



# گزارش کارآموزی کاردر شرکت بازرسی و نظارت سازه های فلزی

**محل کارآموزی :**

**شرکت مشاوره کاژان پویا گستر**

استادکار آموزی :

جناب آقای پورعلی اکبر

دانشجو : امید نکونام

شماره دانشجویی : ۹۲۱۳۶۰۲۷۱۸۰۰۸۵

طول دوره : ۹۳/۸/۱ الی ۹۳/۱۰/۳۰

## فهرست مطالب

۴.....	آشنایی با شرکت مشاور کاژان پویا گستر.....
۹.....	آشنایی با نکات ایمنی در کار بازرسی.....
۱۲.....	آشنایی با نقشه خوانی و انواع نقشه های مهندسی مورد استفاده در سازه های فلزی.....
۲۱.....	آشنایی با علائم و طراحی جوش.....
۳۴.....	آشنایی با اعضای سازه های فلزی و نوع بارگذاری هریک از آنها.....
۴۵.....	آشنایی با فرآیندهای برشکاری مورد استفاده در صنعت ساختمان.....
۵۱.....	آشنایی با فرآیندهای جوشکاری مورد استفاده در صنعت ساختمان.....
۶۰.....	آشنایی با موقعیت های جوشکاری براساس استاندارد ASME و ISO۶۹۷۴.....
۶۲.....	آشنایی با عیوب جوشکاری.....
۷۳.....	آشنایی با حد پذیرش عیوب بر طبق استاندارد AWS D۱.۱.....
۷۵.....	آشنایی با وظایف بازرسان جوش در صنعت ساختمان.....
۸۴.....	آشنایی با کاربرد دستور العمل رویه جوشکاری در سازه های فلزی.....
۹۸.....	آشنایی با استاندارد و طریقه تائید صلاحیت جوشکاران توسط بازرس جوش.....
۱۰۳.....	آشنایی با مسائل اجرائی در کارگاه ساخت سازه های فلزی.....
۱۲۳.....	آشنایی با روش بازرسی چشمی در سازه های فلزی.....
۱۳۳.....	آشنایی با روش بازرسی مایعات نافذ در سازه های فلزی.....
۱۳۹.....	آشنایی با روش بازرسی ذرات مغناطیسی در سازه های فلزی.....
۱۴۷.....	آشنایی با روش بازرسی فراصوت در سازه های فلزی.....
۱۵۳.....	آشنایی با روش بازرسی رنگ و پوشش در سازه های فلزی.....

فرمهای مربوط به گزارش کارهفتگی

فرمهای مربوط به گزارش کار ماهانه

فرمهای مربوط به گزارش ماهانه سرپرست کارگاه کارآموزی

نامه اتمام دوره کارآموزی از محل کارآموزی

## نیروی انسانی :

بازرسین فنی مقیم جهت انجام تست های غیر مخرب ۲۰ نفر

( متناسب با حجم پروژه های در حال اجرا به تعداد نفرات بازرسین اضافه می گردد )

همکاران اداری دو نفر

## گواهینامه ها :

گواهینامه عضویت در سازمان نظام مهندسی ایران

گواهینامه عضویت در انجمن شرکتهای بازرسی فنی تهران

گواهینامه عضویت در انجمن جوشکاری و آزمایشات غیرمخرب ایران IWNT

گواهینامه انجام تست های غیر مخرب با فرآیندهای VT , PT , MT , UT , ET , RT از انجمن تستهای غیرمخرب آمریکا ASNT

گواهینامه رنگ ، سطح و پوشش و گواهینامه EIS از انجمن خوردگی ایران

## خدمات و توانمندیها :

مهمترین خدمات و توانمندیهای قابل ارائه توسط شرکت مشاوره کاژان پویا گستر در زمینه مشاوره و بازرسی فنی به شرح ذیل می باشد .

## بازرسی جوش سازه های فلزی :

به منظور اطمینان از صحت فرآیندهای جوشکاری انجام شده و جلوگیری از بروز حوادث جبران ناپذیر لازم است تا کلیه جوشها و اتصالات در سازه های فولادی تحت کنترل ، بازرسی و انجام آزمونهای غیرمخرب (NDT) و مخرب (DT) قرار گیرند . شرکت مشاوره کاژان پویا گستر با استفاده دانش فنی و تخصص بازرسان مجرب خود و استفاده از تجهیزات پیشرفته و متناسب با آخرین تکنولوژیهای روز دنیا در امر تست های مخرب و غیرمخرب ، آماده ارائه خدمات بازرسی جوش و صدور گواهینامه های مربوطه می باشد .



## مشاوره و مهندسی جوش :

به منظور بهینه سازی فعالیتهای جوشکاری ، واحد مهندسی شرکت کاژان پویا گستر توانایی فنی و علمی لازم برای تدوین دستورالعملهای جوشکاری (WPS) را جهت کاهش میزان ضایعات ، جلوگیری از دوباره کاری ، مغایرت محصول تولیدی با استانداردهای فنی ، اختلافات قراردادی و کاهش مدت زمان انجام پروژه رادارا می باشد .

## مشاوره و پیاده سازی سیستم های مدیریت کیفیت (QC) در صنعت سازه های فولادی :

بدون شک سیستمهای مدیریت کیفیت یکی از مهمترین بخشهای واحدهای تولیدی در صنعت ساخت سازه های فولادی می باشد . شرکت کاژان پویا گستر توانایی مشاوره ، طراحی و اجرای زنجیره کنترل کیفیت در تولید سازه های فلزی رادرسه بخش : پیش از ساخت ، در حین ساخت و پس از ساخت راداراست .

## تجهیزات فنی :

شرکت کاژان پویا گستر همواره کوشیده است تادرکنار نیروی انسانی متخصص از جدیدترین تجهیزات فنی و ابزار دقیق مرتبط با بازرسی جوش استفاده نماید . در ادامه به بخشی از این تجهیزات اشاره می گردد .

- انواع وسایل و ابزار دقیق اندازه گیری شامل متر ، کولیس ، میکرومتر ، انواع زاویه سنج ، ترمومتر ، گیج حرارتی
- انواع گیج های ، ابزار های نور مناسب و آینه مورد استفاده در بازرسی به روش چشمی
- انواع یوک مورد استفاده در جریان AC و DC مورد استفاده در بازرسی به روش ذرات مغناطیسی با متعلقات مربوطه
- انواع دستگاه های عیب یاب در بازرسی به روش امواج مافوق صوت با متعلقات مربوطه
- دستگاه رطوبت سنج ، دستگاه سختی سنج پرتابل ، دستگاه های زبری سنجی و ضخامت سنجی دیجیتالی

## آشنایی با نکات ایمنی در کار بازرسی

از آنجائیکه محیط فعالیت بازرسان جوش در واقع همان محیط کاری جوشکاران می باشد ، بازرسین نیز ممکن است در معرض خطرات زیادی که بیشتر در اثر بی احتیاطی رخ می دهد ، قرار گیرند . بنابراین در چنین شرایطی می بایست تدابیر ایمنی مناسب جهت انجام فعالیت در کارگاه های ساخت و یا سایت نصب پروژه برای آنها در نظر گرفته شود .

در این بخش به برخی از این خطرات و راههای جلوگیری از آسیب دیدن در مواجهه با آنها اشاره می گردد :

**خطر سوختگی :** از آنجائیکه بیشتر فعالیتهای مربوط به برشکاری و جوشکاری فلزات از طریق فرآیندهای ذوبی صورت می گیرد ، خطر سوختگی یکی از شایع ترین خطراتی است که بخش عمدای از آسیب دیدگیها را در اینگونه فعالیتها به خود اختصاص می دهد . لذا جهت جلوگیری از سوختگی رعایت نکاتی همچون استفاده از دستکشهای مناسب در بازرسی قطعات ، استفاده از لباس کار مناسب از جنس الیاف پشمی که بطور کامل بدن را پوشش داده و خطر ناشی از سوختگی را نسبت به لباسهای پنبه ای و نایلونی کاهش می دهد ، پوشیدن لباسهای کار بدون تازدگی آستین و یا پاچه شلوار ، استفاده از کفش های مناسب کارگاه که پا را در برابر خطر ناشی از سقوط اشیاء و جرقه و ذرات گداخته محافظت می کند ، رعایت کردن عدم تماس مستقیم پوست بدن با تمام قطعاتی که در کارگاه قرار دارد و جلوگیری از آلودگی لباس کار با مواد نفتی و چرب ، جهت جلوگیری از خطر سوختگی لازم و ضروری می باشد .

**خطر برق گرفتگی :** از آنجائیکه منبع اصلی تامین انرژی جهت انجام فرآیندهای جوشکاری و برخی از فرآیندهای برشکاری ، جریان الکتریسیته و برق صنعتی می باشد ، خطر عمده دیگری که جان پرسنل جوشکاری و بازرسین جوش را تهدید می کند ، خطر برق گرفتگی است . لذا جهت جلوگیری از شوکهای الکتریکی و خطر برق گرفتگی رعایت نکاتی همچون اجتناب از تماس مستقیم و بدون حفاظت بدن با کلیه کابلها و بدون روکش و قطعات معیوب حامل جریان الکتریکی ، استفاده از دستکش و لباس کار خشک در جریان بازرسی در محیط کار ، اجتناب از قرارگیری بدن در وضعیتی که در هنگام بازرسی قطعه با آن در تماس قرار گیرد ، نصب کابل اتصال به زمین برای تمامی ماشین آلات و وسایلی که منبع اصلی تامین انرژی آنها برق و جریان الکتریسیته می باشد ، چک نمودن محکم بودن و سالم بودن کلیه اتصالات الکتریکی ، انتخاب صحیح کلیه تجهیزات ، کابل ها ، فیوزها و پیریزهای برق بر مبنای ظرفیت حمل جریان و سیکل کاریشان ، استفاده از کابلهای انعطاف پذیر برای مقاصد جوشکاری ، پوشش دهی مناسب کابل ها جهت جلوگیری از تماس جرقه ها با پوشش اصلی کابل و یا هرگونه بی احتیاطی دیگر که موجب پارگی خراش و از بین رفتن پوشش اصلی کابلها گردد ، نگهداری مناسب از کابل ها و در صورت لزوم تعمیر و یا جایگزینی کابل معیوب شده با کابل سالم ، چک نمودن سالم بودن انبر و پوشش انبر در فرآیند جوشکاری قوسی الکترود دستی (SMAW) ، در صورت نیاز به جوشکاری در محیط های بسته مولد قدرت جوشکاری باید در خارج از محیط جوشکاری نگهداری شود ، جلوگیری از آغشته شدن کابلها یا پوشش محافظ آنها به هرگونه چربی و یا مواد نفتی قابل اشتعال و در نهایت دور نمودن مواد آتش زا و مواد نفتی از محل قرارگیری ماشین آلات الکتریکی ، لازم و ضروری می باشد .

**خطر برق زدگی چشم :** از آنجائیکه ساختار چشم انسان به گونه ای است که نسبت به نور حساسیت ویژه ای دارد و در برخی از موارد جذب نور می گردد ، یکی از شایع ترین خطرات فرآیندهای برشکاری و جوشکاری ، خطر برق زدگی چشم است که در

اغلب موارد پس از پایان عملیات جوشکاری و در زمانی که بدن انسان در حال استراحت است با درد شدید در ناحیه ی چشم بروز می کند . لذا جهت جلوگیری از بروز برق زدگی در چشم رعایت نکاتی همچون جلوگیری از نگاه کردن و خیره شدن به فعالیت های برشکاری و جوشکاری در مواقعی که چشم انسان هیچگونه ابزار محافظتی در برابر اینگونه پرتوها و اشعه ها ندارد ممنوع است ، از نگاه کردن مداوم حتی بطور غیر مستقیم به اینگونه فعالیتها جلوگیری شود ، در صورت نیاز به چک نمودن فعالیت های برشکاری و جوشکاری در حین انجام عملیات حتما از عینک های محافظ مخصوص هر عملیات که تیرگی لازم را در برابر اشعه های مضر آن عملیات فراهم می آورد و از چشم به خوبی محافظت می نماید استفاده گردد ، شیشه عینک مورد استفاده حتما باید تیرگی لازم برای هر فرآیند را بطور جداگانه فراهم سازد ، قبل از استفاده از عینک های محافظ حتما شیشه آنها را لحاظ سالم بودن و عدم وجود ترک و هرگونه آسیب دیگر در سطح شیشه چک شود و پس از اطمینان از سالم بودن مورد استفاده قرار گیرند ، چک نمودن فریم عینک از لحاظ نداشتن هیچگونه روزه و منفذ که منجر به عبور پرتوها مضر گردد ، استفاده از منابع تامین روشنایی مناسب در کارگاهها جهت کاهش اثرات پرتوهای مضر ، استفاده از رنگ مناسب برای پوشش دهی دیواره های کارگاه جهت جلوگیری از انعکاس پرتوهای مضر ، استفاده از دیواره های جدا کننده موقتی و قابل حمل جهت جلوگیری از آسیب دیدن چشم دیگر پرسنل فعال در بخشهای دیگر کارگاه و کاهش مدت زمان انجام بازرسی در بخش تولید قطعات ، لازم و ضروری می باشد .

**خطرات ناشی از گازهای سمی :** از آنجائیکه در حین برشکاری فلزات به روش برشکاری با شعله یا جوشکاری فلزات در فرآیندهای ذوبی با قوس الکتریکی ، فیوم ها و بخارات حاوی گازهای سمی و مضر جهت سلامتی پرسنل فعال در این بخشها تولید شده و به دلیل قرارگیری این افراد در مدت زمان طولانی در برابر این گازهای سمی و جذب شدن آنها از طریق سیستم دستگاه تنفس ، برای جلوگیری از بیماریهای تنفسی و کاهش طول عمر پرسنل و اپراتورهای جوشکاری رعایت نکاتی همچون طراحی ساخت نصب و بهر برداریاز سیستم تهویه مطبوعی که علاوه بر جذب و دفع گازهای سمی حاصل از فعالیت های برشکاری و جوشکاری در محیط کارگاه مانع از بروز ایجاد عیب در فعالیت های پرسنل جوشکار گردد ، رعایت استفاده از ماسکهای تنفسی مناسب با گازهای سمی ایجاد شده در فرآیندهای گوناگون برشکاری و جوشکاری به نحوی که هیچگونه مزاحمت یا خللی در کار پرسنل ایجاد نکند ، استفاده از مکنده های مناسب در محیط کارگاه و برای پرسنل برشکار و جوشکار به صورت فردی و قابل حمل ، در صورت نیاز به جوشکاری در محیط های بسته سیستم تهویه علاوه بر داشتن توانایی در نگهداشتن سطح آلاینده ها در محدوده مجاز باید قابلیت اطمینان از رسیدن اکسیژن کافی به فرد جوشکار و جلوگیری از تجمع اکسیژن غنی شده و همچنین جلوگیری از تجمع مخلوط های اشتعالزا داشته باشد ، بازرسان فقط در صورتی می توانند به فضاهای بسته وارد شوند که آموزش لازم را دیده باشند و در آن محیط سیستم تهویه مناسب وجود داشته باشد ، گرفتن آزمایشهای دوره ای مناسب از سیستم تنفسی پرسنل فعال در زمینه برشکاری و جوشکاری و رسیدگی مستمر به وضعیت سلامت آنها و کاهش مدت زمان قرار گیری در معرض گازهای سمی از طریق استفاده از فرآیندهای پیشرفته تر در برشکاری و جوشکاری که گازهای سمی در آنها تولید نمی شود یا میزان آن کمتر از فرآیندهای مرسوم می باشد ، لازم و ضروری می باشد .

**خطرات ناشی از تشعشعات حرارتی و نوری :** تشعشعات ناشی از فرآیندهای جوشکاری ذوبی علاوه بر تاثیر بر روی بینایی موجب ایجاد سوختگیهای ناشی از تشعشع به روی پوست میگردد لذا جهت جلوگیری از سوختگیهای ناشی از تشعشع رعایت

نکاتی همچون استفاده از لباس کار مناسب با پوشش دهی کامل تمام اعضا بدن ، استفاده از ماسکهای مناسب فرآیند برشکاری و جوشکاری متناسب بانوع فرآیند ، کاهش مدت زمان بازرسی درحین انجام عملیات و رعایت فاصله مناسب از منبع تشعش لازم و ضروری می باشد .

**خطرات ناشی از سروصدا :** از آنجائیکه بخش از عملیات برشکاری و جوشکاری ، عملیات آهنگری به منظور صاف نمودن اعواج های صورت گرفته در عملیات قبلی یا درحین انجام عملیات برشکاری یا جوشکاری می باشد لذا جهت جلوگیری از خطرات ناشی از سروصدا که موجب کاهش قدرت شنوایی می شود رعایت نکاتی همچون استفاده از گوشی های مناسب در حین انجام فعالیت برشکاری ، جوشکاری و بازرسی لازم و ضروری می باشد .

**خطرات ناشی از پرتاب ذرات ریز :** از آنجائیکه معمولا پس پایان عملیات برشکاری با شعله به منظور یکدست نمودن سطح برش خورده عملیات سنگ زنی به منظور حذف نمودن اشکالات ناشی از برش در سطح قطعه صورت می گیرد و یاد ر عملیات جوشکاری چند پاسی لازمست تا پس از پایان هر پاس جوش قبلی سطح جوش به منظور جلوگیری از ایجاد عیوب ناشی از ورود ناخالصی ها پاس قبلی به پاس بعدی جوش و یا در زمان وایر زنی کل سطح و یا عملیات سند بلاست قطعه قبل از اعمال رنگ به روی سطح قطعه همیشه احتمال پرتاب ذرات ریز یرشمرده شده وجود دارد رعایت نکاتی همچون عدم قرارگیری در محل پرتاب ذرات ، استفاده از عینکهای حفاظتی و ماسکهای مناسب طلقی شفاف لازم و ضروری می باشد .

**دیگر خطرات موجود در کارگاهها :** بیشترین خطری که در کارگاههای ساخت و در سایت نصب سازه های فلزی وجود دارد خطر سقوط اشیا از ارتفاع می باشد و لازمست به منظور ایمنی هرچه بیشتر تمامی پرسنل فعال در پروژه از کلاه های ایمنی مناسب استفاده کند

به منظور جلوگیری از آسیب دیدگی از پرتاب نمودن اشیا کارگاه به سمت یکدیگر جلوگیری گردد .

انضباط در حین ساعات کاری به دقت رعایت گردد و از هرگونه شوخی بیجا توسط پرسنل در ساعات کاری جلوگیری شود .

از ورود افرادی که نمی خواهند یا نمی توانند با قوانین کارگاه فعالیت نمایند به داخل کارگاه جلوگیری گردد .

قبل از استفاده از هر وسیله ای دستورالعمل آن را مطالعه نموده تا از آسیب رساندن به خود و دستگاه جلوگیری نماییم .

## آشنایی با نقشه خوانی

از آنجائیکه برای ساخت دقیق هر ساختمان مطابق با قوانین مربوط به ساخت و ساز ، میزان فضا و مساحت زمین انتخابی ، انتقال اطلاعات لازم به مجریان و استادکاران ساخت سازه و امکانات و تجهیزات مورد نیاز مصرف کنندگان نهایی ، نیاز به تهیه و ترسیم نقشه های اجرایی در کلیه بخشهای ذکر شده برای یک پروژه ساختمانی می باشد ، لازم است تا بازرسین فنی فعال در صنعت ساختمان ضمن آشنایی با مفاهیم اولیه نقشه ها ، توانایی خواندن و استفاده از اطلاعات بیان شده در اینگونه نقشه ها را جهت تعیین و پیش بینی مشکلات احتمالی در حین ساخت قطعه و جلوگیری از رخ دادن آنها ، تهیه دستورالعمل های مناسب برای جوشکاری قطعه ، تعیین ایستگاه های مناسب برای انجام فعالیت بازرسی ، جلوگیری از دوباره کاری و اتلاف سرمایه و تحمیل هزینه های اضافی به کارفرما داشته باشند . لذا در این بخش ضمن آشنایی با مفاهیم اولیه مربوط به نقشه خوانی باروشهای استفاده از اطلاعات موجود در نقشه های ساخت و نصب قطعات ساختمانی آشنا می شویم .

**تعریف نقشه :** نقشه عبارتست از نمایش ترسیمی یک جسم یا قسمتی از آن که برگرفته از فکر خلاق یک مهندس باشد .

**تعریف مقیاس :** مقیاس (Scale) نسبت اندازه ترسیمی به اندازه حقیقی می باشد .

### انواع نقشه ها :

- ۱- نقشه شماتیک : نقشه هایی که بدون مقیاس و معمولاً به صورت دستی (بدون استفاده از وسایل ترسیم) ترسیم می شوند را نقشه شماتیک گویند .
- ۲- نقشه ساخت : نقشه هایی که از روی نقشه اصلی جهت نشان دادن روند و مراحل ساخت یک قطعه از یک مجموعه نهایی تهیه شده و دارای مقیاس و اندازه است را نقشه ساخت گویند . اینگونه نقشه ها تنها به صلاح دید پیمانکاران ساخت و برای انتقال اطلاعات به جوشکاران و استادکاران از روی نقشه های کلی قطعه تهیه می گردد .
- ۳- نقشه جزئیات : برای بیان جزئیات ساخت هر بخش از یک قطعه و به منظور جلوگیری از شلوغ بیش از حد نقشه اصلی ، نقشه های جداگانه ای برای بیان این جزئیات تهیه می گردد که به همین منظور آنها را نقشه جزئیات می نامند .
- ۴- نقشه کلی (Shop) : نقشه هایی که در آنها جزئیات ساخت ، تعداد اعضاء و بخش های یک قطعه و ارتباطات مربوط به هر یک از آن بخش ها بایکدیگر ، بصورت کامل بیان گردیده را نقشه کلی قطعه گویند . کلیه بازرسیهای قطعه از روی نقشه های کلی انجام می گیرد .
- ۵- نقشه پی : نقشه ای می باشد که عرض ، طول و ارتفاع پی ها ، تعداد و فاصله هر یک از آنها را نسبت به یکدیگر مشخص نموده و از پلان اصلی برای ترسیم نقشه پی استفاده می گردد . در نقشه های پی محل ستون ها ، اندازه فنداسیون ، فاصله فنداسیون ها و اکس بندی آنها مشخص می گردد .
- ۶- نقشه ستون گذاری : در این نقشه ها محل نصب ستون های سازه به دقت مشخص می گردد .
- ۷- نقشه تیریزی : در این نقشه ها محل دقیق نصب تیرها ، تعداد و نوع تیرهای سازه (اصلی و فرعی) مشخص می گردد .
- ۸- نقشه پلان طبقات : نقشه ای است که بصورت افقی برای نمایش فضا و جزئیات داخلی بنادر هر طبقه از ساختمان در جهات دلخواه ترسیم می گردد .

۹- نقشه مقطع : نقشه ای است که بصورت برش عمودی برای نشان دادن تناسب ، ارتفاع و جزئیات فضای داخلی ساختمان از جهات مختلف .

۱۰- نقشه نما : نقشه ای است که طراح جزئیات بیرونی ساختمان رادرجهات مختلف مشخص می نماید .

البته به جز نقشه های بیان شده فوق هرساختمان دارای نقشه های دیگری همچون نقشه تاسیسات ، برق ، لوله کشی و... نیز می باشد که بعلت مرتبط نبودن با بحث بازرسی سازه های فلزی از بیان وتوضیح آنها صرف نظر می گردد .

**جدول مشخصات نقشه :** درهر برگ نقشه (Sheet) جهت ثبت اطلاعات لازم وجلوگیری از ازدحام اطلاعات مورد نیازدرمورد قطعات تشکیل دهنده یک قطعه مرکب درروی نقشه ها ازجدول مشخصات (Title) به عنوان مرجعی برای دسترسی آسان وسریع به اطلاعات مورد نیازآن قطعه مرکب استفاده می شودکه درسمت راست وپایین نقشه هاترسیم می شود .

بنابراین وظیفه ثبت اطلاعات ومعرفی قطعات تشکیل دهنده درنقشه های ترکیبی به عهدجدول مشخصات نقشه است .

**انواع خط درنقشه :** خطوط ازنظرضخامت به سه گونه است ولی ازنظرکاربردی ، گونه های زیادی دارد .

**خطوط مرئی (دید) :** بیانگرخطوطی هستندکه درنمای جاری قطعه قابل رویت هستند . (دورظاهرقطعه واضلاع)

**خطوط نامرئی (ندید) :** بیانگرخطوطی هستندکه درنمای جاری قطعه قابل رویت نیستند . (اضلاع داخلی قطعه ازنمای خارجی آن)

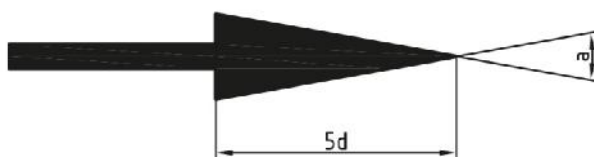
**محور تقارن :** بیانگرتقارن ، مسیرحرکت ، محورهای دایره ای ومحورتقارن اجسام متقارن است .

**خطوط اندازه وربط :** بیانگر ابعاد وموقعیت اجزای یک جسم درنقشه هستند .

**تعریف اندازه گذاری :** اندازه گذاری عبارتست ازمعرفی ابعاداجسام بایک یکای استاندارد . یکای مورداستفاده درصنعت مکانیک میلیمترودرصنعت ساختمان متروسانتیمتراست .

**اجزای اندازه :** برای رسم خط اندازه ، خط رابط ونوشتن شماره ها ازخط نازک استفاده می شود . طول فلش ، ۵ برابر ضخامت خط اصلی درنظرگرفته می شود .

$$30^{\circ} > \alpha > 15^{\circ}$$



**انواع فلش :** فلشهای مورد استفاده در نقشه ها رامیتوان بصورت زیر طبقه بندی کرد .

۱. سهمی یا فلش سیاه توپر که در نقشه کشی صنعتی از آنها استفاده می شود .
۲. سهمی یا فلش بسته توخالی که برای محاسبه نقشه های تمام شده از آنها استفاده می شود .
۳. سهمی توخالی بازایه باز که برای نقشه های دستی کشیده شده ساختمان از آنها استفاده می شود .
۴. سهمی توخالی بازایه بازتر که برای نقشه های دستی کشیده شده ساختمان از آنها استفاده می شود .
۵. خط مورب تحت زاویه ۴۵ درجه که برای نقشه های دستی کشیده شده ساختمان از آنها استفاده می شود .
۶. نقطه توپرسیاه که در مواقعی که فاصله میان دوخط اندازه کمتر از ۵ میلیمتر است .



انواع فلش ها در نقشه های ترسیمی

**خط شکسته :** اگر طول یک قطعه که دارای شکل یکنواخت است زیاد باشد ، می توان آن را با خط شکسته کوتاه تر رسم کرد ولی در اندازه گذاری قطعه ، اندازه ی کامل (واقعی) به روی آن نوشته می شود .

نکات رسم خطوط :

- در طراحی قطعات اولویت رسم باخطوطی است که برهم منطبق هستند و پس از آن رسم خطوط اضلاع خارجی قطعه بصورت خطوط پر و سپس رسم جزئیات داخلی قطعه بصورت خطوط ندید در داخل نمای خارجی قطعه و در آخر رسم خطوط تقارن قطعه بصورت خط و نقطه نازک
- خطوط ندید باید به خطوط پر متصل گردند ، به جهنگامی که در امتداد یک خط پرقرار گیرند .
- خطوط ندید در گوشه های قطعه بصورت T و L شکل باید برهم متصل باشند .
- خطوط ندید منحنی باید از خطوط تقارن شروع شوند .
- برای رسم سوراخهای کوچک ، خطوط تقارن به صورت خطوط پیوسته نازک رسم می شوند .
- خطوط تقارن در دو نما از قطعه به یکدیگر متصل نمی شوند .
- هنگامیکه خطوط تقارن در امتداد خطوط دید یا ندید قرار می گیرند ، لازم است فضای خالی بین آنها رعایت شود .
- خطوط تقارن معمولاً با خطوط طولانی شروع و پایان می پذیرند .

**اندازه اسمی :** اندازه قطعه که در اندازه گذاری نقشه ساخت بصورت مطلق بیان می گردد در اندازه اسمی گویند .

تذکر : یک قطعه راهبرگرمی توان بادقت مطلق ساخت زیرا برای نزدیک کردن اندازه واقعی آن به اندازه اسمی بیان شده در نقشه ساخت نیاز به نیروی فنی متخصص ، ماشین آلات دقیق و صرف هزینه و زمان بالا است که این امر مقرون به صرفه نخواهد بود .

**اندازه فعلی :** اندازه قطعه که پس از ساخت آن و بوسیله ابزارهای دقیق اندازه گیری بدست می آید در اندازه فعلی گویند .

**تعریف تolerانس :** مقدار خطایی را که طراح در ساخت قطعه بر اساس اندازه اسمی آن مجاز می داند ، تolerانس گویند و این اختلاف اندازه را با حرف T که بیانگر (Tolerance) است نشان می دهند . مقدار تolerانس از تفاضل بزرگترین اندازه از کوچکترین اندازه مجاز بدست می آید .

**کیفیت تolerانس :** هرچه اختلاف اندازه مجاز قطعه کمتر باشد ، قطعه از نظر کیفی اندازه دقیقتری دارد و اندازه حقیقی آن با خطای کمتری است .

**موقعیت تolerانس :** عبارت است وضعیت انحراف مجاز نسبت به اندازه اسمی یا خط صفر قطعه .

**جدول مقادیر اصلی تolerانس :** برای هماهنگی در کارهای صنعتی ، استاندارد ISO یک جدول اصلی برای مقادیر اختلاف اندازه مجاز در قطرهای مختلف پیشنهاد کرده است . طبق این جدول استاندارد ISO برای کیفیت تolerانس ۱۸ مرحله در نظر گرفته است که ای مراحل با اعداد ۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲،۱۳،۱۴،۱۵،۱۶ بیان می شوند که از IT۰۱ تا IT۱۵ برای کارهای بسیار دقیق و از IT۵ تا IT۱۷ برای ماشین سازی دقیق و از IT۸ به بالا برای کارهای بادقت کمتر استفاده می شود .



**تولرانس زاویه :** درمورد زوایاهم می توان مقادیر تولرانس را برحسب درجه ، دقیقه و ثانیه بیان نمود .

**تولرانس آزاد :** مقدارخطای مجازی را که طراح بصور دلخواه و خارج ازجدول مقادیراصلی تولرانس برای اندازه های قطعه قائل می شودراتولرانس آزادگویند .

**تعریف انطباق :** چنانچه یک قطعه به هرصورت درقطعه دیگرتداخل کند ، می گوئیم یک انطباق انجام گرفته است .

**مفهوم میله در انطباق :** هر فرم یاشکلی ازقطعه که درانطباق قطعات وارد قطعه دیگرگرددرا اصطلاحاًمیله گویند .

**مفهوم سوراخ در انطباق :** هر فرم یاشکلی ازقطعه که درانطباق قطعات ، قطعه دیگرداخل آن شوداصطلاحاًسوراخ گویند .

**انطباق بازی دار :** انطباق بازی دار ، روان یاآزادزمانی پیش می آیدکه دوقطعهء منطبق شوندبه نسبت به هم دارای لقی باشند . میزان این لقی ازتفاضل اندازه فعلی میله ازاندازه فعلی سوراخ بدست می آید .

**انطباق عبوری :** انطباق عبوری حالتی است که دوقطعه ضمن نداشتن لقی دریکدیگرقابلیت لغزش وحرکت بانبروی کم رادارند .

**انطباق پرسی :** انطباق پرسی حالتی است که دو قطعه ضمن نداشتن لقی دریکدیگرقابلیت لغزش وحرکت رانداشته وبایدازنیروهای زیادتتری وحتىی از پرس کمک گرفت .

**تعریف تولرانس فرم :** میزان خطای مجازدر هنگام مونتاژقطعات را توسط تولرانسهای فرم معرفی می کنند .

این تولرانسهادرتمام نقشه های هندسی بجزنقشه های ساخت ، به کارمی روند .

**اندازههای دقیق ثنوری :** اگر تولرانسهای موقعیت یا زاویه داربودن برای یک جزء ازقطعه ای درنظرگرفته شوند ، اندازه هایی که مقداردقیق وضعیت یا زاویه داربودن رامعرفی می کنندنبایدتولرانس گذاری شده یاباتولرانس نشان داده شوند . برای نشان دادن اندازه دقیق ، آنها را دریک کادرمربعی شکل می نویسند .

**محدوده تولرانس تصویرشده :** درموقعی که تولرانسهای جهت وموقعیت شامل خود جزوقطعه نبوده وبه ادامه آن بستگی داشته باشندنبایدباخودجزبه کاررودبلکه بایددرتصویردیگری ازقطعه نشان داده شود . تولرانس تصویرشده با علامت P نشان داده می شود .

**مستقیم بودن :** هرگاه بخواهیم انحرافات قطعات را از خط مستقیم محدودکنیم ، تولرانسهای مستقیم بودن مورد استفاده قرارمی گیرد .

**تخت بودن (صاف بودن) :** صاف بودن سطوح یکی دیگر از مشخصات هندسی است که نوسانات آن موجب به هم خوردن یکی دیگر از شرایط مونتاژی شود . درچنین مواردی حدودناصافی قطعات راتولرانس گذاری می کنند .

**تولرانس دایره ای بودن :** از آنجاکه همه یابعضی از قطعات مدور به جهت مونتاژ تولید می شوند با توجه به این که اینگونه قطعات نمی تواند کاملاً دایره ای بوده و عاری از دوپهن شده گی و یاد دیگر انحرافات که قطعه را از گرد بودن خارج می سازد ، به همین جهت لزوم تولرانسهای هندسی برای اینگونه از قطعات اجتناب ناپذیر است . این نوع تولرانسها به کلیه اشکالی که مقطع دایره ای دارند تعلق می گیرد . دایره بودن در هر شکلی که قطعه دارد بصورت مقطعی مطرح می شود ، برخلاف مستقیم بودن که در طول قطعه کار انجام می گیرد . عبارت دیگر دایره بودن از یک دور کامل قطعه کار در یک مقطع مشخص تولرانس گذاری می شود .

**تولرانس استوانه ای بودن :** استوا ای بودن همان دایره ای بودن است ، با این تفاوت که دایره ای بودن در یک مقطع تعریف می شود ، اما در استوانه ای بودن کل جسم و یا استوانه بطور یکنواخت مطرح است . در حقیقت استوانه ای بودن ترکیبی است از مستقیم بودن ، صاف بودن و دایره ای بودن در قطعات استوانه ای یا مدور .

**تولرانس زاویه دار بودن :** سطح مایل یا شیب دار باید بین دو صفحه موازی و به فاصله  $0.5/0$  میلیمتر از یکدیگر نسبت به سطح مبنا و بازوی  $30^\circ$  درجه قرار گیرد .

**تولرانس تعامد :** عمود بودن دو سطح در صنعت به خصوص در اجزای ماشینهای افزار کاربرد زیادی دارد . محدود کردن این قسمت از انحرافات زاویه ای اهمیت زیادی دارد .

**تولرانس گذاری توازی :** به دلیل اهمیت ویژه موازی بودن سطوح تولرانسهای هندسی در کنار تولرانسهای ابعادی مورد استفاده قرار می گیرند .

**تولرانس وضعیت :** موقعیت قرار گرفتن یک جزء از یک قطعه نسبت به لبه های قطعه کار ، وضعیت محور در آن قطعه ، باید با توجه به دقت آن تولرانس گذاری شود .

**تولرانس هم محوری :** یکی از مهمترین و مشکل ترین کارها در مونتاژ قطعات ، هم محور نبودن محور قطعاتی است که بصورت پله ای نسبت به هم قرار می گیرند است . مقدار تولرانس هم محوری همواره در حد تولرانس ابعادی قطعات و یا کمی کمتر از آن است و بطور کلی به موقعیت خاص قطعه و شرایط مونتاژ بستگی دارد . تولرانس هم محوری در حقیقت گردی یا دایره ای بودن ، مستقیم بودن و استوانه ای بودن را شامل می شود . بطور کلی هم محور بودن یعنی هم محوری در قطعاتی که پله دار هستند .

**تولرانس تقارن :** تولرانس تقارن به جهت محدود کردن انحرافات دو سطح موازی است که با فاصله یکسان از خط محور (محور تقارن) قطعه یا یک شکل هندسی قرار دارند .

**تولرانس دویدگی شعاعی (لنگی) :** تولرانسهای لنگی تقریباً شبیه تولرانسهای هم محوری بوده ، بعلاوه اهمیت زیاد بسیاری از خطاهای هندسی راتحت الشعاع خود قرار می دهد . لنگی عبارت است از عدم گرد بودن خطوط و سطوح کار و خارج از مرکز بودن این دو نسبت به محور تقارن قطعه کار .

**تولرانس لنگی محوری :** تولرانس لنگی محوری همانند لنگی شعاعی است بااین تفاوت که کنترل لنگی محوری درکل طول قطعه کارانجام می شود .

**اندازه گذاری پله ای :** ازمهمترین قواعداین نوع اندازه گذاری این است که خط اندازه توسط خط ربط اندازه قطع نمی شود و اندازه گذاری ازاندازه های کوچک شروع وبابزرگترین اندازه به اتمام می رسد .

**اندازه گذاری زنجیره ای :** دراین اندازه گذاری تمام اندازه گذاریها پشت سرهم وازیک سمت صورت گرفته وخط اندازه هاتوسط خط ربط اندازه قطع می شوند .

**اندازه گذاری دایره وکمان :** درایناندازه گذاری امتدادخط اشاره یااندازه بایدازمرکزدايره بگذرد .

**اندازه گیری شیب :** دراین اندازه گذاری خط اندازه موازی با خط اصلی قطعه و با همان شیب ترسیم می گردد .

### **نکات مربوط به اندازه گذاری :**

- قبل اذدرج اندازه شعاع یاقطریک سطح کروی باید حرف S که مخفف کلمه Sphere است درج گردد .
- برای جلوگیری ازتکراراعداداندازه وهمچنین شلوغ شدن نقشه می توان ازحروف اختصاری بزرگ لاتین استفاده کرد .
- هرگاه لازم باشدبرروی قسمتی ازشطح عملیات حرارتی یاپوششی انجام شود ، محل عملیات برروی نقشه باید به وسیله خط ونقطه ضخیم مشخص شود . این خط و نقطه بایدبه فاصله ۰/۵ تا ۱ میلیمتربه موازات خط اصلی در محدوده عملیات رسم شود .
- جهت سادگی ومشخص نمودن مبداء اندازه گذاریها برای پرسنل سازنده و افراد درگیر در بخش کنترل کیفیت مبداء اندازه گذاریها با حرف O مشخص می گردد .
- در بعضی مواقع در نکته قبلی نقطه مبنارامبداء مختصات درنظرگرفته ونسبت به محور X و Y اندازه گذاریها در جدولی جداگانه بیان می گردد .
- وقتیکه یک اندازه به چند بخش تقسیم می شود با علامت (=) نشان داده می شود وبه معنای برابر بودن اندازه یکسان است .
- در صورتیکه قطعه موردنظر دارای چندین جزبافاصله و اندازه یکسان از یکدیگرباشد تنها یکی ازاجزا نسبت به بقیه آنها اندازه گذاری می گردد .

**صفحه برش :** صفحه ای است فرضی که به منظور آشکارشدن مشخصات داخلی جسم ، جسم را برش می دهد .

**خط برش :** خطی است که مسیرصفحه برش رانشان می دهد .

## خصوصیات محل برش قطعه :

- دربرش قسمتهای ندیدرادر حالت دیدترسیم می کنند .
- به کمک برش نقشه ساده ترمی شود .
- به کمک برش از خط چین کمتری استفاده می شود .

**هاشور :** برای مشخص کردن سطوح برش خورده توسط صفحه برش از خطوط موربی بنام هاشوراستفاده می کنیم .

## نکات برش :

- نوع هاشور برش باتوجه به جنس جسم برش خورده رسم می شود .
- خط هاشور نازک است .
- زاویه خطوط هاشورنسبت به خط اصلی تصویرتحت زاویه ۴۵درجه وازطرف راست یا چپ است .
- تمام تصاویریک قطعه برش خورده ازیک جهت هاشورمی خورند .
- فاصله خطوط هاشوردرقطعات فلزی باتوجه به نوع آن عوض می شود .
- فاصله خطوط هاشورثابت ومناسب است .
- هاشورقطعات بزرگ فقط درحاشیه رسم می شود .
- هاشورقطعات کوچک درصورت عدم وضوح ، فقط سیاه می شود .
- قطعات مجاورهاشوردارای هاشورمتفاوت هستند . (جهت مخالف ویاغیرهم راستا)
- هاشورقطعات کوچک همجوار ، بافاصله رسم می شود .
- دراندازه گذاری ، عدداندازه نبایددرناحیه هاشورباشدولی رسم خط اندازه درقسمت هاشورخورده مشکلی ندارد .
- فاصله بین دوخط هاشوربرای مقاطع کوچک از ۱/۵ میلیمتروبرای قطعات بزرگ تا ۳ میلیمترتغییرمی کند .
- خطوط هاشور نباید عمودیابه موازات دیگر خطوط نما رسم شوند .

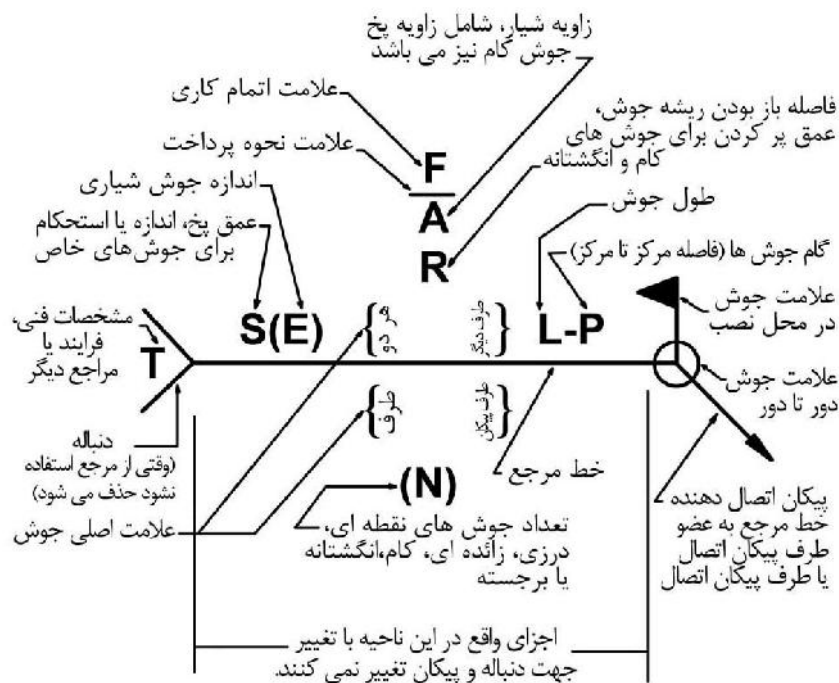
## انواع برش :

- برش ساده (متقارن یا غیر متقارن)
- برش متوالی
- برش شکسته
- نیم برش
- برش موضعی
- برش شعاعی
- برش شعاعی شکسته
- برش گردشی
- برش گردشی جا به جا
- برش مایل

## آشنایی با علائم و طراحی جوش

**علائم اصلی :** اتصال دوقطعه درجوشکاری به نوع طرح اتصال و کاربرد آن بستگی دارد و می تواند یکی از انواع اتصالات جوشی موجود باشد . هراتصال جوشی دارای علامت مخصوص به خوداست که به شکل درزجوش بستگی دارد .

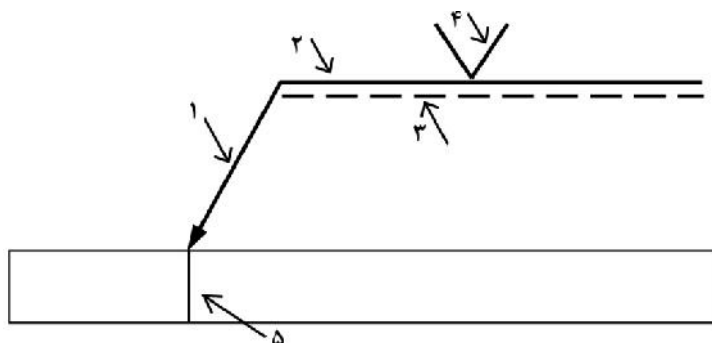
علائم اصلی								
فلنجی لبه ای	فلنجی گوشه ای	روکشی	پشت جوش	درزی	زائده ای	نقطه جوش یا برجسته	کام یا انگشتانه	گوشه ای
کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد
کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد
کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد
کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد
شماره								
آرپ (لحم کاری)	نیم جفتی گرد	جفتی گرد	نیم لاله ای	لااله ای شاری	نیم جفتی	جفتی	ساده	محل قرارگیری
								طرف پیکان
								طرف دیگر
								هر دو طرف
								-----



شکل کلی علائم جوش

**خط راهنما :** خط پیکانی است که نسبت به لبه جوش بصورت مایل رسم می شود .

**خط مرجع :** خط نازکی ممتد است که باید نسبت به خط درز جوش (وضعیت اصلی) بصورت افقی و در صورت لزوم عمودی کشیده شود .



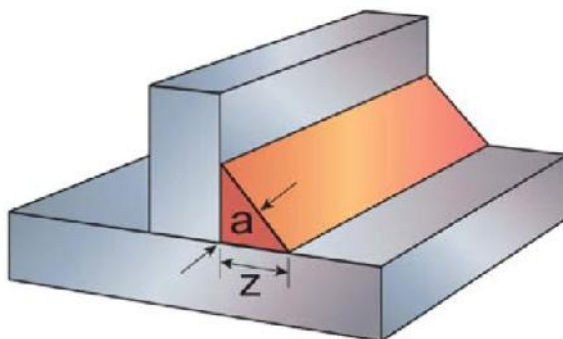
(۱) خط راهنما (۲) خط مرجع (۳) خط ندید (۴) نوع عملیات جوشکاری (۵) لبه های اتصال

**اهمیت موقعیت خط راهنما جوش :** در صورتیکه علامت جوش بالای خط مرجع رسم گردد و خط راهنما (خط پیکان) سطح روی اتصال جوش را نشان دهد می توان نتیجه گرفت که اتصال قابل دید است .

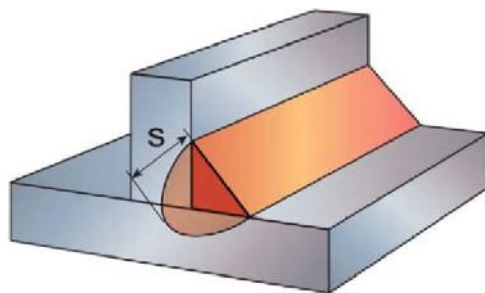
در صورتیکه علامت جوش پایین خط مرجع رسم گردد و خط راهنما سطح روی اتصال جوش را نشان دهد می توان نتیجه گرفت که اتصال قابل دید نیست و عبارت دیگر عملیات جوشکاری در پشت قطعه صورت می گیرد .

**ابعاد جوش :** هر یک از جوشها دارای ابعاد و اندازه های مختلفی هستند و این ابعاد و اندازه ها باید طبق دستورالعمل های خاصی در نقشه ها بیان می گردد . معمولاً در جوشکاری گوشه برای قطعاتی که بصورت سپری به یکدیگر متصل می گردند و اندازه اصلی جوش به صورت ساق جوش (Z) و بعد جوش (A) جهت راهنمایی پرسنل جوشکاری در حین انجام عملیات جوشکاری و بازرسان جوش برای بررسی درستی انجام عملیات به منظور تامین میزان مقاومت لازم در برابر بارگذاری اعمالی به روی قطعه مورد نظر بیان می گردد .

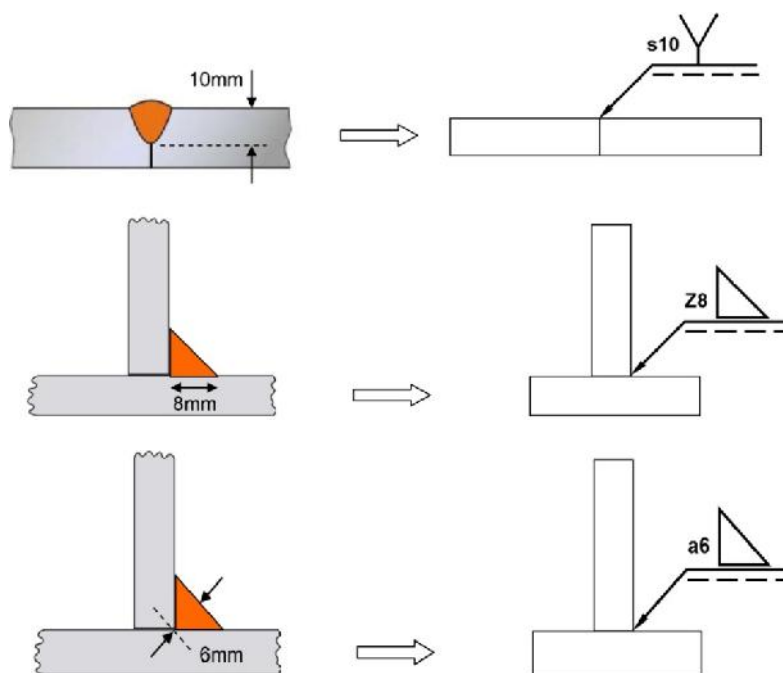
$$a = 0,707 \times z \quad \text{or} \quad z = 1,41 \times a$$



چنانچه میزان نفوذ فلز جوش در قطعات مهم باشد مقدار آن با حرف (S) مشخص می گردد .



**اندازه ساق جوش :** معمولاً اندازه ساق جوش ها در موارد که دوساق جوش باهم برابر می باشند بدین صورت محاسبه می گردد که ارتفاع هریک از ساق جوش ها باید  $0.7$  ضخامت نازکترین ورق مورد استفاده در اتصال بوده و در موارد خاص بنابه صلاح دید طراح ارتفاع ساق جوش ها  $2\text{mm}$  کمتر از ضخامت قطعه در نظر گرفته می شود . برای نشان دادن مقدار ساق جوش لحاظ شده در نقشه ها ، مقدار ساق جوش در نظر گرفته شده در سمت چپ طرح اتصال بیان می گردد .



**اندازه طول جوش :** برای بیان طول جوش در قطعاتی که نیاز است تابه صورت منقطع جوشکاری شوند ، معمولاً مقدار آن را در سمت راست طرح اتصال ذکر می کنند و در صورتی که طول جوش در نقشه ها بیان نگردد ، کل طول درز اتصال قطعه باید جوشکاری گردد .

