1

Subject
Date

تکنولوژی جوش :

تا زمان جنگ جهانی دوم برای ساخت کشتی و اتصال از پرچ استفاده می‌شد.

جوش از زمان جنگ جهانی دوم و جهت ساخت کشتی برای جبران کشتی‌های غرق شده به وجود آمد (توسط فورد)

از کشتی‌های ساخته شده در مدت جنگ جهانی دوم، ٪20 آن‌ها به علت شکست ترد (brittle fracture) غرق شدند.

فهرست مطالب تکنولوژی جوش :

1- مقدمه
2- مزایا و محدودیت‌های اتصالات جوش
3- تعریف جوش، اصطلاحات جوش و انواع فرایند جوشکاری برحسب نوع حرارت ورودی
4- انواع فرایندهای جوشکاری ذوبی :
جوشکاری با گاز
جوشکاری قوس الکتریکی با محافظت سرباره، جوشکاری قوسی با الکترود روپوش دار - جوشکاری زیرپودری
جوشکاری قوس الکتریکی با محافظت گاز، جوشکاری قوس تنگستنی
جوشکاری قوس پلاسما - جوشکاری قوس فلزی
فرایند جوشکاری برقی سرباره‌ای
فرایند جوشکاری پرتوهای پرانرژی، جوش پرتوهای الکترونی - جوش پرتوهای لیزری
5- پارامترهای جوشکاری و تأثیر آن در کیفیت جوش
6- تأثیر حرارت ورودی به منطقه جوشی در حال جوشکاری و تأثیر آن بر ساختار داخلی و خواص مکانیکی
7- تأثیر واکنش‌های شیمیایی در منطقه جوش و تأثیر آن بر کیفیت جوش
8- عیوب جوش و انواع آن

PAPCO

Subject
Date

* جوش انواع مختلفی دارد. در یک حالت آن به میزانی حرارت می‌دهیم که دو قطعه ذوب گردد. در حالتی دیگر تنها تا حد رسیدن به شکل خمیری حرارت داده شده و سپس قطعات به یکدیگر فشار داده می‌شوند. (جوش خشک)
آهنگری در واقع شکلی از جوش خشک است.

جوش خشک در واقع همان آهنگری است که قدمت آن به 3000 سال قبل از میلاد مسیح برمی‌گردد.
در جوش خشک تنها تا رسیدن به حالت خمیری حرارت ایجاد می‌کنیم.
با بالا رفتن استحکام فولاد، جوش‌پذیری آن کاهش می‌یابد.

در جوشکاری باید به مقوله‌ی تنش پسماند توجه شود. به خاطر وجود تنش پس‌ماند در محل جوش، قطعه در تنشی کمتر از تنش جاری شدن خود می‌شکند.

* فلزات را با ۴ متد زیر به یکدیگر متصل می‌کنند.

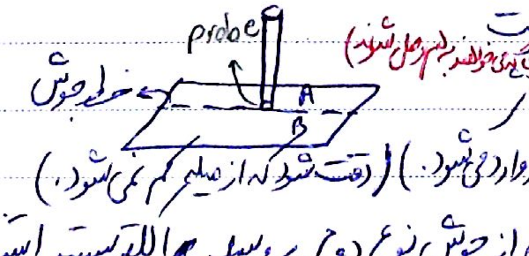
1. Fusion welding — جوش ذوبی
2. Un Fusion welding / solid state welding — جوش غیر ذوبی → به حالت خمیری (خمیری) رفته ولی به مذاب نمی‌رسیم
3. Liquid-solid state welding — لحیم (جوش سخت)
4. Adhesive bonding — چسب

معمولاً لحیم از جوشکاری غیر ذوبی جداست.

دو شکل اول به عنوان اتصال جوشی (welding Joints) شناخته می‌شوند.
اتصالات جوشی نیازمند: 1. حرارت (heat)
2. حرارت + فشار (pressure+heat)

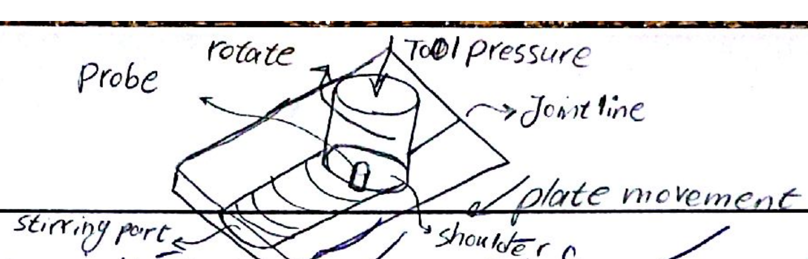
نوع دوم (غیر ذوبی)

× برای ایجاد حرارت مورد نیاز در جوش ۲، (علاوه بر حرارت مستقیم و قوس الکتریکی) می‌توان از اصطکاک نیز استفاده نمود. (شکل بهتر صفحه بعد)



میله با سرعت زیادی دوران کرده و همزمان حرکت انتقالی دارد که باعث خمیری شدن انتهای میله ۲ در اثر اصطکاک می‌شود. (همزمان از بالا به میله فشار وارد می‌شود.) (دقت شود که از میله کم نمی‌شود.)
(بعد از دوران، میله اول نیز خمیری می‌شود و دو میله به هم متصل می‌شوند)

برای اتصال تیغ کارد میوه‌خوری به دسته‌ی آن از جوش نوع دوم به وسیله‌ی حرارت الکتریسیته استفاده می‌شود.



۳

Subject
Date

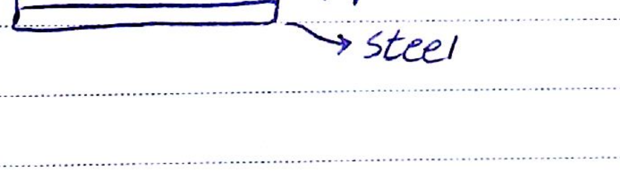
تعریف **جوشکاری** : یک روش اقتصادی و کارآمد برای اتصال فلزات است.
این فرایند شامل اتصال فلزات به کمک حرارت دادن آن تا یک دمای مناسب است.

انواع جوشکاری :
1) جوشکاری کوبشی (آهنگری)
2) جوشکاری مقاومت الکتریکی
3) جوشکاری اصطکاکی
4) جوشکاری انفجاری (حرارت مورد نیاز برای رسیدن به حالت خمیری از طریق انفجار تامین می گردد.)
5) جوشکاری ذوبی

گروه دوم
Un Fusion welding

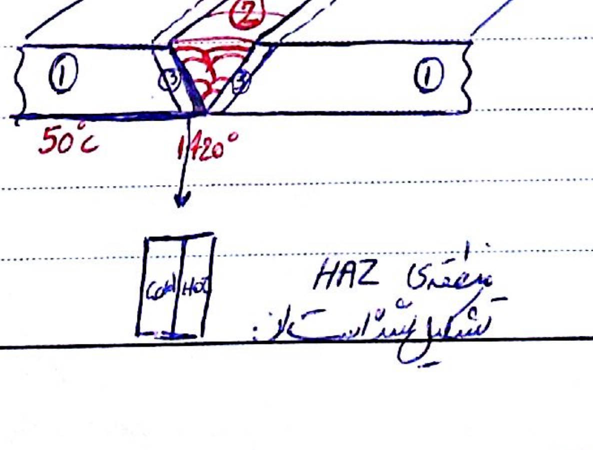
از جوش برای اتصال دو فلز هم استفاده می شود.
نقطه ذوب آلومینیوم (660°) و نقطه ذوب فولاد (1420°) می باشد. پس برای جوشکاری ذوبی این دو فلز به مشکل برمی خوریم. پس از روش دهم و جوشکاری انفجاری استفاده می شود. در کشتی های مسافربری که برای حفظ پایداری (stability) super structure را از آلومینیوم و بدنه را از فولاد می سازند، برای جوش دادن آن ها یک قطعه آلومینیوم خالص (pure Al) قرار داده که دارای مقاومت الاستیک بسیار پایین است سپس در این ناحیه انفجار ایجاد می کنند که این انفجار باعث اعمال نیرو و نرم شدن می شود.
آلومینیوم خالص نقش کاتالیزور را دارد.

