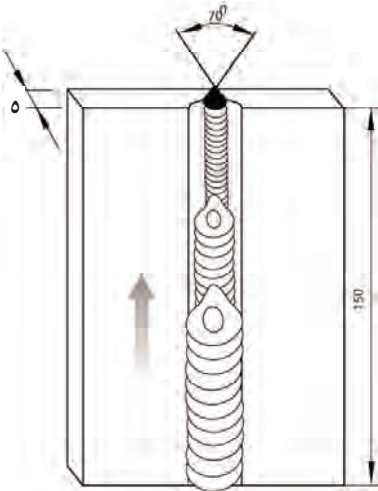
جدول وسایل کار				جدول وسایل ایمنی			
ردیف	نام وسیله یا ابزار	مشخصات	تعداد	ردیف	نام وسیله	مشخصات	تعداد
۱	کابل های دستگاه	طول حدود ۳ متر	۲	۱	ماسک	کلاهی	۱
۲	رکتیفایر جوش	تا ۳۰۰ آمپر	۱ دستگاه	۲	پیش بند	چرمی	۱
۳	انبر قطعه گیر	استاندارد	۱	۳	دستکش	چرمی	۱ جفت
۴	چکش جوشکاری	معمولی	۱	۴	لباس کار	مناسب بدن	۱ دست
۵	برس سیمی	با سیم فولادی	۱	۵	پل بند	چرمی	۱ جفت
				۶	کفش ایمنی	اندازه پای جوشکار	۱ جفت


جدول مواد لازم				
ردیف	نام	مشخصات	تعداد	ملاحظات
۱	ورق فولادی	۵ × ۱۰۰ × ۱۵۰	به تعداد لازم	
۲	الکتروود	E-۶۰۱۳ E-۷۰۱۸	به مقدار کافی	قطر ۲/۵ یا ۳/۲



جناغی یک طرفه (V یک طرفه)







شماره نقشه کار: E6-1	جنس	ابعاد (میلی متر)	وضعیت جوشکاری	نوع جوش	نوع اتصال	نوع جریان و قطبیت
مشخصات قطعه کار	st3r	۱۵۰×۱۰۰×۵	PF	جناغی	سربه سر	متناسب با الکترود
فرآیند جوشکاری: قوس الکترودستی با الکترود روپوش دار			نوع الکترود: رتیلی یا بازی		سایز الکترود: ۳/۲ یا ۲/۵	
تعریف:			تمرین:			
هدف های آموزش: جوشکاری قوس با الکترود روپوش دار در وضعیت PF و تحت زاویه ۴۵ درجه						



## مراحل انجام کار

- ۱- پس از پوشیدن لباس کار مناسب وسائل ایمنی را آماده کنید.
- ۲- ابزار و تجهیزات جوشکاری و نیز وسائل و امکانات کارگاهی را از نظر ایمنی کنترل کنید.

مرحله ۲



مرحله ۱



مرحله ۳



- ۳- یک عدد الکتروود را مطابق شکل در دهانه انبر جوشکاری قرار دهید و چک کنید که لقی نداشته باشد.

مرحله ۵



- ۴- انبر را در محل مناسب قرار دهید.
- ۵- ماسک کلاهی را برای استفاده خود آماده نمایید و شیشه‌های آن را تمیز کنید.



## مرحله ۶



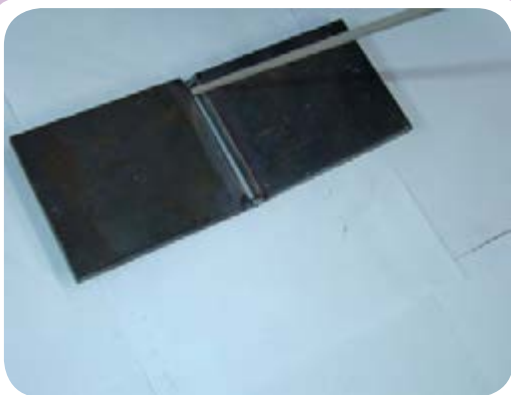
۶- کابل انبر الکتروود گیر را به ترمینال (-) دستگاه وصل کنید و دقت کنید لقی نداشته باشد.

## مرحله ۷



۷- قطعه کار را پس از آماده سازی و تمیز کاری با فاصله مناسب روی میز کار مونتاژ نمایید.