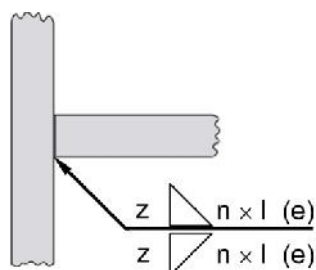
همچنین در جوشکاریهای منقطع از علائم قراردادی زیر برای راهنمایی پرسنل جوشکاری و بازرسان جوش استفاده می گردد



(N): تعداد جوش های منقطع در طول کل قطعه

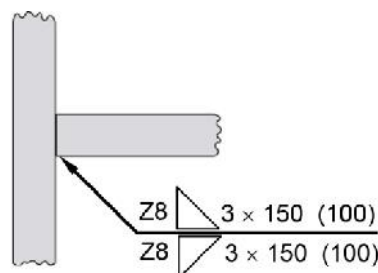
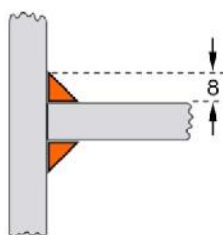
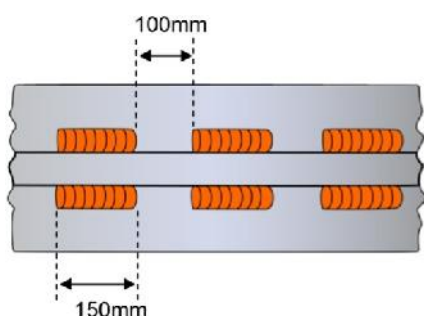
(L): طول هریک از جوش های منقطع

(E): فاصله بدون جوش مابین جوش های منقطع (این مقدار در داخل پرانتز ذکر می گردد)



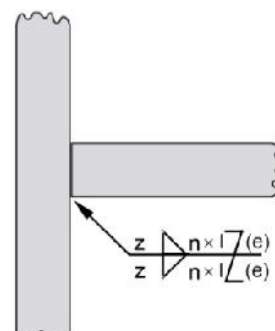
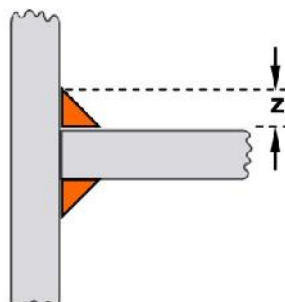
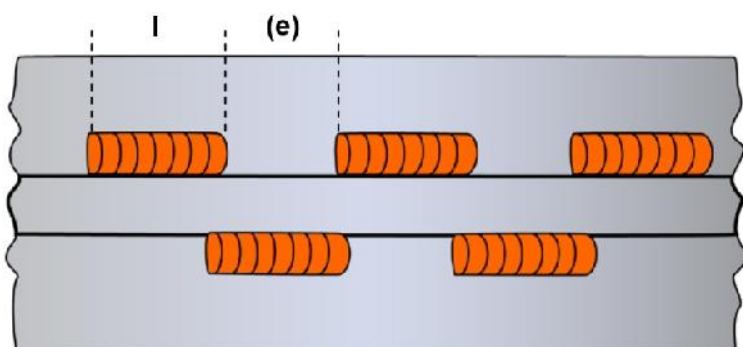
اتصال متقارن: اگر قطعه از دو سمت جوشکاری گردد خط نیدار روی خط مرجع حذف شده و نوع طرح اتصال در دو سمت

قطعه به صورت متقارن در دو سمت خط مرجع رسم می گردد.



اتصال نامتقارن

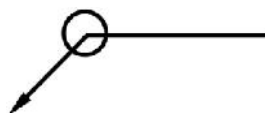
: اگر قطعه از دو سمت به صورت نامتقارن جوشکاری گردد خط نیدار روی خط مرجع حذف شده و نوع طرح اتصال در دو سمت قطعه به صورت نامتقارن (با فاصله از یکدیگر) در دو سمت خط مرجع رسم می گردد.



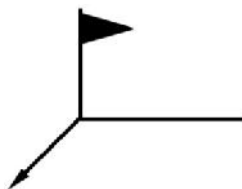
**علائم تکمیلی :** علائم و حروفی هستند که در نقشه های جوشکاری برای ارائه اطلاعات بیشتر به سازنده مورد استفاده قرار می گیرند .

علائم تکمیلی							
جوش دور تا دور	جوش در محل نصب	جوش بیرون زده از طرف اول	لایه مصرفی	پشت بند یا فاصله انداز	پرداخت سطح		
					تخت	محدب	مقعر

**جوشکاری محیطی :** علامت دایره ای است که مابین خط نشانه (خط پیکان) و خط مرجع رسم شده و به معنای جوشکاری دورتادور محیط قطعه مورد نظر می باشد .

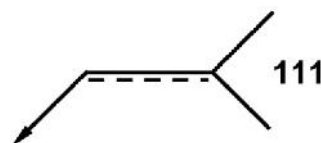


**جوشکاری در محل نصب :** علامت پرچم مانندی که مابین خط نشانه (خط پیکان) و خط مرجع و بروی آنهارسم شده است معرف اجرای عملیات جوشکاری و اتصال قطعات در محل نصب (سایت) است .

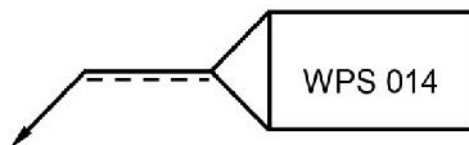


**فرآیند جوشکاری :** برای مشخص نمودن نوع فرآیند مورد استفاده در اتصال قطعات براساس استاندارد ISO ۴۰۶۳ نام فرآیند مورد نظر به صورت کد عدد یا نام گذاری مخفف آن در انتهای خط مرجع و در پشت دنباله آن ذکر می گردد .

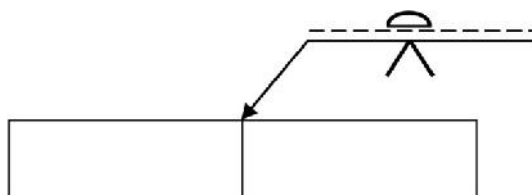
111 = جوشکاری قوسی فلز پوشش دار  
 121 = جوشکاری قوسی زیر پودری  
 131 = جوشکاری قوسی فلز گاز خنثی  
 135 = جوشکاری قوسی فلز گاز فعال



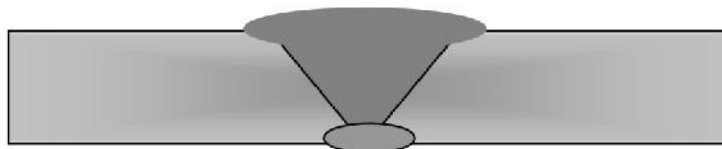
همچنین اگر فرآیند مورد استفاده در اتصال قطعات نیاز به توضیحات ویژه ای داشته باشد آنها نیز در پشت خط دنباله درانتهای خط مرجع بیان می گردند .



**علائم مرکب :** در صورت نیازی به جوشکاری از دو سمت قطعه از علائم مرکب استفاده می شود .



شکل جوشکاری نفوذی با انجام عملیات جوشکاری از پشت قطعه



نمونه عملیات جوشکاری انجام شده براساس نقشه

### نمونه علائم جوشکاری

<p>علامت جوشکاری گوشه ای دوطرفه</p> <p>حذف عدد جوش به معنای جوش سرتاسری می باشد.</p>	<p>علامت جوشکاری گوشه ای منقعه زنجیری</p> <p>طول هر جوش</p>	<p>علامت جوشکاری گوشه ای منقعه شطرنجی</p> <p>طول هر جوش</p>
<p>علامت جوشکاری کام</p> <p>حذف عدد پر کردن به معنای جوش کامل می باشد</p>	<p>علامت جوش پشتی</p> <p>عملیات اول</p>	<p>علامت جوش پشت بند</p> <p>عملیات اول</p>
<p>علامت جوشکاری نقطه ای</p> <p>فرایند</p>	<p>علامت جوشکاری زائده ای</p> <p>اندازه</p>	<p>علامت جوش درزی</p> <p>فرایند</p>
<p>علامت جوشکاری ساده (بدون پخ)</p> <p>فرایند</p>	<p>علامت جوشکاری شیار نیم جناقی یک طرفه</p> <p>اندازه</p>	<p>علامت جوشکاری شیار نیم جناقی دو طرفه</p> <p>اندازه</p>
<p>علامت جوشکاری شیار باز بودن ریشه جوش</p> <p>اندازه جوش</p>	<p>علامت جوشکاری شیار نیم جناقی گرد</p> <p>اندازه جوش</p>	<p>علامت جوشکاری شیار نیم جناقی گرد</p> <p>اندازه جوش</p>
<p>علامت با شیارزنی از پشت</p> <p>Back gouge</p>	<p>نقوذ کامل</p> <p>اندازه جوش</p>	<p>علامت جوشکاری فلنجی لبه ای</p> <p>اندازه جوش</p>
<p>خطوط مرجع چندتایی</p> <p>عملیات اول بر روی خط نزدیکتر به پیکان</p>	<p>نشان دهنده نقوذ کامل اتصال بدون توجه به نوع جوش یا آماده سازی اتصال</p> <p>CJP</p>	<p>ارتفاع بالاتر از نقطه مماس</p> <p>3/64 + 1/16</p>
<p>علامت جوشکاری سر به سر چاقی شونده</p> <p>فرایند</p>	<p>علامت ذوب در ریشه</p> <p>1/32</p>	<p>اتصال با پشت بند</p> <p>R</p>
<p>اتصال با فاصله انداز</p> <p>جوش شیار نیم جناقی دو طرفه</p>	<p>علامت پرداخت سطح تخت</p> <p>G</p>	<p>علامت پرداخت سطح محدب</p> <p>G</p>

## آشنایی با اجزای اتصال

**ریشه اتصال (Root):** قسمتی از طرح اتصال است که در آن اجزای اتصال در نزدیکترین فاصله نسبت به یکدیگر قرار دارند.

**وجه شیار:** سطحی از عضو یا اعضای در اتصالات شیاردار است که نسبت به لبه اصلی قطعه زاویه دار است.

**وجه ریشه (Root face):** بخشی از وجه شیار است که در مجاورت ریشه اتصال قرار دارد.

**لبه ریشه:** وجه ریشه با پهنای صفر لبه ریشه گویند.

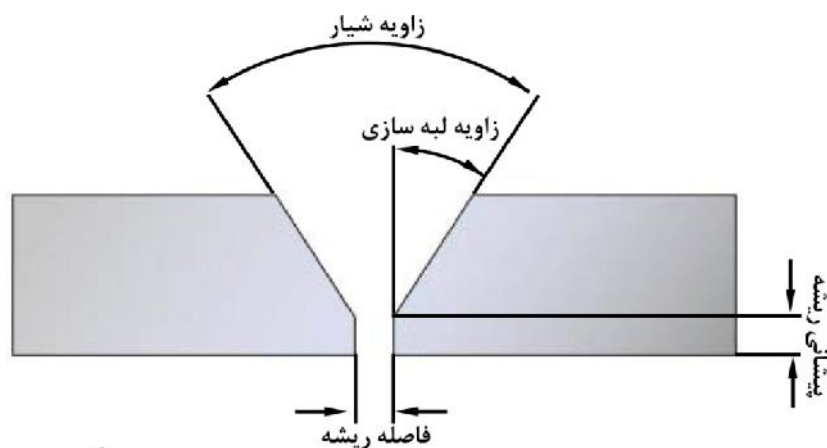
**میزان بازشدگی ریشه (Root Opening / Root Gap):** میزان فاصله دو قطعه در ریشه آنها را میزان بازشدگی ریشه گویند.

**پخ (Groove):** پخ یک نوع لبه سازی زاویه ای است.

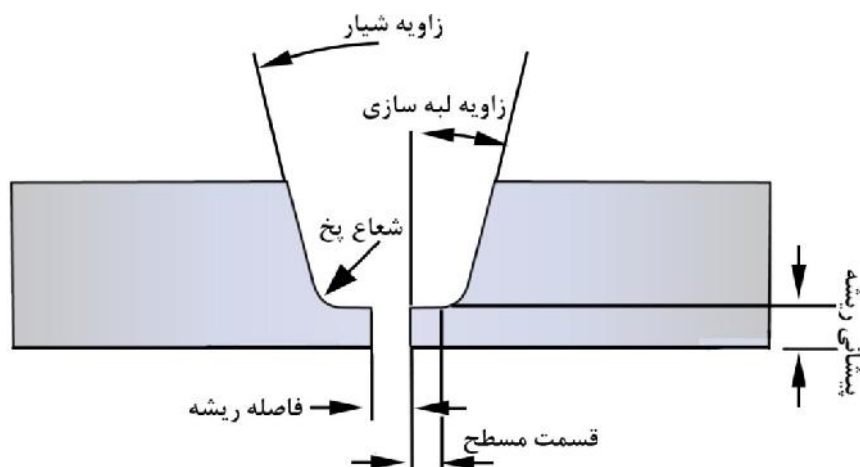
**زاویه پخ (Bevel Angle):** به زاویه لبه آماده سازی شده یک عضو نسبت به صفحه عمود بر آن سطح زاویه پخ گویند.

**زاویه شیار (Groove Angle):** کل زاویه پخ های دو قطعه کار و بر روی هم را زاویه شیار گویند.

**شعاع شیار (Groove Radius):** شعاع ایجاد شده در شیارهای J یا U شکل را شعاع شیار گویند.



مشخصات اجزای اتصال در جوشکاری شیار

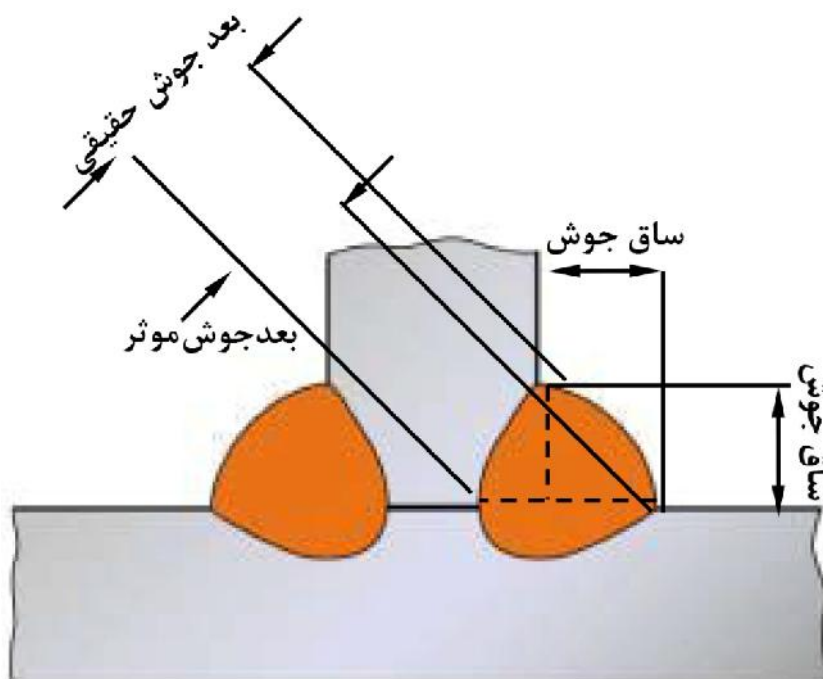


## آشنایی با اجزای فلز جوش

**گلویی تئوری :** فاصله شروع فلز جوش از ریشه اتصال تاوتریزرترین مثلث واقع در سطح مقطع فلز جوش را گلویی تئوری گویند .  
بعبارت دیگر گلویی تئوری حداقل مقدار جوشی است که در زمان محاسبه اندازه جوش توسط طراح به روی آن تکیه می شود .

**گلویی موثر :** فاصله شروع فلز جوش را از محل نفوذ آن در ریشه اتصال تاوتریزرترین مثلث واقع در سطح مقطع آن را گلویی موثر گویند .

**گلویی حقیقی :** کوتاهترین فاصله عمود بین ریشه فلز جوش تاگرده جوش را گلویی حقیقی گویند .



آشنایی با انواع گلویی ها جوش

**سطح جوش :** بخش بیرونی جوش را از طرفی که از آنجا عملیات جوشکاری قطعه انجام می شود در سطح جوش گویند .

**کناره جوش :** محل تقاطع جوش با فلز پایه را کناره جوش می نامند .

**ریشه جوش :** سمت مقابل سطح جوش را ریشه جوش می نامند . بعبارت دیگر بیشترین نفوذ فلز جوش بدخل اتصال را ریشه جوش می نامند .

**ساق جوش :** فاصله ریشه اتصال تا کناره جوش را ساق جوش می نامند .

**گلویی جوش :** کوتاهترین فاصله عمود از ریشه تا سطح مقطع جوش را گلویی جوش می نامند .

**فصل مشترک جوش :** مرز بین فلز جوش و فلز پایه را فصل مشترک جوش می نامند .

**جوش از پشت :** عملیات جوشکاری در پشت یک اتصال شیار ی و پس از تکمیل جوش روی آن را جوش از پشت (Back Weld) گویند .

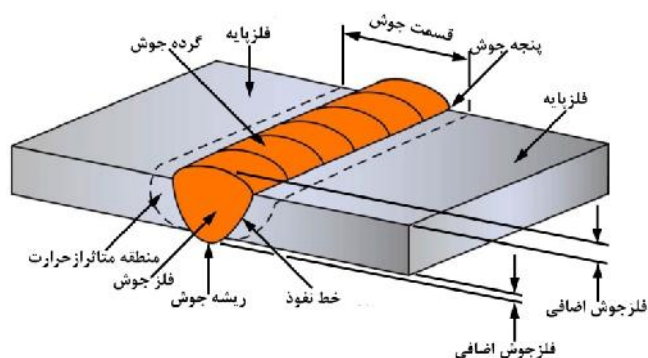
**جوش پشت بند :** اتصال قطعه ای اضافی در پشت یک طرح اتصال قبل از تکمیل جوش روی آن و به منظور اطمینان از نفوذ مناسب جوش به درون قطعه اضافی را جوش پشت بند (Backing Weld) گویند .

**ذوب :** اختلاط حقیقی فلز پرکننده و فلز پایه یا فلز پایه را ذوب گویند .

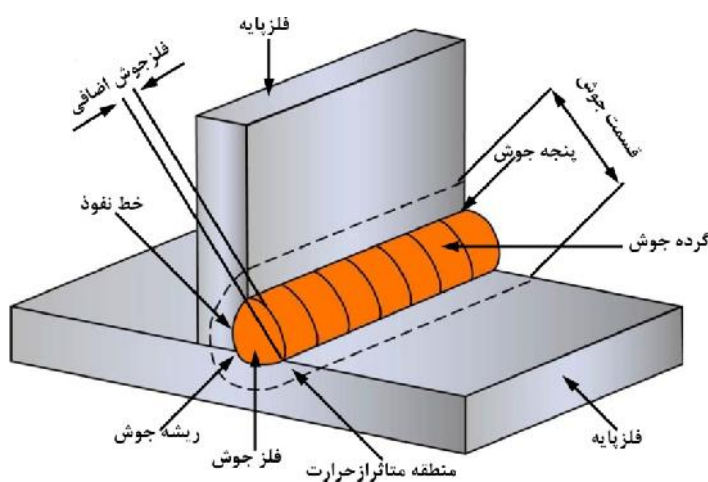
**عمق نفوذ :** فاصله یا مسافتی است که فلز جوش به داخل طرح اتصال نفوذ نموده و مقدار آن به اندازه جوش و استحکام مورد نیاز بستگی دارد .

**نفوذ ریشه :** به میزان گستردگی یا ذوب شدن فلز جوش فراتر از طرح اتصال جوش نفوذ ریشه گویند .

**نفوذ اتصال :** بیشترین فاصله بین جوش تا سطح قطعه بدون در نظر گرفتن گرده جوش را نفوذ اتصال گویند .



آشنایی با اجزای فلز جوش در یک طرح اتصال شیار ی



آشنایی با اجزای فلز جوش در یک طرح اتصال سپری

**آشنایی با انواع طرح اتصال**

**اتصال ساده :** از این نوع طرح اتصال برای اتصال قطعات نازک و قطعاتی که نیاز به استحکام ویژه ای در آنها نیست استفاده می گردد .

**اتصال لب به لب :** اتصالی است که در آن دو سطح اتصال بدون انجام عملیات خاص به منظور لب سازی و باقرار گیری به صورت مسطح در یک صفحه ، با عملیات جوشکاری به یکدیگر متصل می گردند .

**اتصال گوشه ای :** اتصالی است که در آن دو سطح برهم عمود بوده و اتصال به روی لبه های آنها صورت می گیرد .

**اتصال سپری :** اتصالی است مشابه اتصال گوشه ای با این تفاوت که لبه یکی از ورق ها به روی سطح دیگری قرار گرفته و عملیات جوشکاری در در دو کنج اتصال یا تنها در یکی از کنجها صورت می گیرد .

**اتصال روی هم :** اتصالی است که در آن دو عضو بصورت موازی نسبت به یکدیگر و به در یک صفحه قرار گرفته و به هم دیگر متصل می شوند .

**اتصال لبه ای :** مشابه اتصال روی هم است با این تفاوت که دو عضو اتصال با وجود قرار داشتن در صفحات موازی محل اتصال آنها نسبت به هم به گونه ای است که عملیات جوشکاری در خارج از محل اتصال آنها با یکدیگر صورت می گیرد .

**جوش لبه ای :** جوش لبه ای جوشی است که روی یک اتصال لبه ای ایجاد می شود .

**جوش سپری :** جوشی است که دارای مقطعی مثلثی بوده و در آن دو قطعه بر یکدیگر عمود هستند .

**جوش نقطه ای (Spot Weld) :** جوش نقطه ای جوشی است که بین دو ورق که روی هم قرار گرفته اند به دو صورت قوسی و یا مقاومتی ایجاد می شود .

**جوش نقطه ای قوسی (Arc spot weld) :** در جوشکاری نقطه ای قوسی دو ورق قرار گرفته به روی هم توسط یکی از فرآیندهای جوشکاری ذوبی بصورت منقطع به یکدیگر متصل می شوند .








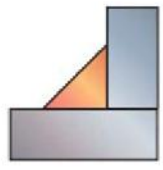

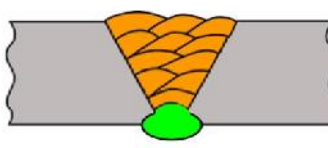
**جوش نقطه ای قوسی Plug :** در جوشکاری به روش Plug برای اتصال دو ورق روی هم ، سوراخ هایی به شکل دایره ای در سطح ورق رویی ایجاد شده و این سوراخ ها توسط عملیات جوشکاری ذوبی پر شده و سبب اتصال دو ورق روی هم به یکدیگر می شوند .

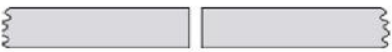
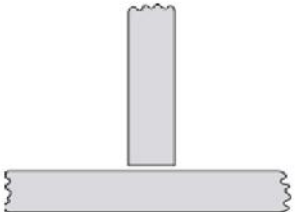
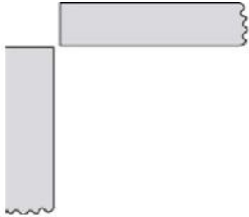
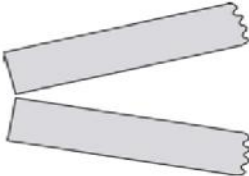
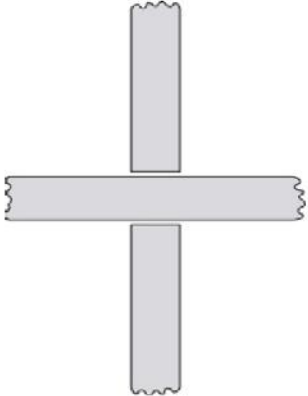

**جوش نقطه ای قوسی Solt :** در جوشکاری به روش Solt برای اتصال دو ورق روی هم ، سوراخ هایی به شکل بیضی در سطح ورق رویی ایجاد شده و این سوراخ ها توسط عملیات جوشکاری ذوبی پر شده و سبب اتصال دو ورق روی هم به یکدیگر می شوند .

**جوش درزی (Seam Weld) :** جوش درزی به روی دو ورق که روی هم قرار دارند و بصورت پیوسته انجام می شود .



**جوش سطحی (Surfaceing Weld):** جوش سطحی جوشی است که بیشتر برای ایجاد خاصیتی خاص به روی سطح فلز پایه انجام می شود . این خاصیت می تواند شامل مقاومت به سایش یا خوردگی سطحی باشد .

نوع طرح اتصال	طرح	نماد
لب به لب		
شیاری یک طرفه		∇
نیم جناقی		∨
شیاری یک طرفه با نفوذ زیاد در ریشه		Y
نیم جناقی با نفوذ زیاد در ریشه		γ
لاله ای یک طرفه		U
نیم لاله ای یک طرفه		u
گوشه		△
پوشش دهی سطحی		3
جوش پستی (کامل کردن نفوذ با جوشکاری قطعه از پشت)		⌒

نوع اتصال	طرح	تعریف
سربه سر		اتصال است که در آن دو سطح اتصال بدون انجام عملیات خاص به منظور لب سازی و باقراز گیری به صورت مسطح در یک صفحه ، با عملیات جوشکاری به یکدیگر متصل می گردند .
سپری		اتصال است مشابه اتصال گوشه ای با این تفاوت که لبه یکی از ورق ها به روی سطح دیگری قرار گرفته و عملیات جوشکاری در در دو کنج اتصال یا تنها در یکی از کنجها صورت می گیرد .
گوشه		اتصال است که در آن دو سطح برهم عمود بوده و اتصال به روی لبه های آنها صورت می گیرد .
لبه ای		اتصال است که در آن لبه های دو قطعه که نسبت به یکدیگر تحت زاویه ۰ تا ۳۰ درجه در محل اتصال قرار دارند به هم دیگر متصل می شوند .
صلیبی		اتصال است که در آن دو صفحه عمود بر یک صفحه تخت در راستای محور عمود به یکدیگر متصل می شوند .
لبه روی هم		اتصال است که در آن دو عضو بصورت موازی نسبت به یکدیگر و نه در یک صفحه قرار گرفته و به هم دیگر متصل می شوند .

برخی از انواع طرح اتصال های رایج در جوشکاری قطعات

## آشنایی با اعضای سازه های فلزی و نوع بارگذاری هریک از آنها

**تعریف سازه (Structure):** یک ساختمان عبارت است از یک عضو یا مجموعه ای از اعضا که به منظور تحمل و انتقال نیرو به کار می رود.

**تاریخچه سازه های فولادی:** استفاده از فلز به عنوان مصالح سازه ای در صنعت ساختمان، با ساخت یک پل قوسی به دهانه ۳۰ متر با استفاده از اعضای چدنی بین سالهای ۱۷۷۷ تا ۱۷۷۹ میلادی فراگیر شد. از سال ۱۸۴۰ به تدریج آهن کم کربن (چکش خوار) جایگزین چدن معمولی در ساخت سازه های فولادی شد. با تولید و نورد نیمرخ های مختلف از جنس چدن و آهن کم کربن، استفاده از این دو فلز گسترش بیشتری یافت. نورد میلگرد ها در سال ۱۷۸۰ و نورد ریلها در سال ۱۸۲۰ شروع شد که نهایتاً به نورد نیمرخ های I شکل در سال ۱۸۷۰ انجامید. ابداع روش بسمر در سال ۱۸۵۵ برای تولید فولاد و توسعه و تکامل آن در سال ۱۸۷۰ باعث افزایش کاربرد آن در ساختمان گردید. از سال ۱۸۹۰ به تدریج فولاد جایگزین آهن کم کربن در امر ساختمان سازی شد. در حال حاضر فولاد از عمده ترین مصالح ساختمانی می باشد که با تنشهای تسلیم ۲۴۰۰ تا ۷۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع معادل ۲۴۰ تا ۷۰۰ مگا پاسکال (MPa) به منظورهای مختلف تولید می شود.

**انواع سازه های فولادی:** سازه های فولادی به چند گروه اساسی بصورت زیر طبقه بندی می شوند.

**الف) سازه های قابی (Framed structure):** معمولاً از مجموعه ای متشکل از تیرها (اعضای افقی) و ستون ها (اعضای قائم) تشکیل شده است.

**ب) سازه های پوسته ای (Shell structure):** از ورق پیوسته با اشکال هندسی خاص نظیر استوانه و کره تشکیل شده است.

**ج) سازه های معلق (Suspension structure):** در اعضای آنها نیروی کششی حاکم است.

**د) سازه های خرپایی (Truss structure):** اعضای آنها، نیروهای محوری (کششی یا فشاری) را تحمل و منتقل می نمایند.

**محاسن و معایب سازه های فولادی:**

سازه های اسکلت فولادی دارای مزایایی چون استحکام، خواص خوب مکانیکی و مقاومت بالا در کشش و فشار هستند. همچنین به علت تولید فولاد در کارخانه و شرایط کنترل کیفیت بهتر آن از بتن و سایر مصالح بنایی، مشخصات مناسب تری دارد. از دیگر مزایای اسکلت فولادی می توان به امکان توسعه سازه، اتصال و سرعت نصب سریع، امکان پیش ساخته کردن قطعات، اشغال فضای کم و قابلیت کاربرد در ارتفاع زیاد اشاره کرد. معایب سازه های اسکلت فولادی شامل حساسیت فولاد در برابر رطوبت هوا و خوردگی است که موجب زنگ زدگی سازه و در نهایت تخریب اسکلت فولادی می شود. همچنین می توان به مقاومت پایین سازه های اسکلت فولادی در برابر حرارت ناشی از آتش سوزی و یا احتمال اتصال نامناسب و با کیفیت نامطلوب در فرآیند های جوشکاری آن اشاره نمود.

## اعضای فشاری

**تعریف ستون :** ستون عضوی است که معمولاً بصورت عمودی در ساختمان نصب می شود و نیروهای محوری را تحمل می کند . نیروهای محوری بصورت نیروی فشاری ناشی از بار مرده و بار زنده وارد بر سطح کف طبقات بطور مستقیم و یا از طریق تیر به ستون

منتقل می شود . علاوه بر نیروی فشاری در قابهای خمشی ، ستونها تحت تاثیر لرنگری ناشی از باره های قائم و جانبی بعلت اتصال صلب تیر به ستون نیز قرار دارند .

**کمانش اعضای تحت فشار :** کمانش یعنی ناپایداری و از بین رفتن عضو تحت تغییر شکل های جانبی زیاد که بعلت نیروها یا تنشهای فشاری است که در اعضای تحت فشار رخ می دهد . در اعضای تحت فشار علاوه بر انهدام یا تسلیم مصالح تحت تنشهای فشاری ، کمانش یا از بین رفتن ناپایداری اتجاعی عضو تحت تنشهای به مراتب کوچکتر از مقاومت نهایی مصالح می تواند باعث انهدام سازه گردد .

در نیمرخ های ساخته شده از فولاد ، کمانش به دو صورت ممکن است رخ دهد که عبارتند از :

الف ( کمانش کلی عضو .

ب ( کمانش موضعی اجزای بال یا جان نیمرخ ها بعلت تنش فشاری .

نیروی کمانشی ستون نسبت مستقیم با مقطع ستون و نسبت عکس با ارتفاع آن در حفاصل طبقات دارد . یعنی هر چه ابعاد مقطع ستون بزرگتر باشد ، نیروی کمانش آن بزرگتر و هر چه ارتفاع آن بلندتر باشد نیروی کمانش آن کوچکتر است . ستونهای بلند راستونهای لاغر می نامند . نسبت لاغری ستون بطور تقریبی از تقسیم طول آزاد ستون به  $\frac{1}{4}$  بعد حداقل ستون بدست می آید . با افزایش نسبت لاغری ، ستونها لاغرتر شده و ظرفیت باربری فشاری آن کاهش می یابد . یک نیمرخ فولادی ترکیبی از ورقهای فولادی نازک می باشد . ( ورق بال و جان) این اجزای نازک اگر به علیی تحت تنشهای فشاری قرار گیرند ، کمانه می کنند و در نتیجه قسمتی از نیمرخ خاصیت باربری خود را از دست می دهد که به این پدیده کمانش موضعی می گویند .

**مقاطع مناسب برای ستونها :** مقاطع مناسب برای ستونها بصورت اشکال چهار ضلعی مربعی یا مستطیلی می باشد . مقاطع دایره ای و چند ضلعی نیز در سازه های فلزی کاربرد دارند و عموماً به منظور تامین ملاحظات معماری استفاده می شوند . شکل مقطع ستونها معمولاً به مقدار و وضعیت بار وارد شده نیز بستگی دارد . برای ساختن ستونهای فولادی از انواع پروفیل ها و ورقها استفاده می شود . عموماً ستونها از لحاظ شکل ظاهری به سه گروه تقسیم می شوند که عبارتند از :

الف ( نیمرخ های نورد شده

ب ( ستون مرکب از نیمرخ های نورد شده

ج ( ستون ساخته شده از ورق

**نیمرخ های نوردشده :** بهترین پرفیل نوردشده برای استفاده در ساخت ستون ، تیرآهن بال پهن IPB یا مقطع مربعی شکل است . زیرا از نظر مقاومت بهتر از مقاطع دیگر عمل می کند ، علاوه بر این در اکثر شرایط اجرایی اتصال تیرها به راحتی روی آن انجام می شود .

**مقاطع مرکب :** ترکیبی از نیمرخ های نوردشده و ورق را مقطع مرکب گویند . ستونهای مرکب از ترکیب دو یا چند نیمرخ به کمک ورقهای سرتاسری ، ممتد ، تسمه های موازی و یا تسمه های مورب ساخته می شوند .

**علل استفاده از مقاطع مرکب در ستونها :** علل استفاده از مقاطع مرکب در ستونها عبارتند از

(۱) عدم دسترسی به نیمرخ های IPB یا مقطع مربعی شکل .

(۲) افزایش سطح مقطع ستون ، در صورتیکه نیمرخ های نوردشده سطح مقطع لازم را نداشته باشند .

(۳) اجرای سریع و آسانتر مقاطع مرکب نسبت به ستونهای ساخته شده از ورق .

**مقاطع مرکب مشبک :** از دو طریق می توان مقاومت فشاری ستونها را افزایش داد که عبارتند از

الف ) افزایش ضخامت اجزای مقطع .

ب ) افزایش ابعاد (طول و عرض) مقطع .

در ستونهای بلند افزایش ضخامت اثر قابل توجهی بر مقاومت فشاری نداشته و باعث سنگینی و غیراقتصادی شدن سازه می شود . در چنین مواردی بهتر است نیمرخ ها را با فاصله کافی از یکدیگر قرار داد و آنها را به وسیله ورق یا تسمه به یکدیگر متصل نمود . در این صورت به اینگونه ستونها ، ستون مشبک می گوئیم .

**ستونهای ساخته شده از ورق :** به دلیل کاهش نیروی کششی و احتمال خم شدگی حاصل از بال پهن تیرهای سنگین که تحت فرآیندهای جوشکاری ساخته می شوند ، ستونهایی با مقطع چهارگوش مربعی شکل جایگزین آنها گردیده که از ورق ساخته می شوند . این ستونها بدون هیچگونه جوشکاری اضافی به راحتی نیروی کششی تیرها را به ستون ها انتقال داده و هیچگونه اشکالی را از لحاظ انحراف و خم شدگی به وجود نمی آورند .

**ستونهای سالنها صنعتی :** این ستونها بیشتر در سالنهای صنعتی بکار می روند و بیشترین باری که به آنها وارد می شود توسط جرثقیلهای سقفی برای حمل و نقل محصولات تولیدشده که در این سالنها بکار می روند ، است .

**ستونها با مقطع دایره ای :** این ستونها به دلیل آنکه ممان اینرسی آنها در تمام جهات یکسان است از دیگر انواع ستونها مقاوم تر بوده و از آنها بیشتر بعنوان پایه های بعضی از منابع هوایی ، دکلها و خرپاهای سبک استفاده می گردد .

**آشنایی با ملحقات دیگر ستونها :**

**زیرسری :** ورقی است که بصورت عمودی به ستون در حال ساخت متصل شده و از آن جهت تحمل نیروی فشاری ، خمشی و لنگری ناشی از بارهای قائم و جانبی اتصال صلب تیرها به ستون درزیرتیرهای هر طبقه از ساختمان استفاده می گردد .

**روسری (کله گاوی) :** ورقی است که بصورت افقی به ستون و پس از اتصال تیرهای اصلی جهت اتصال صلب تیرها به ستون در بالای تیرها در هر طبقه از ساختمان استفاده می گردد .

**لچکی :** جهت سختکاری پایه ستون ، بالها و زیرسریها طبق صلاح دید مهندس طراح به سازه اضافه می گردد .

**دستک :** در ساخت بعضی از ستونها برای اتصال پلها به ستون از مقاطع I شکلی به نام دستک استفاده می گردد .

**کمر ستون :** ورقی است که برای افزایش سختی ستون در برابر بارهای وارده و بنابه صلاح دید طراح در روی برخی از اتصالات لب به لب و بصورت Lap Joint جوشکاری می گردد .

**استیفنر :** در ستونها چهار گوش مربعی (Box) جهت سختکاری بیشتر در محل قرارگیری دستکها و در داخل ستون از ورقهایی به نام استیفنر استفاده می گردد .

**ورق انتظار :** برای اتصال ستون قبلی به ستون بعدی ورقهایی را برای ستون گذاری بعدی به انتهای ستون قبلی متصل می کنند که در موقع نصب به ستون بعدی جوشکاری آن تکمیل می گردد و به آنها ورق انتظار گویند .

**اتصالات فلنجی :** در سازه هایی که ستونها و پلها در آنها بصورت پیچ و مهره یکدیگر متصل می گردد در پایه ستونها ، دستکهای ستون . ابتدا و انتهای پلها و ورقهایی که برای اتصال با پیچ و مهره توسط ماشینهای رادیا ل یا CNC سوراخکاری شده اند استفاده می شود که اصطلاحاً به آنها اتصالات فلنجی گویند .

## اعضای خمشی

**تعریف خمش :** وقتی عضوی بین دو تکیه گاه از دهانه ای قرار گیرد ، بارهای وارده با ساز و کار کشش و فشار در تارهای افقی عضو از روی دهانه به تکیه گاهها منتقل میشود که به این پدیده خمش می گویند و نقش اساسی در باربری سازه دارد . بدین ترتیب می توان گفت در هنگام خمش که تغییر شکل تیر به سمت پایین است ، تارهای بالایی تحت نیروی فشاری و تارهای پایینی تحت نیروی کششی قرار می گیرند و در صورتیکه تارمیان در اثر خمش تغییر طول نداشته باشد به آن تار خنثی گویند .

**تعریف تیر :** تیرها قطعات سازه ای هستند که در سازه عموماً بصورت اعضای افقی یا شیب دار قرار گرفته و بارهای قائم بر محور خود را به تکیه گاهها که معمولاً ستونها هستند منتقل می کنند . در این بارها ، در لایه های مختلف تیر تنش کششی و فشاری ایجاد می شود .

**انواع تیرها در سازه های فولادی :** تیرها در سازه های فولادی بر حسب وظیفه ای که بر عهده دارند بصورت زیر نامگذاری

( ۱ ) **تیر اصلی (Girder) :** عضو باربر اصلی در سقف می باشد که بارهای وارد از تیرچه ها را به ستون انتقال می دهد .

- ۲) **تیر فرعی (Joist):** تیرهای سبکی که بارسقف رابه تیرهای اصلی انتقال می دهنداست . تیرچه ها عموماً از نیمرخ های نوردشده سبک IPE یا INP ویا بصورت لانه زنبوری ساخته می شوند .
- ۳) **نعل درگاهی (Lintel):** تیری است که در بالای ورودیهای ساختمان نظیر دروپنجره قرار دارد . عبارت دیگر جهت تعبیه دروپنجره وجهت حفظ ایستایی دیوار آجری فوقانی به تیرهای قرار گرفته در بالای وردیها ، تیر نعل درگاهی گویند .
- ۴) **تیرهای لبه ای یا کناری (Spandrel):** تیرهایی هستند که در پیرامون ساختمان قرار گرفته وعلاوه بربارسقف ، باردیوارهای اطراف ساختمان رانیز تحمل می کنند ونقش کلاف بندی ساختمان رادارند .
- ۵) **لاپه (Purlin):** تیر سبکی از نیمرخ I ، Z ویا UNP است که از آنها برای حمل بار پوششهای سبک در ساختمانهای صنعتی استفاده می گردد .
- نکته : تیرهای لانه زنبوری از دسته تیرهای فرعی هستند که به دلیل آنکه در قسمت جان این تیرها حفره های شش ضلعی به شکل لانه زنبور وجود دارد به آنها تیرهای لانه زنبوری می گویند .
- تیرها از نظر شرایط تکیه گاه :** تیرها از نظر مقاومت در برابر حرکت به سه نوع تکیه گاه غلتکی ، تکیه گاه مفصلی وتکیه گاه ثابت تقسیم بندی می شوند .
- تکیه گاه غلتکی** در مقابل حرکت عمودی تیر بر محورش مقاومت می کند .
- تکیه گاه مفصلی** در مقابل حرکت تیر در هر جهتی مقاوت می کند .
- نکته : تکیه گاه های غلتکی ومفصلی در مقابل دوران وچرخش در محل تکیه گاه آزاد هستند .
- تکیه گاه ثابت** از حرکت ودوران تیر در هر جهتی در محل تکیه گاه جلوگیری می کند .
- باتوجه به تعاریف بالاتیرها بر اساس شرایط تکیه گاهی می توان بصورت ساده ، پیش آمده ، طره ای ، دوسر گیردار و ممتددسته بندی نمود .
- تیر ساده :** تیری است تک دهانه که تکیه گاههای آن در دو انتها یکی بصورت غلتکی و دیگری بصورت مفصلی باشد .
- تیر پیش آمده :** تیر ساده ای است که تکیه گاههای آن الزاماً در انتهای تیر قرار نگرفته باشد .
- تیر طره ای :** تیری است که در یک انتها گیردار و در انتهای دیگر آزاد باشد .
- تیر دوسر گیردار :** تیری است که در دو انتهای خود گیردار و غیر آزاد باشد .
- تیر ممتد :** تیری است که بیش از دو تکیه گاه ساده داشته باشد .

**بارهای وارد بر تیرها:** تیرهابسته به محلی که در آنجا بکار گرفته می شوند، تحت تاثیر بارهای مختلفی قرار می گیرند که این بارهای تواند بصورت متمرکز، گسترده یکنواخت، گسترده غیر یکنواخت و یا ترکیبی از آنها می باشد.

**سطح بارگیری تیرها:** سهم هرتیر از بار سقف، مقدار باری است که در سطح بارگیری به آن تیر وارد می شود.

**افتادگی:** در صورتیکه تیرها تحت بارهای وارده خم شوند و از حالت اولیه خود خارج گردند به این پدیده تغییر شکل یا افتادگی تیر گویند. در صورتیکه بار وارده از حد تحمل تیر فراتر نرود، بعد از وارد شدن بار به تیر، تیر به وضعیت اولیه خود بازمی گردد که به این رفتار در تیرها، رفتار ارتجاعی گویند.

**نیمرخ های مناسب برای تیرها:** نیمرخ های نورد شده از نوع IPB، IPE، INP و حتی UNP جز کاراترین نیمرخ های مورد استفاده بعنوان تیر در سازه های فولادی می باشند. در صورتیکه مقاومت مقاطع نورد شده در مقابل نیروی لنگری خمشی موجود کمتر از نیروی وارد باشد، آنها را با اضافه نمودن اجزای بیشتر بر روی بالها (مانند تسمه یا ورق) تقویت می کنند. در صورتیکه مقطع تقویت شده برای تحمل بار و لنگری خمشی دهانه مورد نظر با هم مقاومت کافی رانداشته باشد از نیمرخ هایی که با استفاده از فرآیندهای جوشکاری به صورت نیمرخ I شکل ساخته می شوند، استفاده می گردد. مهندسین جهت تعیین نوع نیمرخ های مناسب برای استفاده به عنوان تیر از جدول مشخصات هندسی نیمرخ ها که اصطلاحاً به آن جدول اشتال می گویند، استفاده می نمایند که در این جداول مشخصات مهم ابعادی و هندسی مقاطع نظیر سطح مقطع، ممان اینرسی، اساس مقطع، شعاع ژیراسیون و وزن واحد طول پرفیل برای خرمنقطع فولادی نورد شده در اندازه های مختلف ارائه شده است.

**هدف از ساخت تیرهای لانه زنبوری:** هدف از ساخت این نوع تیرها این است که بتوانند ممان خمشی بیشتری را با تغییر شکل و وزن نسبتاً کمتری در مقایسه با تیرهای نورد شده تحمل کند.

**محاسن و معایب تیرهای لانه زنبوری:** با تبدیل تیر آهن معمولی به تیر لانه زنبوری، مقاومت خمشی مقطع تیر افزایش می یابد، در نتیجه تیر حاصل با ارتفاع بیشتر قویتر از تیر اصلی هم وزن خواهد شد. همچنین با کم شدن وزن مصالح و سبک شدن تیر، سازه از نظر اقتصادی مقرون به صرفه خواهد بود. علاوه بر این افزایش فضای ایجاد شده در جان تیرها می توان جهت عبور لوله های تاسیساتی و کابل های برق استفاده نمود. مهمترین نکته در ساخت تیرهای لانه زنبوری این است که به دلیل افزایش طول تیر، استانداردهای ساخت اینگونه تیرها باید به دقت رعایت گردد. زیرا در غیر این صورت در باگذاری سقف، منجر به انهدام تیر می گردد. از جمله معایب تیرهای لانه زنبوری وجود حفرهای چند ضلعی در جان تیر است. زیرانی تواند تنشهای برشی وارده تیر در محل تکیه گاه تیر به ستون و یا اتصال تیرهای فرعی را تحمل کند. از این رو برای رفع این نقص بعضی از حفره ها را به وسیله تسمه یا ورق فلزی با جوشکاری پرمی کنند. به این ترتیب اتصال بعضی تیرها را به ستون و یا تیرهای فرعی به تیر اصلی را اصلاح می نمایند.

**دالهای مرکب (کامپوزیت):** با استفاده از اتصالات برشی مناسب می توان پوشش بتنی را بهتر به تیرهای فرعی و اصلی متصل نمود. این عمل موجب می شود که پوشش بتنی با تیر فولادی تشکیل تیر مرکبی که دارای سختی و مقاومت خمشی بیشتری



نسبت به تیر فولادی اولیه رابدست بدهد . در سقفهای کامپوزیت پوشش بتنی جزئی از بال فشاری تیر شده و در نتیجه تارخشی افزایش پیدامی کند . امروزه از اتصالات برشی گوناگون برای رسیدن به هدف بیان شده استفاده می گردد .

### آشنایی با ملحقات دیگر تیرها :

**تودلی:** تسمه ای است جهت جلوگیری حرکت و دوران تیرها در هر جهتی و برای پوشاندن فاصله طولی بین تیرهای اصلی و ستون و یا تیرهای فرعی به تیر اصلی به صورت صلب مورد استفاده قرار می گیرد .

**برش گیر (گل میخ):** اتصالات صلبی است که جهت ایجاد درگیری بیشترین پوشش بتنی سقف با تیرها برای افزایش سختی و مقاومت خمشی به روی بال تیرها اجرایی گردد .

### اعضای محوری

**تعریف اعضای محوری :** عضو محوری ، عضوی را گویند که بتواند تنهانیروی محوری موجود را بصورت کششی یا فشاری در دو انتهای خود تحمل کند . اعضای محوری در سازههای گوناگون (مانند ساختمانهای چند طبقه ، پلهای معلق ، خرپاها و مخازن هوایی) به عنوان اعضای اصلی تحمل کننده بار و اعضای فرعی مهار کننده جانبی بکار می روند تا پایداری سازه را تامین کنند . اعضای محوری در قابهای فلزی ساختمانهای چند طبقه به عنوان عضو قطری یا مهار بند برای تحمل بارهای جانبی ناشی از باد و زلزله و کنترل کننده حرکت جانبی قاب ، در پلهای معلق و کابلی ایستا بصورت آویز و در خرپاها ، سازههای فضایی و منابع هوایی بعنوان اعضای باربر اصلی و فرعی استفاده می شوند .

**مقاطع مورد استفاده برای اعضای محوری :** بصورت کلی می توان اعضای محوری را از نظر سطح مقطع به چهار دسته زیر تقسیم نمود

- ۱) سیم ها ، مفتولها ، کابلهای ساختمانی و طناب که اغلب با مقاومت های گسیختگی بسیار زیاد بوده و در ساخت مهار بند های دکلها بلند و پلهای معلق بکار می روند . این اعضا باید در هنگام بهره برداری کاملاً کشیده شوند تا قادر به تحمل بار باشند ، در غیر این صورت تحت اثر وزن خود خمیده شده و قادر به باربری نخواهند بود .
- ۲) میلگردها ، تسمه ها ، نبشی ها و ناودانی های تک که بعنوان اعضای بانیروی محوری کم در سازه های مختلف بکار می روند .
- ۳) مقاطع نورد شده بصورت نبشی های زوج ، سپری ، ناودانی و پرفیل های I شکل که معمولاً در مهار بند ساختمان و یاد ساخت خرپاها بعنوان اعضای اصلی بکار می روند ، که علاوه بر نیروی کششی تحت نیروی فشاری نیز قرار می گیرند .
- ۴) مقاطع مرکب از نیمرخ های نورد شده ورق که برای تحمل نیروهای بزرگ محوری مورد استفاده قرار می گیرند .

در اعضای محوری که تحت نیروی کششی هستند پدیده ناپایداری بصورت کمانش کلی به موضعی در عضو پدید نمی آید . بنابراین انتقال نیرو در یک سازه فولادی بصورت کشش بهترین نوع انتقال نیرو است . علاوه بر آن فولادهای با مقاومت بالا و کابل های چند رشته ای که دارای مقاومت گسیختگی زیادی هستند قادرند بدون وقوع ناپایداری ، نیروهای کششی بسیار بزرگ

را انتقال دهند . این مزیت در طراحی وساخت پلهای معلق و کابلی ایستا بامقاومت بالا که از اعضای تشکیل دهنده این نوع سازه ها هستند به نحو چشمگیری مورد توجه و استفاده طراحان قرار گرفته است .

**باد بند :** برای مقابله با نیروهای جانبی (بادوزلزله) و مهار کردن آنها ، درسازه های فلزی از بادبند استفاده می شود . در واقع در صورت بکاربردن یک شبکه در یک دهانه ، بخشهای دیگر قاب باتکیه در آن پایداری خود را حفظ می کنند و در این صورت سازه مقاومت بیشتری از خود در برابر ایجاد تغییر شکل در اثر تحت تاثیر قرار گرفتن در برابر نیروهای جانبی نشان می دهد .

**انواع بادبندها :** بادبندها انواع مختلفی دارند و می توان آنها را بصورت زیر تقسیم بندی نمود :

**مهاربند موقت :** قابهایی هستند که در طی مرحله نصب ستونها و قبل از اجرای مهاربند اصلی برای حفظ پایداری و مهار بارهای جانبی بصورت موقت نصب می گردند .

**مهاربند هم مرکز :** قابهایی که در آنها تارخشی در اعضای مختلف در هر اتصال از یک نقطه مشخص عبور می نماید و به شکل حرف X می باشند را مهاربند هم مرکز گویند .

**مهاربند شورون (Chevron) :** قابهایی هستند که بیشتر به شکل اعداد ۷ و ۸ بوده و در محل بازشوهای ساختمان (محل نصب دروپنجره) استفاده می شوند .