و در نهایت سبب جوش آلومینیوم و فولاد می گردد



سپس تیر به وجود آمده این سوپراستراکچر و بدنه قرار داده و آلومینیوم را به آلومینیوم و فولاد را به فولاد جوش می دهند.

Weldment : قطعه جوشی
(قطعه ای که به قطعه ی دیگری می خواهد جوش داده شود.)



عنصر اصلی تبدیل آهن به فولاد کربن می باشد

HAZ منطقه ای تشکیل شده است از:

Subject
Date

هر قطعه‌ی جوش دارای بخش‌های زیر می‌باشد: (weldment دارای سه قسمت است)

weldment
1- Base metal (parent metal) فلز پایه - فلز اصلی
2- weld (weld metal) (Fusion zone)
جوش - فلز جوش - منطقه مذاب
حوضچه مذاب
3- Heat Affected zone
HAZ
منطقه حرارت دیده، تفدیده، منطقه متأثر از حرارت
4- weld

HAZ: منطقه‌ای در حدود چند میلیمتر است که تحت تأثیر گرمای جوش دچار تغییر ساختاری می‌شود.

منطقه‌ای در حدود چند میلیمتر

این منطقه تحت تأثیر این گرما، دچار تغییر ساختاری می‌شود.

اگر آهن را مذاب کنیم ابتدا ساختار بلوری آن به هم می‌ریزد که در صورت جامد شدن دوباره، این ساختار بلوری به شکل اولیه دوباره تشکیل می‌گیرد. حال اگر به آهن مذاب موادی مثل کربن (که بین اتم‌های آهن قرار می‌گیرد) و یا منگنز (که به خاطر بزرگی به جای اتم‌های آهن قرار گرفته و در واقع اتم جایگزین است.) اضافه کنیم، باز هم در نهایت شبکه کریستالی به وجود می‌آید.

در صورت آهسته سرد کردن مذاب، تعداد جوانه‌ها بیشتر خواهد بود و در نتیجه ساختار ریز دانه خواهد بود و استحکام بالا می‌رود.

در صورت سریع سرد کردن تعداد جوانه‌ها کمتر خواهد بود و ساختاری درشت دانه به وجود می‌آورد (چدن)

تفاوت دمای زیاد بین Fusion zone و base metal

در منطقه حرارت دیده (HAZ) به خاطر سریع سرد شدن، ایجاد ساختاری درشت دانه و ترک می‌شود.

GM	HAZ

در زمان گرم حوضچه مذاب، هیدروژن در مذاب حل می‌شود که هنگام سرد شدن این گاز خارج می‌شود که باعث ترک خوردن می‌شود.

بروز ترک در HAZ

برای جلوگیری از این اتفاق از pre Heat استفاده می‌کنند که باعث کاهش اختلاف دمای HAZ و base metal می‌شود.

Subject
Date

۵

جوشکاری گاز جوشی نیمه اتوماتیک است. یعنی تپانچه با دست حرکت داده می‌شود اما سیم جوش به وسیله‌ی دستگاه بیرون داده می‌شود.
در جوشکاری قوس الکتریکی

ساختارهای جوشکاری شده

Advantages of welded structures

اتصال جوشی دارای مزیت‌هایی نسبت به سایر اتصال‌هاست

1) High joint efficiency — راندمان بالای اتصال جوش

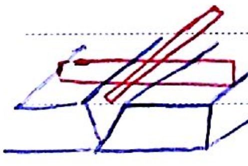
2) Water & Air tightness — آب‌بندی و هوابندی بودن اتصال جوش

3) Weight saving — صرفه‌جویی در وزن

4) No limit on thickness — عدم وجود محدودیت در ضخامت

5) simple structural design — سادگی طراحی ساختار

6) Reduction in fabrication time & cost — کاهش هزینه و صرفه‌جویی در زمان



۱) به وسیله‌ی تست کشش استحکام تعیین می‌گردد (به وسیله‌ی دو نمونه)

به وسیله‌ی تست کشش در راستای خط جوش و عمود بر خط جوش می‌توان استحکام را تعیین کرد

راندمان اتصال جوش = استحکام اتصال جوش / استحکام فلز پایه (که قبلاً در جوش می‌دانستیم)

می‌توان راندمان جوش را ... کرد. (نسبت به اتصال پرچی) (حتی می‌توان از ۱۰۰ درصد هم بیشتر شود یعنی استحکام اتصال جوش از فلز پایه بیشتر باشد)

راندمان اتصال پرچی = استحکام اتصال پرچ / استحکام فلز پایه

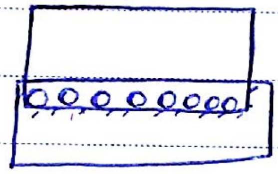
راندمان اتصال پرچی حداکثر 70-75% می‌باشد

4

Subject
Date

با تغییر زاویه‌ی خط جوش، هم افزایش وزن و هم افزایش هزینه مواد و کارگر را خواهیم داشت

(خط جوش)



2) آب‌بند و هوابند بودن (اتصال جوش)

3) صرفه‌جویی در وزن: جوش ۲۰٪ از اتصال پرچی سبک‌تر است
مقایسه با اتصال پرچی: هم مجبور شده‌ایم که ① مقدار لبه‌ها را بیشتر گرفته تا از روی هم عبور کنند و هم
② وزن خود فلز پرچ به مجموعه اضافه شده است.

4) عدم وجود محدودیت در ضخامت:
در یک محدوده‌ی خاص (حداکثر تا 8cm) نمی‌توان ضخامت صفحه بیشتر را در اتصال پرچی در نظر گرفت چون باعث افزایش تنش لهیدگی و بریدن پرچ‌ها می‌شود.
اما ضخامت صفحه در مورد جوش هیچ محدودیتی ندارد و صفحه با هر ضخامتی را می‌توان جوش داد

5) سادگی طراحی ساختار: می‌توان با هر ابعاد و شکلی صفحه‌ها را به یکدیگر جوش داد در صورتی که در مورد اتصالات پرچی برای این گونه اتصالات پیچیدگی‌ها و محاسبات و محدودیت‌های زیادی وجود دارد.