## مرحله ۸



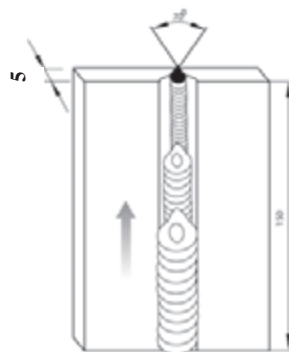
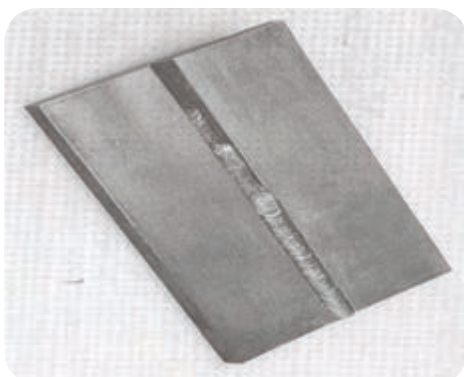
۸- قطعه کار را پس از مونتاژ به وسیله خال جوش یا با استفاده از چند لقمه نسبت به هم تثبیت نمایید.

## مرحله ۹

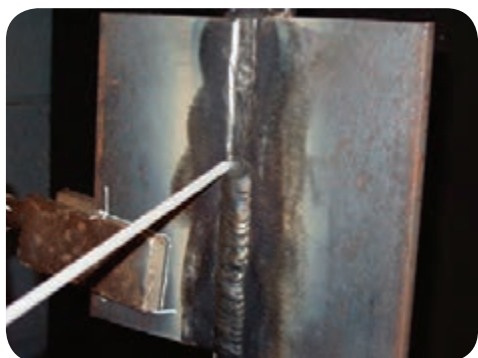


۹- قطعه کار را در وضعیت مناسب روی میز کار ببندید و با رعایت نکات ایمنی شروع به جوشکاری نمایید

توجه ۱: به نحوه قرار گرفتن پاسهای جوش در روی یکدیگر توجه کنید



توجه ۲: به نحوه گرفتن زاویه الکتروود نسبت به خط جوش دقت نمایید



## مرحله ۱۰



۱۰- در پایان کار قطعه کار را تمیز کنید و به کمک

مربی خود آنرا بررسی نمایید.

۱۱- قطعه کار خود را به کمک ابزار بازرسی چشمی کنترل نمایید و در خصوص عیوب احتمالی خط جوش و دلایل احتمالی ایجاد آن گزارش تهیه کنید و آنرا با کمک مربی خود بررسی نمایید.

## مرحله ۱۱



۱۲- سطح میز کار و کابین جوشکاری را تمیز کنید و وسائل ایمنی و وسائل کار را مرتب کرده و به انبار تحویل دهید.

## دستور کار دوم

## جوشکاری با طرح اتصال لب به لب و پخ K در وضعیت سربالا با زاویه ۴۵ درجه

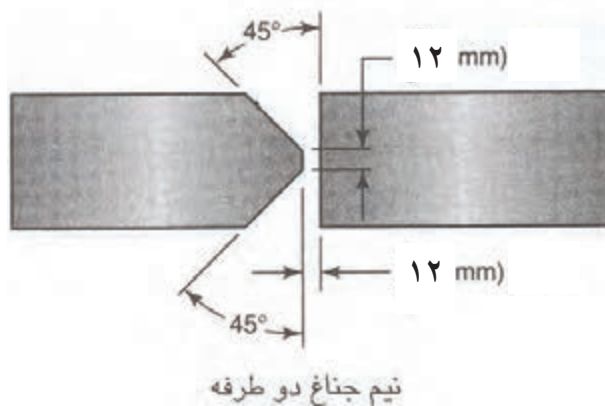
## نکته ی ایمنی

- ۱- کابل های ورودی به دستگاه باید سالم و با اجسام تیز و برنده در تماس نباشد
- ۲- ماسک جوشکاری سالم و دارای شیشه با درجه تیرگی مناسب و نیز شیشه سفید تمیز باشد.
- ۳- اجسام قابل احتراق کاملاً از اطراف محل جوشکاری دور باشند.
- ۴- سیستم تهویه کارگاه قبل از شروع کار روشن باشد

جدول وسایل کار			
ردیف	نام وسیله یا ابزار	مشخصات	تعداد
۱	کابل های دستگاه	طول حدود ۳ متر	۲
۲	رکتیفایر جوش	تا ۳۰۰ آمپر	۱ دستگاه
۳	انبر قطعه گیر	استاندارد	۱
۴	چکش جوشکاری	معمولی	۱
۵	برس سیمی	با سیم فولادی	۱

جدول وسایل ایمنی			
ردیف	نام وسیله	مشخصات	تعداد
۱	ماسک	کلاهی	۱
۲	پیش بند	چرمی	۱
۳	دستکش	چرمی	۱ جفت
۴	لباس کار	مناسب بدن	۱ دست
۵	پابند	چرمی	۱ جفت
۶	کفش ایمنی	اندازه پای جوشکار	۱ جفت