**مهاربند برون محور :** قابهایی هستند که به صورت تکی یا دو جزئی در محل بازشوهای ساختمان (محل نصب دروپنجره) در مناطقی با خطر زلزله زیاد بیشتر استفاده می شوند و تفاوت اصلی آنها با مهاربند شورون در فضای پیوند بین دو عضو مهارکننده در نمونه های تشکیل شده از دو عضو می باشد . این فضای پیوند که به صورت مجزا برای هر عضو بوده ، انرژی نیروهای جانبی را با تغییر شکل خمیری خود جذب می کند .

**نکات مربوط به مهاربندها :**

- اعضای قطری در مهاربندهای هم مرکز مانند خرپاهاتحت کشش و فشار هستند .
- در ساختمانهای چند طبقه لازم است تمامی طبقات در یک امتداد مهار شوند .
- لازم است صفحات اتصال (Gusset) در محل تیروستون کاملاً منطبق بر محور تیروستون باشند .

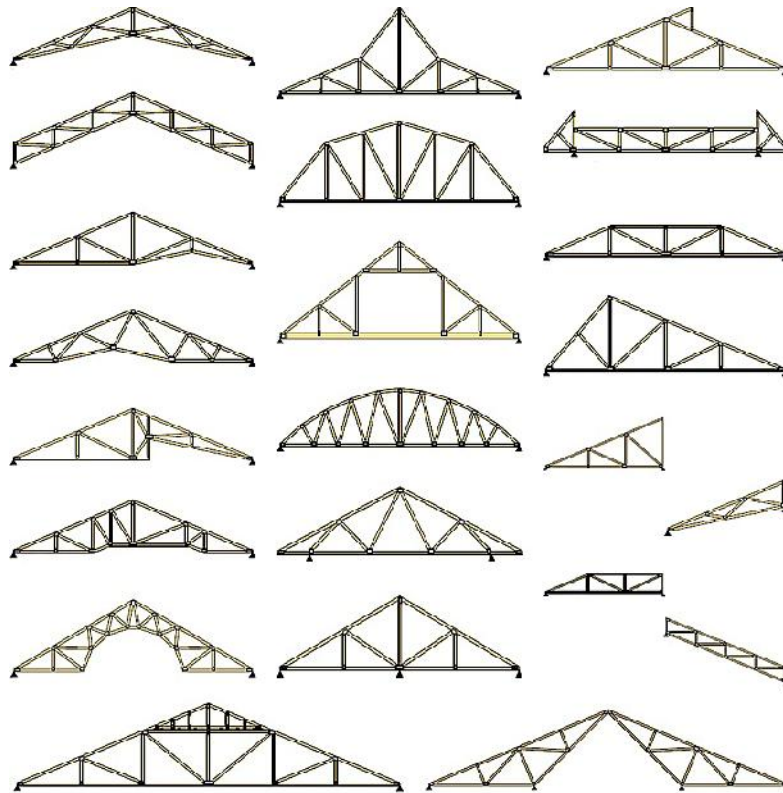
**قابهای صلب :** قابهای صلب جهت انتقال نیروی خمشی در ساختمانهای خاص و محلهایی که امکان اجرای مهاربند نبوده و یا به دلیل وجود محدودیتهای معماری ، کاربرد داشته و از نظر هزینه اجرا بیشتر از قابهای مهاربند می باشند .

## خرپا

**تعریف خرپا :** خرپا مجموعه ای است از میله های مستقیم که بطور مفصلی به هم متصل شده ، شبکه مثلثی را به وجود می آورند . در خرپا فرض می شود که اعضا در انتهای خود به اعضای دیگر لولاشده اند . خرپاهای مثلثی تحت تاثیر نیروی وارد آمده تغییر شکل نمی دهند ، مگر اینکه یکی از اعضای آن خم شود یا بشکند .

**کاربرد خرپا :** خرپاها از مفیدترین و معمولترین فرمهای سازه ای هستند که در انواع ساختمانها و ماشینها بکار می روند . ساختمانهای خرپایی در مقابل نیروهای وارد آمده مقاومت بسیاری دارند و از لحاظ اقتصادی نیز ساخت آنها مقرون به صرفه است اتصال اعضای خرپاها به یکدیگر به وسیله جوش ، پرچ و پیچ صورت می گیرد . خرپاها برای پوشاندن سقفها (به ویژه سقفها بادخانه های زیاد) و نیز پلها بکار می روند . در بعضی از ماشینهای سنگین مثل جرثقیلها نیز از خرپاها استفاده می شود . خرپاها ضمن داشتن مقاومت زیاد از نظر وزن سبک هستند .

**انواع خرپاها از نظر شکل :** خرپاها بطور کلی به دودسته صفحه ای و فضایی تقسیم بندی می شوند . فرم پایه ی خرپاهای صفحه ای از سه عضو و سه گروه تشکیل می شود . خرپاهای صفحه ای از نظر شکل ظاهری به چندین گونه ساخته می شوند .



اجزای تشکیل دهنده ی خرپاها : اجزای تشکیل دهنده خرپاها عبارتند از

الف ( یال تحتانی (Bottom chord)

ب ( یال فوقانی (Top chord)

ج ( اعضای قائم (Verticals)

د ( اعضای قطری (Diagonals)

انواع نیمرخ های رایج در ساخت خرپا : در ساخت خرپاها می توان برحسب مورد از نیمرخهای فولادی مختلف نظیر موارد زیر استفاده نمود

۱) نیمرخ های L (نبشی) T (سپری)

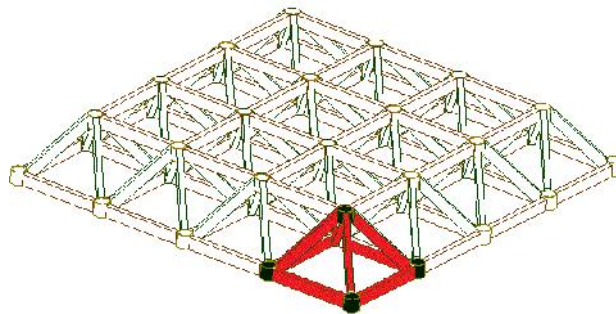
۲) پروفیل های IPE ، IPB و UNP

۳) پروفیل های قوطی مربعی و مستطیلی

۴) پروفیل های لوله ای شکل (تنهامشکل در استفاده از این نوع پروفیلها بریدن و همترازی آنها در زمان نصب است)

نکته : استفاده از پروفیل های لوله ای شکل در صنایع جرثقیل سازی اهمیت بسیاری دارد .

**خرپاهای فضایی :** یکی از مقاومترین و جالبترین سازهها ، شبکه فضایی یا خرپای فضاکار است . فرم پایه ی خرپاهای فضایی از شش عضو و چهار گروه تشکیل شده است که با اتصال به یکدیگر قاب بسیار سختی را ایجاد می کنند . با اضافه کردن اعضای دیگر به این مجموعه ، یک مجموعه متشکل از لوله های مثلثی شکل تشکیل خواهد شد و از طریق ارتباط چندین مجموعه لوله ی مثلث بندی شده به یکدیگر می توان به یک بام مستطیلی یا مربعی شکل دست یافت .



از خرپاهای فضایی بعلت سختی و استحکام زیاد آنها برای پوشش سقف فضاهایی مانند کارخانجات ، نمایشگاه ها ، استخرها و... استفاده می شود . در طی سالهای اخیر از شبکه های فضاکار برای احداث بام استفاده می گردد . جنس و نوع پروفیل های بکاررفته در خرپاهای فضایی ممکن است لوله های آهنی ، آلومینیومی ، نبشی و یا قوطی باشد که اتصالات آنها بصورت مفصلی است .

**قاب فولادی شیبدار :** قابهای فولادی شیبدار که به آنها سوله نیز می گویند در پوشش دهانه های بزرگ (مانند کارخانجات ، انبارها ، آشیانه ی هواپیما ، سالنهای ورزشی و...) مورد استفاده قرار می گیرند . این نوع پوشش نسبت به انواع خرپادارای مزایایی است که مهمترین آنها عبارتند از صرفه جویی در مصالح ، زمان ساخت سازه ، نصب ، نمای زیبا و استفاده بیشتر از فضای زیرسقف

## آشنایی با فرآیندهای برشکاری مورد استفاده در صنعت ساختمان

در صنعت ساخت همه سازه های فلزی بصورت یکپارچه امکان پذیر نیست . بنابراین ضرورت دارد اجزای سازه فلزی مطابق بانقشه های فنی بطور جداگانه ساخته شوند و با فرآیندهای جوشکاری به یکدیگر متصل گردند . یکی از فرآیندهای مهم در ساخت سازه های فلزی برش و آماده سازی لبه های اتصال است که بطور معمول برای بریدن و شکل دهی مقاطع و نیمرخ های مورد نیاز در ساخت سازه های فلزی از دوروش برشکاری مکانیکی و برشکاری حرارتی استفاده می شود .

(۱) **برشکاری مکانیکی :** در این فرآیند جهت آماده سازی و شکل دهی قطعات مورد نیاز ، عمل برشکاری بصورت مکانیکی توسط ماشینهای برش انجام می شود که خود به دو صورت برشکاری مکانیکی با عملیات براده برداری و برشکاری مکانیکی بدون عملیات براده برداری از سطح قطعه خام انجام می شود .

**( الف ) عملیات برشکاری مکانیکی بدون براده برداری :** این عملیات شامل جدا نمودن قطعات فلزی با استفاده از ابزارهایی نظیر قیچی های متداول (دستی ، اهرمی ، نیپلر ، اونیورسال و ماشینی (گیوتین)) ، لوله برهای دستی و ماشینی و واتر جت می گردد .

بدلیل ضخامت بالای ورقهای فولادی که در ساخت سازه های فلزی از آنها استفاده می گردد (بیش از ۱۰ میلیمتر) از موارد ذکر شده در بالا تنها از قیچی های ماشینی (گیوتین) و ماشینهای برش واتر جت استفاده می گردد .

**( ب ) عملیات برشکاری مکانیکی با براده برداری :** این عملیات شامل برش ورقها و مقاطع مورد استفاده از طریق برداشتن براده از سطح قطع در حین عملیات برش توسط ابزار برنده می گردد . در این فرآیند از ابزارهایی مانند سنگ فرز ، اره لنگ ، اره نواری ، اره صابونی ، اره دیسکی ، اره آتشی ، دریل ستونی ، دریل مگنت ، دریل رادیال و دریل CNC استفاده می شود .

**تذکر :** به دلیل وجود محدودیتهایی نظیر ابعاد و ضخامت بالا ، کوچکی دهانه قرارگیری قطعه کار ، سرعت برشکاری کم ، عدم امکان جابجای و حمل و نقل آسان تجهیزات برش و مقرون به صرفه نبودن تمامی یا برخی از فرآیندهای برشکاری مکانیکی از این فرآیندها بصورت محدود و در موارد خاص در صنعت ساخت سازه های فلزی استفاده می گردد .

**برشکاری با فشار آب (واتر جت) :** دستگاه برش با آب یا برش واتر جت ( Cutting Abrasive WaterJet ) کار برش مواد را با فشار زیاد آب انجام می دهد. ساز و کار واتر جت بدین صورت است که یک پمپ بسیار قوی آب را با فشار زیاد به داخل یک نازل با قطر خیلی کم هدایت می کند در نتیجه آب سرعتی در حدود ۹۰۰ متر بر ثانیه پیدا می کند سپس ماده ساینده ای به نام ابرسیو (abrasive) به منظور برش مواد سخت به این آب تزریق می شود، این مخلوط آب و مواد ساینده که با فشار ۴۰۰۰ تا ۶۲۰۰ بار (بسته به قدرت پمپ) از نازل خارج می شود طرح را بر روی قطعه مورد نظر برش می دهد. دستگاه برش واتر جت بر مبنای اصول CNC کار می کند. واژه CNC مخفف Numerical Control Computer است یعنی دستگاههایی که با سیستم کنترل عددی از طریق کامپیوتر کار می کنند. بدین ترتیب برای برش یک طرح با دستگاه واتر جت ابتدا طرح به صورت خطی در یکی از نرم افزارهای بُرداری (Vector) مانند کرل دراو، اتوکد، کتیا و... طراحی

می‌شود سپس این طرح در نرم افزاری دیگر به Gcode تبدیل می‌شود و وارد کامپیوتر دستگاه می‌شود و روی هر ماده‌ای که زیر نازل قرار گرفته باشد برش می‌خورد.

### توانایی برش واترجت

واترجت هر ماده‌ای را با هر ضریب سختی برش می‌دهد، به همین دلیل می‌توان گفت تنها ابزار برش سوپرآلیاژها و تیتانیوم است، برخی مواد که در اثر حرارت دود سمی تولید می‌کنند را با این روش می‌توان برش داد، چون ماهیت این برش سرد است.

### مزایای برش واترجت :

- برش بدون محدودیت تمام مواد

- برش انواع فولاد (هاردوکس Hardox ، گرم کار، ۴۵CK و...)، برش تیتانیوم، برش آهن، برش آلومینیوم، برش استیل، برش فلزات رنگین (برش مس، برش برنج، برش برنز)، برش لاستیک، برش پلاستیک، برش سنگ (به ویژه برای معرق سنگ) ، برش سرامیک، برش کاشی، برش شیشه، برش پی وی سی ، برش پلی کربنات، برش اکریلیک، برش پارکت، برش کامپوزیت، برش انواع فوم، برش پلکسی گلاس، برش چوب، برش ام دی اف، برش اچ دی اف و...

- توانایی برش سوپر آلیاژ

- عدم ایجاد تنش حرارتی

- کیفیت بالای برش لبه ها و عدم نیاز به مرحله پرداخت و ماشینکاری

- امکان اجرای طرح های پیچیده

- قدرت برش بالا

- برش فولاد تا ۱۵۰ میلیمتر و برخی مواد دیگر تا ۵۰۰ میلیمتر

### دقت برش واترجت

دقت برش این دستگاه برابر ۰,۱ میلیمتر است.

همچنین عرض برش (Gap) یا ریزش کار یا خوراک دستگاه واترجت حدود ۱ میلیمتر است.

و سرعت برش واترجت با ۴ عامل زیر نسبت عکس دارد یعنی با افزایش اینها سرعت کاهش می‌یابد، این عوامل عبارتند از:

- سختی ماده

- ضخامت ماده

- کیفیت لبه‌ها

- پیچیدگی طرح؛ به معنی وجود خطوط منحنی و فضای بسته در طرح

### کیفیت برش واترجت :

در برش واترجت به دلیل حرکت سیال آب روی ماده هرچه سرعت بالاتر برود شیارهای ظریفی روی قطر لبه‌ها ایجاد می‌شود بنابراین کیفیت لبه‌ها در برش واترجت رابطه مستقیم با سرعت برش دارد، هرچه سرعت برش کمتر شود کیفیت برش لبه‌ها بالاتر می‌رود و لبه‌ها صیقلی‌تر می‌شوند.

### برش واترجت و برش سه بعدی:

برخی دستگاه‌های واترجت فوق‌العاده پیشرفته توانایی برش سه بعدی هم دارند اما در حال حاضر نمونه‌ای از این دست

[illegible]

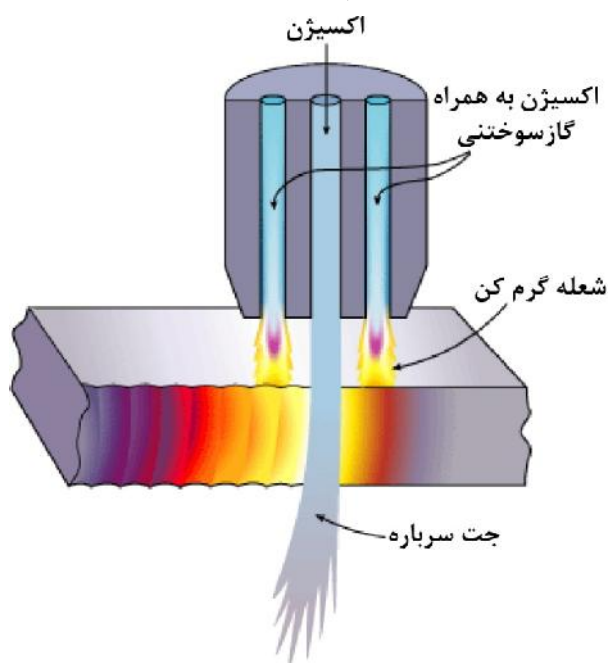
/ Hɐ<sup>a</sup>pɛ̃pã ~ 'p®ûyp— pžb' ûýp~pɛ púpžb' pžb~p'b'pçəəpèžəp³pžb~pèžypipžũ•

[illegible][illegible][illegible]



اکسیداسیون در طول ضخامت قطعه باعث برش آن می گردد . علاوه بر آنچه بیان شد اکسیژن اضافی بادور ساختن قسمتهای اکسید شده از قطعه ، خط برش را بروی آن مشخص می نماید .

بافزایش ضخامت قطعه کار اتلاف حرارتی در قطعه کار بالایی رود . بنابراین موازنه حرارتی هم از بین رفته و گرمای بیشتری مورد نیاز است . لذا لازم است برای جبران گرمای اتلاف شده بر اثر افزایش ضخامت قطعه ، نرخ سیلان اکسیژن و گاز سوختنی را افزایش داد که انجام این عمل باید به دقت صورت تا کیفیت لازم لبه های برش حفظ شده و Drag ایجاد نگردد .



شکل شماتیک برشکاری بوسیله شعله

**تعریف Drag :** عبارتست از فاصله افقی بین نقطه ورودی و خروجی شعله برش و اندازه Drag معیاری است برای اندازه گیری کیفیت لبه برش به این معنا که هرچه مقدار Drag ایجاد شده در لبه قطعه کار برش خورده کمتر باشد کیفیت لبه برش بهتر است .

#### مزایای برشکاری با شعله :

- (۱) سرعت بالای انجام فرآیند برشکاری
- (۲) حمل و نقل آسان تجهیزات
- (۳) عدم محدودیت در فرم و شکل برش

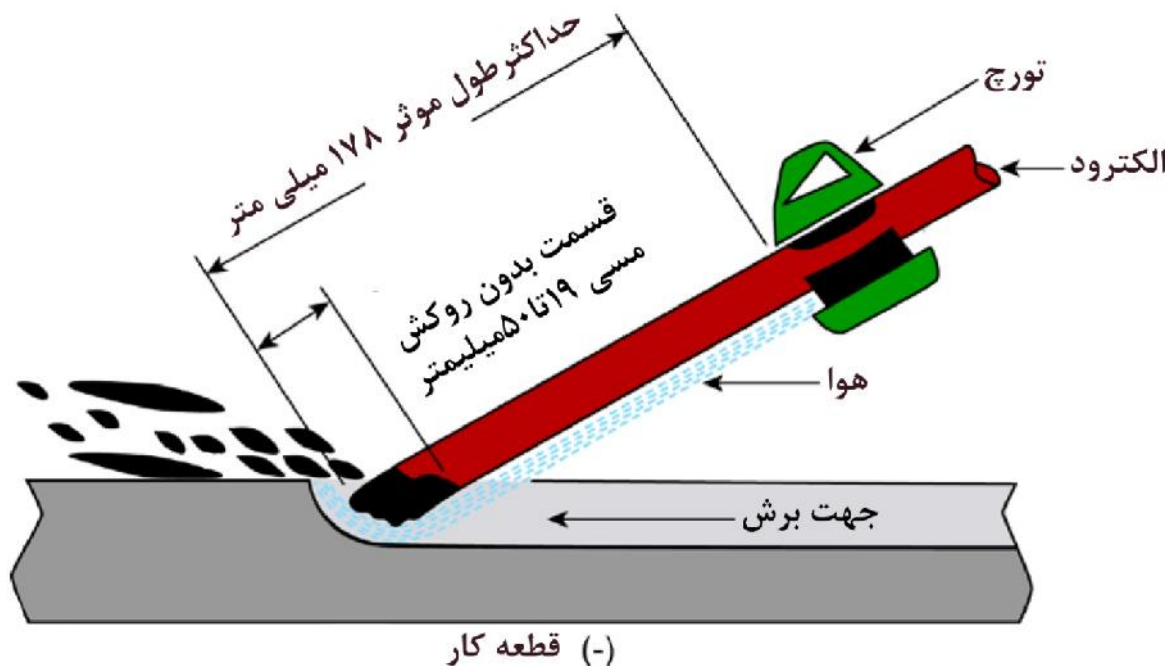
## محدودیت‌های برشکاری با شعله :

- (۱) عدم وجود دقت ابعادی دقیق در برش دستی قطعات ضخیم و نازک
- (۲) ایجاد تغییرات متالورژیکی در لبه های برش خورده ناشی از حرارت ورودی زیاد
- (۳) عدم کنترل بروی مواد مذاب در برش ورق های نازک
- (۴) اعوجاج و پیچیدگی در برش ورق های نازک
- (۵) محدودیت ضخامت برش (۳/۲ تا ۱۵۲۵ میلیمتر)

**برشکاری با قوس الکتریکی :** در این فرآیند عملیات برشکاری به وسیله قوس الکتریکی صورت می گیرد و با استفاده از انرژی گرمایی حاصل از برقراری قوس الکتریکی می توان ورق ها با ضخامت های مختلف را برشکاری نمود . از متداولترین فرآیندهای برشکاری قوسی می توان به برشکاری قوسی الکترو دستی ، برشکاری قوسی هوا کربن و برشکاری قوسی پلاسما اشاره نمود .

**برشکاری با فرآیند قوسی هوا کربن :** اساس این فرآیند بر مبنای برش فیزیکی است . در فرآیند هوا کربن قوس متمرکز بین الکترو د کربنی و قطعه کار ایجاد می شود که این قوس قطعه کار را ذوب کرده و پس از آن جریان هوای فشرده که توسط روزنه ای در زیر محل قرارگیری الکترو د و بر روی آن برشکاری قرار دارد ، مذاب ایجاد شده را با فشار از درز برش به بیرون هدایت می کند . در این فرآیند تمیزی محل برش به نرخ ذوب و جت هوا بستگی دارد .

الکترودهای استفاده شده در این فرآیند شامل دو نوع الکترو د کربنی با پوشش مسی و الکترو د کربنی بدون پوشش می شود که بعلت مصرف بیش از حد الکترودهای کربنی بدون پوشش ، برای عملیات برشکاری در فرآیند هوا کربن بیشتر از الکترودهای کربنی با پوشش مسی استفاده می گردد .



شکل شماتیک برشکاری با فرآیند قوسی هوا کربن

## تکنیکهای کاری در فرآیند برشکاری هواکربن :

- قبل از برقراری قوس باید دجت هوا برقرار گردد .
- زاویه انبر باید بصورت پیش رونده باشد .
- جت هوا باید بین الکترو دو قطعه کار قرار گیرد .
- روشن شدن قوس با تماس ملایم الکترو دو قطعه کار صورت می گیرد .
- بعد از روشن شدن قوس نباید الکترو در راه عقب بکشیم .
- در برشکاری با فرآیند قوسی هواکربن حرکت انبر باید بصورت یکنواخت باشد تا سطح صافی ایجاد گردد .
- در برشکاری با فرآیند قوسی هواکربن در حالت سربالا ، زاویه انبر و الکترو باید به گونه ای باشد که مانع از ریزش مذاب بر روی الکترو گردد .
- هرچه سرعت حرکت انبر کمتر باشد ، عمق برش بیشتر است .
- عرض درز ایجاد شده به سائز و قطر الکترو بستگی دارد و معمولاً سائز در ۳ میلی متر بیشتر از قطر الکترو است .
- برشکاری بصورت حرکت نوسانی الکترو به روی قطعه کار صورت می گیرد .
- برای برش ورقهای ضخیم و فلزات غیر آهنی باید زاویه انبر تقریباً عمود بر قطعه کار باشد .

**برشکاری با قوس پلاسما :** در این فرآیند قوس پلاسمای متمرکز شده با جریان سریع گازیونیزه شده داغ که از روزنه نازل برش پلاسما خارج می شود با جدا نمودن فلز مذاب از قطعه کار آن را برش می دهد . بطور کلی در این فرآیند با تغییر پارامترهایی مانند نوع گاز ، سرعت جریان گازیونیزه ، آمپراژ و اندازه نازل می توان خصوصیات برش را تغییر داد .

**قابلیتهای فرآیند برشکاری با قوس پلاسما :** انتخاب تکنیک برشکاری قوس پلاسما با توجه به ملاحظات اقتصادی ، تجهیزات موجود ، ضخامت قطعه کار ، کیفیت برش و سرعت تولید صورت می گیرد .

**نحوه تولید پلاسما :** در فرآیند برشکاری پلاسمایک گاز خنک (مثل هوای فشرده) از میان یک نازل کوچک در جلوی مشعل برش عبور می کند که این مشعل به یک منبع جریان مستقیم وصل است . مقداری از این گاز بر اثر قوس ، پلاسما می شود و قوس بین الکترو و نازل ایجاد می شود . قوس پیلوت هنگامی ایجاد می گردد که مقدار کمی از منبع انرژی صرف ایجاد قوس می شود . این قوس پیلوت به عنوان یک مسیر برای ایجاد قوس اصلی برش بکار می رود . یعنی ابتدا وقتی قوس پیلوت روشن است مشعل رابه قطعه کار نزدیک می کنیم وقتی این قوس به قطعه کار برخورد می کند قوس اصلی شروع شده و قوس پیلوت خاموش می شود .

**زائده های برش (Dross) :** زائده برش ، فلز مذاب منجمدی است که به لبه پایینی برش می چسبد و در قسمت نامناسب برش مقدار آن بیشتر است که میزان زائده برشی بستگی به نوع فلز ، سرعت برش و جریان قوس دارد . در سرعتهای خیلی پایین یا سرعتهای خیلی بالا ، احتمال ایجاد زائده بیشتر است و معمولاً در سرعتهای پایین زائده ایجاد شده به راحتی جد می گردد .

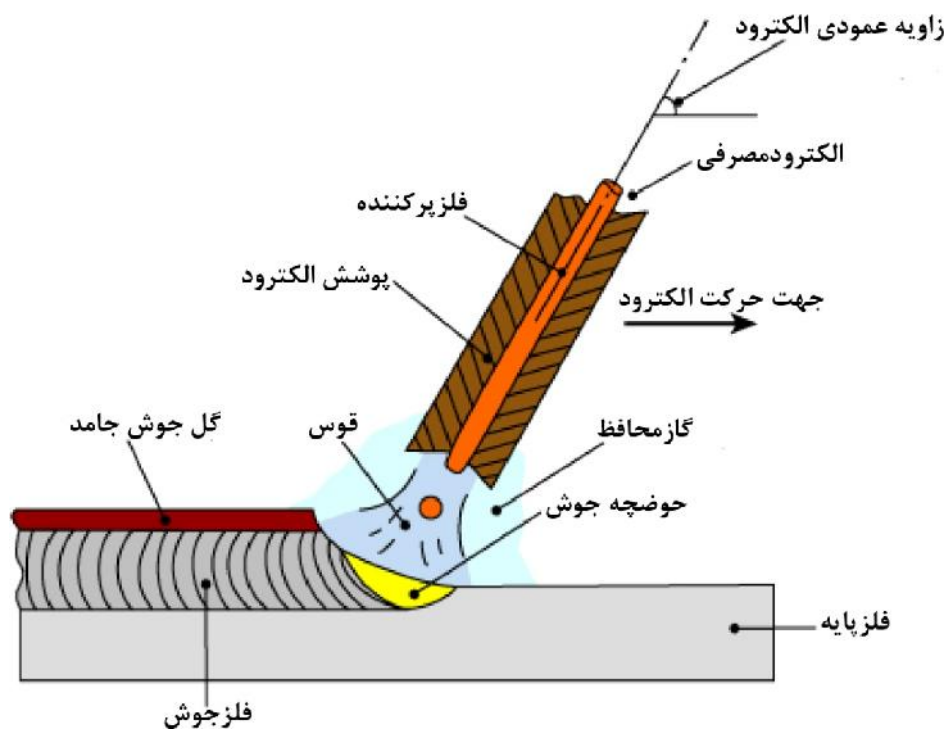
**اندازه درز برش (Kerf) :** اندازه درز برش در برشکاری پلاسما ۱/۵ تا ۲ برابر قطر نازل است .

## آشنایی با فرآیندهای جوشکاری مورد استفاده در صنعت ساختمان

**فرآیند جوشکاری قوسی فلزپوشش دار (SMAW):** جوشکاری قوسی فلزپوشش دار (Shielded Metal Arc Welding) یا جوشکاری قوسی الکتروددستی، فرآیندی است که در آن فلزات توسط حرارت ناشی از برقراری قوس بین الکتروودپوشش دار و قطعه کار ذوب شده و به یکدیگر متصل می شوند. نگهدارنده الکتروود توسط یک کابل به یک خروجی منبع برق وصل شده و قطعه کار نیز به خروجی دیگر توان منبع قدرت متصل می گردد.

هسته الکتروودپوشش دار، سیم مغزه، جریان الکتریکی را به قوس هدایت کرده و علاوه بر این فلز مذاب لازم برای اتصال را فراهم می کند. به منظور ایجاد اتصال الکتریکی لازم،  $\frac{1}{8}$  cm از قسمت بالای الکتروود، بدون پوشش بوده و در نگهدارنده الکتروود (انبر) قرار می گیرد. نگهدارنده الکتروود، یک گیره فلزی است که دارای عایق محافظ خارجی به منظور تامین ایمنی جوشکاری می باشد.

حرارت ناشی از قوس باعث می شود که هم سیم مغزه و هم پوشش الکتروود، در نوک آن، به صورت قطرات مذاب درآید. فلز مذاب به حوضچه جوش انتقال یافته و در فلز جوش منجمد می شود. فلاکس مذاب که سبکتر است، بر روی سطح حوضچه مذاب شناور شده و به صورت یک لایه سرباره ای روی سطح فلز جوش منجمد می شود.



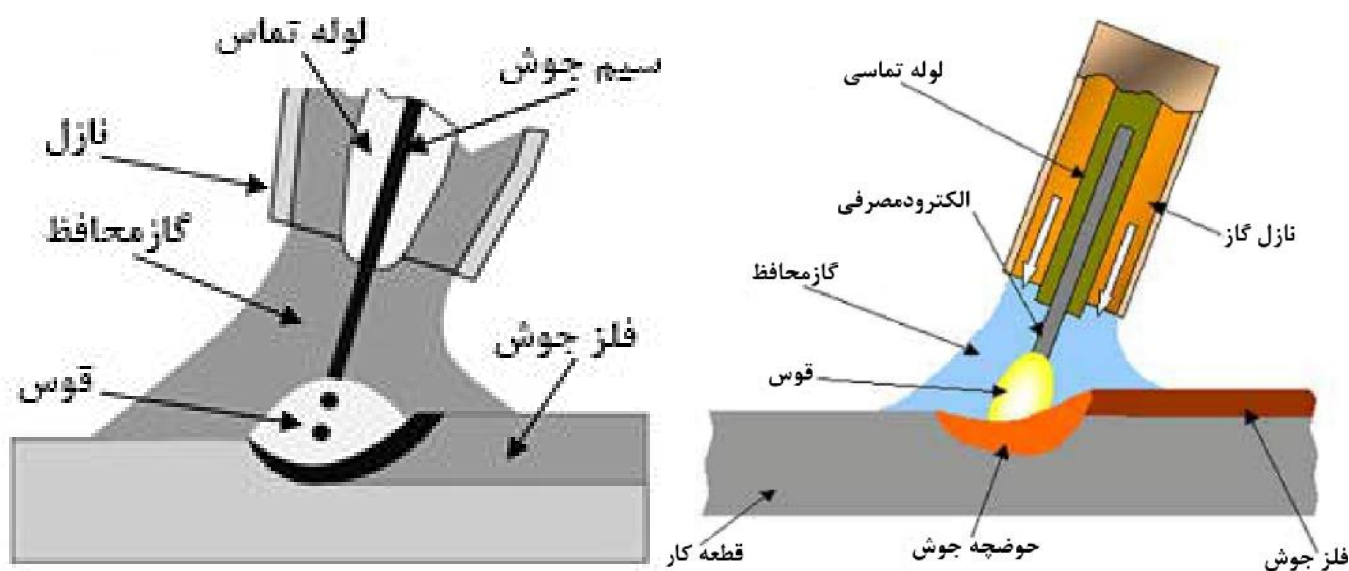
شکل شماتیک فرآیند جوشکاری قوسی فلز پوشش دار

**مزایا و محدودیتها:** در این فرآیند، تجهیزات جوشکاری، نسبتاً ساده، قابل حمل و نقل و در مقایسه با دیگر فرآیندهای جوشکاری قوسی، ارزان می باشد. به این دلیل روش SMAW اغلب در واحدهای تعمیر و نگهداری بطور وسیعی استفاده می شود. اما گازهای حفاظتی تولید شده در فرآیند SMAW به حد کافی تمیز نیست تا برای جوشکاری فلزاتی مانند آلومینیم و تیتانیم به

کاررود . به دلیل آنکه در صورت استفاده از جریانهایی زیاد جوشکاری ، پوشش الکترو دبیض از حد گرم شده و از الکترو دجدا می شود ، بنابراین در این روش نرخ رسوب گذاری محدود است . همچنین طول محدود الکترو د (در حدود  $35\text{ cm}$ ) باعث نیاز به تعویض مکرر الکترو د شده که این امر سبب کاهش نرخ تولید می گردد .

**فرآیند جوشکاری قوسی فلز-گاز (GMAW):** جوشکاری قوسی فلز-گاز (Gas Metal Arc Welding) فرآیندی است که در آن در اثر حرارت ایجاد شده توسط قوس بین الکترو د جوش و فلز پایه ، فلز پایه ذوب شده و اتصال صورت می گیرد .

حفاظت قوس و حوضچه مذاب ، توسط گاز خنثی مانند آرگون یا هلیوم صورت می گیرد و به این دلیل ، فرآیند GMAW راروش جوشکاری گاز خنثی-فلز (MIG) یا (Metal Inert Gas Welding) نیز می نامند . نظریه این که از گازهای غیر خنثی (مانند  $\text{Co}_2$ ) نیز در این روش استفاده می شود ، بنابراین عبارت GMAW برای نامیدن این فرآیند مناسب تر به نظر می رسد . از این فرآیند جوشکاری ذوبی به طور وسیعی در ساخت قطعات بصورت سری استفاده می گردد .



شکل شماتیک فرآیند جوشکاری قوسی فلز - گاز

**مزایا و محدودیتهای:** در هنگام استفاده از گاز محافظ خنثی ، جوشکاری در فرآیند GMAW بسیار تمیز است .

مزیت اصلی فرآیند جوشکاری به روش GMAW نرخ رسوب گذاری بالای آن است که امکان جوشکاری مقاطع ضخیم در سرعتهای جوشکاری زیاد تر را فراهم می آورد . علاوه بر این با استفاده از روش Dual Torch و Twine Wire می توان نرخ رسوب گذاری روش GMAW را بیش از پیش افزایش داد . برای دستیابی به یک قوس بسیار کوتاه و پایدار در فرآیند جوشکاری GMAW نیاز به اپراتور ماهر جوشکاری است زیرا در این فرآیند Gun جوشکاری ضخیم بوده و امکان دسترسی به سطوح کوچک و گوشه ها مشکل است .

**فرآیند جوشکاری قوسی توپودری (FCAW):** فرآیند جوشکاری توپودری (Flux Core Arc Welding) مشابه با فرآیند GMAW بوده ، ولی الکترو د سیمی در این روش به جای آنکه توپ باشد ، توسط یک فلاکس پر شده است . در واقع الکترو د یک

لوله فلزی است که درون آن فلاکس قرار دارد. نقش فلاکس در این روش مشابه به نقش فلاکس پوششی الکتروودرروش SMAW بوده و علاوه بر آن وظیفه ی محافظت از حوضچه جوش در برابر اتمسفر هوارانیزبرعهدهدارد. استفاده از گازمحافظ در این فرآینداختیاری است.

**فرآیندجوشکاری قوسی زیر پودری (SAW):** درفرآیندجوشکاری قوسی زیر پودری (Submerged Arc Welding) ایجادفلز مذاب واتصال قطعات، درانحرارت ایجادشده حاصل ازقوس بین الکتروودسیمیمصرفی وقطعات به وجود می آید. دراین حالت قوس توسط سرباره مذاب وفلاکس محافظت می شود. تفاوت این فرآیندبادیگرفرآیندهای جوشکاری قوسی، پوشیده بودن ومخفی بودن قوس است. فلاکس مورداستفاده دراین فرآیندازطریق یک قیف (Hopper) که همراه با Torch حرکت می کند، تامین می شود. به دلیل آنکه فلزمذاب توسط سرباره مذاب وجامدازهوای اطراف محافظت می شود، برای محافظت ازحوضچه جوش نیازی به استفاده ازگازهای محافظ نیست.

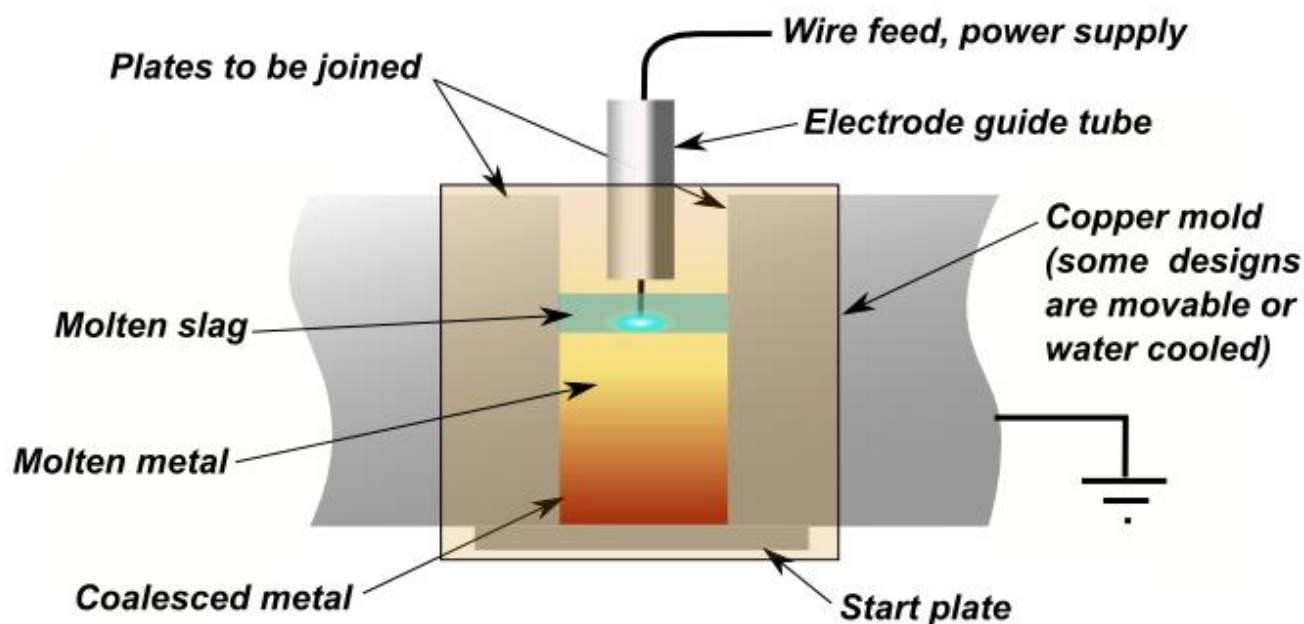


جوشکاری تحت فرآیند قوسی زیر پودری

**مزایاومحدودیتها:** درفرآیند جوشکاری زیر پودری (SAW) سرباره، نقش حفاظت وتصفیه حوضچه جوش رابرعده دارد بنابراین خط جوش حاصل بسیار تمیزاست همچنین به دلیل آنکه قوس دراین فرآیند درزیرپودرفلاکس قرارداشته ومخفی است، بنابراین حتی درجریانهای زیادنیزپراکنش وتلفات حرارتی وجود ندارد. بااضافه کردن عناصرآلیاژی وپودرفلزات به فلاکس می توان به ترتیب ترکیب فلزجوش ونرخ رسوب گذاری را کنترل و افزایش داد. استفاده ازدویا چند الکتروودپشت سرهم نیز، نرخ رسوب گذاری را افزایش می دهد. به دلیل افزایش نرخ رسوب گذاری دراین فرآیند می توان قطعات ضخیم تری راجوشکاری نمود. ازاین فرآیند تنها می توان دروضعیت تخت استفاده نمود که دلیل آن حجم نسبتاً زیاد سرباره وحوضچه مذاب ونحوه ی طراحی فرآیندمی باشد. میزان حرارت ورودی نسبتاً زیاددراین فرآیند می تواند موجب کاهش کیفیت جوش وافزایش احتمال پیچش قطعات شود.



**فرآیند جوشکاری سرباره الکتریکی (ESW):** جوشکاری سرباره الکتریکی (Electroslag Welding) فرآیندی است که در آن ایجاد فلز مذاب و اتصال قطعات توسط حرارت ناشی از تشکیل یک حوضچه سرباره مذاب بین قطعات و الکترو دسیمی که مدام به درون آن تغذیه می شود ، صورت می گیرد . حوضچه جوش توسط سرباره مذاب پوشیده شده و در طی جوشکاری به طرف بالا در حال حرکت است . یک جفت کفشک مسی آبگرد در جلو و پشت قطعه کار ، حوضچه جوش و سرباره مذاب را درون خود قرار می دهند . مشابه با فرآیند زیرپودری ، سرباره مذاب در فرآیند سرباره الکتریکی فلز جوش را در برابر هوا محافظت کرده و علاوه بر آن باعث تصفیه فلز جوش نیز می گردد .



شکل شماتیک جوشکاری تحت فرآیند سرباره الکتریکی

**مزایا و محدودیتها:** فرآیند جوشکاری سرباره الکتریکی دارای نرخ رسوب گذاری فوق العاده زیادی بوده و فقط یک مرحله جوشکاری برای هر ضخامت کافی است . برخلاف فرآیند زیرپودری و دیگر فرآیندهای جوشکاری قوسی ، هیچگونه پیچیدگی زاویه ای در فرآیند سرباره الکتریکی رخ نمی دهد که دلیل آن قرینه بودن جوش نسبت به محور خود است . در این فرآیند حرارت ورودی بسیار زیاد بوده و کیفیت جوش ضعیف است . علت این امر چقرمگی کم حاصل از دانه های درشت در منطقه جوش و منطقه مجاور جوش می باشد . جوشکاری سرباره الکتریکی به وضعیت جوشکاری سربالا محدود است و نمی توان از این فرآیند در دیگر وضعیتها استفاده نمود . همچنین این فرآیند به دلیل نیاز به آماده سازی طرح ویژه برای اتصال همیشه مقرون به صرفه نمی باشد .

**فرآیند جوشکاری زائده ای (SW):** جوشکاری زائده ای (Stud Welding) یک نوع جوشکاری مقاومتی است که در آن فلوی جریان الکتریکی در نقطه تماس متمرکز می شود که بصورت زائده ای موضعی در یک یادو قطعه ای که بایستی جوشکاری شوند ایجاد شده است. هدف از استفاده از این زائده تمرکز حرارت تولید شده در نقطه تماس است. در یک کاربرد خاص، این فرآیند از جریان، نیرو و زمان جوشکاری کمتری نسبت به فرآیندهای مشابه که بدون زائده انجام می شوند، استفاده می کند. ضمن اینکه ایجاد تعداد زیادی نقطه جوش در یک زمان خیلی کوتاه، فرآیند تولید را تسریع می کند. جوشکاری زائده ای از نظر کاربرد به دو گروه تقسیم می شود:

### جوشکاری زائده ای برجسته شده

### جوشکاری زائده ای جامد



جوشکاری گل میخ تحت فرآیند جوشکاری زائده ای

جوشکاری زائده ای برجسته شده، عموماً فرآیند اتصال ورق به ورق است که در آن یک زائده بر روی یکی از ورق ها ایجاد شده است. در جریان جوشکاری حرارت ابتدائی بر روی نقطه تماس و دیواره های زائده متمرکز می شود تا زائده متلاشی شود. در ادامه فرآیند بصورت معمول باتشکیل دکمه جوش، ذوب کامل می شود. در جوشکاری زائده ای جامد نیاز است زائده بر روی یکی از دو جزء فورج شود. سپس در طول جوشکاری مقاومتی، نقطه تماس وزائده گرم می شوند. در اینجا زائده به راحتی متلاشی نمی شود. بلکه متلاشی شدن از طریق نفوذ مواد مخالف است. برخلاف جوشکاری زائده ای برجسته شده، اتصالات حاصل از این روش بیشتر به جوش های حالت جامد شبیه است نه ذوبی. اتصال واقعی در حقیقت حاصل از فورج و اتصال نفوذی می باشد. این فرآیند از این نظر شبیه جوشکاری سربه سرمقاومتی یا جوشکاری سربه سر حلقه ای می باشد.





جوشکاری برشگیرها به صورت فرآیند Stud Welding

**فرآیند جوشکاری آهنگری (FW) :** در فرآیند جوشکاری آهنگری (Forge welding) دو قطعه به صورت اتصال لب به لب و پس از گرم شدن تا دمای خمیری فولاد (۱۲۰۰ تا ۱۳۰۰ درج سانتیگراد) به وسیله فشار پمپ هیدرلیک به یکدیگر متصل می شوند . از این فرآیند هم اکنون جهت اتصال میلگردهای پی ساختمانهای سازه فلزی و بتنی استفاده می گردد .



( ۱ ) مرحل آماده سازی نمونه برای جوشکاری



( ۲ ) قرار دادن نمونه های برش درون فکهای دستگاه



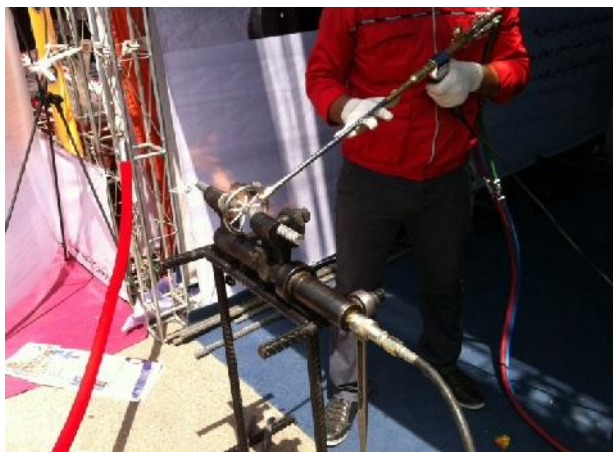
( ۳ ) محکم کردن فکهای دستگاه و تراز کردن نمونه



( ۴ ) وصل کردن پمپ هیدرولیک به فک متحرک



( ۵ ) روشن کردن مشعل و تنظیم شعله برای جوشکاری



( ۶ ) آغاز عملیات جوشکاری و گرم کردن محل اتصال





۷) بارسیدن قطعه به دما خمیری ، بوسیله دسته مشعل به آرمی فک متحرک رابوسیله فشارپمپ هیدرولیک به سمت فک ثابت حرکت می دهیم



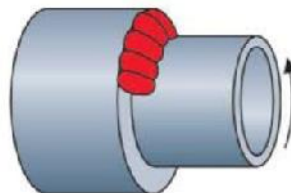
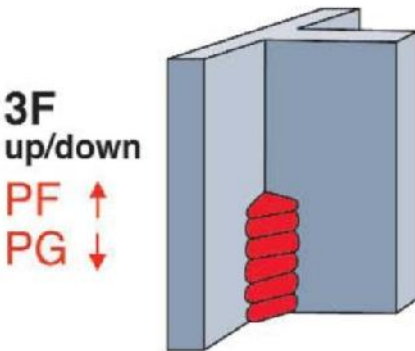
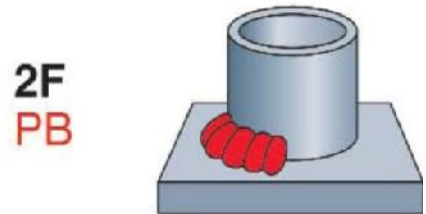
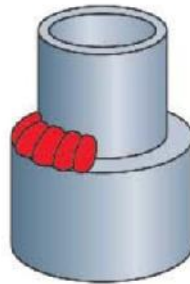
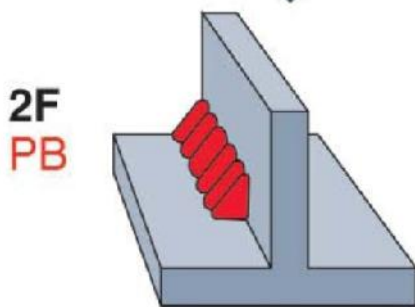
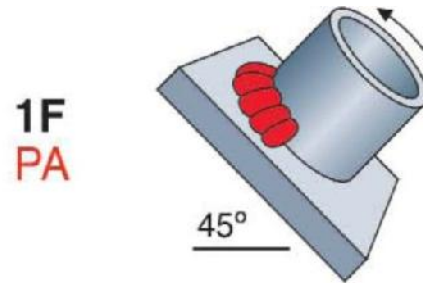
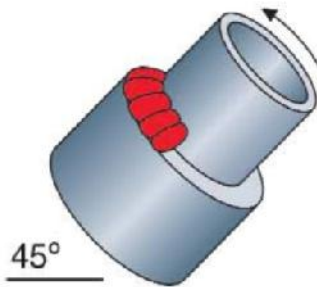
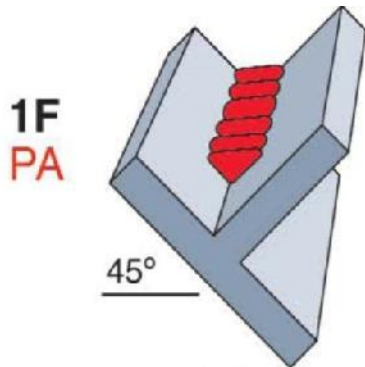


۸) عملیات گفته شده را تا اتصال کامل دوسرمیل گردهای درون فکهای دستگاه ادامه می دهیم

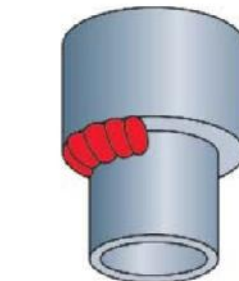
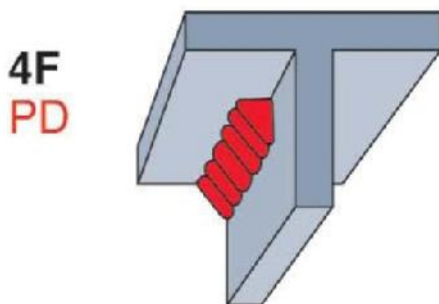
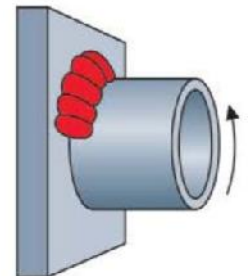




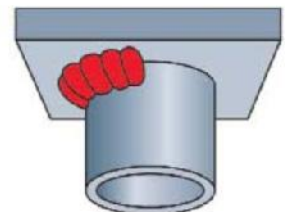
## Welding positions according ASME and ISO 6947



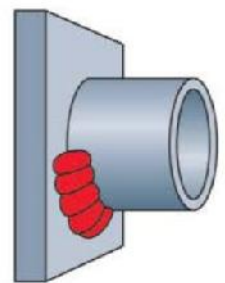
**2FR**  
**PB**



**4F**  
**PD**

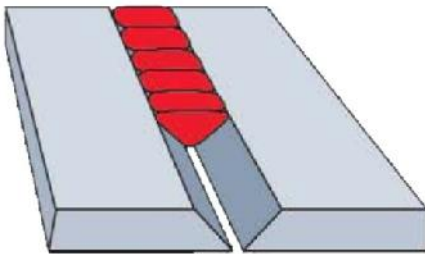


**5F**  
up/down  
**PF** ↑  
**PG** ↓

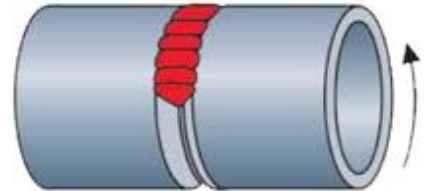


# Welding positions according ASME and ISO 6947

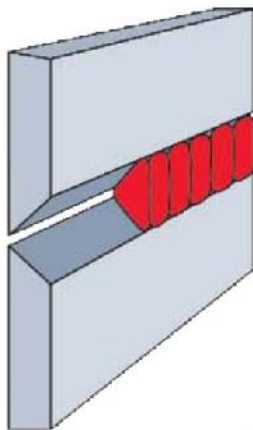
**1G**  
**PA**



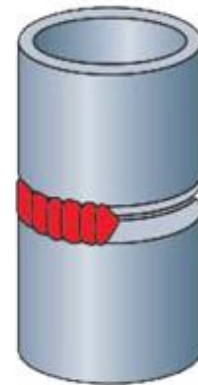
**1G**  
**PA**



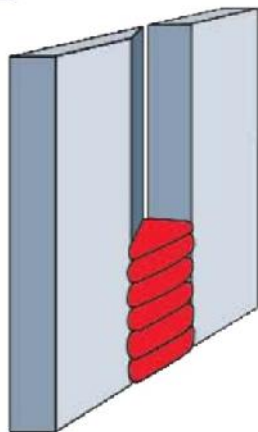
**2G**  
**PC**



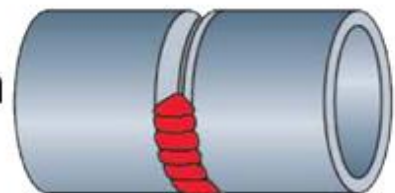
**2G**  
**PC**



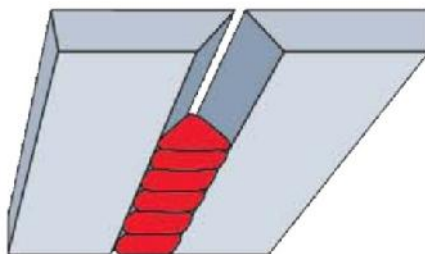
**3G**  
up/down  
**PF** ↑  
**PG** ↓



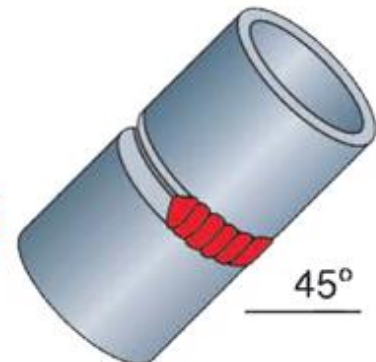
**5G**  
up/down  
**PF** ↑  
**PG** ↓



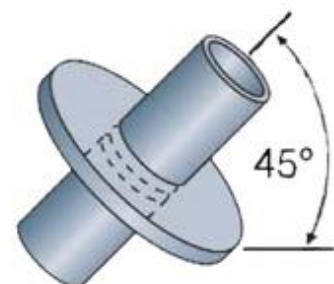
**4G**  
**PE**



**6G**  
**H-L045**



**6GR**



## آشنایی با عیوب جوشکاری

**تعریف ناپیوستگی :** هر عاملی که یکنواختی جنس و ساختار قطعه مورد بررسی را از بین ببرد ناپیوستگی نامیده می شود .  
تاثیر ناپیوستگی بروی کارکرد و سرویس دهی قطعه و در نهایت شکست زودرس در هنگام ادامه کار است .