6) کاهش و صرفه‌جویی در هزینه و زمان

Problems of welded structures

نکاتی برای حذف یا کاهش
می‌توان معایب برای اتصالات جوشی متصور شد:

1. Difficult to arrest fracture (توقف)
سختی در متوقف کردن شکست

2. possibility of defects
امکان وجود نقص در جوش

3. Sensitive to materials
خاصیت مختلف مواد در جوش‌پذیری

(قابل اطمینان) (تعداد)
4. Lack of reliable NDT techniques (تست غیرمخرب)
عدم اطمینان کافی به نتایج تست‌های غیرمخرب

PAPCO

Subject
Date

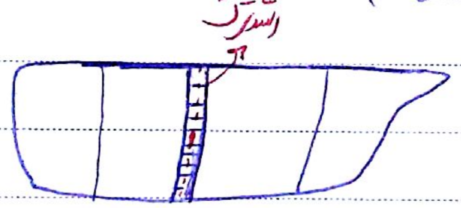
V

5. Residual stress

6. Distortion

1. سختی در توقف شکست

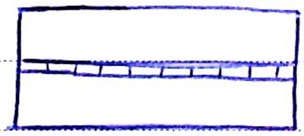
اتصال پرچی یک اتصال غیر پیوسته است و اگر در هر صورتی یک شکست به وجود آید حداکثر در فاصله‌ی بین دو پرچ رشد می‌کند. اما در اتصال جوشی که اتصالی پیوسته است در صورت پیدایش یک ترک این ترک شروع به رشد نامحدود می‌کند. (تا زمان وجود سر این ترک رشد می‌کند)
تا شکستگی



2. امکان وجود نقص وجود دارد در جوش

در جوش با اعمال حرارت زیاد ایجاد اتصال می‌کنیم.

حرارت مقدار زیاد (دمای بالا که بر ترک [illegible] اثر گذار می‌باشد)



حرارت غیر یکنواخت در صفحه (اگر کل صفحه،
تا یک حرارت گرم شود هیچ مشکلی برای
صفحه پیش نمی‌آید اما در جوش تنها یک ناحیه از صفحه حرارت مقدار زیادی می‌بیند)

3. خاصیت مختلف مواد در جوشپذیری

فلزات مختلف میزان جوشپذیری مختلفی دارند و برخی از آن‌ها نیز قابلیت جوشپذیری ندارد.
پس ما در جوش محدودیت انتخاب فلز داریم اما در پرچ هیچ گونه محدودیتی در زمینه اتصال فلزهای مختلف وجود ندارد
چون این مواد حرارت نمی‌بینند

4. عدم اطمینان کافی به نتایج تست‌های غیر مخرب

دو نوع تست داریم: تست مخرب، غیر مخرب برای مثال پس از ساخت کشتی به وسیله‌ی X-rays و یا مواد نفوذ کننده مغناطیسی خط جوش را از نظر ترک detect و بررسی می‌کنند.

PAPCO

Subject
Date

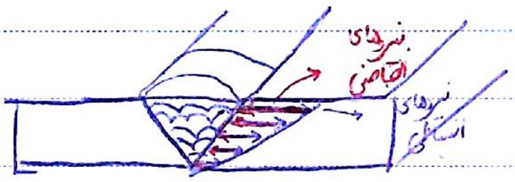
ممکن است نتایج تست‌های غیرمخرب عالی باشد ولی مشکل وجود داشته باشد.

5. تنش پسماند

تنشی است که در صورت برداشتن و حذف نیروهای مؤثر بر قطعه در آن باقی می‌ماند.

در هنگام جوشکاری و وقتی ذوب فلز ذوب‌شده افزایش حجم داده و بر دو لبه‌ی دو طرف خود نیرو وارد می‌کند که این نیرو با میزان حجم نامناسب است. پس از سرد شدن، متناسب نیروهای انبساطی به انقباضی نزدیک می‌شوند.

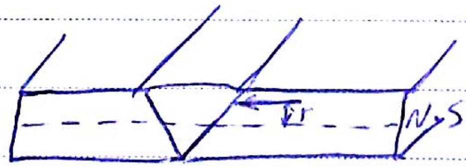
عامل تنش پسماند می‌تواند حرارتی یا مکانیکی باشد.



$\sigma_R = \frac{F_{sh}}{A} \rightarrow$ shrinkage force

6. اعوجاج

تحت اثر نیروی F_{sh} و فاصله‌ی آن‌ها از N.S به خاطر به وجود آمدن $M = \vec{r} \times \vec{F}_{sh}$، که دو لنگر باعث خم شدن ورقه می‌شود.



اعوجاج در اثر حرارت ایجاد می‌شود.

در واقع پس از سرد شدن اتفاق می‌افتد.

* Solid state welding: Friction welding, Forge welding

* Liquid-solid state welding: soldering, Brazing

لحیم معمولی — لحیم زرد

تفاوت در حرارت وارده برای ذوب

PAPCO

مراحل طراحی کشتی و استفاده از جوشکاری :

✓ Design — نیازمند جوش
(نقشه های جوشکاری مشخص می شود)

✓ Material procurement
(مواد مورد استفاده می بایست جوش پذیر باشند.)

✓ Fabrication : Subassemblies — نیازمند جوشکاری درزها، قطعات و غیره
(تمام اتصالات با جوش انجام می شود.)

✓ Fabrication : Units — نیازمند جوشکاری بلوک ها و غیره

Surface Preparation
(جوش حضور ندارد)

Painting
(جوش حضور ندارد)

✓ Outfitting

Testing

Delivery

outfitting: نیازمند جوشکاری لوله ها، وسایل جانبی، سوپراستراکچر، فونداسیون، موتور، شفت، پروانه و غیره

1- weldment(s) — قطعه جوشی
2- Base metal (BM) — فلز اصلی یا پایه
3- Heat Affected zone (HAZ)
4- weld

Design : در نظر گرفتن نوع و روش جوش و نیز میزان وزن و زمان جوشکاری جهت برنامه ریزی ساخت کشتی و طراحی اولیه و طراحی جزئیات آن

material procurement : تهیه مواد جوشی شامل الکترود و غیره

جوشکاری مقاومت الکتریکی :

مقاومت الکتریکی $R = \rho \frac{l}{s}$ (ρ: ضریب مقاومت، l: طول، s: سطح مقطع)

$V = IR$

$\uparrow I = \frac{V}{R\downarrow} \Rightarrow Q = RI^2 t$

اگر خیلی زیاد شود.