جدول مواد لازم				
ردیف	نام	مشخصات	تعداد	ملاحظات
۱	ورق فولادی	۵ × ۱۰۰ × ۱۵۰	به تعداد لازم	
۲	الکتروود	E-۶۰۱۳ E-۷۰۱۸	به مقدار کافی	قطر ۲/۵ یا ۳/۲



شماره نقشه کار: E6-2	جنس	ابعاد (میلی متر)	وضعیت جوشکاری	نوع جوش	نوع اتصال	نوع جریان و قطبیت
مشخصات قطعه کار	st37	۱۵۰×۱۰۰×۵	PF	جناغی	سربه سر	متناسب با الکتروود
فرآیند جوشکاری: قوس الکتروودستی با الکتروود روپوش دار			نوع الکتروود: رتیلی یا بازی			
هدف های آموزش: جوشکاری قوس با الکتروود روپوش دارد در وضعیت PF و طرح اتصال k شکل تحت زاویه ی ۴۵ درجه						



## مراحل انجام کار

۱- لباس کار بپوشید و آماده برای کار شوید.



مرحله ۱

۲- وسائل ایمنی و ابزار و تجهیزات جوشکاری را تدارک ببینید (تحويل بگیرید).



مرحله ۲

۳- قطعه کاری را مطابق نقشه انتخاب و پلیسه گیری نموده و نیز سطح آن را از زنگار و آلودگی های دیگر با استفاده از برس سیمی تمیز کنید.



مرحله ۳



## مرحله ۸



۴- دستگاه جوشکاری را راه اندازی کنید و آمپر مناسب را برای جوشکاری با الکتروود تنظیم نمایید.



توجه

دقت کنید حرکت دست شما بدون نوسان و با سرعت مناسب باشد تا پهنای جوش با اندازه مورد نظر ایجاد شود. و در انتهای خط جوش و هنگام قطع قوس الکتروود را کمی به کار نزدیک کنید و پس از اندکی مکث در جهت عکس حرکت پیشروی از قطعه کار جدا کنید.

## مرحله ۹



۵- قطعه کار را در وضعیت مناسب ببندید و یک طرف آنرا جوشکاری کنید.

## مرحله ۱۰



۶- پس از اجرای خط جوشها اجازه دهید قطعه کار سرد شود و عملیات تمیزکاری را انجام دهید.

توجه: به زاویه الکتروود نسبت به سطح قطعه کار توجه نمایید.



### نکته ایمنی

موقع پاک کردن شلاکه‌ها از روی خط جوش‌ها حتماً از عینک ایمنی مناسب استفاده کنید.

#### مرحله ۱۱



۷- قطعه کار را برای انجام جوشکاری طرف دوم در وضعیت مناسب ببندید و طرف دیگر را هم جوشکاری کنید.

#### مرحله ۱۲



۸- پس از اجرای جوشکاری اجازه دهید قطعه کار سرد شود و عملیات تمیزکاری را در طرف دوم انجام دهید.

## مرحله ۱۳



۹- قطعه کار جوشکاری شده را برس بزنید و به مربی نشان دهید (با او مشورت کنید).

## مرحله ۱۴



۱۰- دستگاه را خاموش کنید.

۱۱- قطعه کار خود را به کمک ابزار بازرسی چشمی کنترل نمایید و در خصوص عیوب احتمالی خط جوش و دلایل احتمالی ایجاد آن گزارش تهیه کنید و آنرا با کمک مربی خود بررسی نمایید.

## مرحله ۱۵



۱۲- در پایان کار ابزار و وسائل را جمع‌آوری کرده، میز کار را تمیز و مرتب کنید و ابزار و وسائل را به انبار تحویل دهید.

- \* Metallurgy of welding lancaster, tohn Fredrik-6th ed. - 1999
- \* Welding Inspection Technology-American Welding Society-4th ed.- 2000.
- \* Aws welding Handbook 7th ed-Vol.2
- \* Aws D1.1-structural welding code-steel-2000
- \* Aws B1.11-Guide for the Visual Inspection of welds-1988.
- \* Iso 5817-welding-fusion-welded Toints in steel-nickel, titanium & thair alloys-Quality level for imperfections-2003 (E).
- \* Welded Toim design-Hicks, Jogn Groffrey.
- \* Welding metallurgy-sindo kou
- \* Iso 2553-welded, brazed and soldered Ioints-symbolic representaion on drawings.
- \* Aws A2.4 standard symbols for welding, Brazing, and Nondestructive Examineation.
- جوشکاری قوس الکتریکی با الکتروود روپوش دار - جلد اول و دوم - علی شاهدهی سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی - ۱۳۸۵
- جوشکاری - استاد رحیمی - وزارت آموزش و پرورش - ۱۳۷۳