**نقص :** ناپیوستگیهایی که با استفاده از روشهای DT یا NDT قابل کشف باشند نقص گویند و نقصها در شرایط عادی موجب شکست سازه نمی شوند و می توانند بدون تغییر باقی بمانند .

**عیب :** نقایصی هستند که تحت شرایط عادی قابل پیش بینی بوده و به خاطر وجود آنها در سازه احتمال شکست وجود دارد . بعبارت دیگر عیب ها ، نقایصی هستند که طبق مشخصات فنی قابل قبول نمی باشند . همچنین یک ناپیوستگی می تواند در قطعه ای به عنوان نقص و در قطعه دیگری عیب محسوب شود .

## منشاء بروز عیوب در قطعات :

(۱) مرحله تولید اولیه Primary Production

(۲) مرحله ساخت Process (الف) نورد Rolling مانند Lamination (ب) آهنگری Forging

(۳) ساخت ثانویه: مانند جوشکاری Welding

## تقسیم بندی کلی ناپیوستگیها از لحاظ شکل

### (۱) ناپیوستگیهای حجمی Volumetric Discontinuity

ناپیوستگیهایی را که دارای حجم باشند را ناپیوستگیهای حجمی گویند .

مانند : حفرات گازی ، تخلخل و...

### (۲) ناپیوستگیهای صفحه ای Planer Discontinuity

ناپیوستگیهایی که در آنها نسبت ضخامت ناپیوستگی بسیار کمتر از طول و عرض ناپیوستگی است ، ناپیوستگیهای صفحه ای گویند

مانند : ترک ، عدم ذوب دیوارها ، تورق و...

## مکانهای حضور ناپیوستگیها در درون قطعه

### (۱) ناپیوستگیهای سطحی Surface Discontinuity

هر عاملی را که موجب ایجاد ناپیوستگی به روی سطح گردد و با چشم قابل رویت باشد را ناپیوستگی سطحی گویند .

## ۲) ناپیوستگیهای زیر سطحی Subsurface Discontinuity

هر عاملی را که موجب ایجاد ناپیوستگی در درون قطعه و در فاصله کمی از سطح قطعه گردد و با چشم قابل رویت نباشد راناپیوستگی زیر سطحی گویند .

## ۳) ناپیوستگیهای داخلی Internal Discontinuity

هر عاملی را که موجب ایجاد ناپیوستگی در اعماق درونی قطعه گردد راناپیوستگی داخلی گویند .

نکته : ناپیوستگیهای سطحی به دلیل ایجاد مرکز تمرکز تنش بیشتر و آسیب رساند شدید به قطعه نسبت به ناپیوستگیهای دیگر خطرناک تر بوده و بلافاصله بعد از تشخیص آنها ، باید نسبت به برطرف کردن آنها از سطح قطعه اقدام نمود .

**تعریف ترک :** حساس ترین و مضرترین عیوب جوش می باشد که در هیچ استاندارد ، کد و یا مشخصات فنی برای آن حد پذیرش بیان نشده است . بعبارت دیگر ترک هارامی توان به این صورت تعریف نمود که ناپیوستگیهای صفحه ای (دوبعدی) می باشد که بر اثر پاره شدن فلز جوش و فلز پایه تحت اثر تنشهای کششی ایجاد شده که می تواند در شرایط پلاستیک (مانند ترک گرم) یا به هنگام سرد شدن فلز جوش (مانند ترک سرد) در قطعه جوشکاری شده پدید آید .

انواع ترک ها : (۱) ترک گرم (۲) ترک سرد

علل تشکیل ترکها در هنگام جوشکاری قطعه :

(۱) دمای تشکیل

(۲) راستای ترک (طولی یا عرضی)

(۳) محل قرارگیری ترک (ترک گلویی ، ترک ریشه ، ترک پنجه جوش ، ترک زیرمهری جوش ، ترک چاله انتهای جوش)

انواع ترکها از لحاظ محل قرارگیری در قطعه :

(۱) ترک در حوضچه جوش یا دهانه انتهایی

(۲) ترک عرضی در جوش

(۳) ترک عرضی در منطقه مجاور جوش

(۴) ترک طولی در فلز جوش

(۵) ترک زبانه ای یا گوشه ای

(۶) ترک زیر فلز جوش

(۷) ترک در خط ذوب

(۸) ترک ریشه فلز جوش



ترک خوردن در گستره ای از درجه حرارت های حین انجماد تادمای محیط و در زمانهای مختلف رخ می دهد . درجه حرارت وقوع ترک بسیار مهم است . ترکهایی که در بالای خط انجماد ایجاد می شوند ، ترک گرم و ترکهایی که زیر خط انجماد ایجاد می شوند ، ترک سرد نامیده می شوند .

**ترک گرم :** این نوع ترک در دمای بالا و هنگام جوشکاری یا بلافاصله پس از آغاز انجماد و در قطعه رخ می دهد و معمولاً در دماهای بالای ۶۵۰ درجه سانتیگراد اتفاق افتاده و بعلاوه دمای بالای قطعه در حین ایجاد این نوع ترک ، سطح منطقه ترک سریعاً اکسید می گردد .

### شرایط ایجاد ترک گرم در قطعه :

- (۱) درجه حرارت بالا (مقطع ترک قهوه ای رنگ است)
- (۲) عدم انعطاف پذیری فلز (تنش کششی ایجاد شده بین بلورهای جامد ناشی از انقباض ، از تنش شکست فلز در آن درجه حرارت تجاوز کند)

**علت ایجاد ترک گرم :** در حین سرد شدن ، بلورهای جامد جوانه زنی ورشدمی کنند . در ادامه انجماد در دمای بالا ، اتصال بلورهای جامد بصورت چسبندگی و فاقدنرمی و انعطاف پذیری است و در ادامه سرد شدن در فلز جامد خاصیت نرمی ایجاد می شود در این گستره دمایی جوش نسبت به ترک گرم حساس می شود از طرف دیگر به علت وجود دیگر عناصر ، فاز یوتکتیک ایجاد شده و ترک گرم در فلز جوش ایجاد می شود . به عنوان مثال ترک انتهایی چاله جوش از نوع ترک گرم بوده که علت آن سریع سرد شدن فلز در انتهای خط جوش و عدم تحمل تنشهای کششی حاصل از سرد شدن فلز جوش در این ناحیه است . همچنین وجود عناصری مانند گوگرد ، کربن و نیوبیم باعث تشدید این نوع ترک می گردد .

### روش پیشگیری از ترک گرم :

- (۱) استفاده از گازهای محافظ خالص (بدون آلودگی)
- (۲) افزایش سطح گرده جوش نسبت به عمق
- (۳) اصلاح طرح اتصال و شکل گرده جوش
- (۴) استفاده از فلز پایه با حداقل عناصر مضر
- (۵) در صورت استفاده از فلز پایه ای از جنس آلیاژهای پر کربن ، از الکترودهایی که مقدار منگنز فلز جوش را افزایش می دهند استفاده گردد .

**ترک سرد :** شرایط ایجاد ترک سرد همانند ترک گرم بوده که به دلیل توأم شدن تردی فلز جوش ، منطقه متأثر از حرارت (HAZ) و تنشهای ناشی از سرد شدن پس از جوشکاری قطعه یا در حین سرویس می باشد .

### عوامل ایجاد ترک سرد :

- (۱) جنس ماده مصرفی

(۲) نوع فرآیند مورد استفاده

(۳) شیب حرارتی

(۴) توزیع تنش

(۵) سرعت بارگذاری

(۶) جوانه زنی ریزترکهای گرم

**توضیح جوانه زنی ریزترکهای گرم :** در زمان انجماد و پس از آن گسترش ریزترکها در قطعه و ایجاد ترک سرد بعلت کم شدن نرمی فلز جوش در اثر تاثیر ریزساختارهایی است که تشکیل آنها باعث افزایش حساسیت در منطقه جوش و منطقه متأثر از حرارت می گردد .

#### **عوامل تشدیدکننده ترک سرد :**

(۱) ایجاد ساختارهای شکننده به دلیل سرعت انجماد بالا ، سخت شدن و ایجاد ترک های ریز در منطقه متأثر از حرارت

(۲) ایجاد و افزایش تنشهای واکنشی یا پسماند

(۳) تردی هیدروژنی

(۴) مهار بیش از حد اتصال

**نکته :** ترکهای طولی بیشتر در فرآیند جوشکاری زیرپودری رایج است .

#### **روشهای پیشگیری از ترک سرد :**

(۱) کاهش سرعت سرد شدن با استفاده از پس گرم کردن قطعه (پس گرم فرصت لازم برای خروج گاز هیدروژن را از درون

فلز جوش فراهم می آورد )

(۲) انتخاب فولاد با قابلیت سختی پذیری کم

(۳) برطرف کردن عوامل تولید هیدروژن

(۴) استفاده از فیلرهای کم هیدروژن و کم کربن

#### **انواع ترک براساس راستای جوش :**

(۱) ترک طولی : بیشتر در فرآیند جوشکاری زیرپودری و به علت سرعت بالای جوشکاری ایجاد می گردد .

(۲) ترک عرضی : عمود بر محور جوش و به علت تنشهای فشاری عمود بر محور جوش ، انعطاف پذیری کم فلز پایه و بالا بودن تنشهای انقباضی در راستای محور جوش ایجاد می گردد .

## دسته بندی ترک‌ها براساس نحوه قرارگیری

**ترک چاله انتهایی جوش (دلایل ایجاد) :** مرکز چاله جوش قبل از مناطق دیگر منجمد می شود و توسط انقباض فلز جوش به اطراف کشیده می شود . برای رفع این عیب می توان از روشهایی مانند اضافه نمودن پرکننده بیشتر (افزایش نرخ رسوب) و یا حرکت الکترود در خلاف محور عملیات جوشکاری قبل از اتمام عملیات جوشکاری (یک گام به عقب) ، استفاده نمود .

**ترک زیر مهره جوش :** این نوع ترک جز ترک‌ها سرد است . از دلایل ایجاد می توان به هیدروژن ، تشکیل ریز ساختار با انعطاف پذیری کم ، وجود تنشهای پسماند زیاد در قطعه ، تردی منطقه متأثر از حرارت و به درجه مهار بالای قطعه اشاره نمود .

**ترک پنجه جوش :** این نوع ترک در اثر ترکیب تنشهای انقباضی در عرض جوش با تنشهای وارد به قطعه در هنگام سرویس دهی و حین کار آن در قطعه به وجود می آید که عمده ترین شرط آن خستگی است . از دلایل ایجاد آن می توان به گرده اضافی ، تحذب بیش از اندازه گرده و ترد شدن ناحیه متأثر از حرارت (HAZ) اشاره نمود .

**ترک لایه ای :** ناشی از به هم پیوستگی ناخالصیهای غیر فلزی حبس شده به یکدیگر ، پس از عملیات نورد است .

**ترک گلولی :** این نوع جز ترک‌های گرم بوده و بصورت طولی و هم جهت با محور جوش در روی سطح جوش ایجاد می شود که اغلب در جوشکاری گوشه ای قطعات سپری مشاهده می گردد .

**ترک هیدروژنی :** به دلیل کوچک بودن اتمهای هیدروژن ، این اتمها به راحتی در فولاد (حتی در حالت جامد) نفوذ کرده و از جایی به جای دیگری روند . در زمان انجام عملیات جوشکاری (خصوصاً در فرآیند SMAW) مقداری هیدروژن در فلز جوش حل می شود و با کاهش یافتن مقدار حلالیت گاز در زمان انجام فلز جوش ، مقداری از هیدروژن حل شده به صورت حباب یا دانه واکنش با عناصر دیگر (مانند اکسیژن ، کربن و گوگرد) از حوضچه جوش خارج می گردد . که به علت بالا بودن سرعت انجماد فلز جوش ، مقداری از هیدروژن حل شده در داخل حوضچه جوش پس از انجماد آن به صورت حبس شده باقی می ماند . و به علت اینکه مقدار هیدروژن حبس شده ، بیش از حد حلالیت اتمها آن در ساختار است ، هیدروژن اضافی به صورت اتم در ساختار فلز جوش رسوب می کند و هیدروژن رسوب کرده در حفره ها ، مرز دانه ها و مرز ناپیوستگیهای کریستالی تجمع کرده و از حالت اتمی به حل مولکولی درآمده و در اثر فشار گاز هیدروژن منجر به جوانه زنی و رشد ترک در درون قطعه می گردد .

### عوامل موثر بر میزان هیدروژن باقیمانده در فلز جوش :

- (۱) واکنش هیدروژن با دیگر عناصر
- (۲) نفوذ در حفره ها و مولکولی شدن
- (۳) وارد شدن در مرز ناخالصیها و تبدیل شدن به بخار
- (۴) نفوذ به سطح قطعه و آزاد شدن در سطح

## منابع هیدروژن :

- (۱) وجود رطوبت در پوشش الکتروود
- (۲) باقیماندن روانساز هابه روی سطح فلز جوش
- (۳) حضور ترکیبهای حاوی هیدروژن در زیر سطح قطعه
- (۴) وجود رطوبت در گازهای محافظ و یانشتی در Torch آبگرد
- (۵) میزان رطوبت موجود در هوا یا اتمسفر محیط

**مراحل ایجاد ترک هیدروژنی در قطعه :** تا قبل از مرحله انجماد به دلیل کاهش حد حلالیت ، هیدروژن از سطح مذاب خارج می شود . اگر سرعت انجماد در این مرحله بسیار بالا باشد حجم زیادی از هیدروژن در فلز جوش در حال انجماد حبس می شود . پس از انجماد ، نفوذ هیدروژن در حالت جامد ادامه یافته و مقداری از آن به سطح فلز جوش آمده و از فلز جوش خارج می گردد . در این مرحله نفوذ هیدروژن بسیار کند می باشد . در صورتیکه در این مرحله به قطعه انرژی لازم داده شود ، سرعت خروج هیدروژن باقیمانده در فلز جوش از طریق آزاد شدن در سطح فلز جوش افزایش می یابد . باقیمانده هیدروژن به صورت جامد بین نشین در قطعه باقیمانده و برای خروج آن از قطعه بوسیله عملیات حرارتی پس گرم (از دمای ۱۵۰ تا ۴۵۰ درجه سانتیگراد) قطعه را حرارت می دهیم تا این مقدار هیدروژن باقیمانده نیز از قطعه آزاد گردد .

## عوامل موثر بر تردی هیدروژنی :

- (۱) استحکام کششی با افزایش استحکام تردی هیدروژنی محتمل تر است .
- (۲) هیدروژن در درجه حرارت ۹۰ تا ۱۰۰- درجه سانتیگراد نمی تواند در فولاد حرکت کند .
- (۳) ضخامت قطعه هر چه بیشتر باشد زمان لازم جهت خروج هیدروژن از داخل آن بیشتر است .
- (۴) ناهمگنی در ترکیب شیمیایی بین فلز جوش و فلز پایه عامل موثری در افزایش تردی هیدروژنی است و موجب تجمع هیدروژن در فصل مشترک مناطق ناهمگن می گردد .
- (۵) ناهمسانگردی در خواص مکانیکی در طرف ضعیف تر موجب ایجاد ترک می شود .

## عوامل کنترل و جلوگیری از ترک هیدروژنی :

- (۱) افزایش حرارت ورودی به قطعه
- (۲) استفاده از عملیات پیش گرم و پس گرم
- (۳) استفاده از فلز پایه و مواد مصرفی عاری از رطوبت و عوامل هیدروژنزا

**ترک باز گرمایشی :** این ترک جز ترکهای نادر می باشد و بیشتر در قطعات با ضخامت بالا ، فولادهای کم آلیاژ و فولادهای مقاوم در برابر خزش در حین عملیات تنشگیری و پس گرمایی رخ می دهد . همچنین این نوع ترک می تواند در حین انجام عملیات جوشکاری با استفاده از فرآیندهایی که حرارت ورودی در آنها بالاست (زیرپودری و اکسی استیلن) ، در درون قطعه رخ دهد .

نکته : فولادهای مقاوم به خزش معمولاً دانه های ریزمارتنزیتی بارسوبات کاربیتی پایدار دارند که منجر به بهبود خواص آنها در دماهای بالا می شود . در حین انجام عملیات جوشکاری ، رسوبات کاربیتی در فلز پایه در نواحی که دمای آنها از ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد تجاوز کند ، حل می شوند و غلظت عناصر آلیاژی در فلز جوش بالایی رود و همچنین در این دما رشد دانه هانیز رخ می دهد . در حین سرد شدن به علت سرعت بالای انجماد ، کاربیتها فرصت رسوب گذاری مجدد را نخواهند داشت و عناصر آلیاژی در زمینه همچنان باقیمانده و در این حالت افزایش غلظت عناصر آلیاژی و همچنین دانه های درشت موجود در فلز پایه منجر به افزایش سختی در منطقه متأثر از حرارت شده که نتیجه آن تشکیل ساختار مارتنزیتی می باشد . هرگاه منطقه متأثر از حرارت بادانه های درشت برای تنش گیری ، پس گرم شود ، کاربیدهای بسیار ریز در نایب جایها رسوب کرده و قبل از آنکه تنشگیری صورت پذیرد ، حرکت نابجاییها مختل شده و در نتیجه استحکام دانه ها به شدت بالایی رود . با افزایش استحکام دانه نسبت به مرزدانه در حین آزاد شدن تنشها (به علت استحکام کم مرزدانه ها) شرایطی مانند خزش ایجاد می شود و مرزدانه شروع به لغزش می کند و در ادامه حفرات بزرگی در مرزدانه ها ایجاد شده که بابهم پیوستن آنها ریزتر کها تشکیل شده و با سرعت زیاد رشد می کنند .

**دلایل ایجاد ترک باز گرمایشی :** انعطاف پذیری و نرمی کم ناشی از مکانیزم مقاومت به خزش در منطقه متأثر از حرارت به همراه تنشهای حرارتی زیاد و حضور ترکها در پهنه جوش یا عدم ذوب در ریشه و همچنین جوشهایی با نفوذ ناقص نقش تنش افزایی را بازی می کنند و در نتیجه تنش باز گرمایشی شدید ترمی شود .

### راههای جلوگیری از تنش باز گرمایشی :

(۱) عملیات تنشگیری قطعه در دماهای پایین صورت گیرد .

(۲) چکش زنی پنجه های جوش پس از پایان عملیات جوشکاری قطعه .

**ترک انجمادی :** این نوع ترکها در گرده جوش و در خط مرکزی جوش و در بین دندریتهها تشکیل شده در حین انجماد ، ایجاد می گردد .

### عیوب تکنولوژیکی جوش

**حبس ناخالصی جامد :** حبس ذرات جامد خارجی مانند سرباره ، تنگستن ، فلاکس و اکسیدها در فلز جوش

دلایل ایجاد :

(۱) سرعت کم جوشکاری

(۲) جوشکاری در زوایای با فاصله کم

(۳) روش جوشکاری نامناسب

(۴) تمیزکاری نامناسب پاس قبلی

(۵) آمپر کم

(۶) وجود پوسته های اکسیدی در سطح جوش

**ناخالصی سرباره ای :** عدم تمیزکاری کامل سرباره در جوشهای چندپاسه ، سوختگی کناره جوش و سطح نامنظم جوشکاری پاسهای قبلی از عوامل حبس باخالصیهای سرباره ای در فلز جوش بوده و در صورت بروز چنین عیبی در فلز جوش باید محل عیب بطور کامل با عملیات سنگزنی مناسب از وجود این ناخالصیهای سرباره ای پاک گردیده و سپس بطور مناسب جوشکاری گردد .

**ناخالصی تنگستنی :** در فرآیند جوشکاری GTAW در اثر برخورد سیم جوش با الکترود ، کم بودن جریان گاز محافظ ، بیرون بدون بیش از حد مجاز نوک الکترود تنگستنی از سرسرامیکی ، انتخاب نادرست اندازه سرامیکی ، بزرگ بودن نگهدارنده الکترود ، کشیفی سطح قطعه کار ، استفاده از گازهای محافظ نامناسب ، سنگ زنی نامناسب نوک الکترود تنگستنی و استفاده از شدت جریان بیش از حد ، نوک الکترود تنگستنی شکسته و به صورت ناخالصی تنگستنی در داخل فلز جوش قرار می گیرد

**تخلخل :** گازهای حل شده همراه فلز مذاب در حین عملیات جوشکاری در اثر سرعت بالا انجماد فلز جوش و یادرزمانیکه مقدار گازهای محلول در فلز جوش از حد حلالیت جامد آنها تجاوز کند ، درمرزدانه ها و ساختار رسوب کرده و با تبدیل شدن از حالت اتمی به مولکولی در سطح یا داخل فلز جوش حفرات گازی به شکل تخلخل ایجاد می کند .

#### انواع تخلخل :

(۱) تخلخل باتوزیع یکنواخت

(۲) تخلخل خوشه ای

(۳) تخلخل خطی

(۴) تخلخل لوله ای

**تخلخل باتوزیع یکنواخت :** تخلخلی است که به صورت یکنواخت در فلز جوش توزیع شده باشد . مقدار زیاد تخلخل معمولاً بعلت روش نامناسب جوشکاری یا استفاده از مواد نامناسب است . اگر جوش به آرامی سرد شود تا بیشتر گازها قبل از انجماد کامل از سطح جوش خارج شوند ، تخلخل کمی در فلز جوش باقی می ماند .

**تخلخل خوشه ای :** به گروهی از تخلخل ها گفته می شود که معمولاً علت آن شروع یا اتمام نامناسب قوس جوشکاری است .

**تخلخل خطی :** مجموعه ای از تخلخل ها که دارای جهت هستند و معمولاً در راستای مرز جوش یا لایه های جوش و یادر نزدیکی ریشه جوش بوجود می آیند گفته می شود که علت آن حبس گازهای ایجاد شده بعلت آلودگی سطح اتصال است .

**ذوب ناقص :** ذوب ناقص بر اثر هم جوشی ناقص فلز جوش به فلز پایه ، مهره های جوش مجاور و یا لایه های فلز جوش به یکدیگر ایجاد می گردد . ذوب ناقص ممکن است در هر نقطه ای از یک طرح اتصال شکاری از جمله ریشه آن به وجود آید .

#### علل ایجاد ذوب ناقص :

(۱) حرارت ورودی ناکافی در نتیجه جریان پایین جوشکاری یا سرعت حرکت بالا

(۲) عدم انتخاب صحیح اندازه و نوع الکترود

- ۳) جریان یافتن فلز جوش در مقابل قوس به دلیل محل اتصال
- ۴) طرح نادرست اتصال
- ۵) محافظت ناکافی گاز
- ۶) عدم توانایی کافی در برداشتن اکسیدها یا سرباره از سطوح شیار یا مهرهای قبلی جوش

### راههای جلوگیری از ذوب ناقص :

- ۱) شرایط جوشکاری برای ذوب کامل باید توسط تست جوش مورد بررسی و تأیید قرار گیرد تا الزامات حداقل حرارت ورودی برای عملیات جوشکاری قطعه برقرار گردد .
- ۲) موقعیت صحیح الکترود باید در طول جوشکاری حفظ شود .
- ۳) در صورت امکان موقعیت قطعه با شرایط جوشکاری به منظور جلوگیری از جریان یافتن فلز جوش پیشاپیش قوس ، تغییر کند .
- ۴) اکسیدها یا سرباره ها می بایست به روشهای شیمیایی یا مکانیکی برداشته شوند .

**نفوذناکافی اتصال :** این نوع ناپیوستگی بیشتر در جوشهای شکاری ایجاد می گردد که علت آن به شکل طرح اتصال و دستورالعمل رویه جوشکاری ارتباط دارد .

### علل ایجاد نفوذناکافی :

- ۱) پاشنه ی ریشه جوش بیش از حد ضخیم و یا فاصله درز اتصال ریشه ناکافی باشد .
- ۲) استفاده از توالی نادرست در جوشکاریهای چند پاسه و Back Weld
- ۳) حرارت ورودی ناکافی به قطعه به علت سرعت حرکت بالا یا پایین بودن بیش از حد جریان جوشکاری .
- ۴) جریان یافتن سرباره پیشاپیش قوس به دلیل موقعیت نادرست الکترود و یا قطعه کار .
- ۵) قطر بیش از حد زیاد الکترود نسبت به فاصله درز اتصال .
- ۶) ناکافی بودن عملیات شیارزنی از پشت قطعه (Back Gouging) و در نتیجه عدم جریان یافتن فلز جوش در اتصال .
- ۷) عدم رعایت Fit Up مناسب قطعه .

### راه حل های جلوگیری از نفوذناکافی اتصال :

- ۱) کاهش ضخامت پاشنه ی ریشه جوش یا افزایش مناسب درز اتصال .
- ۲) استفاده از دستورالعملهای از پیش تأیید شده ی جوشکاری .
- ۳) تنظیم شرایط مناسب جوشکاری و اعمال حداقل حرارت ورودی مورد نیاز برای اطمینان از نفوذ کافی فلز جوش .
- ۴) استفاده از موقعیت صحیح قرارگیری الکترود و قطعه کار نسبت به یکدیگر .
- ۵) استفاده از الکترود با قطر مناسب برای جوشکاری درز اتصال های کوچک .
- ۶) بهبود موقعیت دید جوشکار از حوضچه جوش .

۷) طراحی مناسب برای طرح اتصال یا استفاده از فرآیندهایی که امکان نفوذ بیشتر را در طرح اتصال قطعه فراهم میاورند .

#### چاله انتهای جوش : عوامل ایجاد این عیب عبارتند از

- ۱) عدم مهارت جوشکار .
- ۲) کثیفی سطح اتصال .
- ۳) قطع ناگهانی عملیات جوشکاری که باعث عدم پر شدن کافی حوضچه فلز جوش توسط فلز مذاب می گردد .

#### بریدگی در کناره های جوش : عوامل ایجاد این عیب عبارتند از

- ۱) بالا بودن شدت جریان
- ۲) زاویه نامناسب الکترود نسبت به قطعه کار و سرعت زیاد انجام عملیات جوشکاری .
- ۳) تنظیم نبودن منبع نیروی دستگاه جوشکاری .

#### انقباض ریشه جوش : عوامل ایجاد این عیب عبارتند از

- ۱) عدم مهارت جوشکار در اضافه نمودن فلز جوش .
- ۲) حرکت نامناسب دست در فرآیندهای جوشکاری قوسی که توسط پرسنل عملیات جوشکاری صورت می گیرد .

#### فلز جوش اضافی : عوامل ایجاد این عیب عبارتند از

- ۱) حرکت آرام دست جوشکار .
- ۲) اضافه نمودن بیش از حد سیم جوش در فرآیندهایی که فلز جوش توسط پرسنل جوشکاری بطور جداگانه به حوضچه جوش تزریق می گردد .

#### نفوذ اضافی : عوامل ایجاد این عیب عبارتند از

- ۱) آماده سازی نامناسب قطعه (زاویه لبه سازی و فاصله زیاد دو قطعه نسبت به هم) .
- ۲) عدم مهارت جوشکار .
- ۳) عدم تنظیم مناسب شدت جریان جوشکاری .
- ۴) تمرکز حرارتی بیش از حد .

#### زاویه نامناسب گرده جوش : عوامل ایجاد این عیب عبارتند از

- ۱) عدم مهارت جوشکار در اضافه نمودن سیم جوش .
- ۲) لبه سازی با شیب بیش اندازه زیاد به روی قطعه کار .

#### سرریز شدن فلز جوش : عوامل ایجاد این عیب عبارتند از



- (۱) عدم رعایت زاویه مناسب دستدرهنگام اضافه نمودن سیم جوش .
- (۲) زاویه نامناسب الکتروونسبت به قطعه کار .

#### سوختگی ریشه جوش : عوامل ایجاداین عیب عبارتنداز

- (۱) انحراف قوس درهنگام عملیات جوشکاری به همراه طول قوس بلند .
- (۲) بالا بودنشدت جریان .

**ساق جوش نامساوی :** دلیل ایجاداین عیب عبارت است از رعایت نکردن زاویه مناسب الکتروودنسبت به قطعه کار .

#### تعقرریشه : عوامل ایجاداین عیب عبارتنداز

- (۱) استفاده ازالکتروودباقطر بالا .
- (۲) شدت جریان بیش ازحد .
- (۳) زاویه لبه سازی زیاد .

#### شروع ضعیف قوس : عوامل ایجاداین عیب عبارتنداز

- (۱) ذوب فلزپرکننده بدون ذوب فلزپایه .
- (۲) زاویهنامناسب دست جوشکار .
- (۳) شدت جریان کم .
- (۴) سرعت حرکت زیاد .

#### بعدجوش ناموثر : عوامل ایجاداین عیب عبارتنداز

- (۱) استفاده ازالکتروودباقطرنامناسب .
- (۲) عدم مهارت جوشکار .

**لکه قوس :** دلیل ایجاداین عیب عدم مهارت جوشکاردربرقراری قوس اولیه به منظورگرم شدن الکتروودبرای انجام عملیات جوشکاری است .

#### پاشش : عوامل ایجاداین عیب عبارتنداز

- (۱) بالا بودن بیش ازحدشدت جریان .
- (۲) تنظیم نبودن جریان گاز محافظ .

**عدم تقارن زاویه ای :** دلیل ایجاداین عیب دراثرمونتائوناصحیح قطعات است .

## آشنایی با حدپذیرش عیوب بر طبق استاندارد AWS D1.1

### کیفیت جوش تحت بار استاتیکی :

۱. جوش ترک نداشته باشد .
۲. ذوب کامل بین فلز جوش و فلز پایه وشیار بین لایه ها حاصل شده باشد .
۳. چاله جوش ها پر شده باشد .
۴. بریدگی کنار جوش طبق این شرایط قابل قبول است :
  - ضخامت ورق کمتر از ۲۵.۴mm بریدگی نباید بیشتر از ۱mm باشد . در ۵۰mm از ۳۰۵mm طول جوش حداکثر مقدار بریدگی لبه جوش می تواند ۱.۶mm باشد .
  - در ضخامت های ورق های بیشتر از ۲۵.۴mm عمق گودی نباید از ۱.۶mm برای هر طول جوش افزایش یابد.
۵. مجموع قطر حفره های قابل قبول رویت (۱mm) یا بزرگتر بر روی سطح جوش در ۲۵.۴mm طول جوش نباید از ۱۰mm تجاوز کند ، مجموع قطر ها نباید در هر ۳۰۵mm طول جوش از ۱۹mm بیشتر باشد .
۶. اندازه جوش گلولی چنانچه در مجموع طول یک جوش از ده درصد آن تجاوز نکند ، می تواند به میزان ۱.۶mm از اندازه واقعی آن کمتر باشد در جوشهای جان وبال تیر ها در دو طرف تیر طول معدل ، نباید کمتر از دو برابر پهنای آن باشد.
۷. در جوش های شیاری بانفوذ کامل اتصالات لب به لب عمود بر جهت تنش های حساب نشده ، نباید حفره های استوانه ای وجود داشته باشد . برای جوشهای شیاری دیگر نیز حجم محدود حفره های ۱mm نباید از ۱۰mm در هر مورد جوش تجاوز کند و همینطور در ۳۰۵mm از ۱۹mm بیشتر باشد .
۸. بازرسی چشمی باید بلافاصله پس از سرد شدن تمام جوش در درجه حرارت محیط انجام پذیرد . معیار پذیرش برای ASTM در فولادهای A۵۱۴ و A۵۱۷ بازرسی چشمی پس از حداقل ۴۸ ساعت از اتمام جوشکاری انجام می گیرد .

### کیفیت جوش تحت بار دینامیکی :

۱. جوش ترک نداشته باشد .
۲. ذوب کامل بین فلز جوش و فلز پایه وشیار بین لایه ها حاصل شده باشد .

۳. کلیه فرورفتگیهای سطح مقطع جوش باید به طور کامل پر شوند ، مگر برای انتهای جوش های گوشه مقطع که بیشتر از طول مؤثر جوشکاری شده اند .
۴. عمق فرورفتگی جوش در اعضا ابتدایی که جوش عمود بر تنش برش وزیر هر بار طراحی قرار می گیرند ، نباید از  $0.25\text{mm}$  تجاوز کند . برای حالات دیگر سقف مجاز  $1\text{mm}$  است .
۵. در هر  $100\text{mm}$  از طول جوش گوشه نباید بیش از یک مجموع تخلخل وجود داشته باشد و ماکزیمم قطر آن نباید از  $2\text{mm}$  تجاوز کند .
- \* استثنا برای جوش های گوشه ای که برای تقویت جان بکار می روند ، جمع قطر حفره ها نباید از  $10\text{mm}$  در هر  $25.4\text{mm}$  جوش و از  $19\text{mm}$  برای هر  $30.5\text{mm}$  در طول جوش تجاوز نماید .
۱. اندازه جوش گلوبی چنانچه در مجموع طول یک جوش از  $10$  درصد تجاوز نکند می تواند به میزان  $1.6\text{mm}$  از اندازه واقعی آن کمتر باشد . در جوش های جان و بال تیر ها و در دو طرف تیر طول معادل نباید کمتر از دو برابر پهنای آن باشد .
۲. در جوش های بانفوذ کامل اتصالات لب به لب عمود بر جهت تنش های محاسبه شده نباید هیچ حفره کرمی شکل وجود داشته باشد و در همه جوش های لب به لب دیگر در هر  $100\text{mm}$  از طول جوش گوشه حداکثر یک مجموعه تخلخل مجاز است و ماکزیمم قطر آن نباید از  $2\text{mm}$  تجاوز کند .

## آشنایی با وظایف بازرسان جوش در صنعت ساختمان

اتصالات جوش داده شده در یک اسکلت یاسازه ( نظیر پل ، مخازن تحت فشار و ... ) باید قابلیت تحمل تنش های ساده یا مرکبی که بر آنها به صورت استاتیکی یا دینامیکی اعمال می شود را داشته باشند . طراحی و محاسبات جوش هانی براساس این شرایط کاربرد ، انجام می گیرد . اما نمی توان قضاوت خوبی و بدی جوش را تنها براساس ظاهر آن گذاشت ، لازم است مشخص گردد که تاجه اندازه از جوش سالم و رضایت بخش است .

برای این منظور روشهای متعددی برای بازرسی و آزمایش جوش تنظیم و استاندارد شده است که به هر صورت به نوع کار و حساسیت آن نیز بستگی دارد . در بعضی موارد بازرسی و قضاوت ظاهری جوش کافی بوده و در برخی از کارهای حساس نیاز به آزمایشات و بازرسیهای دقیق و ویژه دارند .

بازرسی و آزمایش جوش دو موضوع متفاوت است که اغلب موارد با هم همراه می شوند . بازرسی بانظارت فرآیندها و محصولات تولید شده ، برای اطمینان از خواص و کیفیت خواسته شده ، انجام می شود و در بعضی موارد به صورت کیفی و برای اصلاح عملیات اجرایی به کار می رود ولی در آزمایش یک یا چند مشخصه به طور کمی و با دقت اندازه گیری و مقایسه می شود .

### ضرورت بازرسی

برای حصول اطمینان از کیفیت جوش و مطابقت آن با خواسته استانداردهای جوش ، باید کلیه عوامل جوشکاری در مراحل مختلف اجزاء ، مورد بازرسی و کنترل دقیق قرار گیرند . این بازرسی باید بطوری تنظیم شود که یافتن عیوب به پایان کار موقوف نشود و در کلیه مراحل اجزاء از خراب شدن جوش جلوگیری شود و در صورت بروز خرابی ، علل آن تعیین و راهها و وسایل برطرف نمودن عیب پیشنهاد گردد . استقرار دستگاه بازرسی در کارگاه ساخت قطعات جوش شده از هزینه دوباره کاریها کاسته و با کسب تجربه در مراحل اولیه هر نوع کار ، از پیش آمدن عیوب در مراحل بعدی یا کارهای مشابه جلوگیری می شود .

**از مهمترین موارد اهمیت بازرسی جوش می توان موارد زیر را ذکر نمود :**

\* تطابق ساخت قطعات مطابق با استانداردهای لازم

\* تهیه و تایید WPS و PQR

\* استفاده از نیروهای دارای صلاحیت برای نظارت و کنترل عملیات جوشکاری

\* استفاده از جوشکاران ماهر و تایید صلاحیت آنها و مواد مصرفی

\* استفاده از دستگاه های مناسب جوش برای جوشکاری

\* رعایت معیارها در پذیرش عیوب جوش

**همچنین وظایف بازرسان را می توان در سه مرحله تقسیم بندی نمود که بدین شرح می باشند :**

الف ( بازرسی پیش از ساخت

- کنترل نقشه ها و مستندات فنی از نظر مطابقت با الزامات استاندارد مربوطه
  - پیشنهاد ، طراحی و تهیه فرم شناسنامه ساخت قطعه (Check List)
  - کنترل کیفیت متریال و مصالح ورودی به کارخانه و نظارت بر انتخاب مواد
  - تدوین دستورالعملهای (WPS) هر پروژه
  - انجام آزمون و تعیین صلاحیت عوامل اجرایی و جوشکاران پروژه
  - انجام بازرسی از تجهیزات برشکاری ، مونتاژ ، جوشکاری ، رنگ ، سندبلاست ، اندازه گیری و کنترل
- ب) بازرسی هنگام ساخت :

- تکمیل چک لیست ساخت قطعه در هر مرحله از تولید برای هر مشتری
  - کنترل و نظارت بر اجرای دستور العمل رویه جوشکاری (WPS) و اجرای صحیح روش جوشکاری (Welding Sequence)
  - کنترل ابعادی ، پیچیدگی و کماتش قطعات در حین ساخت و ارائه راهکارهای لازم رفع آن
- ج) بازرسی پس از ساخت :

- کنترل ابعادی نهایی قطعه با استفاده از نقشه Shop Drawing
- انجام آزمایشات غیر مخرب متناسب با نیاز در پروژه و تهیه مستندات مربوطه
- پس از تشخیص عیوب پیشنهاد راهکار جهت رفع آن
- صدور تاییدیه واحد کنترل کیفیت جهت خروج قطعه از خط تولید
- نظارت و بازرسی بر فرآیند سند بلاست و رنگ آمیزی و تهیه و تکمیل چک لیست های مربوطه
- صدور تاییدیه جهت خروج قطعه از کارخانه و تحویل آن به مشتری
- تدوین مستندات هر مرحله از تولید

## وظایف بازرس جوش

مسئولیت ایجاب می کند که بازرس جوش دارای شخصیت حرفه ای با توانایی و شعور خوب باشد، بازرس جوش ممکن است با کارخانجات متعدد ساخت و کارگاه های متعددی سرو کار داشته باشد که بایستی در همه موارد ساعات کار و مقررات کاری و سازمان های مربوطه را رعایت نماید .

مراعات دقیق قواعد و مقررات کار خصوصاً در موارد پرسنلی ، ایمنی و امنیتی الزامی است .

هیچگاه بازرس نبایستی خود را مستحق امتیازات ویژه بداند .

بازرس بایستی در مورد کارگاه ساخت بی طرف باشد، بی معطلی تصمیم بگیرد، بدون آنکه تحت تاثیر نظر دیگران واقع شود و با اتکاء به حقایق تصمیم بگیرد و با عقاید مختلف، تصمیم قبلی خود را به آسانی عوض نکند .

چند نمونه از وظایف بازرس جوش عبارتند از :

- تفسیر نقشه های جوشکاری و مشخصات .
- بررسی سفارش خرید به منظور حصول اطمینان از درستی تعیین مواد جوشکاری و مواد مصرفی .

- بررسی و شناسایی مواد دریافت شده طبق سفارش خرید .
  - بررسی ترکیب شیمیایی و خواص مکانیکی از روی گزارش نورد طبق نیازمندیهای معین شده .
  - بررسی فلز مبنا از نظر عیوب و انحرافات مجاز .
  - بررسی نحوه انبار کردن فلز پرکننده و دیگر عوامل مصرفی .
  - بررسی تجهیزات مورد استفاده .
  - بررسی آماده سازی اتصال جوش .
  - بررسی بکار گرفتن دستورالعمل جوشکاری تایید شده .
  - بررسی ارزیابی صلاحیت جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری .
  - انتخاب نمونه های آزمایش تولیدی .
  - ارزیابی نتایج آزمایشات .
  - نگهداری سوابق .
  - تهیه و تنظیم گزارش .
- دسته بندی بازرسان جوش

بازرسان جوش را به دسته های ذیل می توان تقسیم بندی نمود :

- بازرس کد

- بازرس نماینده دولت

- بازرس خریدار، مشتری، یا کارفرما

- بازرس کارخانه ، سازنده یا پیمانکار

- بازرس نماینده مهندس معمار

- بازرس یا متخصص آزمایش های مخرب

- بازرس یا متخصص آزمایش های غیرمخرب

گر چه وظایف بازرس داخلی و خارجی ( بازرس انتخاب شده از داخل سازمان یا خارج از سازمان) ممکن است با یکدیگر متفاوت باشد ولی در اینجا فقط به ذکر بازرس اکتفا می شود .

مطالبی که در اینجا عرضه می شود گاهی ممکن است به همه دسته بندی های فوق اتلاق شود یا فقط به یک یا چند تا از دسته بندی های فوق محدود گردد .

در همه حالات فرض بر آن است که بازرس صلاحیت های لازم را داشته و قادر است نوع سازه مورد نظر را که به او محول شده است، بازرسی نماید .

## سطوح بازرسی

### الف- بازرسی سطح یک (بازرسی حین ساخت در هر زمان)

نوع و زمانبندی بازرسی پس از برگزاری جلسه Pre inspection meeting تعیین شده و بازرسین مطابق جدول زمانبندی از ابتدا تا انتها ساخت در محل ساخت حاضر شده و بر روند ساخت و انجام آزمایش ها با مشاهده فیزیکی و بررسی مدارک، نظارت مینمایند.

کلیه لوازم مورد آزمایشها و انجام آنها بر عهده سازنده بوده و بازرسی فقط بر روند انجام آن نظارت مینماید در صورت نیاز آزمایشهای خاص توسط آزمایشگاه (مورد تأیید و ذیصلاح یا اکرو دیته) و به هزینه سازنده صورت گرفته و گواهی آزمایشگاه (از مراجع ذیصلاح و اکرو دیته) نیز جزو مدارک بازرسی خواهد بود.

در بازرسی سطح یک موارد ذیل صورت میپذیرد:

۱. بررسی، اظهار نظر و تایید طرح جامع کیفیت (Quality Control Plan)
۲. بازرسی کنترل کیفیت مواد، کالا و تجهیزات از نظر صحت متریا ل و تطابق با مشخصات فنی
۳. بازرسی آنالیز ذوب محصولات و مطابقت آن با آنالیز مورد درخواست کارفرما.
۴. بررسی و تایید صلاحیت جوشکاری (WPS) و دستورالعمل آزمایشهای کنترل کیفیت
۵. کنترل و تایید صلاحیت جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری و نتایج آزمایش کنترل کیفیت مورد استفاده مطابق استاندارد ساخت تجهیزات مربوطه
۶. بازرسی و کنترل خط تولید سخت افزار سازنده و اطمینان از وجود وسایل آزمونهای مورد نظر
۷. بازرسی و تایید گواهینامه مواد اولیه، الکترودها و مواد مصرفی جوشکاری، کد گذاری و علامت گذاری بر اساس نقشه ها
۸. نظارت بر نحوه انجام آزمایشهای مخرب و غیر مخرب از طریق کنترل مدارک یا حضور در حین آزمایشها و اطمینان از صلاحیت افراد انجام دهنده آزمایش
۹. بازرسی و یا حضور در کلیه آزمایشهای مورد نظر در مدارک خرید شامل آزمایشهای مکانیکی و یا آزمایشهای شیمیایی و تستهای الکتریکی و.....
۱۰. شرکت در جلسات هماهنگی با نمایندگان کارفرما و پیمانکاران و ارائه اطلاعات مربوط به بازرسی (در صورت لزوم)
۱۱. بازرسی از عملیات آماده سازی سطح و سندبلاست و رنگ آمیزی مطابق با مشخصات فنی پروژه
۱۲. تهیه و تدوین گزارشهای دوره ای بازرسی فنی (هفتگی و ماهیانه) و ارائه به کارفرما
۱۳. بازرسی نهایی ظاهری ابعادی و مطابقت با سفارش خرید
۱۴. بازرسی و نظارت بر ابعاد و سطوح پرداخت شده و ماشینکاری شده
۱۵. بازرسی نهایی اجزا و قطعات منفصله با متریا لهای مختلف
۱۶. بازرسی نهایی عملکردی و اطلاعات فنی کالا و مطابقت با سفارش خرید

۱۷. بازرسی بسته بندی و علامتگذاری و مطابقت با استاندارد
۱۸. بازرسی نحوه ی انبارش کالا در انبار تولیدکننده و مطابق استاندارد
۱۹. تهیه گزارش بازرسی و ارائه به کارفرما
۲۰. صدور گواهینامه تایید و مجوز حمل کالا با رعایت اصول ایمنی و استاندارد

## ب- بازرسی سطح دو (بازرسی در زمان های مشخص و بازرسی اتفاقی)

بازرسی فقط در زمانهای خاص از قبل تعیین شده انجام میگردد و تعدادی از کالاها بصورت اتفاقی نمونه برداری میشود و بازرسی نهایی و انجام آزمایش های کارایی قبل از ارسال کالا از محل ساخت صورت میگیرد. در بازرسی سطح دو موارد ذیل میبایست صورت پذیرد.

۱. بررسی گواهینامه های کیفیت و جنس مواد و تطابق آنها با مشخصات فنی پروژه
۲. بازرسی آنالیز ذوب محصولات و مطابقت آن با آنالیز مورد درخواست کارفرما.
۳. بررسی و تایید دستورالعملهای جوشکاری (WPS) و دستورالعمل آزمایشهای کنترل کیفیت
۴. بررسی مدارک تایید صلاحیت جوشکاران، اپراتورهای جوشکاری و نتایج حاصل از آزمایشهای کنترل کیفیت
۵. نظارت و بازرسی سیستم کنترل کیفی سازنده
۶. بررسی و تایید مدارک تمام آزمایشهای مورد نظر در مدارک خرید شامل آزمایشهای مکانیکی و یا آزمایشهای شیمیایی و تستهای الکتریکی و....
۷. بازرسی و نظارت بر ابعاد و سطوح پرداخت شده و ماشینکاری شده
۸. بازرسی و حضور در آزمایشهای نهایی فشار و کارایی
۹. بازرسی نهایی اجزا و قطعات منفصله با متریاالهای مختلف
۱۰. بازرسی از عملیات آماده سازی سطح و سندبلاست و رنگ آمیزی مطابق با مشخصات فنی پروژه
۱۱. بازرسی نهایی ظاهری ابعاد و مطابقت با سفارش خرید
۱۲. بازرسی نهایی اطلاعات فنی کالا و مطابقت با سفارش خرید کالا و مشخصات فنی کالا
۱۳. بازرسی بسته بندی و علامتگذاری و صدور مجوز حمل کالا
۱۴. تهیه گزارش بازرسی و ارائه به کارفرما
۱۵. صدور گواهی نامه تایید و مجوز حمل کالا
۱۶. اختلاف بازرسی سطح ۲ با سطح ۱ فقط در حضور مستمر بازرس می باشد لذا مابقی فعالیت های بازرسی شرایط یکسانی دارد.