Subject
Date

Fusion welding methods acc. To heat soure :

دسته بندی جوش زدنی بر اساس منبع حرارتی
جوشکاری بر اساس منبع حرارتی گاز، برق و پرتوهای پر انرژی به سه دسته تقسیم می‌شود

1. Gas welding

منبع حرارتی: گاز

- Oxy-Acetylen welding
- Oxy-Hydrogenwelding

2. Arc welding

منبع حرارتی: برق

3. High Energy beam welding

منبع حرارتی: پرتوهای پرانرژی

- Electron Beam welding (EBW)
- Laser Beam welding (LBW)

به دو صورت می‌توان از گاز به عنوان منبع حرارتی استفاده نمود:

۱_ به وسیله اکسی-استیلن

$O_2 + C_2H_2 \longrightarrow Q + H_2O$ (حرارت)

2_ (برای جوشکاری زیر آب از اکسی‌پروپان استفاده می‌کنند)
به علت تراکم‌پذیری زیاد این گاز که جلوی نفوذ آب را می‌گیرد. (Propan)

$O_2 + H_2$

2. Arc welding

Arc welding به شش شاخه تقسیم می‌شود

- Gas metal Arc welding (GMAW)
- submerged Arc welding (SAW)
- shielded Metal Arc welding (SMAW)
- Plasma Arc welding (PAW)

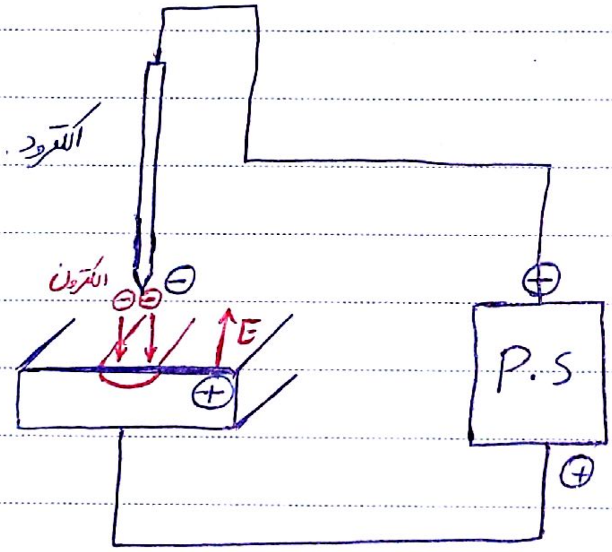
PAPCO

Subject
Date

- Gas Tungsten Arc welding (GTAW)

- Electro slag welding (ESW)

با بقیه متفاوت است چون Arc (قوس الکتریکی) ندارد.



* Arc قوس الکتریکی عبارتست از حرکت الکترون ها به سمت صفحه مثبت (از الکترود)

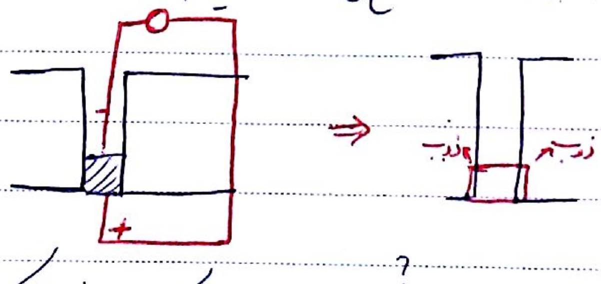
* توسط قوس (میدان) به الکترون ها نیرو وارد شده و باعث حرکت برخورد آن ها به قطعه جوشی می‌شود.

$\vec{F} = e\vec{E} = m_e a$

$E_e = \frac{1}{2} m_e v_e^2 \Rightarrow$ (در لحظه ورود $v_e = 0$) و انرژی به گرما تبدیل می‌شود $E_e = Q$

* قوس الکتریکی یون ایجاد کرده، با اعمال نیرو آن ها را حرکت داده و صاحب انرژی جنبشی می‌کند که در نتیجه برخورد به قطعه جوشی این انرژی به گرما تبدیل می‌شود.

* از طریق اتصال کوتاه بین الکترود و صفحه جوش ESW رخ می‌دهد که این باعث ذوب دو صفحه و الکترود و جوشکاری آن ها می‌شود.



* فلزات ساختار کریستالی دارند ولی ساختار کریستالی هر فلز متفاوت است. در آهن، ساختمان کریستالی به صورت body center cubic است.
(شش وجهی)

Subject
Date

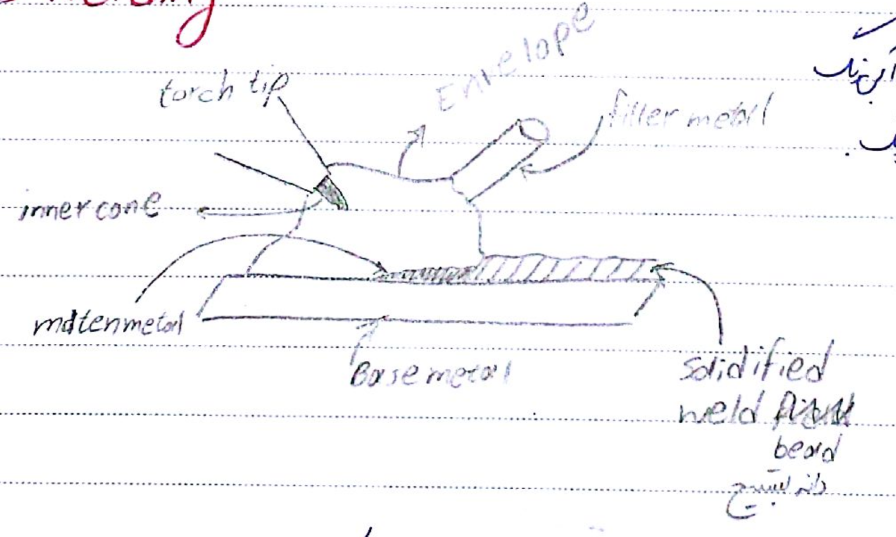
اکسیژن، نیتروژن و هیدروژن‌ها به حوضچه مذاب وارد می‌شوند و در آن ایجاد خلل می‌کنند پس ما باید از حوضچه مذاب در برابر نفوذ حفاظت کنیم.

Mechanical properties of Low-carbon steel welded without Protection

Mechanical properties	Base metal	Weld metal
Tensile strength (N/mm^2)	390-440	334-390
Ductility (%)	25-30	5-10
Bend angle (degree)	180	20-40
Impact toughness (J/cm^2)	7147.0	4.9-24.1

از جدول می‌توان نتیجه گرفت که اهمیت حفاظت از حوضچه مذاب بسیار زیاد است.

* Gas welding



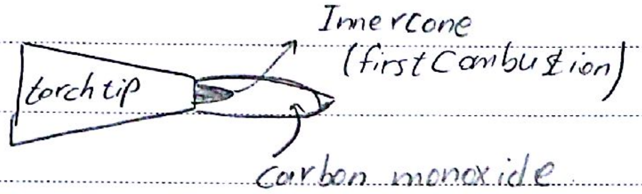
مخروط داخلی سبز رنگ، آبی رنگ
و مخروط خارجی قرمز رنگ.

جامدشدن خط جوش

جوش اکسی استیلن یک جوش تعمیراتی است چون جوش خیلی با کیفیتی نیست.

مزیت: دستگاه ارزان و قابل حمل و همه جا در دسترس است. (آب روی آهک استیلن بدست می‌دهد)
حداکثر حرارت ایجادشده بستگی به میزان ترکیب دو نوع ماده گازی یعنی میزان اکسیژن و استیلن دارد.

PAPCO



بیشترین درجه حرارت در شعله داخلی رخ می‌دهد.

احتراق داخلی با تشکیل مخروط داخلی صورت می‌گیرد (شروع می‌شود).

Arc welding → منبع تولید حرارت
جریان الکتریکی یا توان الکتریکی

جوش قوس الکتریکی

$P = V \cdot I$ (watt)

ولتاژ (معمولاً) ثابت است و
اگر ۱٪ جریان را تغییر دهیم پس جریان و توان تقریباً یک معنی را بیان می‌کنند.