## ج - بازرسی سطح سه (بازرسی نهایی و انجام آزمایش)

بازرسی بر روی کالا ساخته شده صورت میگیرد و شامل آزمایشهای کارایی و نهایی کالا میباشد. بازرسی بر روی یک یا چند نمونه از کالا که بصورت تصادفی انتخاب شده است انجام میگیرد. در بازرسی سطح سه موارد ذیل بایستی صورت گیرد.

- ۱- مرور بر گواهی کنترل کیفی و گزارش کنترل کیفیت سازنده
  - ۲- مرور بر گواهی های صادر شده از موسسات معتبر و مورد تایید
  - ۳- بازرسی حضوری بر روی آزمایشهای نهایی کارایی و عملکردی
  - ۴- بازرسی نهایی اجزا و قطعات منفصله با متریالهای مختلف
  - ۵- بازرسی ظاهری ابعادی و رنگ و پوشش و مطابقت با سفارش خرید
  - ۶- کنترل کمیت کالا در تطابق با سفارش کارفرما
  - ۷- بازرسی بسته بندی و علامت گذاری
  - ۸- تهیه گزارش بازرسی و ارائه به کارفرما
  - ۹- صدور گواهینامه تایید و مجوز حمل کالا
- درخصوص بندهای ۳ و ۴ در بازرسی سطح ۳ می بایست تجدیدنظر گردد چون در این سطح بازرسی کالاتولید شده است دیگر جایگاهی برای آزمایش وجود ندارد.

## د - بازرسی سطح چهار (بازرسی و کنترل نهایی کالا)

بازرسی شامل مرور مدارک کنترل کیفی و گزارش آزمایشهای انجام شده از طرف سازنده و یا سایر موسسات معتبر میباشد در بازرسی سطح چهار موارد ذیل میبایست صورت پذیرد.

- ۱- مرور بر گواهی های کنترل کیفی و گزارش های کنترل کیفیت سازنده شامل گواهینامه های کالیبراسیون
  - ۲- مرور بر گواهی های صادر شده از موسسات معتبر و مورد تایید
  - ۳- مرور بر گزارش نتایج آزمایش های نهایی کارایی و عملکرد
  - ۴- بازرسی ظاهری و ابعادی و رنگ و پوشش و مطابقت با سفارش های خرید
  - ۵- بازرسی نهایی اطلاعات فنی کالا و مطابقت با سفارش های خرید
  - ۶- کنترل کمیت کالا در تطابق با سفارش کارفرما
  - ۷- بازرسی بسته بندی و علامتگذاری
  - ۸- تهیه گزارش بازرسی و ارائه به کارفرما
- صدور گواهی نامه تایید و مجوز حمل کالا

**ویژگی بازرسی جوش :** برای بازرسی شدن ، دارابودن ویژگیهای ذیل ضروری است . به منظور انجام وظایف بازرسی با رعایت جنبه های وجدانی و حرفه ای اهمیت هیچ یک از ویژگیهارا نمی توان سبک شمرد .

**آشنایی با نقشه ها و مشخصات فنی :** بازرس جوش بایستی با نقشه های مهندسی آشنا بوده و بتواند مشخصات فنی را تفسیر نماید . بازرس جوش بایستی علاوه بر نقشه خوانی، با علائم قراردادی جوش و آزمایش های غیرمخرب آشنایی کامل داشته باشد .

**آشنایی با زبان جوشکاری :** بازرس نمی تواند بدون آشنایی با زبان جوشکاری خود را بازرس بنامد. بازرس بایستی با فرهنگ جوشکاری آشنا بوده و اصطلاحات درست برای هر فرایند جوشکاری را بکار ببرد . بازرس احتیاج دارد یافته های بازرسی خود را به جوشکاران و دیگر افراد کارگاه که جوش داده اند یا تعمیرات را انجام می دهند و به مهندسانی که نقشه کار را کشیده اند و کسانی که سازه نهایی را می پذیرند ، تفهیم نماید .

بنابراین بایستی گزارش خود را طوری تنظیم نماید که برای همه افراد مربوطه قابل درک باشد . بازرس بایستی فرهنگ جوشکاری را مطالعه نموده ، ناپیوستگی ها و عیوب جوش را بشناسد و باروشهای بازرسی آشنا باشد . در بعضی مواقع برای بعضی از فرآیندهای جوشکاری از نامهای تجارتي استفاده می شود ولی بازرس بایستی در رفتارها و نوشتارهای خود اصطلاحات استاندارد را بکار ببرد .

**آشنایی با فرایندی های جوشکاری :** بازرس جوش بایستی با فرآیندهای مختلف جوشکاری آشنا بوده و منظور از فرآیند و کاربرد آن ، شرح فرآیند ، منبع حرارتی یا منبع انرژی مورد استفاده ، چگونگی کنترل فرآیند ، جنبه های عملیاتی و مسائل ایمنی مربوط را بداند و بطور کلی از مزایا و محدودیتهای فرآیند جوشکاری آگاهی کامل داشته باشد .

**شناخت روش های آزمایش :** برای معلوم شدن انطباق جوش از نظر کیفیت با خواسته های استاندارد ، از روشهای آزمایش متعددی استفاده می شود . هر روش آزمایش محدودیتهای خود را دارد . بازرس جوش بایستی بداند هر روش آزمایش چه کاربردی دارد و نتایج حاصله چگونه تجزیه و تحلیل می شود .

**توانایی گزارش نویسی و حفظ سوابق :** بازرس جوش بایستی در حفظ سوابق بازرسی ها مهارت داشته باشد .

بازرس جوش بایستی قادر به تهیه گزارش کوتاه باشد که بدون هیچگونه مشکلی مفهوم باشد. گزارشات بازرس جوش بایستی آنقدر کامل باشد که دلیل تصمیم او برای ماه های آینده روشن باشد . بازرس باید منظور خود را در گزارش طوری بیان نماید که برای خواننده ناآشنا به موضوع ، نیز درک مطلب آسان باشد . بازرس بایستی بخاطر بسپارد حقایقی که در زمان نوشتن گزارش معلومند بعد ها و به مرور زمان ممکن است بهمان روشنی ، همانطور کامل یا باهمان دقت به یاد نماند . گزارش بازرس بایستی نه تنها تمام نتایج بازرسی و آزمایشات را دربرداشته باشد ، بلکه بایستی به موضوع دستورالعمل جوشکاری ، ارزیابی دستورالعمل جوشکاری و کنترل مواد جوشکاری نیز اشاره نماید . تهیه گزارش خوب باعث زیاد شدن اعتبار بازرس می شود .

**داشتن وضعیت خوب جسمانی :** شرایط جسمانی بازرس بایستی اجازه فعالیت به او بدهد . برای بازرس قبل از جوشکاری ، حین جوشکاری و بعد از جوشکاری گاهی صعود از داربست مرتفع یا ورود و خروج از دریچه بازدید لازم است . معمولاً طوری برنامه ریزی می شود که کاربرای جوشکاران با پیرانورهای جوشکاری راحت باشند و از این روممكن است شرایط بازرسی برای بازرس دشوار باشد .

**داشتن دید خوب :** دارا بودن دید خوب ضروری است . بازرس بایستی قادر باشد از نزدیک جوش ها و نتایج رادیوگرافی یا سایر آزمایشهای غیرمخرب را نگاه کند . بازرس ذیصلاح از نظر پزشکی دید قابل قبول داشته باشد .

**حفظ متانت حرفه ای :** بر حفظ متانت حرفه ای بازرس نبایستی بیش از حد تاکید شود . این موضوع در موفقیت یا عدم موفقیت بازرس تاثیر دارد . بازرس برای موفق شدن در کار خود نیاز به همکاری دیگر همکاران دارد و بایست به نحوی کمک آنان را جلب نماید . بازرس بایستی در بی طرفی و سازگاری در همه تصمیم ها بکوشد . بازرسی بایستی از دستورالعمل بازرسی مشخصی پیروی کند و بازرس بایستی نه سرسخت و نه به آسانی تغییر عقیده دهد . بازرس تحت هیچ وضعیتی نبایستی طرفداری کند یا با اجبار تصمیم بگیرد یا تصمیم گرفتن را به تعویق بیندازد . بازرس ممکن است در موقعیت شغلی جدید در روزها و هفته های نخست مشکل داشته باشد . بازرس در این مدت از نظر خط مشی مورد بازرسی قرار می گیرد . اسناد قرارداد ، نیازمندیها ، وظایف ، اختیارات و مسئولیت های بازرس را مشخص می نماید . اگر بازرس شخص مطلع ، میانه رو و سازگار باشد و منظور مشخصات قرارداد را مراعات نماید ، احترام و همکاری دیگران را کسب خواهد نمود .

**تحصیل و آموزش :** گذراندن دوره رسمی مهندسی علوم پایه و متالورژی برای بازرسی با ارزش است و بسیاری از بازرسان عالی معلومات معادل را از طریق تجربه و مطالعه کسب نموده اند . کتاب «راهنمای ارزیابی و تعیین صلاحیت بازرس جوش» منتشره از انجمن جوشکاری آمریکا برای بازرسان مبتدی ، می تواند جایگزین دو سال تجربه در بازرسی جوش شود .

**تجربه بازرسی :** نگرش فردی و نقطه نظر بازرس خوب فقط از طریق بازرسی بدست می آید . تجربه بازرسی قطعات بدون جوش نیز برای بازرس جوش ، فوق العاده مفید است ، زیرا طرز فکر و دیدکاری بازرس را وسعت می بخشد . در بعضی محافل برای صدور گواهینامه صلاحیت بازرسی جوش ، از نظر عملی ، سوابق بازرسی جوش با وظایفی که در رابطه با بازرسی جوش هستند را ملاک دادن امتیاز می شمارند .

**تجربه جوشکاری :** تجربه واقعی در جوشکاری یا پراتوری جوشکاری برای بازرس جوش گرانبهاست . تجربه جوشکاری ، دانش جوشکاری بازرس را وسیع می کند ، برای اوقات و در توجیه علل مردود کردن کار ضعیف اورایاری می نماید . بعضی از کارفرمایان خواستار داشتن تجربه جوشکاری برای بازرس مورد نظر خود هستند .

**نتیجه گیری :** در تمام فعالیتهای مهندسی ، به منظور آگاهی از کیفیت جوش و مجموعه جوش داده شده ، بازرسی جوش ضروری است . بازرسی جوش می تواند به مقدار قابل توجهی از پیدایش عیوب و تکرار اشتباهات جلوگیری کرده و در هزینه تعمیر آن صرفه جویی نماید .

بازرسی جوش می تواند از چگونگی رعایت اصول فنی، ضوابط و استانداردها خبر دهد .  
بازرسی جوش می تواند ایمنی، بهره وری و عمر بیشتر تأسیسات و تجهیزات را تأمین نماید .  
بازرسی جوش می تواند از مطابقت جوش و سازه جوش داده شده با نیازمندیهای طرح اطمینان دهد .  
بازرسی جوش بایستی توسط بازرس صلاحیت دار انجام شود .

خلاصه فرآیند بازرسی جوش سازه های فولادی:

- کنترل نقشه ها و مستندات فنی و مطابقت با استاندارد مربوطه
- کنترل WPS های هر پروژه
- انجام تست و تعیین صلاحیت عوامل اجرایی و جوشکاران پروژه
- کنترل و نظارت بر روند پیاده سازی دستورالعمل های جوشکاری (WPS)
- کنترل و نظارت بر اجرای صحیح روش جوشکاری (Welding Sequence)
- کنترل ابعادی، پیچیدگی و کمانش قطعات در حین ساخت و ارائه راهکار جهت رفع ایراد
- انجام تست های غیر مخرب (NDT) مورد نیاز و تهیه مستندات مربوطه در هر مرحله
- پیشنهاد راهکار جهت انجام تعمیرات در موارد تشخیص عیب
- کنترل کیفیت و بازرسی ابعادی قطعات جوشکاری شده با استفاده از نقشه های Shop Drawing
- انجام خدمات NDT لازم از قطعات ساخته شده
- تهیه چک لیست قطعه و صدور تأییدیه جهت ارسال به واحد سندبلاست و رنگ آمیزی

## آشنایی با کاربرد دستور العمل رویه جوشکاری در سازه های فلزی

بر اساس تعریف استاندارد انجمن جوش آمریکا WPS مستندنگارش شده ای است که روش انجام جوشکاری را به جوشکاریا اپراتور دستگاههای جوشکاری ، بر اساس ملزومات استاندارد معرفی می کند . تمامی رویه های جوشکاری باید با استفاده از انجام آزمایشات مکانیکی مطابق با استاندارد ، مورد تایید قرار گرفته باشند . در برخی استانداردها مانند ASME Sec IX تعدادی از رویه های جوشکاری بنام SWPS (Standard Welding Procedure Specification) معرفی گردیده است که در صورت استفاده از این رویه های نیازی به انجام آزمایشات خواص مکانیکی نبوده و استاندارد ، خود تطابق مکانیکی خواص جوش را با فلزات پایه ذکر شده را تضمین کرده است . در خصوص آزمایشات خواص مکانیکی در قسمت بعد توضیحاتی را ارائه خواهیم کرد .

در خصوص تهیه WPS ، باید توجه داشت که تنها مهندسان جوش صلاحیت تهیه این مدرک را دارا می باشند . جدای از تصریحاتی که در استانداردهای مرجع در این خصوص ذکر شده ، توجه به مواردی چند مشخص می کند که شخصی که اقدام به نگارش این مستند می نماید باید اطلاعات لازم را در خصوص موارد زیر داشته باشد تا توانمندی ارائه دستورالعملی مناسب ، جهت جوشکاری را داشته باشد .

۱- اولین مطلبی که نگارنده WPS باید با آن آشنایی کامل داشته باشد مواد و خواص آنها می باشد . در صورتی که شخص نگارنده با متریال مورد نظر ، شرایط کاربری و خطرات محتمل در هنگام استفاده آن آشنایی نداشته باشد ، امکان تجویز دستورالعمل مناسب جهت جوشکاری را نخواهد داشت .

۲- آشنایی با روشهای مختلف جوشکاری از دیگر مواردی است که دانستن آن جهت تهیه WPS الزامی است . ممکن است دوستانی در خصوص یک روش جوشکاری اطلاعات مناسبی را دارا باشند ولی عملیات تهیه این مستند توسط این نفرات مشکلات خاص خود را خواهد داشت . مشکل بسیار ابتدایی و قابل لمس برای همه ما این است که این فرد عملاً بخاطر عدم آشنایی با روشهای مختلف جوشکاری قادر به مکانیزه نمودن عملیات تولید نخواهد بود . در بسیاری از موارد می توان بجای استفاده از روشهای قدیمی ، با استفاده از روشهای جدید و مکانیزه سرعت و کیفیت بالاتری را در عمل بدست آورد . در برخی موارد نیز بخاطر حساسیت بالای قطعه و عدم امکان آزمایشات غیر مخرب ، باید از روشی استفاده کرد که در خصوص جوش حاصل ، در صداطمینان بالایی را حاصل نماییم .

۳- مطلب بسیار حساس و مهم در خصوص طراحی جوش سازه ، محاسبه تنش وارد بر جوش و تحمل خستگی می باشد که باید توسط نگارنده این مستند مدنظر قرار گرفته شود و طرح اتصال طوری محاسبه گردد تا کمترین تنش به جوش وارد گردد .

هدف از تنظیم یک WPS مشخص کردن جزئیات فرآیند جوشکاری یک قطعه یا ماده مورد نظر است . برخی کارخانه ها برای تولیدات خود یک گواهی کیفیت نیز تنظیم می کنند تا بوسیله آن شرایط آماده سازی ، چک کردن و تأیید مشخصات بیان شده در روش جوشکاری کنترل شود .

ما خداصلی گواهی کیفیت جوشکاری مخازن تحت فشار ASME IX Boiler and Pressure Vessels Code است .

مشخصات روش جوشکاری می بایست براساس نیازهای سازنده و بنابه تأیید مشاور طرح تنظیم شود. ذکر جزئیاتی که ذیلاً" بدان اشاره می شود در هر WPS لازم القید است. ماخذ مورد استفاده این قسمت ASME IX می باشد.

امروزه خواسته های کیفیتی جوش جهت کسب استانداردهای ISO ۹۰۰۰ باید براساس EN ۷۲۹ تنظیم گردد. این استاندارد از چهار بخش به ترتیب راهنما انتخاب و استفاده، خواسته های کیفیت کامل، خواسته های کیفیتی استاندارد و خواسته های کیفیتی ابتدائی جوشکاری را مطرح می سازند.

مشابه آنچه ASME IX در رابطه با کنترل کیفیت جوشکاری مخازن تحت فشار مطرح ساخته از استاندارد AWS D ۱.۱ برای سازه های فلزی طرح شده است. استاندارد عمومی تعیین کیفیت جوش قبل از EN ۷۲۹ در انگلستان BS ۴۸۷۰ بوده است. در رابطه با جوشکاری مخازن اتمسفری و خطوط لوله گاز نیز معیارهای تعیین کیفیت به ترتیب API ۶۵۰ و API ۱۱۰۱ آمده است.

مشخصات سربرگ فرم WPS :

بسته به شرایط کاری هر شرکت این فرمت قابل تغییر است. مطابق باکد ASME Sec. IX در فرآیندهای مختلف جوشکاری، متغیرهای جوشکاری به صورت زیر طبقه بندی می شوند :

الف ( متغیرهای اساسی (Essential) : پارامترهایی هستند که در صورت تغییر آنها در یک WPS، یک PQR جدید باید تدوین و تهیه شود.

ب ( متغیرهای غیر اساسی (Nonessential) : پارامترهایی هستند که صرفاً برای اطلاع در WPS قرار می گیرند و در صورت تغییر آنها، احتیاج به انجام آزمایش مجدد و تهیه PQR جدید نمی باشد.

ج ( متغیرهای مشروط (Supplementary Essential) : پارامترهایی هستند که در صورتی باعث تغییر PQR مربوط به یک WPS می شوند که در مشخصات فنی نسبت به انجام تست ضربه جهت تعیین کیفیت، PQR اشاره شده باشند.

بعنوان مثال می توان به جدول QW-۲۵۳ در استاندارد ASME Sec IX اشاره کرد. در این جدول متغیرهای اساسی، غیر اساسی و مشروط برای روش جوشکاری دستی ذکر شده است.

مشخصات اولیه یک WPS عبارتست از :

۱- شماره سری مشخصات روش جوشکاری Welding Procedure Specification No

۲- تاریخ تنظیم WPS Date

۳- شماره بازبینی ها (Revisions)

۴- تاریخ بازبینی

## ۵- شماره سری گزارش کیفیت روش جوشکاری (Supporting PQR No)

۶- روش یا روشهای مورد استفاده جهت جوشکاری Welding process : بهتر است که فرآیندهای جوشکاری بانام اختصاری نشان داده شوند . مطلب قابل ذکر در این قسمت توجه به استاندارد مرجعی است که مطابق با آن در حال آماده سازی روش جوشکاری می باشیم . روشهای جوشکاری بانامهای متفاوتی در استانداردهای مختلف نامگذاری شده اند . بعنوان مثال روش جوش دستی در استانداردهای آمریکایی بنام SMAW(Shielded Metal Arc Welding) و در استانداردهای اروپایی بنام Manual Metal Arc welding(MMA) معرفی شده است .

### نحوه انجام فرآیند جوشکاری (Type)

بعنوان مثال: دستی (Manual) ، اتوماتیک ، نیمه اتوماتیک ، ماشینی می توانند طرق مختلف اعمال یک فرآیند باشند . جوشکاری قوس با الکترود روپوش دارد در صورت استفاده از الکترودهایی با طول محدود و به صورت دستی Manual تلقی می شود . روشهایی مانند FCAW در صورت جوشکاری دستی ، نیمه خودکار به حساب می آیند و اگر Torch آنها بر روی ماشین قرار گیرد و بطور خودکار حرکت کند ، از آنجائیکه انتقال مفتول نیز خودکار بوده فرآیندی ماشینی (Machine) یا تمام اتوماتیک به حساب می آید . لازم به تذکر است که ذکر مطالبی چون : نام شرکت یا کارخانه تولیدی ، نام مشاور یا ناظر بر جوشکاری ، نام قطعه یا عنوان پروژه و نظائر آن نیز باید در همین قسمت از فرم WPS بیایند .

### طرح اتصال (Joints)

مشخصات طرح اتصالی که روش جوشکاری برای آن نوشته می شود بر اساس کد (QW-۴۰۲) می بایست در قسمتی از فرم WPS درج شود . در صورت تمایل و نیاز ، فرآیند پیخ سازی مورد نظر نیز قابل ذکر است . معمولاً آماده سازی شیار پیخ جوشکاری به یکی از روشهای برش اکسیژن ، استفاده از الکترودهای کربنی ، برش قوس پلاسمای روشهای مختلف ماشینکاری انجام می شود . بهتر است ماشینکاری و سنگ زنی پس از آماده سازی به روشهای دیگر نیز اعمال شوند . در نهایت تمیزکاری شیار پیخ جوش باعث بهبود کیفیت کار می شود و اشاره بدان در این قسمت از WPS امکان پذیر است .  
بهتر است که مشخصات شیارچه بصورت کامل و چه اختصاری نشانگر پارامترهای ذیل باشد :

### الف - نوع اتصال جوشکاری

### ب - نفوذ جوش و ضخامت قطعه مورد جوشکاری

### ج - شکل شیار جوشکاری

### پشت بند (Backing)

بنابه صلاح دید طراحی و به منظور مواردی چون جلوگیری از اکسید شدن مذاب شیار جوش ، عدم ریزش مذاب از پشت شیار ، افزایش یا کاهش سرعت انجماد در پشت جوش ، اطمینان از خالی نماندن یا ایجاد زیر برش در قسمت پشتی جوش و غیره از تسمه

ای فلزی ، جریان گاز یا فلاکس به عنوان پشت بند استفاده می شود . در این قسمت از WPS با تأیید یا عدم تأیید در مورد استفاده از پشت بند اشاره می شود .

### فلزات پایه (Base Metals)

ذکر نوع و ترکیب شیمیایی فلز مورد جوشکاری از جمله مهمترین مطالب قابل ذکر در WPS است . عنوان نمودن شماره استاندارد تقسیم بندی ، ترکیب شیمیایی یا عملیات حرارتی خاص که قبل از جوشکاری باید روی ورق انجام شود در انتخاب سایر مشخصات فرآیند جوشکاری منجمله پیشگرم ، پس گرم ، انتخاب الکتروود و تکنیک کار دخیل است .

مشخصات فلز پایه معمولاً بر اساس کد ASME (QW-۴۰۳) انتخاب می شود .

عدد مشخصه PNo.

جهت کاهش تعداد فرمهای WPS و PQR فلزات پایه تحت عددی بنام P تقسیم بندی می شوند . در صورتیکه برای آزمایش کیفیت فولاد تست ضربه لازم باشد تقسیم بندی جزئی تر شده و Group No نیز مطرح می شود اساس تقسیم بندی های فوق الذکر ترکیب آلیاژ ، جوش پذیری و خصوصیات مکانیکی است . لیکن با استناد به عدد P یا Gr مشابه نمی توان ادعا کرد که دو آلیاژ از نظر خواص متالورژیکی ، عملیات حرارتی پس از جوشکاری ، طراحی و برخی خواص مکانیکی قابل جایگزینی می باشند . در صورت نیاز به آزمایش ضربه فلز پایه می بایست خصوصیات ویژه ای داشته باشد .

در کدهای فوق الذکر Gr-No نیز آمده است . در QW-۴۲۴ ذکر شده ، در صورتیکه آلیاژ در جداول QW-۴۲۲ موجود نباشد بجای P-No می توان مشخصات (Specification) نوع و درجه (Grade & Type) ترکیب شیمیایی (Chemical Analysis) یا خصوصیات مکانیکی (Mechanical Properties) آلیاژ مورد جوشکاری را در WPS قید کرد .

محدودیت ضخامت (Thickness Range)

ضخامت مقطع مورد جوشکاری در این قسمت بر اساس ASME ذکر می شود که برای کمتر شدن تعداد WPS می توان از محدوده ضخامت زیر استفاده کرد :

الف - ضخامت کمتر از ۱۶/۱ اینچ

ب - ۸/۳ < ضخامت < ۱۶/۱ اینچ

ج - ۴/۳ < ضخامت < ۸/۳ اینچ

د - ۲/۱،۱ < ضخامت < ۴/۳ اینچ

ه - ضخامت بالای ۲/۱،۱ اینچ

سیم جوشها (Filler Metals)



الکترودها می بایست قبل از مصرف خشک شوند . الکترودهای کلاس AWS A۵.۱ نیز به منظور عدم جذب هیدروژن توسط روکش باید کاملاً عایق بسته بندی شوند . در صورت باز شدن روکش عایق این الکترودها لازمست تا قبل از مصرف ۲ ساعت در دمای ۲۳۰-۲۶۰°C پیشگرم و خشک شوند .

تمامی الکترودها بهتراست به محض باز شدن بسته بندی و قبل از مصرف در خشک کنی با حداقل ۱۲۰ درجه سانتیگراد نگهداری شوند .

پس از باز شدن درب بسته بندی یا خروج الکترودها از خشک کن الکترودها نباید پیش از زمان مندرج در ستون A از جدول (۱) در معرض اتمسفر قرار گیرند .

در صورتیکه الکترودی در محدوده زمانی ستون B جدول (۱) در اتمسفر قرار گرفت لازمست تا از نظر جوشکاری ، بازبینی ظاهری و خواص دیگری که در AWS A۵.۵ آمده آزمایش شود .

الکترودی که با شرایط جدول (۱) سازگار باشد لازم نیست بیش از یک بار خشک شود . الکترودهای خیس شده به هیچ وجه قابل استفاده نیستند . لازم به تذکر است که تولید کنندگان الکترودموظفند تا در صورت تمایل خریدار برگه تأییدیه (Certificate) محصولشان را در اختیار ایشان قرار دهند . (AWS A۵.۵)

جدول (۱)- زمان مجاز در اتمسفر قرار گرفتن الکترودهای کم هیدروژن

Electrode	Column A (Hours)	Column B (Hours)
A۵.۱	۴ max	Over ۴ to ۱۰ max.
E۷۰XX		
A۵.۵		
E۷۰XX	۴ max	Over ۴ to ۱۰ max
E۸۰XX	۲ max	Over ۲ to ۱۰ max
E۹۰XX	۱ max	Over ۱ to ۵ max
E۱۰۰XX	۱/۲ max	Over ۱/۲ to ۴ max
E۱۱۰XX	۱/۲ max	Over ۱/۲ to ۴ max

عدد FNo

FNo در حقیقت یک تقسیم بندی برای الکترودهاست در کد QW-۴۳۲ از ASME طی جداولی بدان اشاره شده که البته در ضمیمه این جزوه آمده است . اساس این تقسیم بندی موارد استفاده ، کاهش تعداد WPS, PQR های یک پروژه و مشابهت خصوصیات جوشکاری سیم جوش بوده است .

جدول (۲) F-No - آلیاژهای مختلف

QW	F-No	نوع آلیاژ سیم جوش
۴۳۲.۱	۶-۱	آلیاژهای فولادی
۴۳۲.۲	۲۴-۲۱	آلومینیوم و آلیاژهای پایه A
۴۳۲.۳	۳۷-۳۱	مس و آلیاژهای پایه Cu
۴۳۲.۴	۴۵-۴۱	نیکل و آلیاژهای پایه Ni
۴۳۲.۵	۵۱	تیتانیوم و آلیاژهای پایه Ti
۴۳۲.۶	۶۱	زیرکونیم و آلیاژهای پایه Zr
۴۳۲.۷	۷۲-۷۱	آلیاژهای روکش کاری و سخت کاری سطحی

### آنالیز فلز جوش یا عدد ANo

No-A تنهادر مورد آلیاژهای آهنی کاربرد دارد . براساس کد (QW-۵.۴۰۴) ASME ابتدا آنالیز جوش در هر فرآیند به روش زیر باید محاسبه شده و سپس براساس A-No (QW-۴۴۲) تشخیص داده شده و در قسمت مربوطه WPS درج گردد .

الف - برای PAW, GTAW, SMAW یا آزمایشی برای تشخیص آنالیز جوش انجام می شود و یا براساس مدرک کیفیت جوش سازنده آنالیز ارائه شده مورد قبول قرار می گیرد . در صورت انجام آزمایش ، نمونه باید مشابه آزمایش آنالیز استاندارد سیم جوش صورت پذیرد .

ب - برای ESW, GMAW یا از مشخصات ارائه شده توسط سازنده استفاده می شود . یا اینکه با شرایطی مشابه استاندارد نمونه آنالیز تهیه می شود . در هر دو صورت گاز محافظ باید گاز مورد استفاده در فرآیند باشد .

ج - برای SAW نیز یا از مشخصات سازنده تحت شرایط استفاده از فلاکس مشابه فرآیند اجرایی استفاده می شود و یا تحت شرایط کاری نمونه آنالیز تهیه می شود .

### شماره مشخصات (SFA) (Spec.No)

بیش از بیست شماره مشخصات سیم جوش توسط ASME تعیین شده است . این تقسیم بندی در ASME بایک پیشوند SF همراه است . در جدول (۳) شماره مشخصات اقسام سیم جوش ها براساس کد بندی AWS آمده است :

جدول (۳) - شماره مشخصات خانواده های مختلف سیم جوش

شماره مشخصات	نوع سیم جوش
A۵.۱	مشخصات الکترودهای جوشکاری قوس فولاد معمولی
A۵.۳	مشخصات الکترودهای جوشکاری قوس آلومینیوم و آلیاژهای آلومینیومی
A۵.۴	مشخصات الکترودهای روکش دار فولاد زنگ زن کروم دار و کروم نیکل
A۵.۵	مشخصات الکترودهای روکش دار فولاد کم آلیاژ ویژه جوشکاری قوس
A۵.۶	مشخصات الکترودهای روپوشدار مس و آلیاژهای آن
A۵.۷	مشخصات سیم جوش و الکترودهای سخت مس و آلیاژهای آن
A۵.۸	مشخصات سیم جوش لحیم کاری (Brazing)
A۵.۹	مشخصات سیم جوش لخت فولاد زنگ زن کروم دار و کرومی نیکلی همچنین سیم جوشها و الکترودهای لایه لایه ، کامپوزیت و توپر
A۵.۱۰	مشخصات سیم جوش و الکترو لخت برای جوشکاری آلومینیوم و آلیاژهای آن
A۵.۱۱	مشخصات الکترودهای روکش دار نیکل و آلیاژهای آن
A۵.۱۲	مشخصات الکترودها و سیم جوش لخت جوشکاری TIG
A۵.۱۳	مشخصات الکترودهای روکش دادن سطحی
A۵.۱۴	مشخصات سیم جوش و الکترودهای لخت نیکل و آلیاژهای آن
۵.۱۵A	مشخصات سیم جوشها و الکترودهای روکش دار جوشکاری چدن
A۵.۱۶	مشخصات سیم جوش و الکترودهای تیتانیوم و آلیاژهای آن
A۵.۱۷	مشخصات الکترودهای لخت فولاد کربنی و فلاکس برای SAW
A۵.۱۸	مشخصات الکترودهای فولاد معمولی ویژه GMAW
A۵.۱۹	مشخصات سیم جوش و الکترودهای لخت آلیاژهای منیزیم
A۵.۲۰	مشخصات الکترودهای توپودری فولاد معمولی ویژه جوشکاری قوس
A۵.۲۱	مشخصات الکترودها و سیم جوشهای روکش کردن کامپوزیت
A۵.۲۲	مشخصات الکترودهای توپودری فولاد زنگ زن کروم دار و کروم نیکل
A۵.۲۳	مشخصات الکترودهای لخت فولاد کم آلیاژی و فلاکس برای SAW
A۵.۲۴	مشخصات الکترودها و سیم جوش لخت جوشکاری زیر کونیم و آلیاژهای آن

معمولاً سازندگان الکترودهای جوشکاری شماره مشخصات (SFA.No) ارائه می کنند . در غیر این صورت با استفاده از جدول (۳) این قسمت تکمیل می شود . در صورت عدم وجود SFA می توان نام تجاری الکترودار این قسمت ذکر کرد .

## شماره کلاس و استاندارد ASM الکترود :

استانداردهای گوناگونی برای نام گذاری الکترودها وجود دارد مانند : DIN, BS, JIS, AWS, ISO , ... برای الکترودهای روکش دار کلاس A۵.۱ جوشکاری با قوس الکتریکی نامگذاری به روش AWS ابتدا با حرف E به معنای الکترود آغاز می شود ، دوعده اول پس از E نشان دهنده استحکام کششی فلز جوش الکترود بر حسب Ksi می باشد (در الکترودهای استحکام بالا سه عدد اول مانند G۱۱۰۱۳E)

E۱۲۰XX, E۱۱۰XX, E۹۰XX, E۸۰XX, E۷۰XX, E۶۰XX اولین عددی که پس از دو رقم استحکام می آید نشان دهنده وضعیت جوشکاری قابل اجرا با این نوع الکترود است :

الف - EXX۱X : جوشکاری در چهار وضعیت (OH,H,V,F) امکان پذیر است .

ب - EXX۲X : جوشکاری در وضعیتهای تخت واقعی (H,F) امکان پذیر است .

ج - EXX۳X : جوشکاری فقط در حالت تخت (F) امکان پذیر است .

آخرین عددی که در نامگذاری الکترود به روش AWS می آید از ۸ - ۰ متغیر است و نشان دهنده کلاس روپوش الکترود ، نوع برق و سایر خصوصیات گروه جوش می باشد .

در مورد الکترود یاسیم جوش کلاس A۵.۴ فولادهای زنگ نزن نام استاندارد آمریکائی (ASTM) فولاد زنگ نزن که آنالیز مشابه با ترکیب سیم جوش یا الکترود دارد . پس از حرف (E) (در مورد جوشکاری قوس) آورده می شود . به عنوان مثال E۳۱۶L یا E۳۱۰ یا E۳۰۴ سیم جوشهای ویژه جوشکاری با فرآیندهای OFW بجای حرف E با G آغاز می شوند مانند ۳۱۶G که سیم جوش فولاد زنگ نزن با ترکیب آلیاژ فولاد ASTM۳۱۶ است .

به منظور فراگیری نحوه نامگذاری سایر کلاسهای الکترودهای فرآیند FCAW, GMAW, SAW , ... لازمست تابه استاندارد ASME II-Part C مراجعه شود .

## سایز الکترود (Size of Electrode):

برای انجام با صرفه ترین جوش انتخاب اندازه الکترود (قطر میله مغزی) با اندازه انتخاب نوع الکترود اهمیت دارد . در انتخاب اندازه الکترود موارد زیر مورد توجه قرار می گیرند : طرح اتصال ، ضخامت لایه های جوش ، حالت جوشکاری ، حرارت قابل تحمل توسط قطعه و مهارت جوشکار .

تعداد لایه های یا پاسهایی که جوش احتیاج دارد بطور عمده بستگی به طرح اتصال ، اندازه الکترود ، ضخامت فلز پایه ، حالت جوشکاری دارد . اندازه مناسب الکترود برای مصرف در جوشهای مختلف برای اتصالات و حالات جوشکاری مختلف ذیلاً بیان شده است :

الف - برای جوش لوله یاسایرا تصالاتی که احتیاج به ذوب خوب در ریشه دارد و امکان جوشکاری از پشت جوش نیست ، حداکثر الکترو دبه قطر ۳.۲۵ تا ۴ میلیمتر برای پاس اول پیشنهاد می شود . برای جوشکاری پاسهای دیگر در تمام حالات الکترو دهای قطر ۴ تا ۵ میلیمتر می تواند مورد استفاده قرار گیرد. برای جوشکاری در حالت تخت از الکترو دهای با قطر بالای ۵ میلیمتر نیز استفاده می شود . در لوله های قطر کم پاس اول با الکترو د قطر ۲.۵ و سایر پاسها با الکترو دهای قطر ۴ ، ۳.۲۵ قابل جوشکاری است .

ب - در جوشکاری اتصالات V شکل یا جناغی یک طرفه که دارای تسمه های در پشت اتصال می باشند در حالت تخت برای پاس اول می توان از الکترو د قطر ۵ و برای پاسهای دیگر از الکترو د بزرگتر استفاده کرد .

ج - برای جوشکاری گوشه ای در حالت تخت و سربه سر غیر تخت الکترو د ۵ میلیمتری حداکثر قطری است که عملاً مصرف می شود و در این حالت نیز اغلب پاس اول با الکترو د قطر ۴ میلیمتر جوشکاری می شود .

ه - در مورد الکترو دهائی که باروکش کم هیدروژن اندازه معمول برای جوشکاری عمودی و بالاسر قطرهای ۴ ، ۳.۲۵ میلیمتر و برای جوشکاری تخت و افقی قطر ۵ یا بزرگتر می باشد .

### وضعیت جوشکاری (Position)

بر اساس کد (۴۰۵- QW) ASME قطعات مورد جوشکاری در یکی از چهار وضعیت زیر قرار دارند.

الف: تخت (Flat)

ب : افقی (Horizontal)

ج : عمودی (Vertical)

د : بالای سر (Over head)

جدول (۴) - کد اختصاری وضعیتهای جوشکاری

جوشکاری شیار ورق		جوشکاری گوشه ای ورق		جوشکاری شیار لوله		جوشکاری گوشه ای لوله	
وضعیت	علامت	وضعیت	علامت	وضعیت	علامت	وضعیت	علامت
تخت	G۱	تخت	F۱	چرخش افقی لوله	G۱	لوله مورب با چرخش	F۱
افقی	G۲	افقی	F۲	لوله در حالت عمودی	G۲	لوله ثابت عمودی	F۲
عمودی	G۳	عمودی	F۳	لوله افقی ثابت	G۵	لوله افقی با چرخش	FR۲
بالای سر	G۴	بالای سر	F۴	لوله مورب ثابت	G۶	لوله عمودی جوش بالای سر	F۴
						لوله افقی ثابت (تمامی حالات)	F۵

## وضعیت شیار (Position of Groove)

با استفاده از علامت های اختصاری دوستون سمت راست جدول (۴) وضعیت شیار مشخص می شود. در مورد جوشکاری ورق و لوله علامتها متفاوتند.

## پیشگرم (Preheat):

معمولاً برای جلوگیری از ترکیدگی، پیچیدگی و پیدایش فازهای ناخواسته و ... قبل از جوشکاری، قطعه پیشگرم می شود. همچنین در حین عملیات جوشکاری، کنترل دمای بین پاسی از نظر بالاتر نرفتن از یک حد مجاز و عدم تنزل به کمتر از دمای پیشگرم باید انجام پذیرد. این عمل معمولاً بوسیله گچ های حرارتی صورت می پذیرد. بنا به تغییر رنگ یا ذوب شدن گچ های حرارتی در درجه حرارت خاص دمای قطعه قابل کنترل خواهد بود.

جز فرآیندهای جوشکاری EGW, ESW (Stud Welding) حداقل دمای پیشگرم و حداکثر درجه حرارت بین پاسی می بایست بر اساس QW-۴۰۶ و باتوجه به ضخامت ورق مربوطه تعیین شوند.

## عملیات حرارتی پس از جوشکاری (تنش زدائی) (Postweld Heat Treatment):

### \* درجه حرارت (Temperature)

از آنجائیکه رایج ترین حالت عملیات حرارتی تنش زدائی پس از جوشکاری است معمولاً درجه حرارت مربوط به تنش زدائی جوش به شرح ذیل در این قسمت ذکر می شود:

الف - در مورد فولادهای کوئنچ تمپر حداکثر  $1100^{\circ}\text{F}$

ب - برای سایر فولادها در محدوده  $1100^{\circ}\text{F}$  -  $1200^{\circ}\text{F}$

ج - درجه حرارت کوره به هنگام قراردادن نمونه در آن نباید از  $600^{\circ}\text{F}$  تجاوز نماید.

د - بالای  $315^{\circ}\text{C}$  نرخ گرم کردن نباید از  $220^{\circ}\text{C/hr}$  تجاوز نماید و این نرخ گرم با تقسیم نمودن  $t/220$  که ضخامت قطعه بر حسب اینچ است بدست می آید.

ه - در حین گرم کردن اختلاف دمای دو قسمت از قطعه به فاصله  $4.6\text{m}$  نباید از  $140^{\circ}\text{C}$  تجاوز نماید.

و - در حین نگهداری در درجه حرارت تنش زدائی اختلاف دمای هیچ دو نقطه ای از قطعه نباید از  $83^{\circ}\text{C}$  تجاوز نماید.

ز - در سرد کردن قطعه نرخ سرمایش نباید از  $260^{\circ}\text{C/hr}$  تجاوز نماید. این نرخ با تقسیم  $t/260$  که ضخامت بزرگترین قطعه بر حسب اینچ است محاسبه می شود.

برای تنش زدائی لوله ها ، مخزن ها و اشکال دوار با استفاده از ضخامت معادل مقطع محاسبه شده و پس از مقایسه بیشترین ضخامت مقطع حقیقی قطعه با مقدار فوق الذکر ، زمان نگهداری و نرخ گرمایش و سرمایش بدست می آید .

### \* زمان نگهداری (Time Range)

زمان لازم جهت تنش زدائی بسته به هر اینچ ضخامت قطعه تغییر می کند . معمولاً در مورد فولادهای کونچ تمپر ، درجه حرارت کمتر از دیگر فولادها اختیاری می شود لذا باید زمان تنش زدائی افزایش یابد .

### \* نوع گاز محافظ (Shielding Gases)

به عنوان مثال گازهای Argon، CO<sub>2</sub> یا مخلوط این دو (Ar-CO<sub>2</sub>) ، نیتروژن و در صورتیکه برای محافظت حوضچه مذاب از اتمسفر استفاده شوند در این قسمت قید می شود. ممکن است در فرآیندهای جوشکاری با الکترودتوپودری یا حتی الکترودت روپوش دار نیز از گازی خنثی استفاده شود . مانند دمدیدن گاز در پشت شیار جوش ، در چنین مواردی نیز قید نام گاز مورد نظر در این قسمت لازمست .

در فرآیندهای جوشکاری با سوخت گازی (OFW) یا Oxyfuel Welding در این قسمت سوخت مورد مصرف قید می شود بعنوان مثال : اکسیژن ، اکسی استیلن ، بوتان یا مخلوط اکسیژن و اکسی استیلن .

### \* مشخصات الکتریکی (Electrical Characteristic)

تغییر در نوع و قطبیت جریان الکتریکی ، افزایش در گرمای ورودی و یا افزایش حجم و میزان فلز جوش رسوب داده شده بر واحد طول جوش باعث تغییر کیفیت جوش می شوند و میزان گرمای وارده از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$\text{Heating Pnt} = V * I / \text{speed}$$

همچنین میزان فلز جوش با افزایش اندازه گرده جوش و یا کاهش طول خط جوش به ازای هر الکترودت ، متناسب است . در قسمتهای ۴۴ تا ۴۸ از WPS نمونه (۱) مشخصات الکتریکی بر اساس کد (QW-۴۰۹) آمده است .

### \* نوع جریان مستقیم یا متناوب (Current AC or DC)

برخی الکترودتها با جریان DC, AD بهتر کار می کنند . در صورت استفاده از جریان DC نشان دادن قطبیت جریان نیز لازمست.

برای انتخاب جریان AC یا DC در برگه مشخصات سازنده الکترودت توصیه هائی آمده است . شروع قوس با AC مشکل تر است و معمولاً در فرآیندهائی که شروع قوس مشکلی ندارد (مانند TIG) استفاده می شود .

## \*قطبیت (Polarity)

در صورت انتخاب جریان DC اتصال الکتروده قطب مثبت یا منفی می تواند بر درجه حرارت ایجاد شده در قوس و عمق نفوذ جوش تأثیر بگذارد. معمولاً با اتصال الکتروده قطب مثبت عمق نفوذ افزایش می یابد. قطبیت با علامتهای اختصاری زیر نشان داده می شود.

الف - اتصال الکتروده قطب مثبت در جریان مستقیم DCEP=Direct Current Electro Positive

ب - اتصال الکتروده قطب منفی در جریان مستقیم DCEN= Direct Current Electro Negative

بر اساس قرارداد DCEN پلاریته مستقیم و DCEP پلاریته معکوس قلم داد می شوند.

**جریان مستقیم با الکتروده منفی (Direct Current Electro Negative):** در این حالت الکتروده قطب منفی و قطعه کار به قطب مثبت منبع تغذیه متصل می شود. الکترونهای از الکتروده ساطع شده و در طی حرکت در قوس شتاب می گیرند. برای ساطع شدن الکترون از الکتروده مقدار مشخصی انرژی لازم است، که به این میزان انرژی تابع کارگفته می شود. در هنگام وارد شدن الکترونهای به قطعه کار، مقداری انرژی معادل باتابع کار آزادی می شود. این امر سبب می شود که در قطبیت DCEN توان بیشتری در قطعه کار تمرکز شود (حدود  $\frac{2}{3}$ ) و توان کمتری در انتهای الکتروده (حدود  $\frac{1}{3}$ ) آزاد شود. بنابراین در حالت حوضچه جوش نسبتاً باریک و عمیق است.

**جریان مستقیم با الکتروده مثبت (Direct Current Electro Positive):** این حالت قطبیت راقطبیت معکوس (Reverse Polarity) نیز می نامند. در این حالت الکتروده قطب مثبت و قطعه کار به قطب منفی منبع تغذیه متصل می گردد. در این حالت عمده حرارت در الکتروده و حرارت کمتری در قطعه کار متمرکز می گردد. بنابراین یک حوضچه جوش کم عمق بدست می آید. یونها مثبت سطح قطعه کار را بمباران کرده، باعث برطرف کردن لایه های اکسیدی سطح و تمیزی آن می گردد.

**جریان متناوب (Alternating Current):** بعلاوه تعویض متناوب جریان بین الکتروده و قطعه کار در جریان متناوب، در جوشکاری با این جریان شاهد عمق نفوذ مناسب و تمیزی سطح از لایه های اکسیدی خواهیم بود.

\***تکنیک و روش کار (Technique):** نکات تکنیکی روش جوشکاری با توجه به کد (QW-410) ASME بیان می شوند.

## \*گرده زنجیری یا موجی (String or Weave Bead)

در این قسمت شکل گرده مورد نظر ذکر می شود. در مواردی که گرده های نازک کافی بوده و یا کمترین حرارت وارده به قطعه لازمست، از گرده های زنجیر استفاده می شود زیرا سرعت حرکت دست در این تکنیک بیشتر است. گرده های موجی به اشکال گردشی و هلالی اجرا می شوند.



\* سایر کلاhek ، نازل یا سوراخ عبور گاز (Orifice or Gas Cup Size) در فرآیندهای جوشکاری با گاز محافظ اشاره به موارد فوق لازم است .

\* تمیزکاری اولیه و بین پاسی (برس زدن ، سنگ زدن و غیره)

(Interpass Cleaning :Brushing, Grinding, etc & Initial)

تمیز کردن سطح قبل از انجام جوشکاری مانند زدودن زنگارها ، چربی ها و کثیفی های قطعه باعث افزایش کیفیت جوش می شود . همچنین در حین عملیات جوشکاری چند پاسی و در اتمام کار ، تمیز کردن سطح اعم از پاک کردن سرباره حاصله و غیره باعث کاهش و حذف عیوب جوش نظیر سرباره محفوظ در مذاب و آخال و غیره خواهد شد .

روشهای اعمالی معمولاً برس زدن ، استفاده از اسکنه و چکش ، سنگ زدن ، استفاده از فرز انگشتی و ... است .

\* روش برداشتن پشت جوش (Method of Back Gouging)

در صورت نیازه جوشکاری از پشت جوش لازمست تا ابتدا پشت اولین پاس توسط یکی از روشهای زیر برداشته شود :

الف - قوس حاصل از الکترود کربنی (Air Carbon arc Gouging)

ب - برداشتن بوسیله شعله اکسی استیلن (Oxy Acetylene Gouging)

ج - سنگ زدن یا تراشکاری Grinding or Chipping

\* جوش تک پاسی یا چند پاسی در هر طرف (Multiple or Single Pass Per Side)

در صورتیکه هر طرف از طرح پخ نیازه یک یا چند پاس جوش داشته باشد در این قسمت مطرح می شود . عنوان تک یا چند پاس در این قسمت کافیهست .

\* سرعت حرکت (Travel Speed)

این فاکتور مخصوصاً در جوشکاریهای اتوماتیک اهمیت فراوان دارد و عامل تعیین کننده میزان حرارت وارده به قطعه است . در فرآیندهای دستی ذکر سرعت کم ، متوسط یا زیاد کافیهست . اما در مورد دستگاههای خودکار سرعت حرکت بادیمانسیون (L/T) بیان می شود .

\* مسائل دیگر (Other)

در این قسمت بسته به فرآیند جوشکاری به مسائل مختلفی از این قرار می توان اشاره کرد که ممکن است بعضاً در مورد یک فرآیند ذکر آن الزامی و در مورد فرآیند دیگر نادیدنی باشد .

- الف - ماهیت شعله از نظر خنثی یا اکسید یا قلیائی بودن در فرآیندهای OFW
- ب - روش حرکت شعله در فرآیندهای OFW به صورت Backhand Forhand or
- ج - تغییر در زاویه Gun در فرآیند EBW
- د - فاصله مابین الکترودها در فرآیند Multi Electrode
- ه - نیاز به تناوب عملیات جوشکاری از یک سمت به پخ سمت دیگر برای جلوگیری از پیچیدگی
- ز - لزوم استفاده از روشهای دستی و خودکار به طور متناوب و نحوه تغییرات در استفاده
- ح - لزوم استفاده از کوبش یا چکشکاری جوش به منظور تنش زدائی

## آشنایی با استاندارد و طریقه تأیید صلاحیت جوشکاران توسط بازرس جوش

برای تأیید صلاحیت پرسنل فعال در عملیات جوشکاری ذوبی و به منظور اطمینان از میزان توانایی آنها جهت انجام درست عملیات جوشکاری و ایجاد جوشی با کمترین حدممکن از عیوب ، لازم است تا براساس WPS از قبل تعیین شده براساس استاندارد EN۲۷۸ از آنها آزمایشهای ارزیابی طبق مشخصات دستورالعمل جوشکاری بعمل آید .

### اصطلاحات و تعاریف

**جوشکار Welder :** فردی است که مسئول انجام عملیات جوشکاری در فرآیندهای جوشکاری به صورت دستی بوده و برای انجام فعالیت جوشکاری براساس فرآیندی خاص آموزش دیده و یادارای مهارت در استفاده از انبر یا Torch در وضعیتهای مختلف قطعه کار است .

**کاربر جوشکاری Operator :** شخصی است که بوسیله تجهیزات نیمه اتوماتیک انجام عملیات جوشکاری و اتصال مواد و حرکت انبر یا Torch و قطعه کار را در حین انجام عملیات جوشکاری به منظور انجام درست عملیات کنترل می نماید .

**آزمونگر یا سازمان آزمونگری Examiner :** شخص یا سازمانی است که صلاحیت تایید مراحل آزمون را براساس استاندارد خاص دارد . آزمونگر یا سازمان آزمون گیرنده باید توسط طرفین قرارداد پذیرفته شده باشد .

**مشخصات روش جوشکاری :** سند و مدرکی است که جزئیات پارامترهای اجرایی جوشکاری در آن ثبت شده است .

**دامنه تأیید :** محدوده تایید متغیرهای اساسی (مانند ضخامت ، حالت جوشکاری) می باشد .

**آزمونه :** قسمت برش خورده ای از قطعه مورد آزمون است که برای آزمایشات مخرب (DT) بخصوصی تهیه گردیده است .

**آزمون :** به مجموعه عملیاتی اطلاق می گردد که شامل تهیه قطعات آزمون جوشکاری شده و انجام آزمایشات مخرب و غیر مخرب مورد نظر و گزارش نتایج حاصل از هریک از آنهاست .

### متغیرها اساسی

**فرآیند جوشکاری :** فرآیندهای جوشکاری در استاندارد ISO ۴۰۶۳ تعریف شده و هر فرآیند با علامت اختصاری و شماره ای خاص کدگذاری شده است که برخی از این فرآیندها عبارتند از

(۱۱۱) جوشکاری قوسی الکترو دپوشش دار (الکترو ددستی) SMAW, MMA

(۱۲۱) جوشکاری قوسی الکتریکی باتغذیه مداوم سیم جوش در زیر پودر SAW

(۱۳۱) جوشکاری قوسی الکتریکی باتغذیه مداوم سیم جوش و گاز محافظ خنثی MIG

(۱۳۵) جوشکاری قوسی الکتریکی باتغذیه مداوم سیم جوش و گاز محافظ فعال MAG

(۱۴۱) جوشکاری قوسی الکتریکی بالکترو دتنگستنی و گاز محافظ GTAW, TIG

(۳۱۱) جوشکاری اکسی استیلن OFW, OXY ACT Welding

**گروه بندی مواد :** بطور کلی آزمونهای تایید صلاحیت جوشکاری بایست طوری باشد که فلز جوش دارای ترکیب سازگار با هر ترکیب در گروه های فلز پایه باشد .

**مواد مصرفی** (فلز پرکننده ، گاز محافظ و پودر جوشکاری) : در بیشتر آزمونهای تایید صلاحیت جوشکاری از فلز پرکننده ، گاز محافظ و پودر جوشکاری مناسب برای آن گروه از فلزات استفاده می گردد در نتیجه فلز جوش با فلز پایه همانند خواهد شد .

**ابعاد قطعه آزمون :** آزمون تایید صلاحیت جوشکاری باید بر اساس ضخامت موادی باشد که در تولید استفاده می گردد .

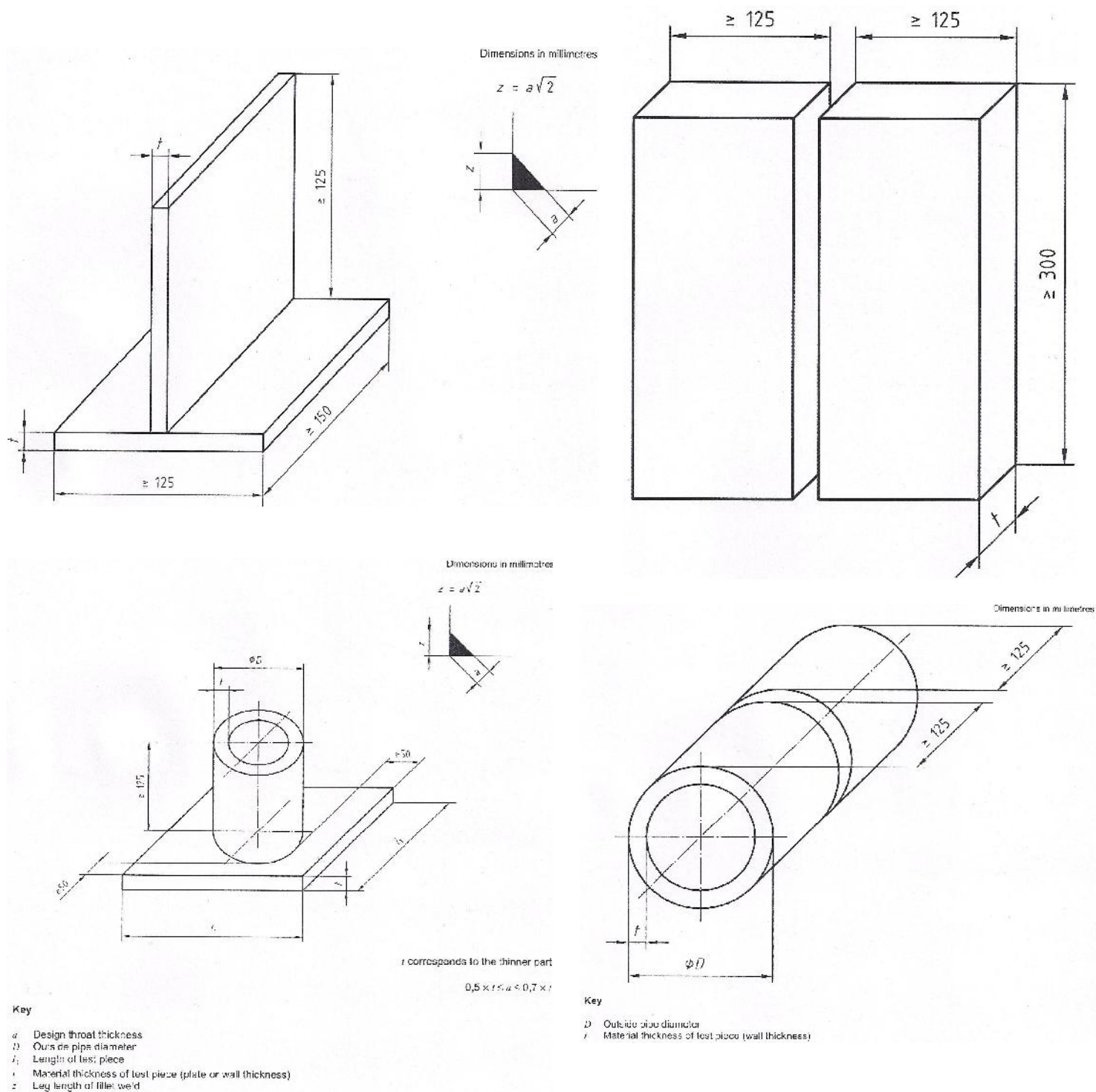
**حالت جوشکاری :** موقعیتهای جوشکاری بر طبق استاندارد ASME و ISO ۶۹۴۷ بیان می گردد .

**دامنه تایید جوشکار :** بطور کلی جوشکاری قطعه تایید شده نه تنها برای شرایط خاص آزمون ، بلکه برای کلیه اتصالاتی که جوشکاری آنها آسانتر از قطعه آزمون است نیز جوشکار را مورد تایید قرار می دهد و در صورت رد شدن جوشکار در این آزمون فرد جوشکار باید در رده ای پایین تر از آزمون فعالیت نماید .

**فرآیند جوشکاری :** هر آزمون عموماً یک فرآیند را تایید می نماید و تغییر فرآیند نیاز به آزمون جداگانه ای دارد باین وجود امکان دارد جوشکار با شرکت در آزمون یا آزمونهای جداگانه تاییدیه استفاده از چندین فرآیند را دریافت کند .

**نظارت :** آزمون تایید صلاحیت جوشکاری بایست در حضور شخص آزمونگردارای صلاحیت و مورد قبول طرفین انجام گرفته و بر روی قطعه مورد آزمون قبل از شروع عملیات جوشکاری مشخصات آزمون دهنده در حضور آزمونگر ثبت گردد .

**ابعاد قطعات آزمون تایید صلاحیت جوشکاران براساس استاندارد EN ۲۸۷ :**



**شرایط جوشکاری :** آزمون تایید صلاحیت جوشکاری بایستی مطابق با شرایط تولید و یا شرایط WPS یا PWPS تهیه شده و بر اساس استانداردهای معتبری همچون EN ۲۸۸ یا ISO ۹۶۵-۲ باشد . همچنین علاوه بر موارد بیان شده مواردی مانند

- (۱) آزمون باید بر اساس فرآیند مورد استفاده در تولید باشد .
  - (۲) مطابقت فلز پرکننده با فرآیند و موقعیت مورد استفاده .
  - (۳) مطابقت لبه سازیهای قطعه آزمون با لبه سازی تولید .
  - (۴) مطابقت ابعاد قطعه آزمون با ابعاد بیان شده در استاندارد .
  - (۵) مطابقت موقعیتهای زوایای آزمون با موقعیتهای زوایای تولید .
  - (۶) مطابقت مدت زمان آزمون با مدت زمان مورد استفاده در تولید .
  - (۷) قطعه آزمون باید دست کم یک توقف و یک شروع مجدد در پاس ریشه و پاس آخر داشته باشد .
  - (۸) رعایت هرگونه پیش گرم یا کنترل دمای ورودی مورد نیاز در WPS یا PWPS برای قطعه آزمون الزامیست .
  - (۹) در صورتیکه برای قطعه آزمون ، آزمایش خمش مورد استفاده قرار نگیرد می توان از عملیات پس گرم نمودن آن صرفه نظر کرد .
  - (۱۰) سنگ زنی تنها برای پاس ریشه و پاس آخر مجاز نیست و برای پاسهای دیگر جوشکار باید از آزمون گرا اجازه بگیرد .
- باید توسط آزمونگر بررسی گردد .

**تذکر :** جوشکار با کسب اجازه از آزمونگر توانایی شناسایی و ارائه توضیحات در خصوص ناپیوستگی های ایجاد شده را به آزمونگر داشته و تنها آزمونگر در صورتی اجازه انجام عملیات سنگ زنی را به جوشکاری دهد که ناپیوستگی ایجاد شده در قطعه مورد آزمون شرایط بیان شده زیر را داشته باشد

- (۱) طول ناحیه ی مورد نیاز جهت انجام عملیات سنگ زنی کمتر از ۲ سانتیمتر باشد .
- (۲) اطمینان آزمونگر از اینکه عیب ایجاد شده در قطعه آزمون ، سیستماتیک نبوده است .

**نکته :** هر قطعه حداکثر ۲ بار می تواند برای رفع عیب ایجاد شده در آن ، مجدداً جوشکاری گردد و در صورت باقی ماندن عیب در قطعه ، قطعه بطور کامل رد می گردد .

**روشهای کنترل کیفی قطعه آزمون :** پس از پایان آزمون جوشکاری قبل از انجام هر عملیات دیگر بر روی قطعه کار ، می بایست جهت بررسی کیفیت جوش ، برخی آزمایشات انجام گردد که بعضی اجباری و بعضی اختیاری می باشند .

**شرایط پذیرش قطعه آزمون :** اگر در جوش ناپیوستگی وجود داشته باشد می بایست با محدوده پذیرش طبق استاندارد انتخابی مقایسه گردد و قطعه آزمون باید بر اساس شرایط پذیرش تعیین شده برای انواع ناپیوستگی ها ارزیابی شود . شرح کامل ناپیوستگی ها در استاندارد EN ۲۶۵۲۰ یا ISO ۶۵۲۰ و شرایط پذیرش آنها در استاندارد EN ۲۵۸۱۷ یا ISO ۵۸۱۷ بیان شده و صلاحیت جوشکاران زمانی تایید می گردد که ناپیوستگی های احتمالی موجود در قطعه آزمون در محدوده پذیرش باشد .

**آزمون مجدد :** اگر هر یک از قطعه های آزمون تهیه شده توسط جوشکار بادر نظر گرفتن شرایط این استاندارد مردود شود (Reject) باید قطعه جدیدی توسط جوشکار آماده گردد و در صورتیکه جوشکار به علت کمبود مهارت پذیرفته نشده باشد طبق استاندارد و بدون آموزشهای اضافی قادر به شرکت در آزمون مجدد نخواهد بود ولی در مواردی که عدم پذیرش جوشکار به کمبود مهارت او مربوط نباشد و منشاء عیب بر اثر علل متالورژیکی یا خارجی باشد ، آزمون مجدد با مواد و شرایط جدید آزمون از وی به عمل می آید .

**مدت اعتبار گواهی تایید صلاحیت جوشکار :** مدت زمان اعتبار تاییدیه صادر شده توسط آزمونگری سازمان آزمونگر از تاریخ ثبت شده در تاییدیه به مدت ۲ سال بوده که در ۶ ماه نخست وجهت جذب جوشکار در صنایع دلیلی برای تردید در مهارت و دانش جوشکار وجود ندارد ولی اگر جوشکار با فرآیند ذکر شده در تاییدیه در طی ۶ ماه یا بیشتر جوشکاری نکرده باشد و یا مدت اعتبار ۲ ساله آن به پایان برسد ، تاییدیه فاقد اعتبار می گردد و جوشکار جهت گرفتن تاییدیه جدید یا تمدید آن موظف است به آزمونگری سازمان آزمون گیرنده مراجعه کند .

**صدور تاییدیه (Certificate) :** گواهینامه زمانی صادر می گردد که جوشکار در آزمونهای عملی و کتبی قبول شده باشد . تمام شرایط مربوط به آزمون باید در تاییدیه ثبت گردیده و در صورتیکه جوشکار نتواند هر یک از شرایط مشروحه در آزمون را محقق سازد گواهینامه برای وی صادر نخواهد شد و تنها زمانی آزمونگری سازمان آزمون گیرنده مجاز به صدور تاییدیه می باشد که جوشکار قادر باشد تا تمام نکات ذکر شده در متن گواهینامه را بطور کامل اجرا نماید . (از این رو مسئولیت گواهینامه ها صادره بر عهده آزمونگری سازمان آزمون گیرنده می باشد)

**شرایط آزمونگر :** فرد آزمونگر طبق استاندارد ISO ۱۴۷۳۱ شامل پرسنل هماهنگ کننده جوشکاری بوده که باید شرایط ذکر شده زیر را دارا باشد

الف) دارای گواهینامه IWE , IWT یا IWS باشد .

ب) دارای مجوز آزمونگری از موسسه ANB در سطح مجموعه استانداردهای EN ۲۸۷ باشد .

**نکته :** استانداردهای EN ۲۸۷ شامل پنج استاندارد در موارد زیر می باشد

- ۱) استاندارد تایید صلاحیت جوشکاران جهت جوشکاری انواع فولادهای کربنی EN ۲۸۷ Part ۱
- ۲) استاندارد تایید صلاحیت جوشکاران جهت جوشکاری انواع آلیاژهای آلومینیم EN ۲۸۷ Part ۲
- ۳) استاندارد تایید صلاحیت جوشکاران جهت جوشکاری انواع آلیاژهای مس EN ۲۸۷ Part ۳
- ۴) استاندارد تایید صلاحیت جوشکاران جهت جوشکاری انواع آلیاژهای نیکل EN ۲۸۷ Part ۴
- ۵) استاندارد تایید صلاحیت جوشکاران جهت جوشکاری انواع آلیاژهای تیتانیوم EN ۲۸۷ Part ۵



## آشنایی با مسائل اجرایی در کارگاه ساخت سازه های فلزی

عملیات اجرایی در کارگاه های ساخت می توان به صورت زیر طبقه بندی نمود :

۱- تهیه نقشه های ساخت باتوجه به نقشه های محاسباتی

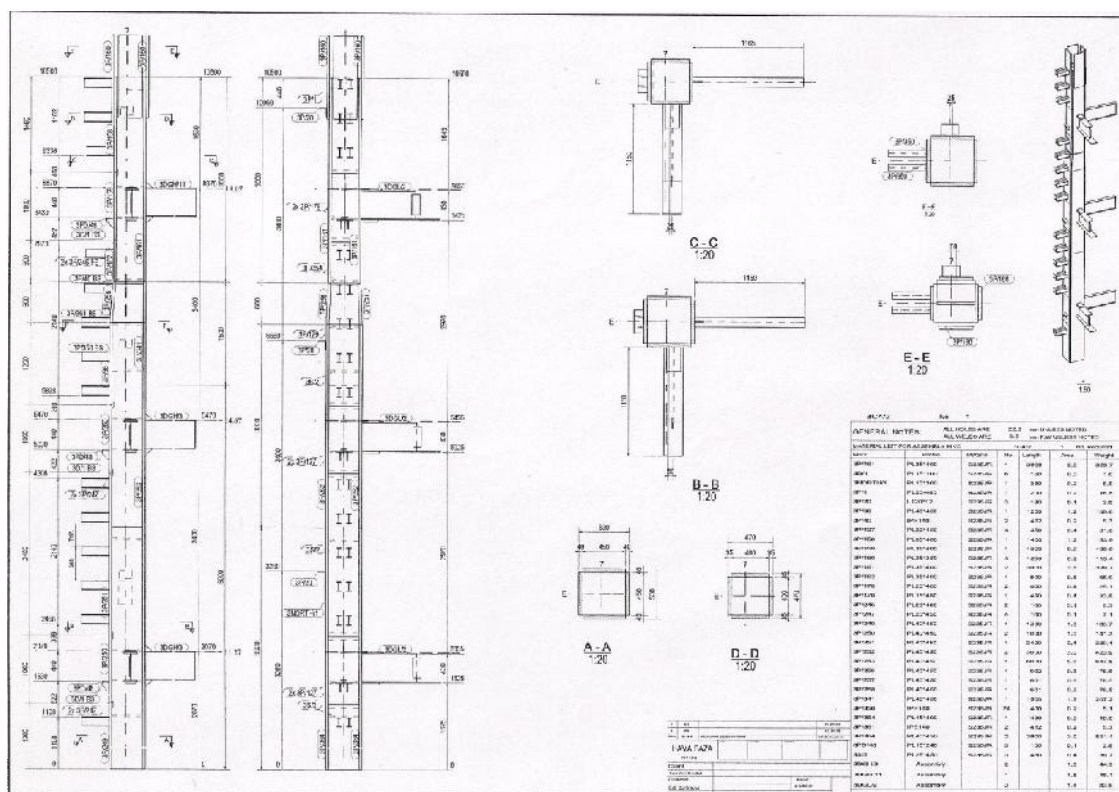
۲- عملیات برشکاری و سوراخ کاری

۳- عملیات ساخت اعضا

۴- تمیزکاری و رنگ آمیزی

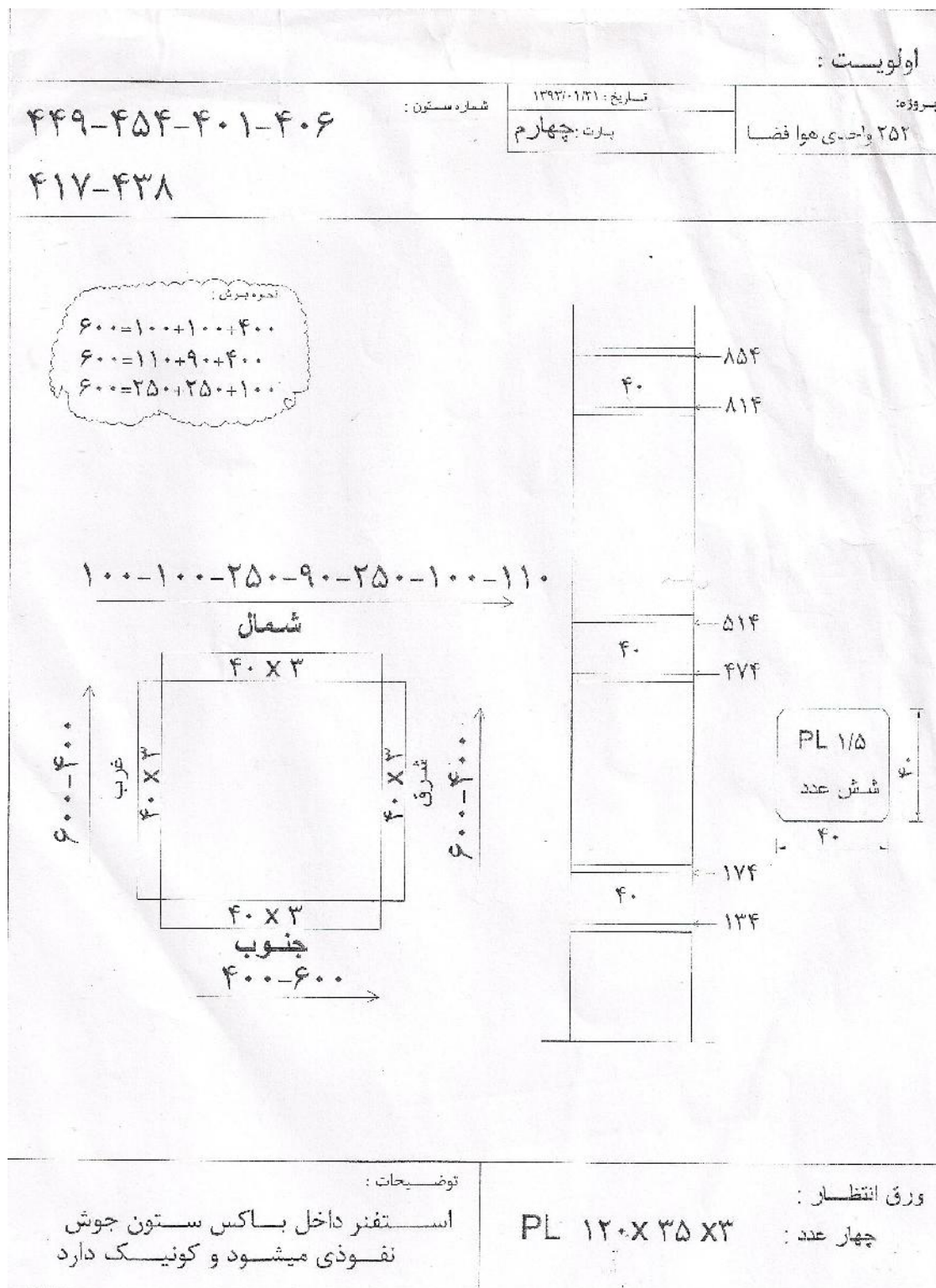
۵- بازرسی و تأیید نهایی

تهیه نقشه های ساخت : قبل از شروع عملیات اجرایی ، نقشه های محاسباتی که توسط مهندس طراح ارائه شده ، به وسیله مهندسین دفترفنی و تکنسین های پیمانکار مورد مطالعه دقیق قرار گرفته و پس از مشخص نمودن مراحل عملیات ساخت و گرفتن تاییدیه های لازم ازطراح ، اسکلت فولادی به اجزای ریزتری تقسیم شده و پس از تعیین هندسه هر جز ، ابعاد تسمه ها ، محل سوراخ ها ، نحوه ی برش لبه ها ، محل و اندازه جوش ها درمقیاس مناسب ترسیم شده ه به این مرحله تهیه نقشه کارگاهی (Shop Drawing) گویند .



نمونه نقشه Shop Drawing

البته در کارگاه هابرای درک بهتر پرسنل اجرائی نقشه های دیگر از نقشه کارگاهی تهیه می گردد .



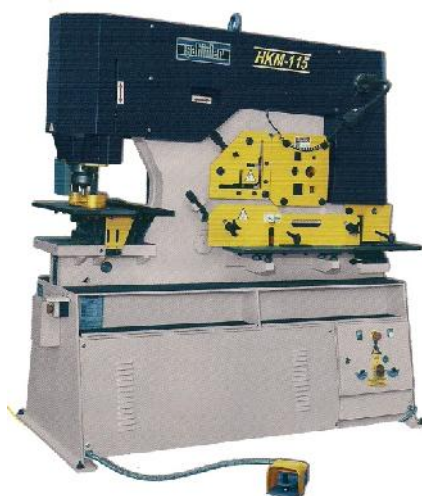
نمونه نقشه تهیه شده از نقشه Shop Drawing جهت درک بهتر پرسنل تولید در کارگاه

عملیات برشکاری و آماده سازی لبه ها : عملیات برشکاری بر حسب ضخامت ورق های مورد استفاده می تواند به دو صورت مکانیکی و حرارتی باشد . در برشکاری مکانیکی بیشترین دستگاه های قیچی ماشینی ( گیوتین ) جهت برش ورق ها تا ضخامت ۱۰ mm استفاده می گردد .



دستگاه برش گیوتین

البته برای برش برخی از نیمرخ های مورد استفاده در ساخت سازه های فلزی به روش مکانیکی از دستگاه های دیگر مانند دستگاه های چند کاره پانچ که توانایی برش نیمرخ های آماده را در اشکال گوناگون دارند نیز استفاده می گردد .



نمونه دستگاه پانچ چندکاره برای برش نیمرخ های آماده



برای انجام عملیات برشکاری به روش حرارتی ، ابتدا شاسی های مناسبی که ورق یا پرفیل رادروضعیت تخت و تراز قرار می دهند ، ساخته می شوند .



نمونه شاسی آماده شده جهت برش حرارتی به روش دستی

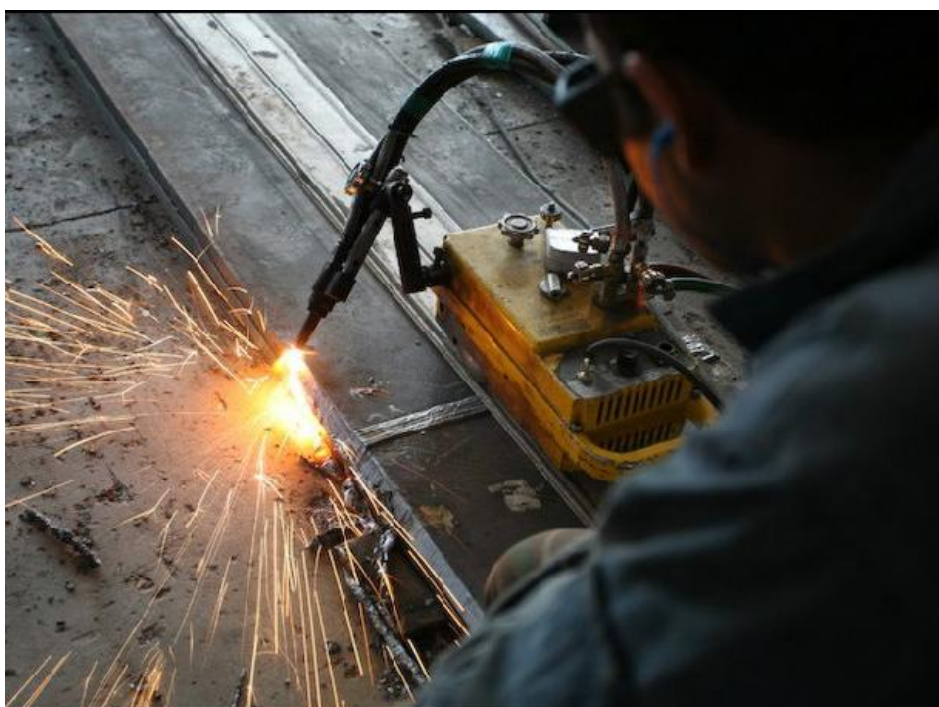


نمونه شاسی آماده شده جهت برش حرارتی نیمه اتوماتیک

بعد از استقرار ورق در روی شاسی و خط کشی آن ، ریل گذاری انجام شده و دستگاه برش اتوماتیک بر روی ریل مستقر می گردد . بر حسب ضخامت ورق ، اپراتور سرعت حرکت مناسبی برای دستگاه برش تنظیم می نماید و دستگاه با حرکت به سمت جلو عملیات برش را به صورت اتوماتیک تحت نظارت اپراتور انجام می دهد .



برش حرارتی قطعه تحت نظارت اپراتور برش



برش حرارتی قطعه تحت نظارت اپراتور برش



پس از انجام برشهای اصلی ، به دستگاه برش حرارتی زاویه داده می شود برای لبه سازی قطعه از آن استفاده می گردد . البته عملیات لبه سازی برای ضخامت های کم رامی توان به کمک دستگاه لبه زن انجام داد . با توجه به اینکه دستگاه لبه زن زاویه مورد نظر را به ورق ایجاد می نماید ، لبه به وجود آمده از کیفیت مناسبی برخوردار نیست و پس از جوشکاری ، ترکهایی در نواحی مجاور جوش به وجود می آید . به علت به وجود آمدن انقباض که در نتیجه ی برش حرارتی رخ می دهد ، در صورتی که ورق از یک طرف بریده شود ، به صورت خمیده در می آید به همین دلیل باید هر دو سمت ورق بال به صورت همزمان برش داده شوند .



برش همزمان لبه های ورق جهت جلوگیری از مشکل تابیدگی آن با استفاده از فرآیند هوا برش اتوماتیک

عملیات با یک دستگاه برش که دارای چندین مشعل است بطور همزمان صورت می گیرد .



دستگاه برش حرارتی چند مشعله

عملیات سوراخکاری : عملیات سوراخکاری به دو صورت انجام می شود

۱- بوسیله دستگاه دریل

۲- بوسیله دستگاه پانچ



عملیات سوراخ کاری با استفاده از دریل مگنت



عملیات سوراخ کاری با استفاده از دستگاه دریل رادیال



عملیات سوراخ کاری با استفاده از دستگاه پانچ چند کاره



سوراخهای ایجادشده توسط دستگاه های دریل از کیفیت بسیارخوبی برخورداراست ولی عملیات مربوطه پرهزینه می باشد . عملیات سوراخکاری درکارگاهها معمولاً بوسیله دستگاههای دریل رادیال انجام می شود . درصورتی که ضخامت ورق درحدکم یامتوسط باشد ، این عملیات رامی توان توسط دستگاههای دریل ستونی ، دریل مگنت ویا پانچ ایجاد می شود . آزمایشات نشان داده که درپیرامون سوراخهای ایجادشده توسط دستگاه پانچ درقطعه ، ترکهای میکروسکوپی به وجودآمده که درمحاسبات تاثیراینترکرا باافزودن قطر سوراخ ایجادشده توسط دستگاه پانچ به مقدار ۲ mm منظورمی نمایند . راه حل میانی این است که ابتدا سوراخی با قطرکوچکتر توسط دستگاه پانچ درقطعه ایجاد شده وسپس این سوراخ به مقدارموردنظرتوسط دستگاه دریل درقطعه گشادشود .



سوراخکاری ورق ها با استفاده از دستگاه دریل رادیال



انجام عملیات سوراخ کاری ورقها با استفاده از شابلن توسط دستگاه دریل رادیال

**ساخت اعضا :** ساخت اعضا برحسب اینکه از ورق یا پرفیل ساخته شوند متفاوت خواهد بود . در صورتیکه اعضا سازه فلزی از ورق ساخته شوند ، مراحل کار به صورت زیر است

۱- تسمه سازی

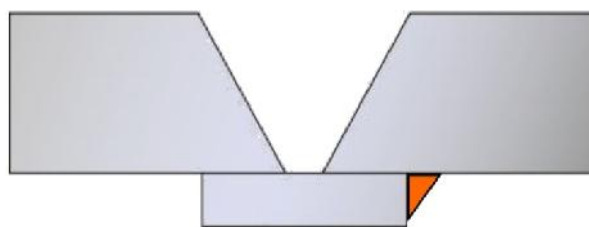
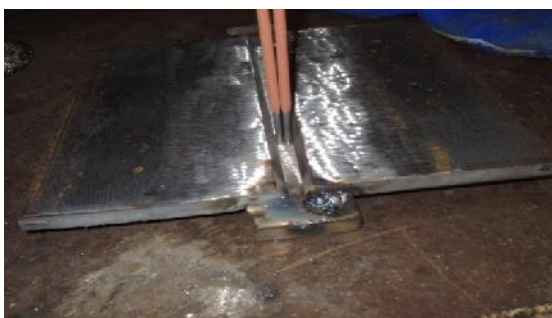
۲- مونتاژ قطعات برحسب نوع و شکل سازه (ستون یا پل)

۳- تکمیل ج.شکاری قطعات مونتاژ شده

۴- عملیات بازرسی و تایید نهایی

**تسمه سازی :** برحسب نوع آماده سازی لبه ها و درز حاصل ، انواع مختلفی از اتصال شیار با طرح اتصال لب به لب به وجود می آید . شیارهای لاله ای U و نیم لاله ای J کمترین مقدار فلز جوش را لازم دارند ، اما در عین حال عملیات سنگینی و آماده سازی لبه های قطعه کار به اشکال ذکر شده بسیار پرهزینه و مشکل است لذا در بیشتر موارد از شیارهای جناقی V استفاده می گردد . که با کاهش زاویه فلز جوش مورد استفاده در درز اتصال کاهش می یابد . لیکن با کاهش این زاویه ، فاصله دهانه ریشه باید جهت نفوذ فلز جوش مذاب در کل طول ضخامت قطعه و به منظور ایجاد جوش با استحکام بالا در قطعه ، افزایش یابد . از طرف دیگر با افزایش دهانه ریشه امکان ایجاد اتصال مناسب بین قطعات اتصال کاهش می یابد که از این رو باید تعادلی بین زاویه لبه سازی و فاصله دهانه ریشه وجود داشته باشد . در ورقهای ضخیم ، شیار با زاویه کمتر و ریشه بزرگتر ، کمترین مقدار فلز جوش را لازم دارد .

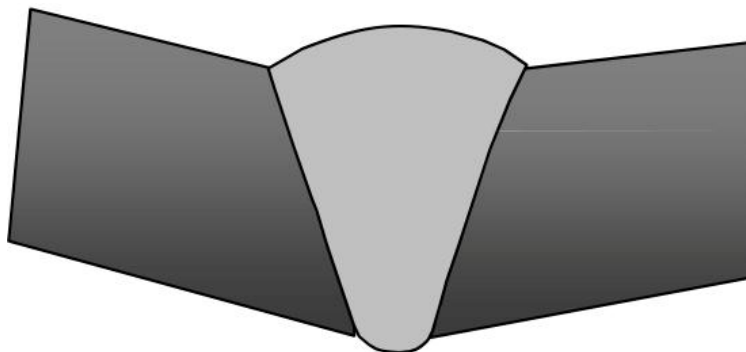
چنانچه تسمه پشت بند مورد استفاده قرار گیرد ، دست طراح در انتخاب فاصله ریشه باز خواهد بود ، لیکن جوشکاری به روی قطعه تنها از یک سمت صورت گرفته و طرح اتصال جناقی V یکطرفه خواهد بود .



طریقه استفاده از تسمه پشت بند در اتصال جناقی (V)

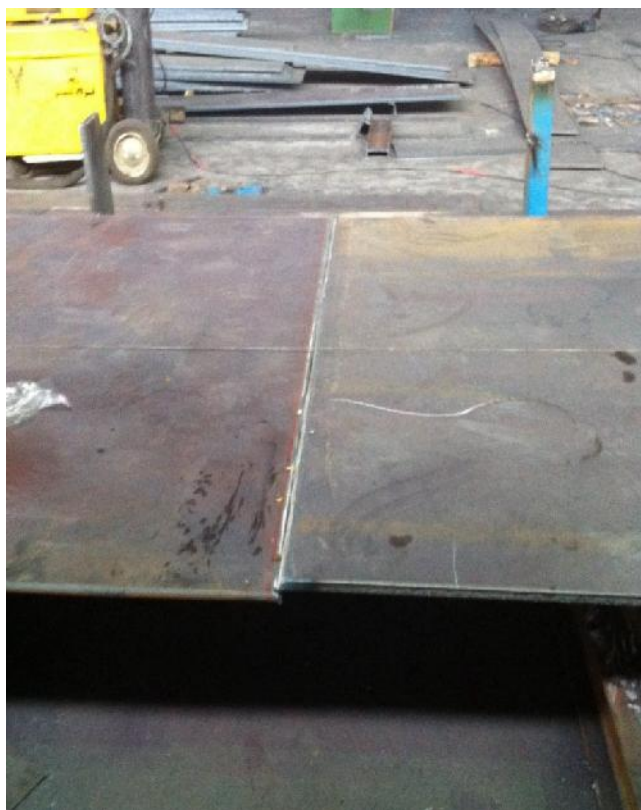
اما اگر تسمه پشت بند مورد استفاده قرار نگیرد ، دهانه ریشه باید در حدود ۳ mm باز نگه داشته شود . در این صورت جوش روی دهانه ریشه پل زده و پایین نمی ریزد . در این حالت شیار با طرح اتصال یک طرفه V و یا دو طرفه X بوده و در هر دو صورت پس از پایان عملیات جوشکاری ریشه از یک سمت ، قطعه باید به سمت دیگر چرخانده شده و عملیات سنگ زنی در محل ریشه از سمتی که جوشکاری نشده است به روی آن صورت گرفته و سپس عملیات جوشکاری به روی آن صورت گیرد . انجام این عمل سلامت جوش را تضمین می کند . در صورتی که ضخامت ورق کمتر از ۱۰ mm باشد استفاده از عملیات جوشکاری یک

طرفه کافی بوده ولی با افزایش ضخامت استفاده از طرح اتصال شیار دو طرفه ارجحیت داشته و باید به خاطر داشت که با افزایش ضخامت قطعه و در صورت استفاده از طرح اتصال شیار یک طرفه ، احتمال تغییر شکل زاویه ای (Angular Deformation) در قطع بیشتر می گردد .



شکل شماتیک از تغییر شکل زاویه ای بر اثر عدم رعایت توالی در جوشکاری قطعه

**هم راستا کردن ورق ها :** هم راستا کردن جهت افزایش و بهبود عملیات جوشکاری ضروری است . زمانی که ورق ها زیاد ضخیم نیستند ، می توان گیره های کوچکی به انتهای یکی از ورق ها جوش داد و با استفاده از گوه فولادی بین هر گیره و ورق دیگر ، لبه های دو قطعه را هم راستا نمود .



طریقه هم راستا نمودن ورق ها رد کارگاه به روی شاسی با استفاده از ریسمان قبل از اتصال موقت آنها با استفاده از خال جوش





طریقه همراهی نمودن ورق ها قبل از انجام جوشکاری



مشخص نمودن مرکز قطعات برای همراهی نمودن آنها با ریسمان

**ریزش فلز جوش از انتهای اتصال :** به علت ریزش فلز مذاب ، انتهای شیارهای لب به لب صورت تمام ضخامت در نمی آیند . برای رفع این عیب ، غالباً در انتهای شیارها وبه کمک وصل نمودن تسمه اضافی (لقمه) به دوانتهای شیار ، فلز مذاب جوش را در داخل طرح اتصال شیار به صورت یکسان در طول شیار هدایت کرده و از به وجود آمدن عیوب در دوسر طرح اتصال شیار جلوگیری می کنند . البته تسمه های اضافه شده پس از پایان عملیات جوشکاری به وسیله عملیات سنگزنی از قطعه اصلی جدا می گردند .



عدم پرشدگی دوسر قطعه با طرح اتصال شیار به وسیله عملیات جوشکاری



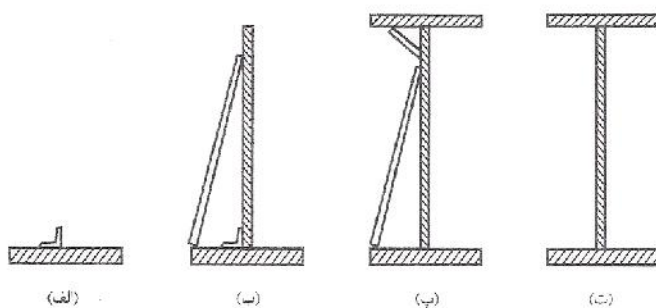
استفاده از تسمه اضافی (لقمه) در هنگام جوشکاری قطعات با طرح اتصال شیار جهت جلوگیری از سرریز شدن فلز مذاب در دوسر قطعه



مونتاژ ورق های بال و جان درستونهای H: در ساخت تمام اتوماتیک، ابتدا ورق بال و جان با خال جوش به هم متصل شده و سپس توسط جوش بافرآیند قوسی زیرپودری و با کامل شدن نوار جوش به یکدیگر متصل می گردند.



طریقه مونتاژ ستون های H در کارگاه

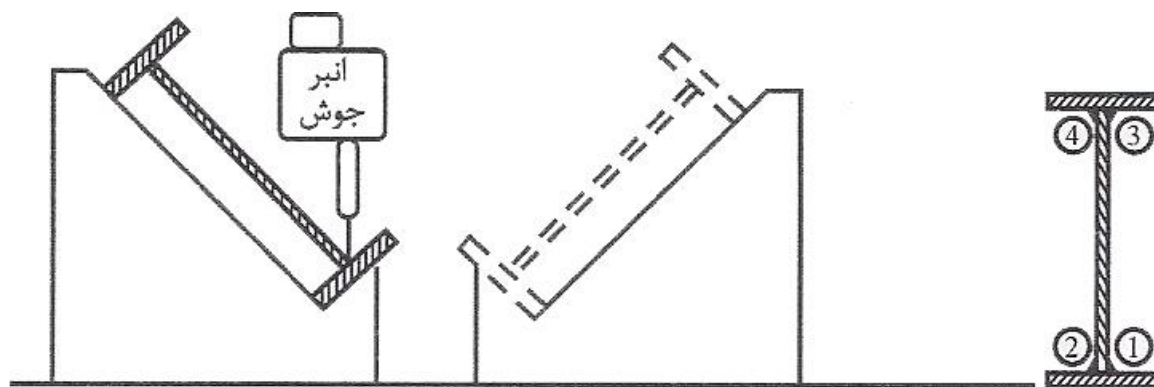


مراحل مونتاژ و جوشکاری ورق جان و بال تیروورق.

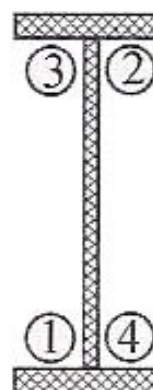
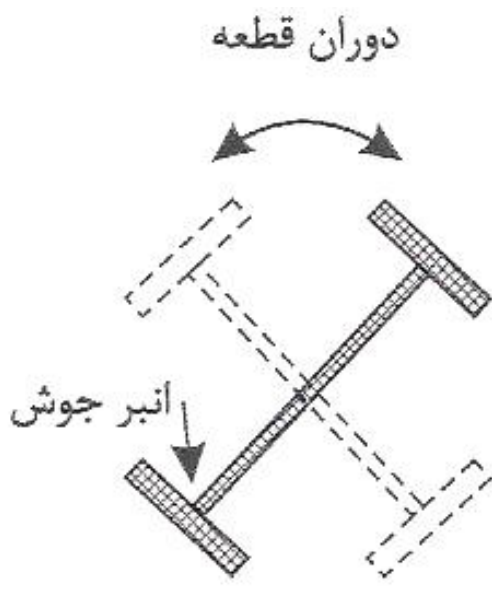


جوشکاری تیروورق در گیره و قالب.

**جوشکاری بال و جان ستونهای H:** پس اتصال موقت ورق ها دو بال به ورق جان ستون با استفاده از خال جوش هامناسب ستون جهت تکمیل جوش طولی خودبه روی پایه های مخصوص دستگاه مونتاژجوشکاری زیرپودری انتقال یافته وپس ازانجام عملیات تمیزکاری به روی سطح اتصال وقبل ازشروع عملیات جوشکاری زیرپودری ، اپراتوردستگاه جوشکاری زیرپودری جهت انجام عملیات اتصال قطعات به یکدیگردرمحل شروع اتصال تنظیم نموده وسپس دوقطعه جان وبال ستون تحت فرآیند قوسی زیرپودری به یکدیگرمتمصل می شوند . این عملیات درکل طول طرح اتصال وتا رسیدن ابعادواندازه های فلزجوش به مقدارموردنظرطراح سازه جهت مقاومت ستون دربرابرنیروها وتنشهای واردبرآن دربارگذاری اصلی سازه ، ادامه می یابد .



طریقه تکمیل فرآیندجوشکاری پل ها وستون های H درکارگاه



طریقه تکمیل فرآیندجوشکاری پل ها وستون های H درکارگاه





دستگاه جوشکاری زیرپودری با منعلقات آن

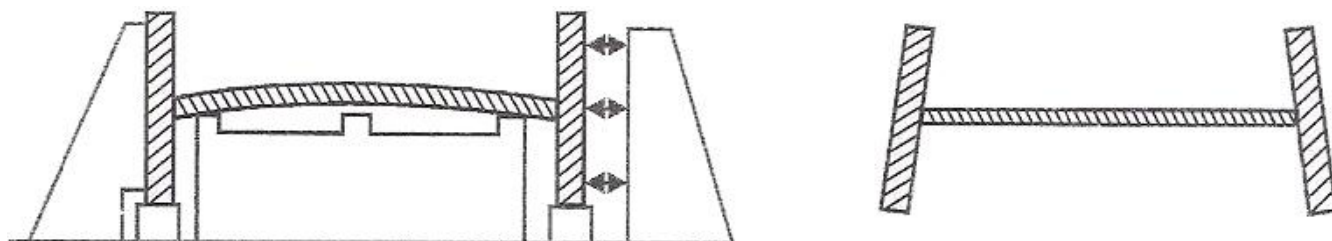


آماده سازی قطعه جهت انجام فرآیند جوشکاری قوسی زیر پودری



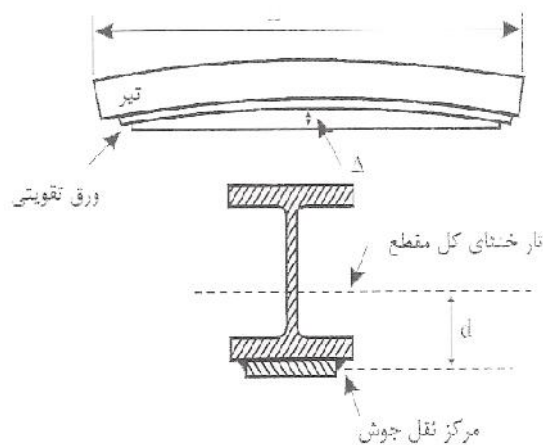
طریقه تغییر موقعیت قطعه پس از پایان عملیات جوشکاری در یک سمت آن

اگر ورق بال دارای ضخامت کم تر و عرض بیشتری از ورق جان باشد ، امکان ایجاد پدیده تحدب یا هلالی شدن در ورق بال و در حین انجام عملیات جوشکاری آن وجود خواهد داشت . در بعضی از موارد جهت جلوگیری از به وقوع پیوستن این مشکل و در زمان مونتاژ از سخت کننده های موقت (دیاق) برای مونتاژ قطعات ورق های بال به ورق جان استفاده می کنند که این سخت کننده های موقت پس از انجام کامل عملیات مونتاژ و قبل از تکمیل عملیات اتصال نهایی ، از قطعه جدایی گردند .

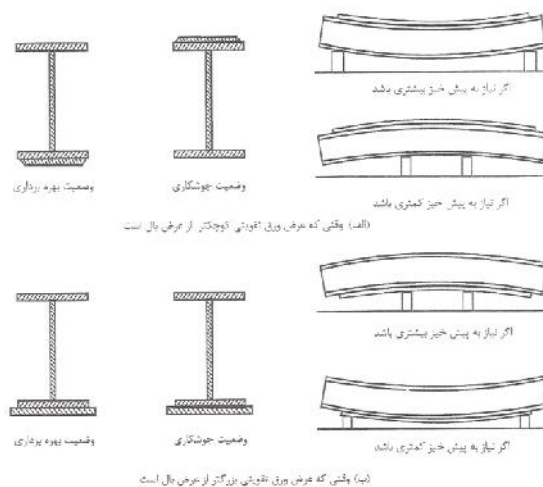


تحدب یا هلالی شدن قطعه در حین مونتاژ

**ورق های تقویت بال :** بسیاری از اوقات جهت افزایش ظرفیت خمش تیرهای ساخته شده یا نورد شده ، ورقهای تقویتی به بالهای آنها اضافه می شود . معمولاً دو ورق تقویتی به گونه ای قرار می گیرند که تقارن مقطع رانسبت به محور افقی حفظ کنند . اتصالات جوشی ورق های تقویتی به بال تیرها ، منجر به انقباض تیر در نتیجه خنک شدن فلز جوش می شود و در صورتیکه ورق تقویت در هر دو بال اجرا گردد ، این انقباض در بالا و پایین بالهای تیر متعادل شده و تیر تغییر شکل نخواهد داشت . اما در صورتیکه ورق تقویتی در یکی از بالها اجرا گردد ، انقباض نامتعادل باعث خمیدگی و انحنا ی آن می شود . اگر انحنا ی ناشی از جوشکاری ، بیش از حد لازم برای پیش خیز گردد ، تیر باید طوری تکیه داده شود که افتادگی ناشی از وزن در خلاف جهت انحنا ی جوش باشد و چنانچه انحنا ی ناشی از جوشکاری برای پیش خیز کافی نباشد ، تیر طوری تکیه داده شود که افتادگی آن به علت وزن ، هم جهت با انحنا ی جوش باشد . یک سازنده با تجربه تیر را در نزدیکی دوانتهای و یا در نزدیکی وسط (جهت حصول خیز اولیه لازم) تکیه می دهد .



انحنا ی ناشی از اضافه نمودن ورق تقویت به یکی از بال ها

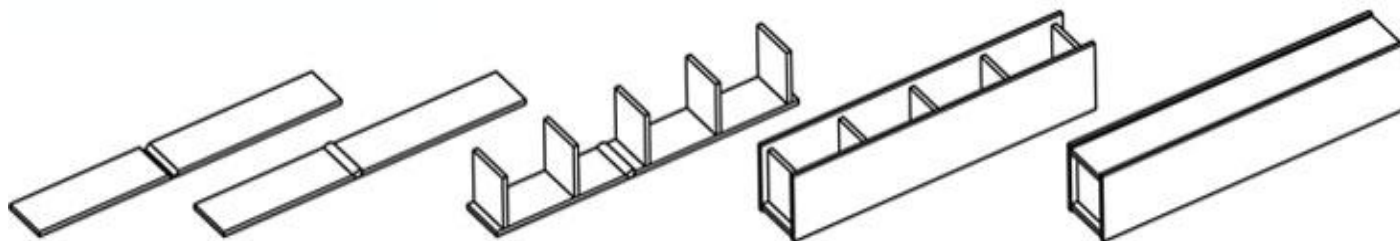


اگر عرض ورق تقویتی کوچکتر از عرض بال تیر باشد ، باید به طور معکوس به بال جوش گردد . اتکای این تیر در نزدیکی نقاط انتهایی آن ، انحنا ی نهایی را افزایش و حال آنکه اتکای تیر در نزدیکی نقطه میانی این کمیت را کاهش می دهد . اما در صورتی که عرض ورق تقویتی بیشتر از بال تحتانی باشد ، باید در موقعیت مستقیم جوش شود .



**طریقه ساخت ستونها جعبه ای (Box):** ستونهای جعبه ای (Box) دارای دو بال و دو جان می باشند و در اکثر سازه های ساختمانی با اسکلت فلزی مورد استفاده قرار می گیرند. با توجه به عدم امکان دسترسی به داخل اینگونه از مقاطع ساخته شده پس تکمیل عملیات مونتاژ آنها، در هنگام مونتاژی از چهار وجه (درپوش) آن در پایان مونتاژ به ستون متصل می گردد. برای مونتاژ این مقاطع ابتدای قالب یافیکسچر مناسب در روی شاسی ساخته شده و پس از اتمام عملیات تسمه سازی ورق های سه وجه، یکی از بالها به روی شاسی قرار گرفته و دو جان دیگر پس از اتمام کامل مرحله تسمه سازی مطابق بانقشه های کارگاهی با رعایت مقدار فاصله لازم از بال زیرین به روی آن مونتاژ می گردد.