* دسته بندی Arc welding
* دسته بندی بر اساس نوع تغذیه‌ی جوش (الکترود، سیم جوش و ....)

(تغذیه می‌تواند به صورت پیوسته یا ناپیوسته باشد.) (الکترود ← ناپیوسته) (سیم جوش ← پیوسته)

Arc Welding بر اساس پیوسته یا ناپیوسته بودن تغذیه جوش به ۳ گروه تقسیم می‌شود

① تغذیه ناپیوسته است (الکترود)

1. shielded metal-Arc welding (SMAW)
جوش قوس الکتریکی محافظت شده با پوشش الکترود (جوش دستی)
خط فاصله به این معناست که قوس الکتریکی به وسیله‌ی فلز (الکترود) محافظت شده به قطعه وارد می‌شود.

2. Gas Tungstan-Arc welding (GTAW) جوش قوس تنگستنی محافظت شده با گاز
shield (سپر محافظ) در اینجا توسط گاز ایجاد می‌شود.
خط فاصله به این معناست که تنگستن ایجاد قوس می‌کند.

3. Plasma Arc welding (PAW) جوش قوس پلاسما
در اینجا هم تنگستن ایجاد قوس می‌کند ولی به خاطر حالت پلاسما از آوردن نام آن صرف نظر می‌شود
در اینجا بین فلز و تنگستن ایجاد پلاسما می‌شود.

② تغذیه‌ی جوش پیوسته است :

1) Gas metal - Arc welding (GMAW) — جوشکاری قوس فلزی با پوشش گاز

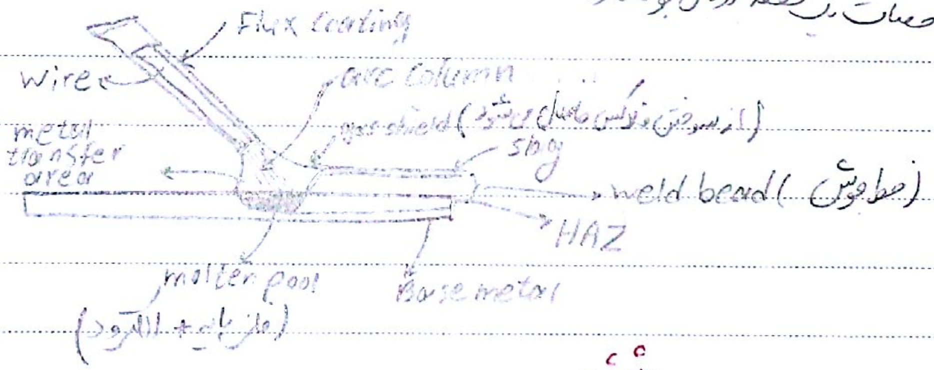
2) submerged Arc welding (SAW) — جوشکاری قوس مستغرق (زیر پودری)
مستغرق (غرق شده)
Flux = پودر محافظتی

3) Electro slag welding (ESW) — جوشکاری برق سرباره‌ای.

فلاکس ذوب می‌شود و به سرباره (slag) تبدیل می‌شود. فلاکس ابتدا از حوضچه محافظت کرده و بعد در بالای حوضچه قرار می‌گیرد که بعد از اتمام جوشکاری ها جدا می‌شود.

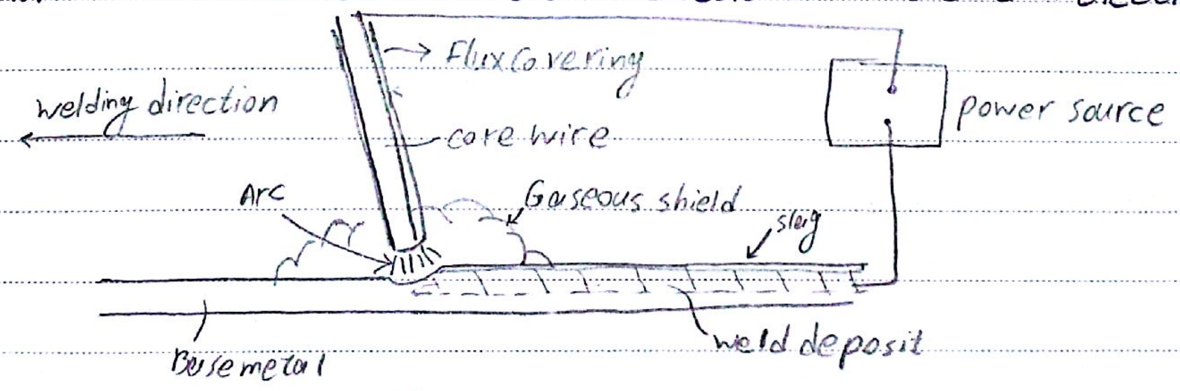
ممکن است در شماره‌ی 3 به جای slag از gas استفاده شود که البته جوش کم کاربردی است.

مشخصات یک قطعه در حال جوشکاری



مغز فلز و پوشش اسلاگ slag

①* SMAW — Electrode — core flux Electrode — core metal Electrode



sketch of the shielded metal arc welding process

PAPCO

Subject
Date

power source منبع تغذیه که یک سیم آن به الکترود و دیگری به قطعه وصل می‌شود تا قوس ایجاد شود.

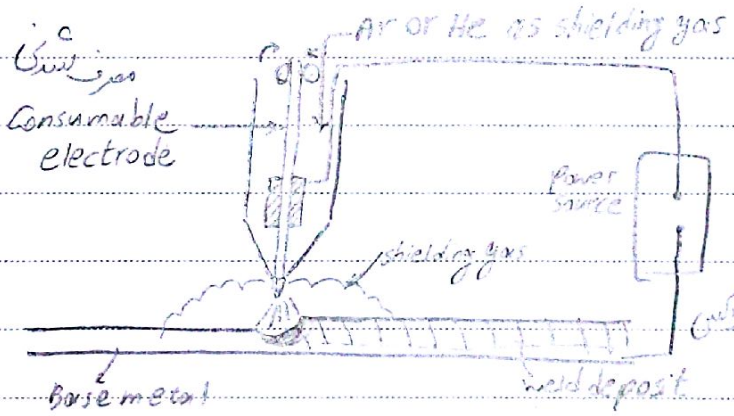
weld deposite : خط جوش (فلز گذاشته شده)

مزایا: اپرتابل بودن (قابل استفاده در هر محل دارای برق)
2 - ارزانی

محدودیت: کاملاً دستی
اتلاف زمانی دارد تعویض الکترود
(ناپیوستگی در خط جوش ایجاد defect می‌کند.)

کیفیت این جوش بستگی به مهارت جوشکار دارد.

② GAS Metal Arc Welding (GMAW)



تفاوت جوش قبلی در Shield آن هاست که اینجا گاز است و دیگر فلاکس نداریم به علاوه از سیم جوش استفاده می‌کنیم.

(تفاوت SMAW با GMAW در استفاده از سیم جوش بجای الکترود و گاز محافظ بجای فلاکس)

دو نوع گاز برای محافظت از حوضچه مذاب داریم.

① گاز خنثی gas inert { He, Ar } که با حوضچه مذاب ترکیب نمی‌شوند و گران هستند.

این نوع جوش در کارهای حساس مورد استفاده قرار می‌گیرد. (در جوش آلومینیوم و فولادهای با استحکام بسیار بالا از گاز خنثی استفاده می‌شود.
(استحکام فولاد دریایی که نیازی ندارد از گاز خنثی استفاده شود 235 mpa)

② گاز فعال gas active مثل CO_2

GMAW براساس نوع گاز محافظ مصرفی به دو فرایند MIG و MAG دسته بندی می‌شود.

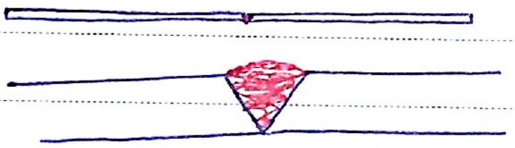
GMAW { 1 - Gas Active . MAG (Metal Active gas) مثل CO_2 فرایند → فولاد و آلیاژهای آهنی
2 - Gas Inert . MIG (Metal Invert gas) فرایند → غیرآهنی

Subject معایب : وسایل و تجهیزات پیچیده‌تر، گرانتر و با قابلیت حمل و نقل کمتر - عدم محافظت از حوضچه جوش در مکان‌هایی که جریان هوا وجود دارد.
Date

این جوش به صورت نیمه اتومات است. تپانچه با دست حرکت داده می‌شود اما بیرون آمدن سیم جوش توسط دستگاه است. برای جوش خوب قبل از برقراری قوس باید گاز محافظ وصل شود تا هیچ نقصی در خط جوش نباشد. دارای خاصیت خود تنظیمی طول قوس می‌باشد که بسیار نیاز به مهارت جوشکاری نمی‌باشد.

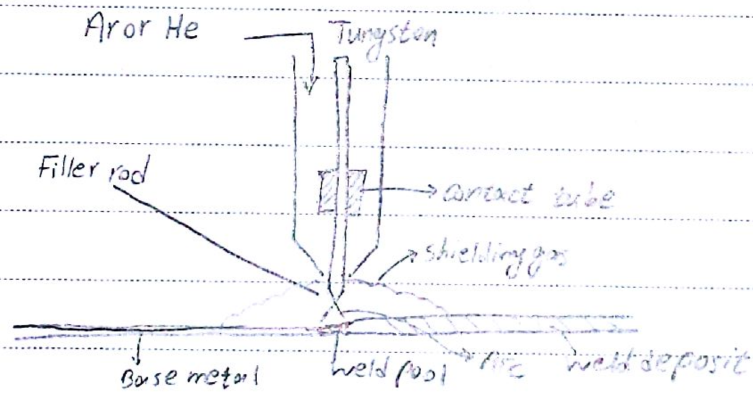
GTAW

تنگستن فقط قوس ایجاد می‌کند و مصرف نمی‌شود.
در صورت نیاز می‌توان سیم جوش به فرایند اضافه کرد.
اگر ضخامت محل جوش کم باشد نیازی به سیم جوش نیست ولی اگر ضخامت زیاد باشد، باید از سیم جوش استفاده کرد تا شکاف کاملاً پر شود.



جوش تنگستن برای جوش آلومینیوم بسیار خوب است.

جوش پرتابل است.



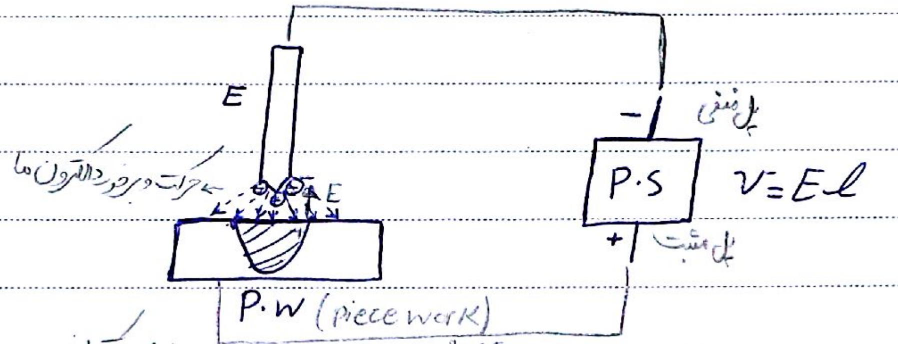
GTAW { TIG — برای صفحات نازک و قطعات ظریف
گاز خنثی استفاده می‌شود.

جوش خوبی از لحاظ کیفیت و هزینه (و تنگستن)
تنها به خاطر مصرف گاز خنثی هزینه‌ی آن بالا می‌رود.
قوس راحتی ایجاد می‌شود چون تنگستن از تپانچه بیرون است (مزیت) ولی در عوض در صورت عدم توجه و اتصال تنگستن به محل جوش قوس به خوبی برقرار نشده و جوش ناقصی ایجاد می‌شود که باید تمیز شود.

فرایندی مناسب برای جوشکاری فلزاتی مانند آلومینیوم و مس که دارای هدایت حرارتی بالا هستند، به دلیل تمرکز حرارتی بالا
فرایند GTAW دارای نرخ رسوب پایین در مقایسه با فرایندهای قوس الکتریکی است.
فرایند GTAW نیاز به مهارت بالای (بسیار) جوشکار دارد.
از این نوع جوش معمولاً برای قطعات ضخیم استفاده نمی‌کنند.

PAPCO

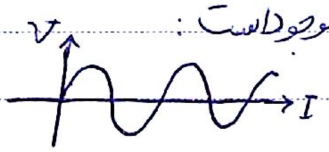
Subject
Date



انرژی جنبشی الکترون $E_c = \frac{1}{2} m_e v_e^2 \xrightarrow{v_e} E_c = 0 \Rightarrow Q$

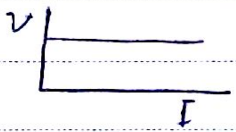
* جریان الکتریکی به دو صورت موجود است :

Ac _ Alternative Current



f=50 یعنی 50 سیکل در ثانیه ایجاد می‌شود

Dc _ Direct Current



* اگر میدان به اندازه‌ی کافی قوی باشد می‌تواند فضای بین الکترود و قطعه را یونیزه کرده و جریان را برقرار کند.

* arc به معنی ذرات باردار

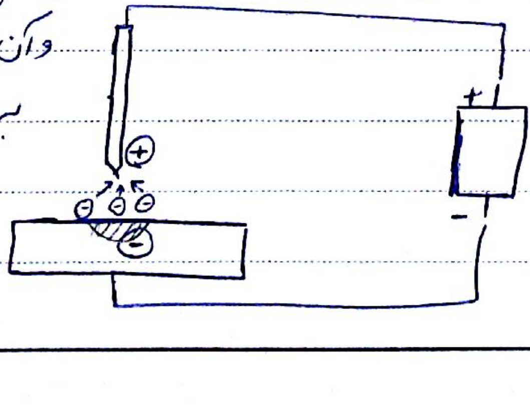
* در اثر برخورد الکترون‌ها که دارای انرژی جنبشی $E_c = \frac{1}{2} m_e v_e^2$ هستند به قطعه برخورد می‌کنند سرعتشان صفر شده و گرما ایجاد می‌کنند.