جهت مونتاژ دو وجه جان به روی بال زیرین، تعدادی ورق کوچک به صورت گونیا (دیاق) بریده شده و از داخل به روی بال مونتاژ می شوند به نحوی که دو ورق جان پس از مونتاژ و اتصال با آنها در محل نهایی خود قرار گیرند. پس از مونتاژ ورق های جان به روی بال، گونیا بودن آنها توسط مونتاژ کاران و بوسیله ی ابزارهای مناسب نظیر گوه و گونیا و همراه با ضربات پتک کنترل می شود. ورق های سخت کننده (استیفنر) نیز در این مرحله و مطابق بانقشه های کارگاهی باید در داخل ستون جعبه ای (Box) که اکنون به صورت یک مقطع U شکل می باشد، نصب می گردند. این کار با رعایت اضافه طول مناسب جهت انقباض و انبساط های پس از عملیات جوشکاری در قطعه که متناسب با ضخامت ورق و اندازه جوش بال به جان می باشد، صورت می گیرد.



شکل شماتیک مراحل ساخت ستونهای جعبه ای (Box)



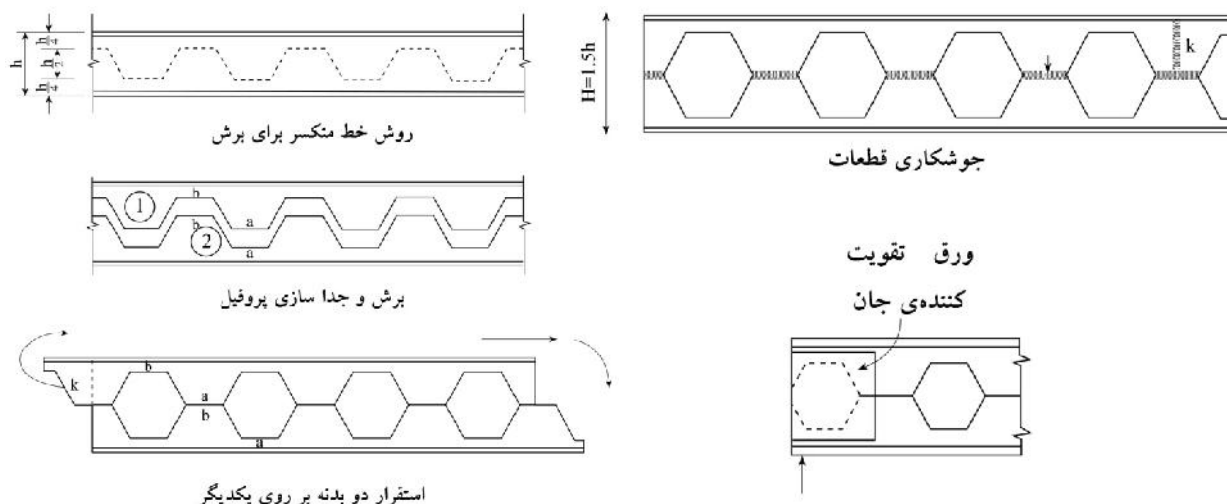
ستونها جعبه ای (Box) در حال مونتاژ درپوش و پس از تکمیل عملیات مونتاژ درپوش

**طریقه ساخت تیرهای لانه زنبوری :** برای ساخت تیرهای لانه زنبوری از تیر آهن های نورد شده و آماده از دوروش برش کوپال و روش برنول استفاده می گردد .

۱- **برش به روش کوپال :** در این روش ساخت تیرهای لانه زنبوری با استفاده از دستگاه قطع کن سنگین که به گیوتین مخصوص مجهز است ، تیر آهن ها به شکل سرد در امتداد خط منکسر قطع می شود .

۲- **برش به روش برنول :** در این روش ساخت تیرهای لانه زنبوری برش تیر آهن ها به صورت گرم انجام می گیرد ، به این صورت که کارگرماهر تیر آهن ها را با استفاده از عملیات برش با شعله برش داده و بدین ترتیب تیرهای لانه زنبوری را از تیر آهن ها نورد شده ایجاد می کند . بریدن تیرهای سبک به وسیله ماشینهای برش حرارتی شابلن دار نسبتاً ساده است .

**روش ساخت تیرهای لانه زنبوری و تقویت آن :** برای تهیه تیرهای لانه زنبوری ، ابتدا در جانتیر آهن نورد شده با استفاده از آلگوکه به صورت نصف شش ضلعی از ورق آهن سفید یک میلیمتری (شابلن) با توجه به استاندارد ساخته شده علامت گذاری می شود ، سپس تیر آهن را در نقاط مختلف آن برای جلوگیری از تاب برداشتن بر روی یک شاسی افقی با زدن تک خال جوش مستقر می کنند . آنگاه با استفاده از دستگاه برش گرمایی (برنول) در امتداد خط منکسر اقدام به برش می کنند تا پروفیل به دو قسمت تقسیم شود . حال باید یکی از قسمت ها را به اندازه یک دندانه جابجا کرده و دندانه های دو قسمت را با دقت مقابل هم قرار دهیم و از دو طرف ، آنرا جوشکاری کنیم . استفاده از جوش قوسی نیمه اتوماتیک برای اتصال دو نیمه ی بریده شده ، یک جوش خوب ، بی عیب ، سریع و مقرون به صرفه ایجاد خواهد کرد . همانطور که گفته شد ، تیر ساخته شده در محل تکیه گاه با توجه به حفره های خالی آن در مقابل تنشهای برشی ضعیف می شود . برای جبران این نقیصه ، محل های ضعف و حفره ها با ورق های تقویتی پرمی شود . لازم به ذکر است که حداقل باید یک حفره در تکیه گاه با ورق به وسیله جوش کامل پر شود .



شکل شماتیک تهیه تیرهای لانه زنبوری از نیمرخ ها و تیر آهن های ساخته شده



دستگاه برش کوپال جهت ساخت تیرهای لانه زنبوری



نحوه برش تیرآهن های نوردشده توسط دستگاه کوپال



تیرهای لانه زنبوری ساخته شده پس از تکمیل عملیات جوشکاری

## آشنایی با روش بازرسی چشمی درسازه های فلزی

**بازرسی چشمی :** بازرسی چشمی ممکن است بوسیله افرادی سازمانهای مختلفی انجام گیرد . افرادی که بازرسی چشمی را در مراحل جوشکاری انجام می دهند شامل جوشکاران ، ناظران جوش ، بازرس جوش کارفرما ، بازرس خریدار یا بازرس هماهنگ کننده ، می شود . آزمون چشمی روشی برای شناسایی نواقص و معایب سطحی می باشد .



کنترل ابعادی قطعات در حال مونتاژ

نتیجتاً هر برنامه کنترل کیفیت که شامل بازرسی چشمی می باشد ، باید محتوی یک سری آزمایشات متوالی انجام شده در طول تمام مراحل کاری در ساخت قطعه باشد . بدین گونه بازرسی چشمی سطوح معیوب را که در مراحل ساخت اتفاق می افتد ، مشخص نموده و کشف و تعمیر این عیوب در زمان ساخت قطعه ، هزینه ها تولید مجدد آن را کاهش داده و بطوری که نشان داده شده است بسیاری از عیوبی که بعدها با روشهای تست پیشرفته تر ، کشف می شوند ، با بازرسی چشمی در مراحل قبل ، حین و بعد از جوشکاری به راحتی قابل کشف می باشند لذا سازندگان فایده یک سیستم کیفیتی که بازرسی چشمی منظمی داشته است را بخوبی درک کرده اند .

میزان تاثیر بازرسی چشمی هنگامی بهتری شود که یک سیستمی که تمام مراحل بازرسی (قبل ، حین و بعد از جوشکاری) راتحت کنترل قرار دهد ، بصورت قانونی اجرا شود .



قبل از جوشکاری ، یک سری موارد نیاز به توجه بازرس چشمی دارد که شامل زیراست :

مرور مشخصات طراح ها

چک کردن تاییدیه دستورالعملهای جوش و تایید صلاحیت پرسنل جوشکاری

برقراری ایستگاه های مناسب جهت تست قطعات در مراحل مختلف ساخت

مرور مواد مورد استفاده

چک کردن ناپیوستگی های فلز پایه

چک کردن مونتاژ و تراز بندی اتصالات جوش

چک کردن پیش گرمایی در صورت نیاز



نحوه ی چک کردن ابعاد عملیات جوشکاری با استفاده از گیج Fillet

**نقاط نگهداری :** نقاط تست یا نقاط نگهداری جایی است که باید قبل از انجام هرگونه عملیات بعدی ساخت به روی قطعه ،

آزمونهای لازم جهت بررسی صحت و سلامت عملیات های قبلی ، انجام شود . این موضوع در پروژه های بزرگ ساخت

یا تولیدات جوشکاری انبوه ، بیشترین اهمیت را دارد .

**روشهای جوشکاری :** مرحله دیگر مقدماتی این است که اطمینان حاصل کنیم آیاروشهای قابل اعمال جوشکاری ، ملزومات کار را برآورده می سازند یا نه ؟ مستندات مربوط به تایید صلاحیت های جوشکاران هر کدام بطور جداگانه باید مرور شود . طراحی ها و مشخصات معین می کنند که چه فلزهای پایه ای باید به یکدیگر متصل شوند و چه فلز پرکننده باید مورد استفاده قرار گیرد . برای جوشکاری سازه و دیگر کاربردهای بحرانی ، جوشکاری بطور معمول بر طبق روشهای تایید شده ای که متغیرهای اساسی پروسه را ثبت می کنند و بوسیله جوشکارانی که برای پروسه ، ماده و موقعیتی که قرار است جوشکاری شود ، تایید شده اند ، انجام می گیرد . در بعضی موارد مراحل اضافی برای آماده سازی مواد مورد نیاز می باشد . بطور مثال در جاهایی که الکترودهای از نوع کم- هیدروژن مورد نیاز باشد ، وسایل ذخیره آن باید بوسیله سازنده در نظر گرفته شود .



کشف ترک طولی به هنگام انجام بازرسی چشمی قطعه

**مواد پایه :** قبل از جوشکاری ، شناسایی نوع ماده و یک تست کامل از فلزات پایه ای مربوطه باید انجام گیرد . اگر یک ناپیوستگی همچون تورق صفحه ای وجود داشته باشد و کشف نشده باقی بماند روی صحت ساختاری کل جوش احتمال تاثیر دارد . در بسیاری از اوقات تورق در طول لبه ورقه قابل رویت می باشد . بخصوص در لبه هایی که با گاز اکسیژن برش داده شده است .

**مونتاژ اتصالات:** برای یک جوش، بحرانی ترین قسمت ماده پایه، ناحیه ای است که برای پذیرش فلز جوشکاری به شکل اتصال، آماده سازی می شود. اهمیت مونتاژ اتصالات قبل از جوشکاری رانمی توان به اندازه کافی تاکید کرد. بنابراین آزمون چشمی مونتاژ اتصالات از تقدم بالایی برخوردار است. مواردی که قبل از جوشکاری باید در نظر گرفته شود شامل زیر است:

زاویه شیار (Groove angle)، دهانه ریشه (Root opening)، تراز بندی اتصال (Joint alignment)، پشت بند (Backing)، الکترودهای مصرفی (Consumable insert)، تمیز بودن اتصال (Joint cleanliness)، خال جوش ها (Tack welds)، پیش گرم کردن (Preheat) هر کدام از این فاکتورها رفتار مستقیم روی کیفیت جوش بوجود آمده دارند.

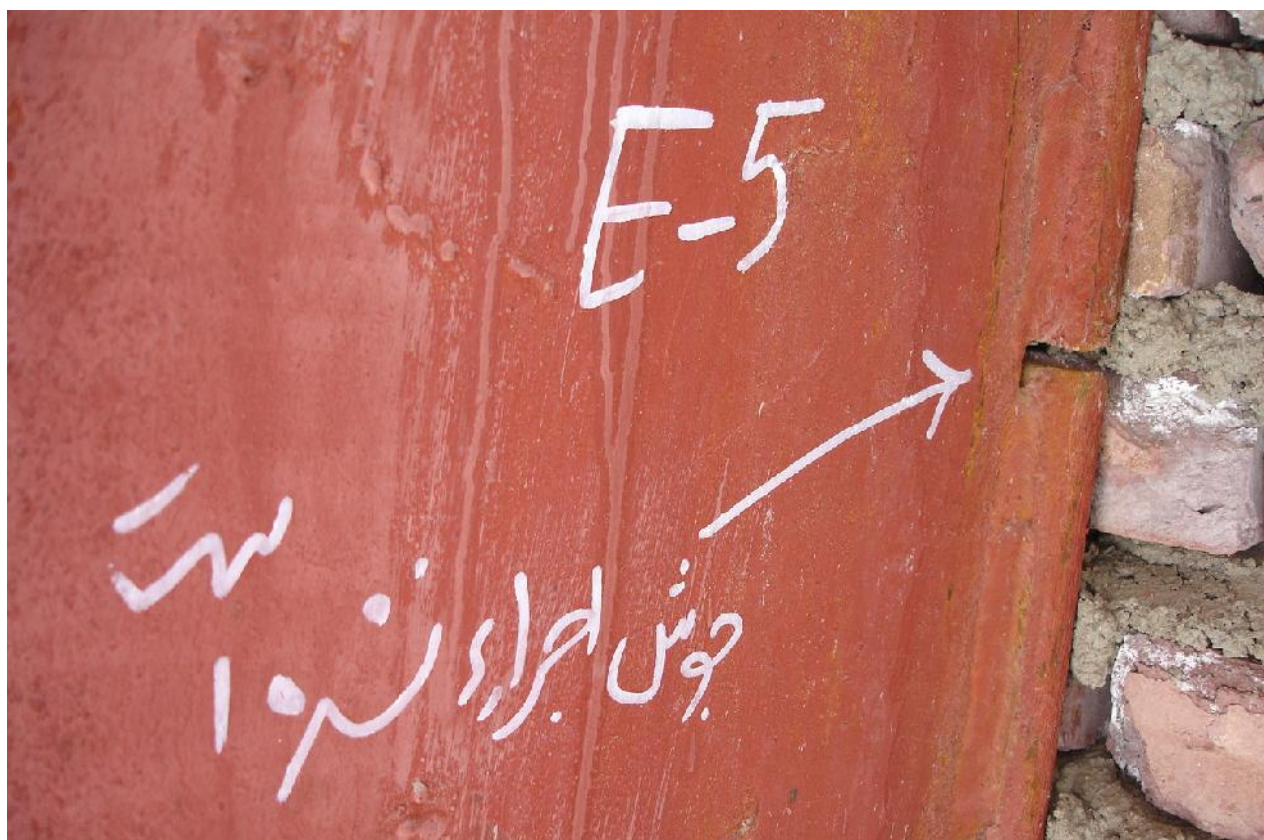


شکست شدن خال جوش ها مونتاژ قطعه بر اثر کیفیت نامناسب مونتاژ و بی دقتی در دپوی قطعات در کارگاه

اگر مونتاژ ضعیف باشد، کیفیت جوش احتمالاً زیر حد استاندارد خواهد بود. دقت زیاد در طول مونتاژ کردن یا سوار کردن اتصال می تواند تاثیر زیادی در بهبود جوشکاری داشته باشد. اغلب آزمایش اتصال قبل از جوشکاری عیوبی را که در استاندارد محدود شده اند را آشکار می سازد، البته این اشکالات، محل هایی می باشند که در طول مراحل بعدی بدقت می توان آنها را بررسی کرد. برای مثال، اگر اتصال از نوع سپری (T-Joint) برای جوشهای گوشه ای (Fillet welds) شکاف وسیعی از ریشه نشان دهد، اندازه جوش گوشه ای مورد نیاز باید به نسبت مقدار شکاف ریشه افزوده شود. بنابراین اگر بازرسی بدانند چنین وضعیتی وجود دارد، مطابق به آن، نقشه یا اتصال جوش باید علامت گذاری شود، و آخرین تعیین اندازه جوش به درستی شرح داده شود.



**حین جوشکاری :** در حین جوشکاری ، چندین مورد وجود دارد که نیاز به کنترل دارد تا نتیجه جوش رضایت بخشی حاصل شود .  
 آزمون چشمی اولین متد برای کنترل این جنبه از ساخت می باشد . این روش می تواند ابزار ارزشمندی در کنترل پروسه باشد .  
 بعضی از جنبه های ساخت که باید کنترل شوند شامل مواردی مانند کیفیت پاس ریشه جوش (weld root bead) ، آماده سازی ریشه اتصال قبل از جوشکاری طرف دوم ، پیش گرمی و دماهای بین پاسی ، توالی پاسهای جوش ، تمیز نمودن بین پاسها ، پیروی از دستورالعملهای کاری همچون ولتاژ ، آمپر ، میزان حرارت ورودی و سرعت می شود . هر کدام از این فاکتورها اگر نادیده گرفته شود سبب بوجود آمدن ناپیوستگی هایی می شود که می تواند کاهش جدی کیفیت را در بر داشته باشد .



عدم انجام بازرسی مناسب در حین ساخت قطعه و کشف آن در زمان اجرای سازه

**پاس ریشه جوش :** شاید بتوان گفت بحرانی ترین قسمت هر جوشی پاس ریشه جوش می باشد. مشکلاتی که در این نقطه وجود دارد در نتیجه بسیاری از عیوب که بعدها در یک جوش کشف می شوند مربوط به پاس ریشه جوش می باشند . بازرسی چشمی خوب روی پاس ریشه جوش می تواند بسیار موثر باشد .

وضعیت بحرانی دیگر ریشه اتصال در درزهای جوش دوطرفه هنگام اعمال جوش طرف دوم بوجود می آید .

این مساله معمولاً شامل

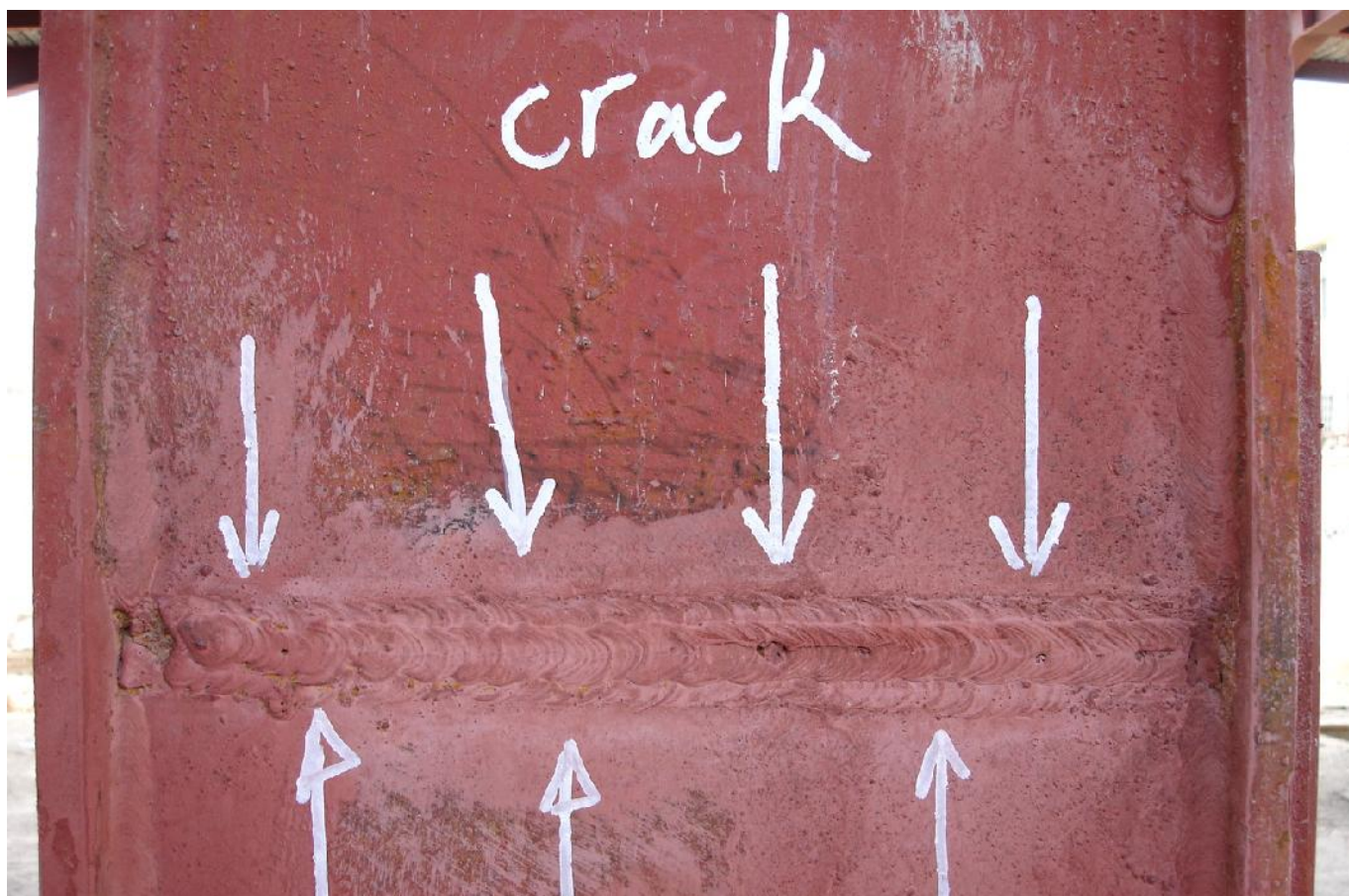
جداسازی سرباره (slag)

تراشه برداری (chipping)

رویه برداری حرارتی (thermal gouging)

سنگ زنی (grinding)

می باشد . وقتی که عملیات جداسازی کاملاً انجام گرفت آزمایش منطقه گودبرداری شده قبل از جوشکاری طرف دوم لازم است . این کار به خاطر این است که از جاداشدن تمام ناپیوستگی ها اطمینان حاصل شود . اندازه یا شکل شیار برای دسترسی راحت تر به تمام سطوح امکان تغییر دارد .



عدم بازرسی مناسب در حین ساخت قطعه و توجه نکردن به جداسازی سرباره حبس شده در شیار اتصال منجر به گسترش ترک طولی در سرتاسر محل اتصال گردیده



**پیش گرمی و دماهای بین پاس :** پیش گرمی و دماهای بین پاس می توانند بحرانی باشند و اگر تخصیص یابند قابل اندازه گیری می باشند . محدودیت ها اغلب بعنوان می نیمم ، ماکزیمم و یا هر دو بیان می شوند . همچنین برای مساعدت در کنترل مقدار گرمادر منطقه جوش ، توالی و جای تک تک پاسها اهمیت دارد . بازرس باید از اندازه و محل هر تغییر شکل یا چروکیدگی سبب شده بوسیله حرارت جوشکاری آگاه باشد . بسیاری از اوقات همزمان با پیشرفت گرمای جوشکاری اندازه گیری های تصحیحی گرفته می شود تا مسائل کمتری بوجود آید .



عدم مهارت جوشکار در پر نمودن شیار در دوسر طرح اتصال

**آزمایش بین لایه ای :** برای ارزیابی کیفیت جوش هنگام پیشروی عملیات جوشکاری ، بهتر است که هر لایه بصورت چشمی آزمایش شود تا از صحت آن اطمینان حاصل شود . همچنین با این کار می توان دریافت که آیا بین پاسها خوبی تمیز شده اند یا نه ؟ با این عمل می توان امکان روی دادن ناخالصی سرباره در جوش پایانی را کاهش داد . بسیاری از این گونه موارد احتمالاً در دستورالعمل جوشکاری اعمالی ، آورده شده اند . در این گونه موارد ، بازرسی چشمی که در طول جوشکاری انجام می گیرد اساساً برای کنترل این است که ملزومات روش جوشکاری رعایت شده باشد .

**بعد از جوشکاری :** بسیاری از افراد فکرمی کنند که بازرسی چشمی درست بعد از تکمیل جوشکاری شروع می شود . به هر حال اگر همه مراحل که قبلا شرح داده شد ، قبل و حین جوشکاری رعایت شده باشد ، آخرین مرحله بازرسی چشمی به راحتی تکمیل خواهد شد . از طریق این مرحله از بازرسی نسبت به مراحل که قبلا طی شده و نتیجتاً جوش رضایت بخشی را بوجود آورده اطمینان حاصل خواهد شد . بعضی از مواردی که نیاز به توجه خاصی بعد از تکمیل جوشکاری دارند عبارتند از:

- ظاهر جوش بوجود آمده
- اندازه جوش بوجود آمده
- طول جوش
- صحت ابعادی
- میزان تغییر شکل



بازرسی ریشه طرح اتصال شیاری پس از پایان جوشکاری پاس ریشه

**عملیات حرارتی بعد از جوشکاری :** هدف اساسی از بازرسی جوش بوجود آمده در آخرین مرحله این است که از کیفیت جوش اطمینان حاصل شود . بنابراین در آزمون چشمی چندین چیز مورد نیاز است . بسیاری از کدها و استانداردها میزان ناپیوستگی هایی که قابل قبول هستند را شرح می دهد و بسیاری از این ناپیوستگی ها ممکن است در سطح جوش تکمیل شده بوجود آیند .



**ناپیوستگی ها :** بعضی از انواع ناپیوستگی هایی که در جوشها یافت می شوند عبارتند از

تخلخل

ذوب ناقص

نفوذ ناقص در درز

بریدگی (سوختگی) کناره جوش

روپهم افتادگی

ترکها

ناخالصی های سرباره

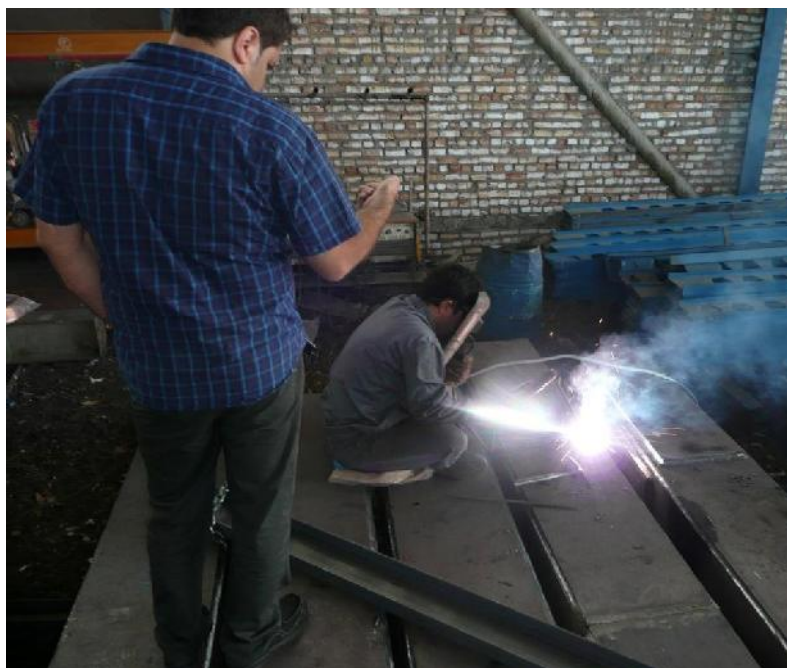
گرده جوش اضافی

**عملیات حرارتی بعد از جوشکاری :** به لحاظ اندازه ، شکل یا نوع فلز پایه ممکن است عملیات حرارتی بعد از جوش در روش جوشکاری اعمال شود . این کار فقط از طریق اعمال حرارت (گرما) در محدوده دمایی بین پاسی یا نزدیک به دمای آن ، صورت می گیرد تا از لحاظ متالورژیکی خواص جوش بوجود آمده را کنترل نماید . حرارت دادن در درجه حرارت دمای بین پاس ، ساختار بلوری را به استثناء موارد خاص تحت تاثیر قرار نمی دهد . بعضی از حالات ممکن است نیاز به عملیات تنش زدایی حرارتی داشته باشند . بطوری که قطعات جوش خورده بتدریج در یک سرعت مشخص تا محدوده تنش زدایی (تقریباً ۵۹۰ تا ۶۵۰ درجه سانتی گراد) برای اکثر فولادهای کربنی گرماداده می شود . بعد از نگهداری در این دما به مدت یک ساعت برای هر اینچ از ضخامت فلز پایه ، قطعات جوش خورده (تا دمای حدود ۳۱۵ درجه سانتی گراد) در یک سرعت کنترل شده سرد می شود . بازرسی در تمام این مدت مسئولیت نظارت بر انجام کار را دارد تا از صحت کار انجام شده و تطابق با ملزومات روش کار اطمینان حاصل نماید .

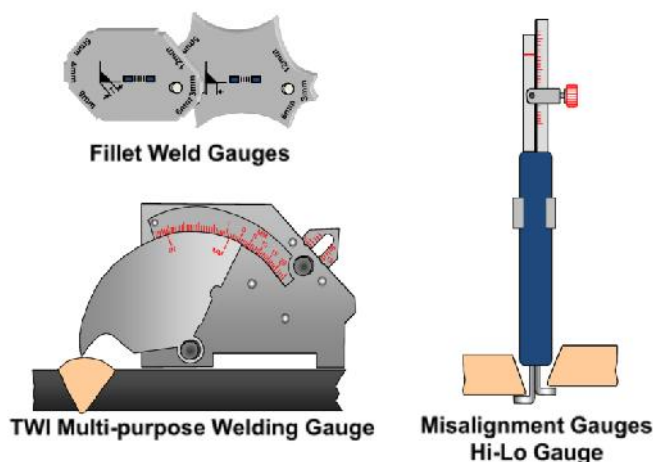


صاف نمودن قطعات پس از پایان مراحل عملیات جوشکاری با شعله

**آزمایش ابعاد پایانی :** اندازه گیری دیگری که کیفیت یک قطعه جوشکاری شده را تحت تاثیر قرار می دهد ، صحت ابعادی آن می باشد . اگر یک قسمت جوشکاری شده بخوبی جفت و جور نشود ، ممکن است غیرقابل استفاده شود . اگرچه جوش دارای کیفیت کافی باشد . حرارت جوشکاری ، فلز پایه را تغییر شکل داده و می تواند ابعاد کلی اجزاء را تغییر دهد . بنابراین ، آزمایش ابعادی بعد از جوشکاری ممکن است برای تعیین متناسب بودن قطعات جوشکاری شده برای استفاده مورد نظر مورد نیاز واقع شود .



انجام عملیات بازرسی چشمی در حین انجام عملیات جوشکاری توسط بازرس کارفرما



شکل شماتیک گیج ها مورد استفاده در بازرسی به روش چشمی جوش جهت بررسی ابعاد و اندازه های صحیح

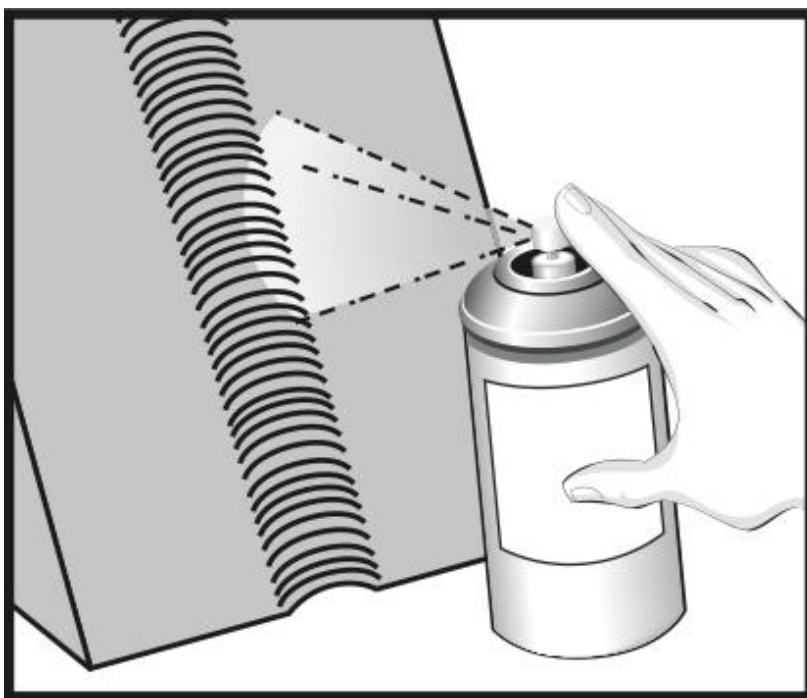
## آشنایی با روش بازرسی مایعات نافذ در سازه های فلزی

آزمایش مایعات نافذ یکی از قدیمی ترین فرآیندهای بازرسی غیرمخرب بوده که می توان از آن برای بازرسی تمام مواد فلزی و غیرفلزی بدون تخلخل استفاده نمود . اما کاربرد این روش تنها برای مشخص نمودن عیوب سطحی است . اساس این روش از تست های غیر مخرب به علت خاصیت موینگی ایجاد شده توسط عیوب سطحی در مایعات نافذ است که به واسطه خاصیت کشش سطحی وزایه تماس مایع نافذ با سطح قطعه پس از گذشت مدت زمان لازم جهت نفوذ آن به درون ناپیوستگی های سطحی ، مایع نافذ به درون ناپیوستگی نفوذ کرده و با حذف نمودن مایعات نافذ اضافی از روی سطح قطعه و بکاربردن مایع آشکارساز با تفاوت رنگ لازم با مایع نافذ جهت مشخص شدن عیوب سطحی و در صورت وجود ، این عیوب مشخص میگردد ، است .

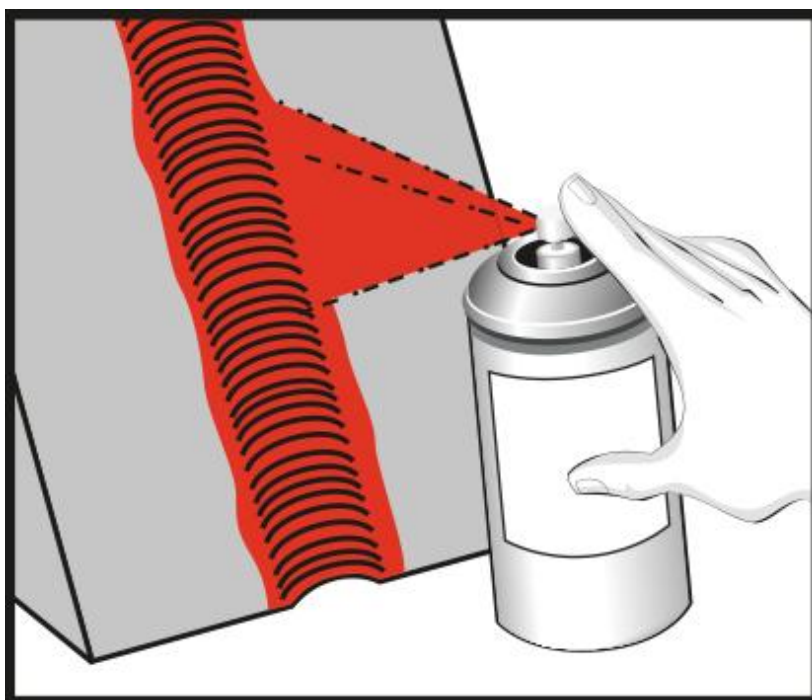


تجهیزات تست به روش مایعات نافذ شامل اسپری تمیزکننده سطوح ، اسپری مایع نافذ و اسپری آشکارساز

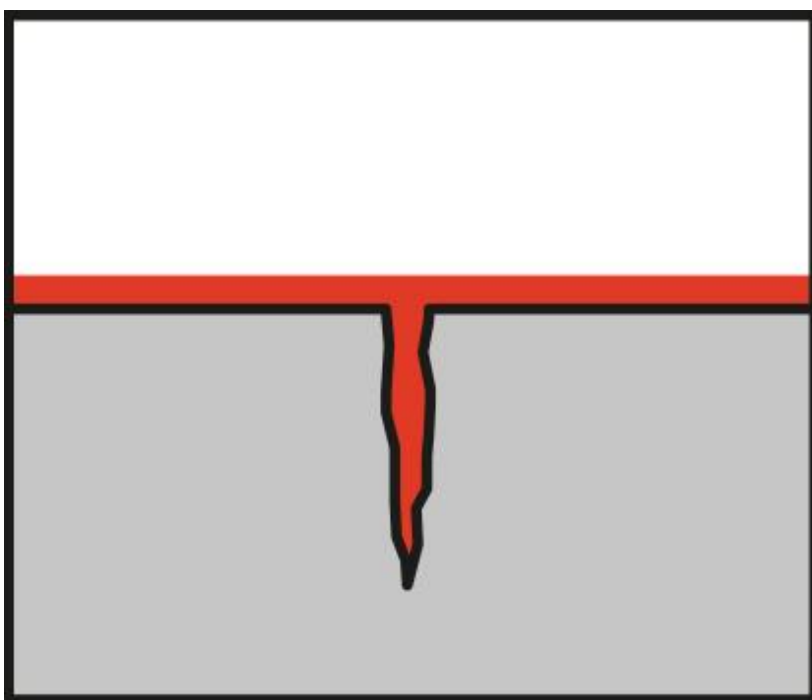
مراحل انجام تست به روش مایعات نافذ :



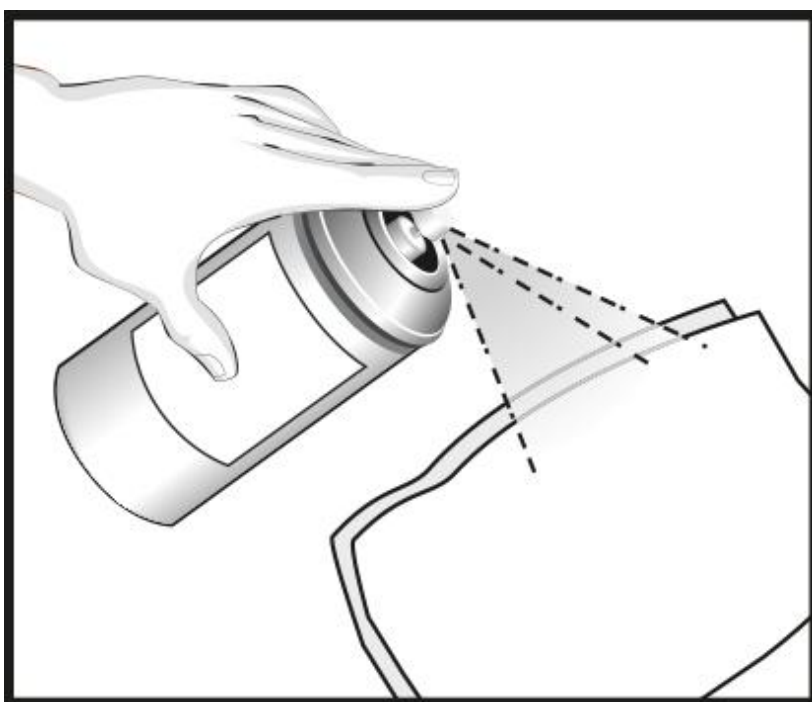
(۱) تمیز کردن سطح قطعه با اسپری تمیزکننده



(۲) اعمال مایع نافذ به روی سطح قطعه

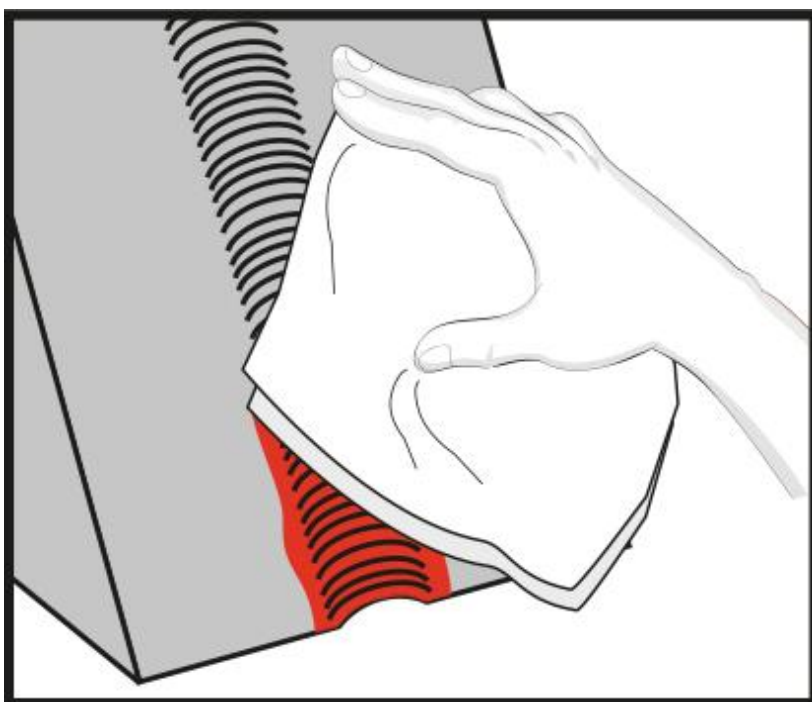


۳) دادن زمان لازم جهت نفوذ مایع نافذ به درون ناپیوستگی احتمالی بر اساس حساسیت قطعه

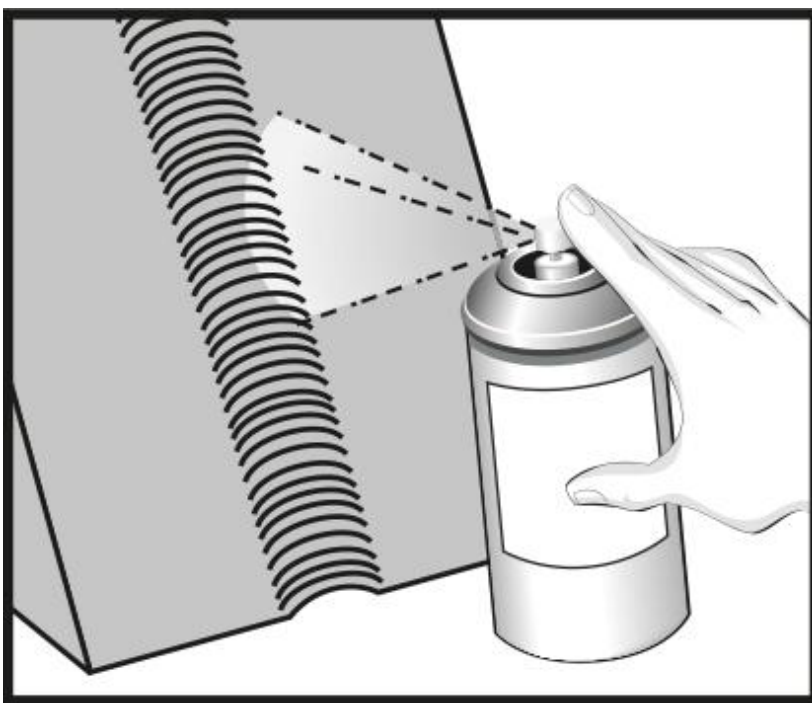


۴) آغشته نمودن دستمال تمیز به مایع پاک کننده



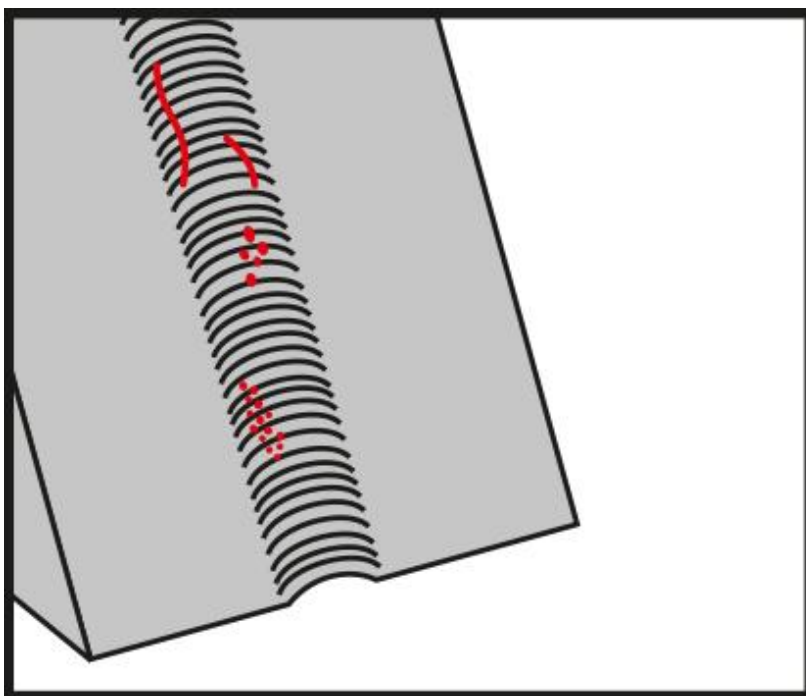


۵) پاک نمودن مایعات نافذاضفی ازروی سطح با استفاده از پارچه تمیز آغشته به مایع پاک کننده

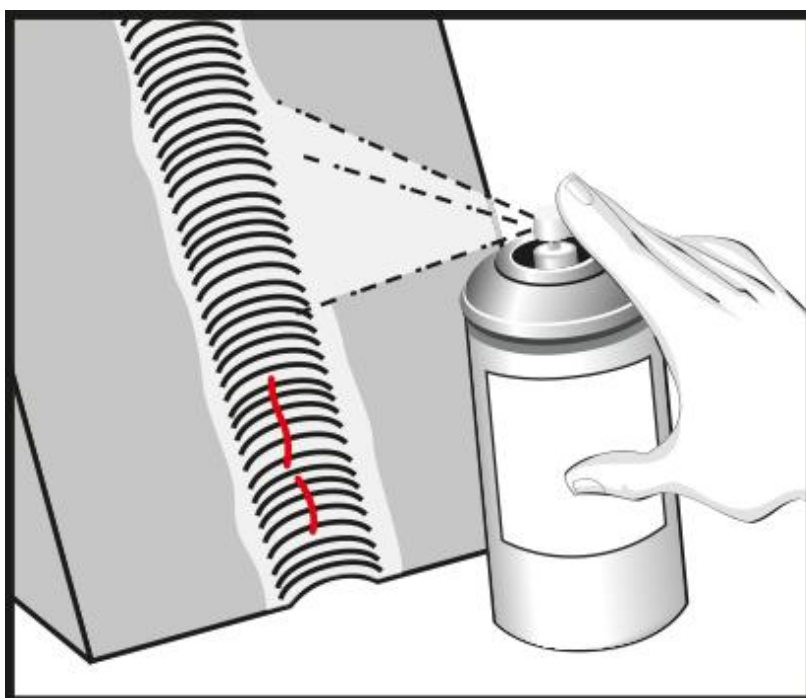


۶) اعمال مایع آشکارساز به روی سطح قطعه





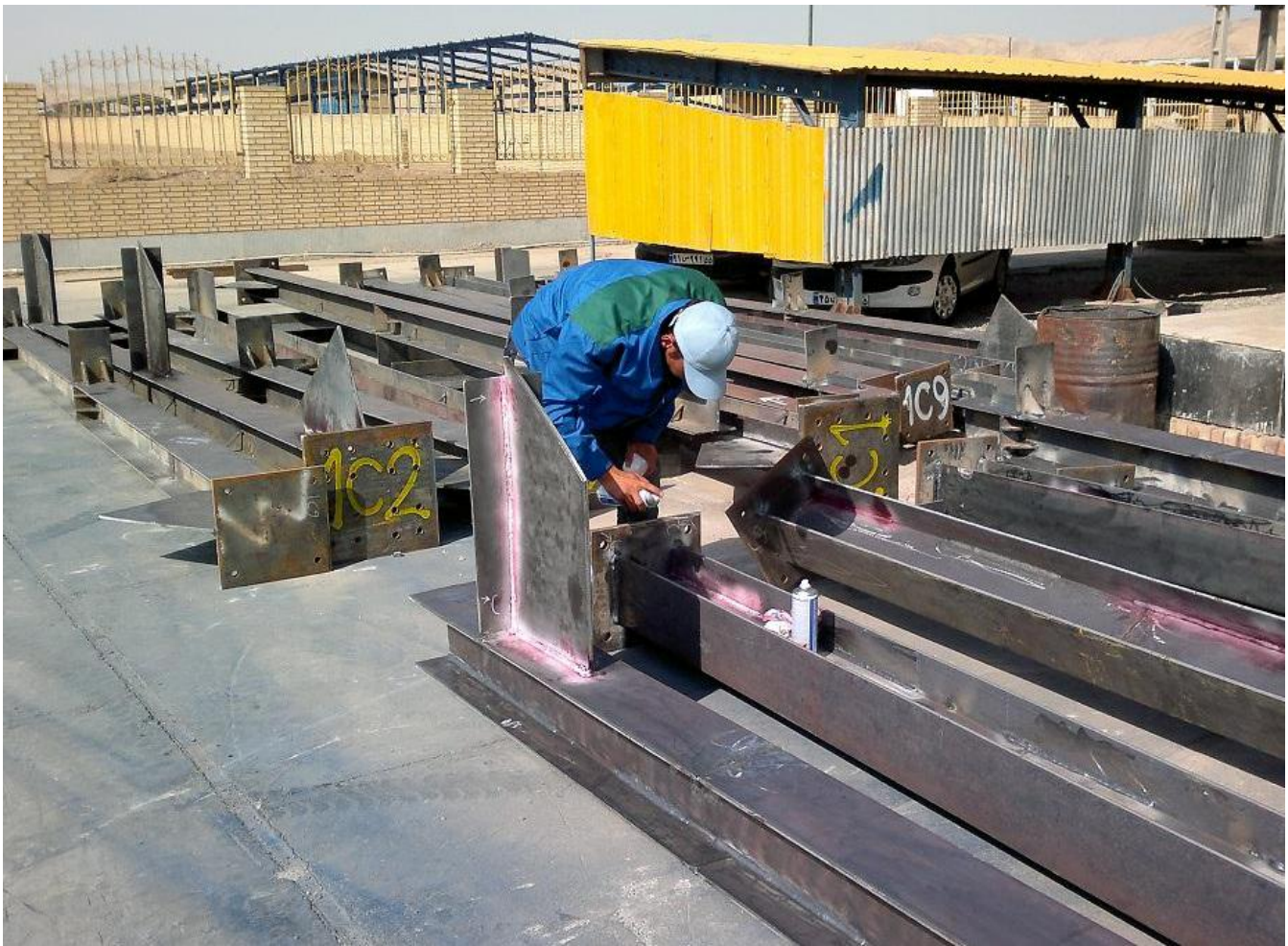
۷ بررسی سطح برای مشاهده و ثبت نتایج



۸ تمیزکاری سطح قطعه پس از پایان تست

## مزایای بازرسی به روش مایعات نافذ :

- (۱) روشی نسبتاً ساده و ارزانی است .
- (۲) محدودیتی در جنس قطعات بجز مواد متخلخل ، وجود ندارد .
- (۳) محل و اندازه عیب را بطور تقریبی مشخص می کند .
- (۴) تجهیزات این روش قابل حمل و نقل است .