* اگر الکترود به قطب منفی متصل باشد :

الکترود ⊖
قطعه کار ⊕
$\Rightarrow$ DC straight polarity $\equiv$ DCSP (پولاریته منفی (NP)

پولاریته معکوس : (پولاریته مثبت)

* اگر نحوه‌ی اتصال سیم‌های مثبت و منفی برعکس باشد در این صورت الکترون‌ها از طرف قطعه کار به سمت الکترود رفته و آن را گرم می‌کنند که گرمای آن (نفوذ آن) نسبت به DCSP کمتر است



Subject
Date

نقطه ذوب آلومینیوم از اکسید آن پایین تر است نقطه ذوب اکسید آلومینیوم حدود ۲۰۰۰ و نقطه ذوب آلومینیوم ۶۶۰ می باشد

* از این جوشش برای جوشش آلومینیوم استفاده می شود. آلومینیوم فلزی حساس با نقطه ذوب پایین است. در طبیعت به صورت اکسید یافت می شود.

* در صورتی که لایه ی اکسید آن برداشته شود و در مجاورت هوا قرار گیرد به سرعت اکسید می شود. تا این که با اختراع برق توانستند این لایه ی اکسید را جدا کنند. در قدیم برای حذف این لایه ی اکسید برای جوشکاری در قدیم از طریق شیمیایی (تمیز کردن با اسید و سپس جوشکاری) یا مکانیکی (سنگ زدن و تمیز کاری) استفاده می شد.

* پلاریته ی معکوس خاصیت اکسید زدایی دارد.

* با استفاده از پلاریته ی معکوس، ابتدا لایه ی اکسید از روی قطعه برداشته می شود.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{الکترود} \ \oplus \\ \text{قطعه} \ \ominus \end{array} \right. \Rightarrow DCRP$$

جریان با پلاریته معکوس به عنوان یک اکسید زدای قوی با قدرت تمیزکنندگی با اصطلاح می باشد. این موضوع به علت شکستن لایه اکسید سطحی ... عکس العمل بمباران الکترون است. از جریان با پلاریته معکوس برای شکستن لایه اکسید ... سطح فلز ... مانند آلومینیوم و منیزیم ... استفاده و

* افزایش قدرت میدان باعث افزایش تعداد یون ها و در نتیجه افزایش نیرو و در نتیجه افزایش سرعت یون ها و در نتیجه افزایش گرمای ایجاد شده می شود.

$$\vec{F_e} = q \times \vec{E}$$

$$\vec{F_e} = e\vec{E} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{E} = \frac{1}{2}mv^2 = \vec{Q}$$

(افزایش؛ دارای برخورد)

* در هنگام استفاده از جریان AC، در نیم سیکل پلاریته مستقیم و در نیم سیکل پلاریته ی معکوس داریم که در این صورت جوشچه ی مذاب دارای اندازه ای بین DCRP و PCSP خواهد بود.

* جوشش آلومینیوم را می توان با جریان AC نیز انجام داد چون در یک نیم سیکل پالایش اکسید صورت گرفته و در نیم سیکل بعدی ذوب صورت می گیرد.

* در پلاریته منفی عمل اکسید زدایی انجام نمی شود.

* در پلاریته منفی (70% حرارت در قطعه و 30% در انتهای الکترود) و در پلاریته مثبت (30% در قطعه و 70% در انتهای الکترود) و در جریان AC (50% در قطعه و 50% در الکترود)

PAPCO

Subject
Date

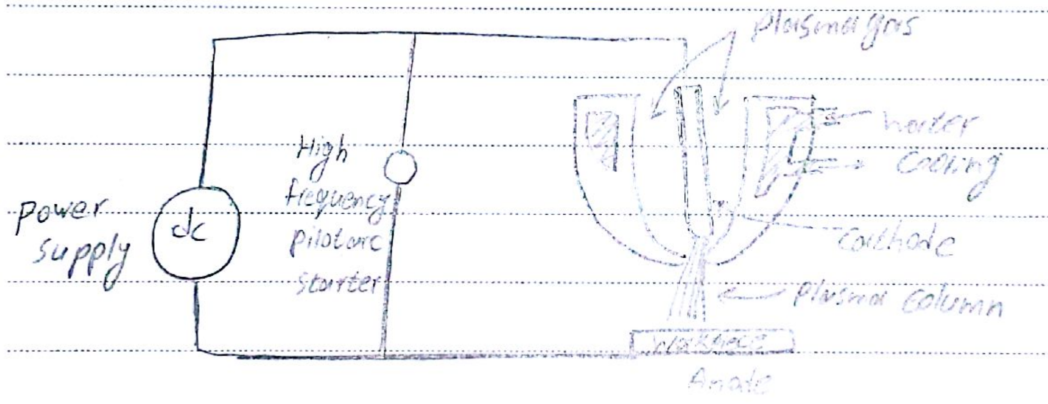
* penetration : عمق نفوذ
در DCSP : عرض کم و عمیق
در DCRP : عرض زیاد و سطحی
در Ac : متوسط

مقدار نفوذ را در جوش های زیر بیان کرده و مقایسه کنید و دلیل این مقدار نفوذ را بیان کنید.

در DCSP به این علت که الکترود به قطب منفی متصل است و الکترون ها از الکترود به قطعه برخورد می کنند باعث ایجاد حرارت زیاد و نفوذ زیاد می گردند در صورتی که در DCRP بیشتر حرارت روی الکترود ایجاد می شود.

* Plasma ARC Welding

عیناً مشابه جوش تنگستن است (یعنی مکانیزم آن با مکانیزم جوش تنگستن در حالت های الکتریکی یکسان است)



مکانیزم PAW با مکانیزم GTAW در حالت های یکسان است

میدان را از طریق تقویت فرکانس افزایش داده ایم

* پلاسما به معنای گازهای یونیزه شده می باشد (plasma ← گازهای یونیزه شده)
هرچه فرکانس بالاتر رود قدرت یونیزه کردن نیز بیشتر می شود که باعث ایجاد یک فضای یونیزه به نام پلاسما می شود.

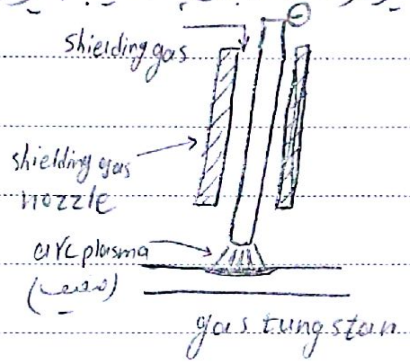
منظور از plasma gas گازهای نظیر Ar و He بوده که یونیزه شده و تشکیل یون های سنگین Ar^{++} و He^{++} می دهند.

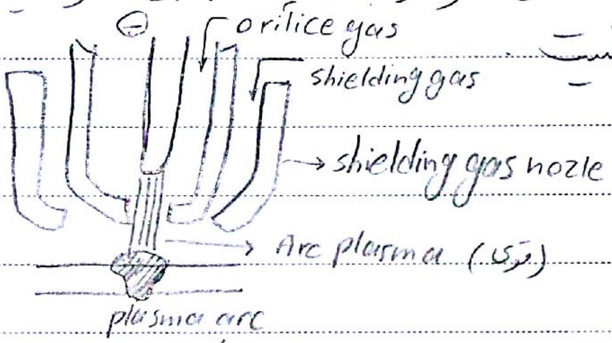
از آب سرد جهت خنک کاری های این سیستم می شود.