انجام بازرسی قطعات ساخته شده در کارگاه به روش بازرسی مایعات نافذ

## محدودیت‌های بازرسی به روش مایعات نافذ :

- (۱) در این فرآیند تنها عیوب و ناپیوستگی‌های که به سطح قطعه راه دارند قابل تشخیص است .
- (۲) از این فرآیند برای بازرسی قطعات متخلخل و دارای سطوح خشن نمی‌توان استفاده نمود .
- (۳) در صورتیکه ناپیوستگی موجود در روی سطح قطعه پهن و کم عمق باشد قابل تشخیص نخواهد بود .
- (۴) اندازه عیوب مشاهده شده بیشتر از اندازه واقعی آنها تخمین زده می‌شود .
- (۵) مدت زمان لازم برای مشاهده و تفسیر عیوب در این روش محدود است .



انجام بازرسی قطعات ساخته شده در کارگاه به روش بازرسی مایعات نافذ



شکل شماتیک تغییر اندازه عیوب مشاهده شده در بازرسی به روش مایعات نافذ با گذشت زمان



## آشنایی با روش بازرسی ذرات مغناطیسی درسازه های فلزی

آزمایش بازرسی بافرآیند ذرات مغناطیسی برای آشکارسازی عیوب سطحی و نزدیک به سطح (باعمق کم) در قطعاتی که قابلیت مغناطیسی پذیری (مواد فرو مغناطیس) را دارند (بغیر از قطعات ریخته گری شده) مورد استفاده قرار می گیرد. اساس این روش بر پایه این اصل استوار است که میدان مغناطیسی در داخل یکجز یکنواخت است مگر اینکه با حضور ناپیوستگی میدان مغناطیسی ایجاد شده در داخل آن غیر یکنواخت شود. ناپیوستگی موجود در واقع میدان مغناطیسی قوی تر از میدان مغناطیسی ایجاد شده در درون قطعه ایجاد کرده و به عنوان یک میدان مغناطیسی نشتی شناخته میشود در نتیجه ذرات مغناطیسی پذیر زمینه را همانند جوهر و پودر خشک به سمت خود جذب کرده و به این ترتیب عیوب در این فرآیند شناسایی می شوند.



بازرسی قطعت جوشکاری شده به روش ذرات مغناطیس با استفاده از یوک

## مزایای بازرسی به روش ذرات مغناطیس :

- (۱) بازرسی به روش ذرات مغناطیسی روشی مناسب برای یافتن ترک های کوچک و کم عمق سطحی در مواد فرو مغناطیس است .
- (۲) نشانه های عیوب مستقیماً روی سطح قطعه ایجاد می شوند و محل عیب به راحتی تشخیص داده می شود .
- (۳) تخمین عمق ترکها به راحتی امکان پذیر است .
- (۴) عدم وجود محدودیت در اندازه و شکل قطعات مورد بازرسی در این روش .
- (۵) بازرسی در این روش نیاز به تمیزکاری اولیه سطح قطعه نداشته و در صورتیکه عیوب سطحی با مواد خارجی پر شده باشند باز هم قابل تشخیص می باشند .



بازرسی به روش ذرات مغناطیس با استفاده از یوک



## محدودیت‌های بازرسی به روش ذرات مغناطیسی :

- (۱) از این روش تنها برای بازرسی قطعاتی که خاصیت فرومغناطیسی دارند می توان استفاده نمود .
- (۲) در اتصال های غیر هم جنس ، کل سطح اتصال دوقطعه غیرمتشابه به صورت عیب مشاهده می گردد .
- (۳) پوششهای نازک و غیرمغناطیسی اثر مخربی بر حساسیت بازرسی در این روش داشته .
- (۴) حساسیت بازرسی در این روش با کاهش عمق و اندازه ناپیوستگی کاهش می یابد .
- (۵) اندازه ناپیوستگیهای سطحی باید به اندازه ای باشد که با قطع میدان مغناطیسی ایجاد شده در قطعه تولید نشی میدان کند .
- (۶) شرایط سطحی قطعه بر حساسیت بازرسی در این روش تاثیر گذار است .



ایجاد میدان مغناطیسی با استفاده از یوک و بکارگیری پورد آهن خشک جهت بازرسی به روش ذرات مغناطیسی



طریقه تست میزان میدان مغناطیسی ایجاد شده در سطح قطعه

**روشهای ایجاد میدان مغناطیسی در قطعات مورد تست :** یکی از الزامات اساسی در روش بازرسی با ذرات مغناطیسی این است که قطعه تحت بازرسی به درستی مغناطیسی گردد . به گونه ای که میدانهای مغناطیسی نشتی ایجاد شده توسط ناپیوستگی ها قادر به جذب ذرات پودر آهن باشند . در این راستا ، آهنرباهای دائمی آزمایشی برخوردار می باشند ، اما مغناطیسی کردن قطعات در حالت کلی توسط آهنرباهای الکتریکی صورت می گیرد که در آنها میدان مغناطیسی با جریان یافتن جریان الکتریکی در درون یک هادی جریان ایجاد می گردد . جهت این میدان وابسته به جهت جریان خواهد بود که با استفاده از قانون دست راست قابل تعیین است . بطور کلی میدانهای مغناطیسی ایجاد شده در قطعه مورد تست به دو صورت مغناطیسی کردن پیوسته و مغناطیسی کردن پسماند است .

**روش مغناطیسی کردن پیوسته (Continuous Magnetization) :** اساس این روش از برقراری میدان مغناطیسی در قطعات مورد تست به روش بازرسی ذرات مغناطیسی بر اساس برقراری جریان مغناطیسی به روی قطعه مورد تست و سپس اعمال پودر ذرات خشک یا تر آهن برای بازرسی قطعه در حین مغناطیسی کردن آن می باشد . البته روش مغناطیسی کردن پیوسته با استفاده از ذرات آهن تر و خشک با هم تفاوتی دارد .

**روش مغناطیسی کردن پسماند (Residual Magnetization) :** در این روش محیط بازرسی بعد از قطع جریان مغناطیس کننده قطعه مورد بازرسی قرار می گیرد . این روش تنها زمانی قابلیت بکارگیری را دارد که قطعه جوشکاری شده مورد آزمایش ، پایداری نیروی مغناطیسی نسبتاً بالایی را داشته باشد تا میدان مغناطیسی باقیمانده در آن قدرت کافی را برای تولید و حفظ آثار این میدان را داشته باشد .

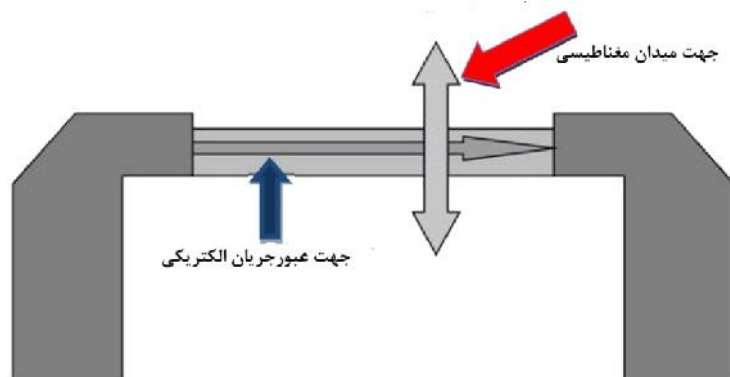
**روشهای ایجاد میدان مغناطیسی در قطعات :**

- (۱) ایجاد میدان مغناطیسی به روش دایروی (circular Magnetization)
- (۲) ایجاد میدان مغناطیسی به روش طولی (longitudinal or Bipolar Magnetization)
- (۳) ایجاد میدان مغناطیسی به روش موضعی (Localized Magnetization)



ابزارهای لازم برای آزمایش و بررسی قدرت میدان مغناطیسی ایجاد شده در قطعه مورد تست به روش ذرات مغناطیس

**ایجاد میدان مغناطیسی به روش دایروی :** یک میدان مغناطیسی رامی توان با عبور جریان الکتریکی از داخل یک هادی مرکزدار ایجاد کرد . در این حالت میدان مغناطیسی ایجاد شده در قطعه بصورت میدان مغناطیسی دایروی می باشد و از این میدان مغناطیسی جهت شناسایی ناپیوستگی های طولی در سطح و نزدیک به سطح قطعه می توان استفاده نمود .



شکل شماتیک طریقه ایجاد میدان مغناطیسی دایروی در با زرسی به روش ذرات مغناطیس

**ایجاد میدان مغناطیسی به روش طولی :** گاهی جهت گیری ناپیوستگی ها موازی جهت میدان مغناطیسی دایروی در قطعه فولادی است که برای تشخیص چنین ناپیوستگی های با ز طریق ایجاد میدان مغناطیسی طولی در قطعه مورد تست استفاده می گردد . و از این میدان مغناطیسی برای شناسایی ناپیوستگی های عرضی در سطح و نزدیک به سطح قطعه می توان استفاده نمود .



ایجاد میدان مغناطیسی توسط عبور جریان الکتریکی از سیم پیچ پیچیده شده به دور قطعه

**ایجاد میدان مغناطیسی به روش موضعی :** جهت بررسی ناپیوستگی ها به روش ذرات مغناطیسی در قطعات بسیار بزرگ که حمل و نقل آنها به راحتی امکان پذیر نیست از این روش جهت ایجاد میدان مغناطیسی در آنها استفاده می گردد . ایجاد میدان مغناطیسی موضعی به دو صورت پرا دیوک در قطعات بزرگ ایجاد می گردد .



مغناطیس کردن موضعی قطعات به روش پراد و یوک

عوامل موثر بر انتخاب نوع روش بازرسی در روش بازرسی با ذرات مغناطیسی :

- (۱) نوع جریان میدان مغناطیسی
- (۲) اندازه قطعه یا محل اتصال
- (۳) موقعیت ناپیوستگی های ایجاد شده در قطعه (از لحاظ طولی یا عرضی بودن آنها نسبت به راستای قطعه یا اتصال)
- (۴) محل انجام بازرسی
- (۵) امکان جابجایی و حمل و نقل قطعات
- (۶) تعداد قطعات مورد بازرسی

جریان های مورد استفاده برای بازرسی به روش ذرات مغناطیسی :

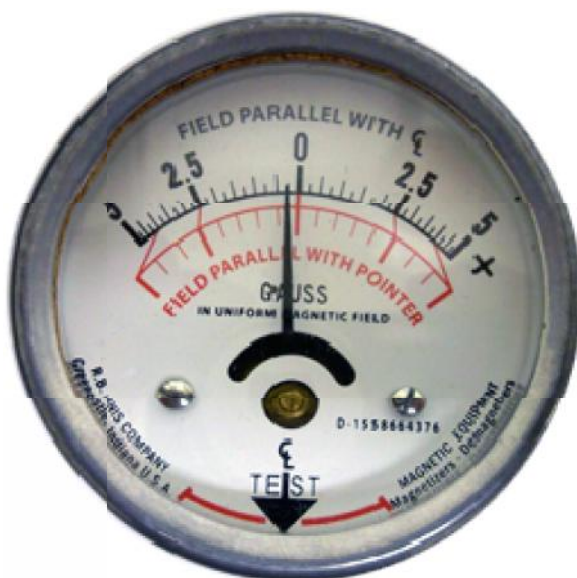
**جریان متناوب (Alternating Current) :** از این جریان برای ایجاد میدان مغناطیسی در سطح قطعات می توان استفاده نمود . تاثیر سطحی (Skin effect) جریان مغناطیسی متناوب تنها برای تعیین محل ناپیوستگی ها در سطح قطعه مفید بوده و باین جریان نمی توان ناپیوستگی های زیر سطحی نزدیک به سطح قطعه را شناسایی نمود .

**جریان مستقیم (Direct Current) :** میدان مغناطیسی حاصل از این جریان در قطعه نفوذ کرده و در بیشتر از جریان مستقیم برای شناسایی ناپیوستگی های زیر سطحی نزدیک به سطح قطعه استفاده می گردد .

تذکر مهم : همواره برای شناسایی و تشخیص عیوب در بازرسی قطعات به روش ذرات مغناطیس باید جهت میدان مغناطیسی ایجاد شده در قطعه عمود بر جهت ناپیوستگی باشد .



**مغناطیس زدایی :** از آنجاییکه فولادهای فرومغناطیس می توانند درجات مختلفی از مغناطیس باقیمانده را درون خود حفظ کنند ، در برخی از موارد وجود این میدان مغناطیسی می تواند منجر به آسیب دیدن قطعه در حین عملیات بعدی که به روی آن صورت می گیرد ، گردد . بنابراین در این موارد پس از پایان بازرسی به روش ذرات مغناطیسی ، مغناطیس زدایی از قطعه ضروری است .



دستگاه گوسمتر جهت نشان دادن مقدار و جهت میدان مغناطیسی باقیمانده در قطعات

### دلایل مغناطیس زدایی از قطعات :

- (۱) ایجاد مشکل برای قطعات در حین عملیات بعدی ساخت قطعه .
- (۲) ایجاد مشکل برای قطعات در حین سرویس دهی کاری آنها .
- (۳) ایجاد مشکل کردن در صورت نیاز به ایجاد میدان مغناطیسی مجدد در قطعه .

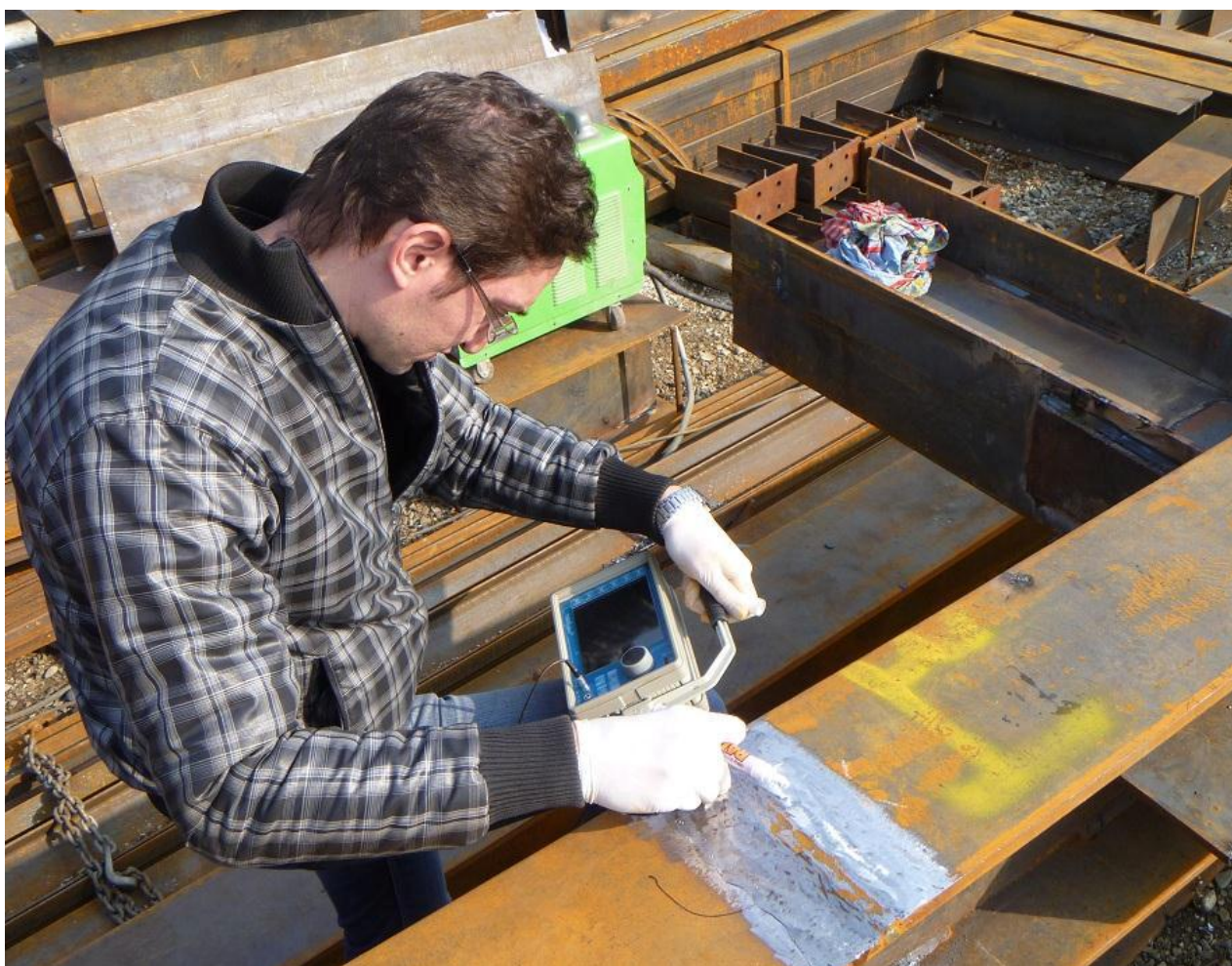


ترک سطحی کشف شده در بازرسی به روش ذرات مغناطیسی در قطعه



## آشنایی با روش بازرسی فراصوت در سازه های فلزی

آزمون فراصوتی یکی از آزمایش های نسبتا پیشرفته در رده آزمایش های غیر مخرب می باشد. این روش سریع بوده و قادر به تشخیص معایب داخلی بدون نیاز به تخریب قطعه جوش شده می باشد. چون این روش از نزدیک کنترل می شود، قابلیت ارائه اطلاعات دقیق و مورد نیاز قطعه جوش شده، بدون نیاز به یک سری عملیات پر کار را دارا می باشد. این روش هم معایب سطحی و هم نواقص داخلی فلز جوش و فلز پایه را مشخص، مکان یابی و اندازه گیری می کند. آزمایش فراصوتی توسط موج منتشر شده از یک مبدل ( بلور کوارتز ) که مشابه یک موج صوتی ولی با گام و فرکانس بالاتری است، انجام می شود. موج های فراصوتی از داخل قطعه مورد آزمایش عبور داده می شوند و با هر گونه تغییر در تراکم داخلی قطعه، منعکس می شوند. این موج ها توسط یک مبدل ( بلور کوارتز که تحت جریان متناوب قرار داد ) که به یک واحد جست و جوگر متصل شده، تولید می شوند. امواج منعکس شده ( پژواک ها ) به صورت بر جستگی هایی نسبت به خط مبنا، بر روی صفحه نمایش دستگاه، ظاهر می شوند.



بازرسی قطعه به روش بازرسی فراصوت



هنگامی که واحد جست و جوگر به مصالح مورد نظر متصل می شود ، دو نوع پژواک بر روی صفحه نمایش ظاهر می شود .  
ضربان اول ، انعکاس صدا از سطح رویی جسم که در تماس با دستگاه است ، می باشد و ضربان دوم مربوط به انعکاس موج از  
سطح مقابل است . فاصله بین این دو ضربان با دقت کالیبره می شود . این الگو نشان می دهد که مصالح در شرایط مناسبی از  
نظر معایب و نواقص داخلی قرار دارد . هنگامی که یک عیب یا ترک داخلی توسط واحد جست و جو پیدا شود ، تولید ضربان  
سومی می کند که بین ضربان اول و دوم بر روی صفحه نمایش ثبت می شود .

بنابراین مشخص می شود که محل این عیب بین سطوح بالا و پایین مصالح ( در داخل جسم مصالح ) می باشد . فاصله میان  
ضربان ها و ارتفاع نسبی آنها محل و میزان سختی تراکم عیب مزبور را مشخص می کند .



بازرسی قطعه به روش بازرسی فراصوت

## نوع نمایش تصویری در آزمون فراصوتی

اطلاعاتی را که طی آزمون فراصوتی بدست می آیند به چند طریق می توان به صورت تصویر نمایش داد .

### الف ( نمایش تصویری A

معمول ترین سیستمی که مورد استفاده قرار می گیرد نمایش تصویری روبشی A است . یک موج ناقص در سمت چپ صفحهء اسیلوسکوپ ظاهر می شود که مربوط به پالس اولیه است ، موج های ناقص دیگری نیز روی صفحهء اسیلوسکوپ ظاهر می شوند که مربوط به علامت پژواک های دریافتی هستند . ارتفاع پژواک معمولاً متناسب با اندازهء سطح بازتاب است ، ولی مسافتی که علامت طی می کند و اثرات تضعیف درون ماده روی آن تاثیر دارد . در هر صورت ، با فرض یک مبنای خطی زمان ، موقعیت خطی ( پالس ) پژواک متناسب با فاصلهء سطح بازتاب از پروب است . این نوع نمایش تصویری در تکنیک های بازرسی با پروب دستی معمول است .

از معایب نمایش تصویری روبشی A این است که ثبت دائم تصویر ممکن نیست ، مگر اینکه از تصویر اسیلواسکوپ عکس گرفته شود ، البته دستگاه های جدید پیشرفته دارای وسایل ثبت دیجیتالی هستند .

### ب ( نمایش تصویری B

با نمایش تصویری روبشی B می توان موقعیت عیب درون قطعه را ثبت کرد . این سیستم در شکل نشان داده شده است . لازم است که بین موقعیت پروب و اثر عیب ارتباط مختصاتی به وجود بیاید . استفاده از نمایش تصویری روبشی B به تکنیک های آزمون اتوماتیک و نیمه اتوماتیک محدود می شود .

هنگامی که پروب در موقعیت ۱ است علائم روی صفحهء اسیلوسکوپ مطابق شکل هستند ، آ نشان دهندهء علامت اولیه و ii نمودار دیوارهء پشتی قطعه است .

وقتی که پروب به موقعیت ۲ می رسد ، خط iii روی تصویر نشان دهندهء عیب است . این طرز نمایش از مقطع قطعه کار می تواند روی یک نمودار کاغذی ثبت شود ، عکاسی شود ، و یا اینکه روی پردهء بلند ثابت نمایش داده شود .

## تکنیک های بازرسی در آزمون فراصوتی

وجود یک عیب در داخل یک ماده را می توان با استفاده از تکنیک امواج فراصوتی عبوری یا بازتابی پیدا کرد .

### روش بازتابی با پروب عمودی

این روش در آزمون فراصوتی از معمول ترین تکنیک هاست و در شکل صفحات قبل نشان داده شده است . تمام یا بخشی از پالس توسط عیب داخل ماده بازتاب یافته و به وسیله پروب دریافت می شود . این پروب به جای فرستنده و گیرنده عمل می کند . فاصله زمانی بین ارسال پالس و دریافت پژواک برای محاسبه فاصله عیب از پروب به کار می رود. روش بازتابی نسبت به روش عبوری دارای مزایای معینی است که عبارتند از :

الف ( قطعه کار به هر شکل می تواند باشد .

ب ( فقط دسترسی به یک طرف قطعه کار مورد نیاز است .

پ ( فقط یک نقطه جفت شدن وجود دارد و در نتیجه مقدار خطا حداقل می شود .

ت ( فاصله عیب ها از پروب می تواند اندازه گیری شود .

### روش عبوری با پروب عمودی

در این روش فرستنده با استفاده از یک روغن جفت کننده با سطح قطعه کار تماس برقرار می کند . یک پروب دریافت کننده روی سطح مقابل ماده نصب می شود .

اگر در داخل ماده هیچ گونه عیبی وجود نداشته باشد ، علامتی با یک شدت معین به گیرنده خواهد رسید . اگر این پروب فرستنده و گیرنده عیبی وجود داشته باشد شدت دریافتی کاهش خواهد یافت . این امر به علت بازتاب جزئی پالس عیب است که بدین ترتیب می توان به وجود عیب پی برد .

این روش معایبی دارد که عبارتند از :

الف ( قطعه کار باید دارای دو سطح موازی باشد و به هر دو سطح آن نیز باید دسترسی داشت .

ب ( دو عدد پروب مورد نیاز است لذا جفت کردن آنها ممکن است عمل سیال اتصالی را کم بهره کند .

پ ( باید دقت کافی به خرج داد تا دو پروب کاملاً در مقابل یکدیگر قرار گیرند .

ت ) علایمی از عمق عیب نمی توان به دست آورد .

### روش عبوری با پروب زاویه ای

وضعیت های به خصوص آزمون وجود دارند که امکان به کارگیری از پروب های عمودی برای شناسایی عیب وجود ندارد و تنها راه حل معقول این است که از یک پروب زاویه ای استفاده شود . مثال خوبی از این روش بازرسی جوش های لب به لب صفحات موازی است . اگر در منطقه جوش عیبی وجود داشته باشد شدت علامت دریافتی کاهش خواهد یافت .

فاصله AB را فاصله پرش می نامند و برای روبش کامل ناحیه جوش، پروب ها باید مطابق شکل روی سطح قطعه جابه جا شوند . در عمل هر دو پروب باید در یک حامل نصب شوند تا همیشه فاصله درستی از هم داشته شوند . در عمل هر دو پروب باید در یک حامل نصب شوند تا همیشه فاصله درستی از هم داشته باشند .

### روش بازتابی با پروب زاویه ای

همچنانکه در شکل زیر دیده می شود ، با به کار بردن یک پروب زاویه ای در حالت بازتابی می توان عیب ها را ردیابی کرد . ذکر این نکته مهم است هنگامی که در این گونه آزمون ها از پروب زاویه ای استفاده می شود ، آشکار ساز عیب باید به دقت با استفاده از یک قطعه مرجع تنظیم شود . طراحی و استفاده از قطعات تنظیم در بخش بعدی شرح داده می شود .

### تعیین هویت عیب ها

به وسیله روش های فراصوتی نه تنها موقعیت دقیق عیوب داخلی شناسایی می شود بلکه در اکثر موارد می توان نوع عیب را هم تشخیص داد . در این بخش علایم مختلفی که از انواع گوناگون عیوب دریافت می شود، تحت بررسی قرار می گیرد .

الف ) عیب عمود بر امتداد پرتو : وقتی که عیبی وجود نداشته باشد باید یک علامت پژواک از سطح مقابل دریافت شود . وجود یک عیب کوچک باید پژواک کوچکی ایجاد کند و شدت پژواک سطح مقابل کاهش یابد . اگر اندازه عیب از قطر پروب بیشتر باشد پژواک عیب بزرگتر شده و پژواک سطح مقابل ممکن است با توجه به عمق عیب در رابطه پراکندگی امواج در منطقه دور دریافت نشود .

ب ) عیب هایی غیر از عیب های صفحه ای : مناطقی که دارای حفره های میکروسکوپی هستند ، موجب پراکندگی معمول امواج شده و روی صفحه اسیلوسکوپ یک رد چمنی شکل بدون پژواک سطح مقابل نمایان می کند .



ناخالصی ها یا حفره های بزرگ کروی یا بیضوی پژواک کوچکی نمایان می سازند که به همراه پژواک کوچکی از سطح مقابل است ، در حالی که یک رد ساده که هیچ گونه پژواکی را نشان نمی دهد ممکن است مربوط به یک عیب صفحه ای با زاویه غیر قائم نسبت به امتداد پرتو باشد .

پ ( تورق در صفحه ضخیم : صفحه باید کاملاً به روشی که در شکل زیر نموده شده است روبش گردد . علایم تورق از فواصل نزدیک پژواک ها و افت سریع ارتفاع علامت های پژواک مشخص می شود . هر دو یا یکی از این علایم دلیلی بر وجود تورق خواهند بود .

ت ( تورق در صفحه نازک : صفحه نازک ممکن است به صفحه ای گفته شود که ضخامت آن کمتر از منطقه مرده پروب باشد . یک صفحه سالم یک سری پژواک های منظم که به تدریج دامنه آنها کم می شود، نشان می دهد . اما یک ناحیه تورق یافته پژواک های به هم فشرده ای را نشان می دهد که دامنه آنها بسیار سریعتر کاهش می یابد . حتی ممکن است پژواک ها از وضعیت منظم به صورت نامنظم در بیایند . نامنظم شدن شکل در اغلب موارد نشانه خوبی از تورق های داخلی در صفحات نازک است .

ث ( عیوب جوشکاری : آزمون فراصوتی با استفاده از پروب های زاویه ای از نوع بازتابی یا عبوری روش مطمئنی برای آشکار سازی عیوب جوشکاری های لب به لب و تعیین موقعیت دقیق آنهاست . اما تعیین دقیق ماهیت عیب نسبتاً مشکل است و بیشتر به مهارت و تجربه اپراتور بستگی دارد . اگر پس از بازرسی فراصوتی در ذهن اپراتور در مورد کیفیت جوش شکی وجود داشته باشد عاقلانه است که از محل مظنون رادیوگرافی شود .

ج ( عیوب شعاعی در لوله های استوانه ای و محور ها : عیب شعاعی در قطعات استوانه ای معمولاً با بازرسی پروب عمودی قابل آشکار سازی نیست ، زیرا این عیب ، موازی پرتو فراصوتی خواهد بود . در این گونه موارد استفاده از یک پروب زاویه ای با روش بازتابی به روشنی وجود عیب را مشخص خواهد ساخت .

## آشنایی با روش بازرسی رنگ و پوشش درسازه های فلزی

**دستورالعمل رنگ آمیزی :** دستورالعمل رنگ آمیزی از مواردی است که دارای نکات ریز و ظریف بسیاری می باشد و بایستی جهت بدست آوردن یک لایه رنگ مناسب کلیه موارد مورد نیاز در این دستورالعمل ذکر شود. اولین مطلب در خصوص رنگ آمیزی سطح نحوه آماده سازی سطح مورد نظر با توجه به رنگ مورد استفاده می باشد. روشهای گوناگونی برای آماده سازی سطح در نظر گرفته می شود که می توان به روشهای زیر اشاره نمود.

۱- تجهیزات پاشش مواد ساینده متحرک

۲- تجهیزات آماده سازی سطح با خلا .

۳- دستگاه سنگ ( که با هوای فشرده کار می کند)

۴- برس سیمی دوار

۵- تفنگ سوزنی

۶- پوسکن ( که با هوای فشرده کار می کند).

۷- دستگاه سنگ تراش دستی با لبه فلزی سخت تعویض شونده.

۸- برس سیمی سخت با اندازه مختلف

مراحلی برای آماده سازی هر سطح در نظر گرفته می شود که بایستی قبل از اعمال رنگ انجام شوند:

۱- بر طرف کردن گریس، روغن و سایر آلودگیهای نفتی و غیره

۲- تراشیدن زنگها و رنگها با چسبندگی کم تاولها و غیره

۳- بر طرف کردن زنگهای باقیمانده بوسیله پاشش مواد ساینده یا ابزار دستی (POWER TOOLS)

۴- در صورت لزوم پاکسازی لایه رنگهای قبلی .

۵- شستشوی سطح لایه اول رنگ با آب شیرین پیش از اعمال لایه بعدی.

درجه آماده سازی سطح

جهت ارزیابی سطح آماده سازی شده برای رنگ آمیزی استاندارد های مختلف نظیر SSPC و NACE و ISO ۸۵۰۱ مورد استفاده قرار می گیرند . در جدول زیر مقایسه ای بین درجه آماده سازی سطح در هر یک از این استاندارد ها انجام شده است.

استاندارد	استاندارد	ISO	توضیح
SSPC	NACE	۱-۸۵۰۰	
۱SP	-	-	تمیز کاری با حلال
۲SP	-	۳r st • ۲St	تمیز کاری با ابزار دستی
۳SP	-	۳or St ۲St	تمیز کاری با ابزار مکانیکی قوی
۵SP	۱NO.	۳Sa	تمیز کاری توسط Blast Cleaning تا حد White Metal
۶SP	۳NO.	۲Sa	تمیز کاری توسط بلاستینگ معمولی
۷SP	۴NO.	۱Sa	Brushoff Blast Cleaning
۸SP	-	-	اسید شوئی
۱۰SP	۲NO.	۱/۲SA	Near White Blast cleaning
۱۱SP	-	-	Power Tool Clean To Bare Metal
۱۲SP	۵NO.	-	آماده سازی سطح با جت آب
۱۳SP	۶NO.	-	آماده سازی سطح بتن
۱۴SP	۸NO.	-	Blast Cleaning صنعتی

در ارتباط با هر کدام از درجات آماده سازی سطح که در استاندارد SSPC Steel Structure Painting Council اشاره شده است توضیحی مختصری در زیر داده می شود:

#### ۱- تمیز کاری با استفاده از حلال (Solvent Cleaning SSPC-SP):

این روش جهت تمیز کاری مواد حل شونده نظیر روغن و گریس بوده و اغلب پیش از انجام Blast Cleaning انجام می شود و به تنهایی بکار برده نمی شود چرا که قادر به از بین بردن زنگ زدگی های روی سطح فولاد نمی باشد . البته این روش در مورد قطعاتی که آلوده به چربی و مواد روانکار باشد قبل از عملیات Blast Cleaning لازم می باشد معمولاً پس از شستشو با حلال سطح یک مرحله نیز با آب شسته شود.

## ۲- تمیز کاری با ابزار دستی (۲-SSPC-SP Hand Tool Cleaning) :

این روش در بین تمامی روشهای آماده سازی سطح کند ترین و بی کیفیت ترین روش می باشد اما ساده و سریع بوده و نیاز به سرمایه گذاری ندارد ابزارهایی که بدین منظور استفاده می شوند عبارتند از برس سیمی چکش و غیره. این روش در مواردی که انجام سند بلاست ممکن نباشد و جهت زدودن جرقه های جوشکاری بسیار موثر می باشد. قبل و بعد از انجام عملیات سطحی جهت دسترسی به ۲-SSPC-SP سطح می بایست عاری از آلودگی های مربوطه به ۱-SSPC-SP نظیر چربی ها باشد.

## ۲- تمیز کاری با ابزار مکانیکی قوی (۳-SSPC-SP Power Tool Cleaning):

این روش نسبت به روش دستی سریع تر و موثر تر می باشد. اما گاهی اوقات سطح بدست آمده از پروفیل مناسبی برخوردار نبوده و از چسبندگی خوبی نیز برخوردار نمی باشد ابزارهایی نظیر Wire brush در این روش بکار برده می شوند قبل از انجام تمیز کاری با ابزار مکانیکی لازم است که کلیه آلودگی های نظیر چربی، مواد روانکار نمک ها و غیره از روی سطح زدوده شوند.

## ۳- اسید شوئی Acid Pickling (۸-SSPC-SP) :

این روش جهت قطعات کوچک واکثراً در آزمایشگاه استفاده می شود که بتوان آنها را در ظرف اسید غوطه ور ساخت ابتدا فقط قطعه در محلول اسید سولفوریک شسته شده تا زنگ روی آن برداشته شود سپس توسط آب گرم و محلول رقیق اسید فسفریک شسته می شود این روش نسبت به روش Blast Cleaning ارزان تر و ساده تر می باشد اما جهت سازه های بزرگ قابل کاربرد نمی باشد.

## ۴- بلاستینگ سازه های فولادی :

این روش بهترین روش جهت آماده سازی سطح قبل از رنگ آمیزی می باشد. قبل از انجام Blast Cleaning آلودگی های سطحی نظیر چربی و گریس و نمک می بایست از سطح قطعه پاک گردند. انجام این عملیات باعث ایجاد زبری سطح گشته و در نتیجه میزان چسبندگی رنگ به سطح مورد نظر افزایش می یابد. عملیات Blast Cleaning به دو روش گریز از مرکز و هوای فشرده انجام می گردد. عواملی که در روش دوم یا هوای فشرده که بسته به نوع ساینده (سندگریت یا شات بلاست) نیز نامیده می شود موثر می باشند عبارتند از ۱- مهارت اپراتور ۲- فاصله وزاویه یا سطح ۳- تنظیم تجهیزات به نحوی که مقدار مناسبی از مواد ساینده با سرعت مناسب در اختیار باشد. ۴- استفاده از سایز مناسب کمپرسور و نازل ۵- کیفیت مواد ساینده.

اندازه و شکل مواد سایا تاثیر بسیار زیادی در زبری سطح ایجاد شده دارا می باشد (Roughness Profile, Surface Roughness). نکته بسیار مهم در خصوص زبری سطح این است که در حقیقت نقاط ایجاد شده توسط برخورد مواد به سطح بعنوان پایه برای چسبندگی رنگ مورد استفاده قرار می گیرد. بدین معنا که یکی از عوامل تاثیر گذار در چسبندگی رنگ زبری مناسب سطح آماده سازی شده می باشد.

در یک پروسیجر کامل رنگ آمیزی بایستی موارد زیادی در خصوص نوع و تجهیزات مصرفی جهت آماده سازی سطح ذکر گردد. بعنوان مثال در خصوص تمیز کاری به روش بلاستینگ موارد زیر قابل ذکر است:

۱- نوع و سایز ماده مورد استفاده جهت بلاستینگ. در این خصوص جدول زیر در برخی مواقع مورد نیاز است

اندازه مش بر حسب اندازه مواد سایا

اندازه مش	معادل میکرون	اندازه مش	معادل میکرون
۳۵NO	۳۶۰۰	۴۰NO	۴۲۵ microns
۴NO	۴۷۵۰	۴۵NO	۳۵۵ microns
۵NO	۴۰۰۰	۵۰NO	۳۰۰ microns
۶NO	۳۳۵۰	۶۰NO	۲۵۰ microns
۷NO	۲۵۰۰	۷۰NO	۲۱۲ microns
۸NO	۲۳۰۰	۸۰NO	۱۸۰ microns
۱۰NO	۲۰۰۰	۱۰۰NO	۱۵۰ microns
۱۲NO	۱۷۰۰	۱۲۰NO	۱۲۵ microns
۱۴NO	۱۴۰۰	۱۴۰NO	۱۰۶ microns
۱۶NO	۱۱۸۰	۱۷۰NO	۸۰ microns
۱۸NO	۱۰۰۰	۲۰۰NO	۷۵ microns
۲۰NO	۸۵۰	۲۳۰NO	۶۳ microns
۲۵NO	۷۱۰	۲۷۰NO	۵۳ microns
۳۰NO	۶۰۰	۳۲۵NO	۴۵ microns
۳۵NO	۵۰۰	۴۰۰NO	۳۸ microns

۲- مشخصات کمپرسور و نازل و فشار تولیدی. در این خصوص نیز جدول زیر استفاده زیادی خواهد داشت



### مقایسه مشخصات مصرفی کمپرسور بر حسب اندازه نازل

مشخصات	فشار نازل بر حسب ( بار و کیلو پاسکال )								اندازه نازل
	۳.۵	۴.۲	۴.۹	۵.۶	۶.۳	۷.۰	۸.۶	۱۰.۳	
	۳۵۰	۴۲۰	۴۹۰	۵۶۰	۶۳۰	۷۰۰	۸۶۰	۱۰۳۵	
هوا (min <sup>۳</sup> m)	۰.۷۳	۰.۸۴	۰.۹۲	۱.۰۶	۱.۱۵	۱.۲۶	۱.۵۴	۱.۸۲	mm ۵
مصرف مواد ساینده (kg/h)	۶۸	۷۸	۸۹	۹۸	۱۰۸	۱۲۰	۱۴۵	۱۷۴	(۱۶/۳)
توان کمپرسور (W)	۴.۵	۵.۳	۵.۶	۶.۴	۷.۱	۷.۵	۹.۰	۱۰.۸	
هوا (min <sup>۳</sup> m)	۱.۳۱	۱.۵۱	۱.۷۱	۱.۹	۲.۰۸	۲.۲۷	۲.۷۵	۳.۲۲	mm ۵/۶
مصرف مواد سایا (kg/h)	۱۲۲	۱۴۲	۱۶۱	۱۸۵	۲۰۳	۲۲۴	۲۷۶	۳۲۵	(۴/۱)
توان کمپرسور (W)	۹/۷	۹.۰	۱۰.۱	۱۱.۶	۱۲.۴	۱۳.۵	۱۶.۲	۱۹.۴	
هوا (min <sup>۳</sup> m)	۲.۱۶	۲.۵۰	۲.۸۳	۳.۱۶	۳.۵۳	۳.۸۴	۴.۷۱	۵.۵۷	mm ۸
مصرف مواد ساینده (kg/h)	۲۱۲	۲۴۲	۲۷۴	۳۰۵	۳۳۶	۳۶۸	۴۴۵	۵۳۴	(۱۶/۵)
توان کمپرسور (W)	۱۳.۱	۱۵.۰	۱۹.۱	۲۰.۲	۲۱.۰	۲۲.۹	۲۷.۵	۳۳.۰	
هوا (min <sup>۳</sup> m)	۳.۰۲	۳.۵۳	۴.۰۰	۴.۵۰	۴.۸۵	۵.۵۰	۶.۶۴	۷.۷۹	mm ۹.۵
مصرف مواد ساینده (kg/h)	۳۰۳	۳۴۷	۳۹۲	۴۳۵	۴۷۷	۵۷۳	۶۳۲	۷۵۸	(۸/۳)
توان کمپرسور (W)	۱۸.۰	۲۱.۰	۲۴.۰	۲۷.۰	۲۸.۹	۳۳.۰	۳۹.۶	۴۷.۵	
هوا (min <sup>۳</sup> m)	۴.۱۲	۴.۷۶	۵.۴۴	۶.۰۹	۶.۷۳	۷.۱۱	۸.۸۰	۱۰.۴۸	mm ۱۱
مصرف مواد ساینده (kg/h)	۴۰۶	۴۶۸	۵۳۳	۵۹۵	۶۵۷	۷۱۴	۸۷۶	۱۰۴۰	(۱۶/۷)
توان کمپرسور (W)	۲۴.۸	۲۸.۵	۳۲.۶	۳۶.۴	۴۰.۱	۴۲.۴	۵۰.۹	۶۱.۱	
هوا (min <sup>۳</sup> m)	۵.۴۶	۶.۲۸	۷.۰۶	۷.۸۵	۸.۶۵	۹.۴۶	۱۱.۴۶	۱۳.۴۵	mm ۱۲.۵
مصرف مواد ساینده (kg/h)	۵۲۶	۶۰۶	۶۸۶	۷۶۲	۸۴۲	۹۱۸	۱۱۱۵	۱۳۳۳	(۲/۱)
توان کمپرسور (W)	۳۲.۶	۳۷.۵	۴۲.۰	۴۶.۹	۵۱.۸	۵۶.۳	۶۷.۶	۸۱.۱	

۳- صافی سطح و مشخصات سطح مورد نیاز

۴- مدت زمان مورد قبول جهت اعمال اولین لایه رنگ پس از تمیزکاری سطح

**اعمال رنگ :** جهت اعمال رنگ بر روی یک سطح از روشهای مختلفی استفاده می شود که عبارتند از قلم مو - غلطک - اسپری - اسپری معمولی ( هوا ) - اسپری بدون هوا - اسپری هوای مخلوط واسپری الکترو استاتیک اما از هر روشی که جهت اعمال رنگ استفاده شود توجه به شرایط محیطی یکی از شروط اساسی دستیابی به یک پوشش رنگ مناسب می باشد. لذا هنگام رنگ آمیزی موارد زیر می بایست در نظر گرفته شود

**رنگ آمیزی در هوای مرطوب :** در هوای مرطوب احتمال ایجاد شبنم بر روی سطح مورد نظر وجود دارد و وجود شبنم بر روی سطح نیز از ایجاد پیوند بین رنگ و سطح مورد نظر جلوگیری می نماید . ایجاد شبنم بر روی لایه رنگی که به تازگی بر روی سطح نشانده شده است نیز باعث زیاد شدن زمان سخت شدن آن می گردد.



انجام عملیات رنگ آمیزی قطعات

**نقطه شبنم :** نقطه شبنم دمایی است که در آن دما بخار آب تبدیل به مایع میگردد . یک قانون کلی که در ارتباط با این موضوع در نظر گرفته می شود این است که دمای سطح حداقل ۳ درجه سانتیگراد بالاتر از نقطه شبنم باشد.

**رطوبت خیلی پائین :** چنانچه رطوبت در هوای خیلی پائین باشد این موضوع برای رنگ های با پایه آب مشکل ساز می گردد. خشک شدن سریع سطح در این شرایط باعث ترک خوردن سطح شده و زمان سخت شدن نیز در این حالت مناسب نمی باشد.

**دمای پائین ( سرد ) :** در دمای پائین چسبندگی برخی رنگها در به سطح کاهش یافته و فرایند سخت شدن کند شده و گاهی نیز متوقف می گردد. امکان یخ زدن در رنگ های پایه آبی وجود دارد و حلال ها نیز با سرعت کمتری تبخیر می شوند ، بعلاوه در دمای پائین تر هوا رطوبت کمتری را میتواند در خود نگهدارد لذا احتمال ایجاد شبنم نیز وجود دارد.

**دمای بالا ( گرم ) :** در دمای بالا احتمال ایجاد حباب های محبوس شده در لایه رنگ افزایش می یابد . همچنین در دمای بالا زمان Pot- Life نیز کاهش می یابد.

**باد شدید :** در صورت وجود باد شدید انجام عملیات اسپری با مشکل مواجه شده و امکان نشستن خاک و گرد و غبار بر روی سطح رنگ وجود دارد . همچنین حلال رنگ بسیار سریع تر خشک می شود که این مسئله باعث بروز مشکلاتی می گردد. حداکثر سرعت باد قابل قبول  $3 \text{ m/s}$  در نظر گرفته می شود.

**ایجاد شبنم بر روی سطح :** با افزایش رطوبت و کاهش دما این مسئله شدیدتر می گردد معمولاً انجام عملیات رنگ آمیزی در اواخر روز کاری و یا در شب انجام می گردد. زیرا عملیاتی آماده سازی سطح عملیات وقت گیر و عملیات رنگ آمیزی نسبتاً سریع می باشد به طوری که سطحی که آماده سازی آن ۶ تا ۸ ساعت به طول می انجامد رنگ آمیزی آن ۱-۲ ساعت طول می کشد. لذا می بایست در نظر داشت قبل از اعمال رنگ بر روی سطح شبنم ایجاد نشده باشد ایجاد شبنم در فصل های پائیز و بهار که تغییرات دما هنگام غروب خورشید زیاد است محتمل تر می باشد همچنین وجود شبنم بر روی رنگ های آملیدی باعث ایجاد شوره یا Blush می گردد که می بایست قبل از اعمال لایه بعدی از روی سطح برداشته شود در غیر این صورت لایه بعدی بر روی آن نمی چسبد.

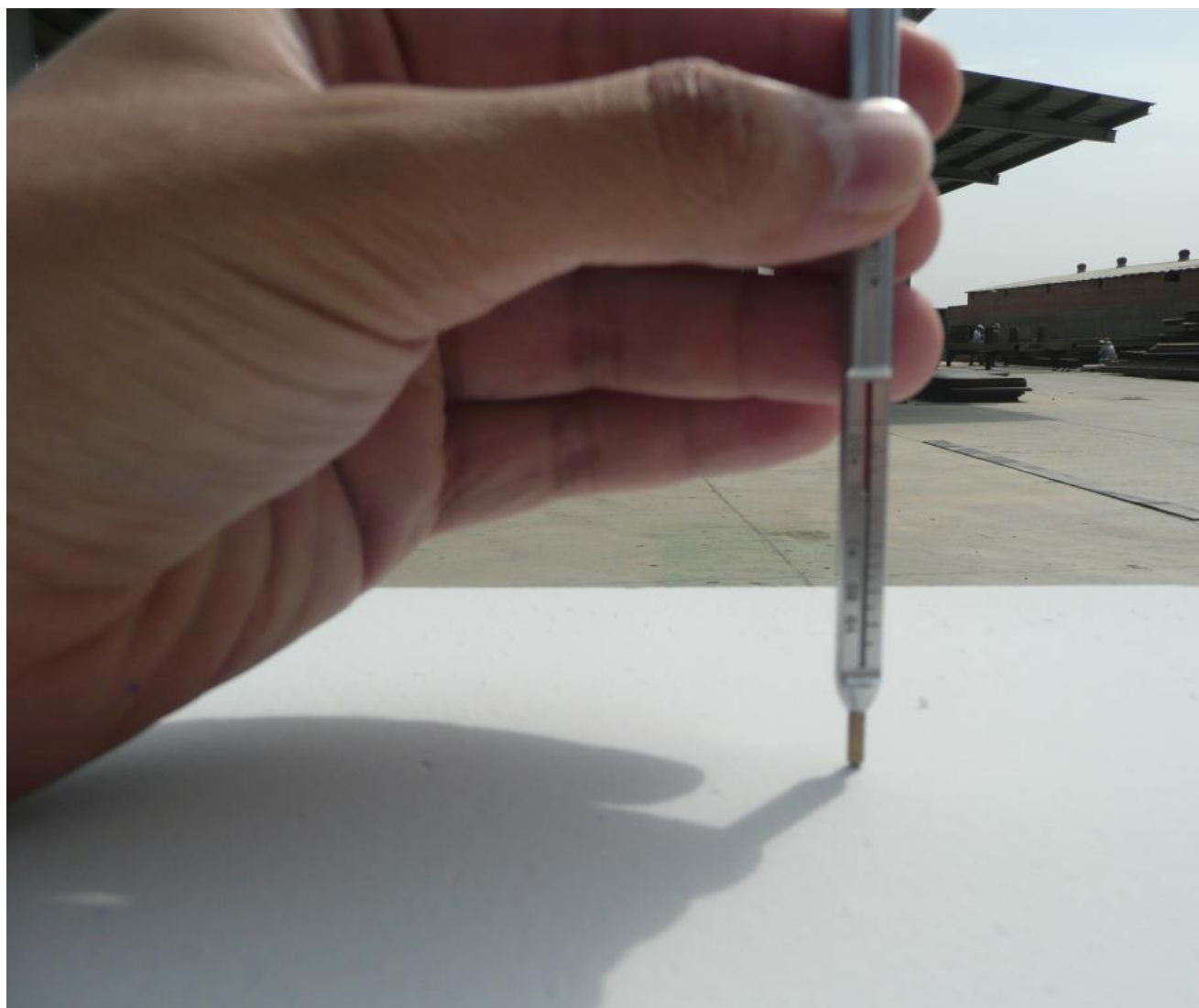
در مواردی که شرایط هوایی مشکل ساز باشد جهت دسترسی به یک پوشش مناسب می توان از روش هایی نظیر رقیق کردن رنگ ، گرم کردن و اضافه کردن تعداد لایه های پوشش استفاده نمود .

### روش های اعمال رنگ :

اسپری معمولی ( هوا ) Conventional Spray : در این روش رنگ مورد استفاده توسط هوای فشرده اتمیزه شده و بر روی سطح مورد نظر کشیده می شود . سیستم اسپری معمولی ( هوا ) شامل مواردی نظیر: محفظه تحت فشار - کمپرسور - نازل - شیلنگ هوا - شیلنگ رنگ و موارد دیگری می شود. ماکزیمم مقدار رنگی که می توان توسط این روش طی یک روز کاری ( ۸ ساعت ) اعمال نمود حدود ۲۰۰-۴۰۰ متر مربع می باشد

اسپری بدون هوا Airless Spray: در این روش با عبور دادن رنگ از یک سوراخ با فشار بالا تمیزه می شود هنگام عبور رنگ از دهانه سوراخ نازل رنگ منبسط شده و به ذرات کوچک تقسیم می شود و بر خلاف روش اسپری هوا در این روش از هوا استفاده نمی شود. با این روش شیارها و لبه ها را بهتر میتوان رنگ نمود و از سرعت بالاتری نیز برخوردار است.

در نهایت درخصوص اعمال رنگ بایستی در یک رویه کلیه موارد از جمله نوع رنگ تعداد لایه های رنگ مورد نیاز ضخامت هر یک و دیگر موارد ذکر گردد.



تست رنگ ایجاد شده به روی سطح به روش تست خراش



نمونه رنگ آمیزی میعوب قطعه



انجام عملیات سندبلاست قبل از رنگ آمیزی قطعه