شباهت با جوش تنگستن : در الکترود

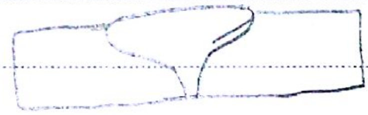
Subject
Date

شباهت: هر دو الکترود تنگستنی دارند. در پلاسما الکترود درون تورچ و در دیگری بیرون تورچ است. پلاسما نیاز به خنک سازی دارد
در جوش تنگستن به علت زیاد قوی نبودن قوس باید الکترود بیرون و نزدیک به قطعه باشد.
در جوش پلاسما به علت قدرت زیاد الکترود در داخل است.
در جوش پلاسما به خاطر داخل بودن الکترود، جرقه زدن برای شروع کار دشوارتر از جوش تنگستن می باشد. ولی در جوش در جوش تنگستن، سر الکترود به خاطر مذاب برخورد کرده و کثیف شده و باید تیز شود ولی در جوش پلاسما نیازی به تیز کردن الکترود نیست



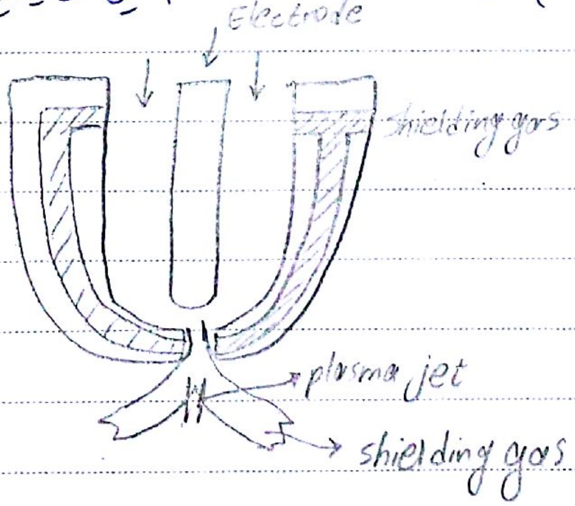


بهترین مقطع جوش: hole key (سوراخ کلید)



shielding gas هم برای ایجاد پلاسما کاربرد و هم برای ایجاد محافظت به کار می رود (جنس shielding orifice مسی است)

He گاز کاتیلین و بهتر پوشش می دهد (نسبت به Ar) ولی از Ar گران تر است و در پتانسیل کمتری یونیزه می شود.



PAPCO

* در جوش پلاسما تعداد یون‌ها و الکترون‌ها خارجی بسیار زیاد است. برای ایجاد این حجم از یون‌ها نیاز به ولتاژ و جریان بالا است که باعث گرم شدن زیاد می‌شود.

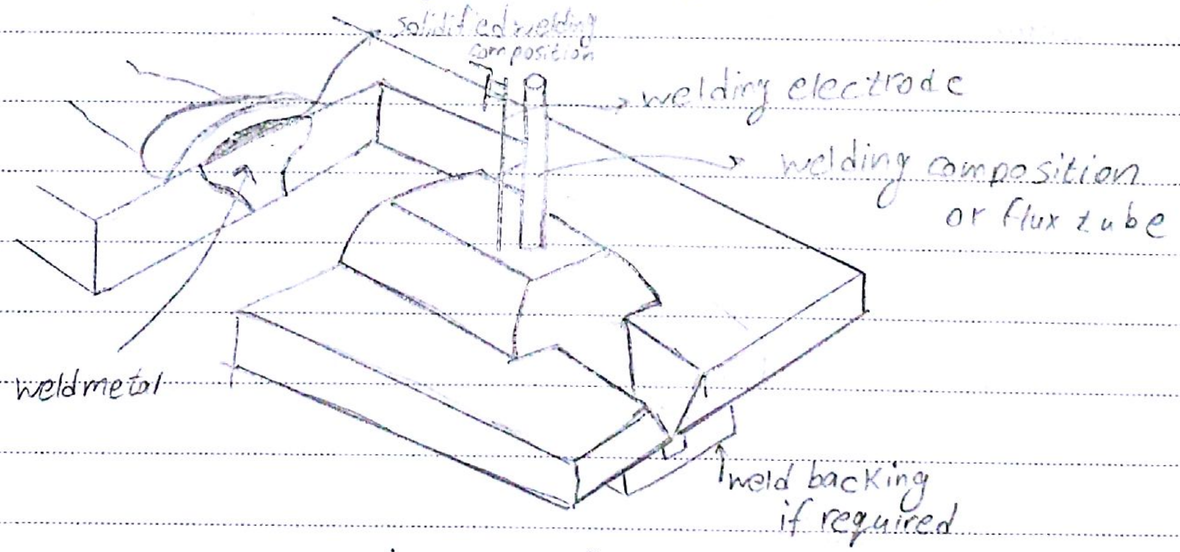
* جوش تنگستن جوشی ارزان‌تر از جوش پلاسماست.

* برای هر دو جوش تنگستن و پلاسما از arc plasma استفاده می‌شود. plasma به معنی گازهای یونیزه شده است که در جوش پلاسما مقدار آن خیلی بیشتر از جوش تنگستن است.

* Submerged ARC welding   جوش مستغرق *

* جوشی پرکاربرد در صنعت کشتی‌سازی است که حوضچه مذاب در آن زیر پودر غرق شده است

عیناً مشابه جوش MIG است با این تفاوت که در MIG از سیم خالی با گاز محافظت می‌کردیم اما در SAW از پودر flux برای این کار استفاده می‌کنیم.



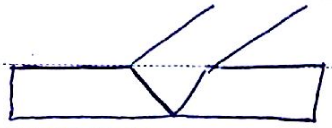
پودر جلوی سیم جوش ریخته می‌شود تا هیچ لحظه‌ای جوش بدون محافظت نباشد.

برای جوشکاری صفحات بزرگ از این جوش استفاده‌ی فراوان می‌شود.
(با ضخامت زیاد و جوش سر به سر = Butt)

PAPCO

حجم جوش می‌توانند پر و راحت کنند

استحکام جوش ناشی از حجم جوش اتصال دهنده است. بنابراین برای افزایش این حجم قطعه را پخ می‌زنند یعنی لبه‌ها را به صورت مایل در می‌آورند.
گاهی برای پر کردن این فضای بین دو قطعه باید بیشتر از یک الکترود استفاده شود.



* مزایا

* جوش بالا در صورت در زمان دلخواه.

* به خاطر استفاده از weld backing (در صورت نیاز) می‌توان با یک پاس جوش را انجام داد.
مس یا سرامیک (مس در جریان بالا و سرامیک در جریان پایین)

در هنگام جوش با استفاده از پخ، ریشه‌ی جوش به درستی تشکیل شده و ایجاد ترک نشی می‌کند که بعد از تراشیده شده و یک جوش تمیز یک دست جانشین آن می‌شود. در جوش SAW می‌توانیم هم زمان ایجاد ریشه‌ی جوش کنیم
با استفاده از weld backing

پاس: یک بار جوش در یک امتداد

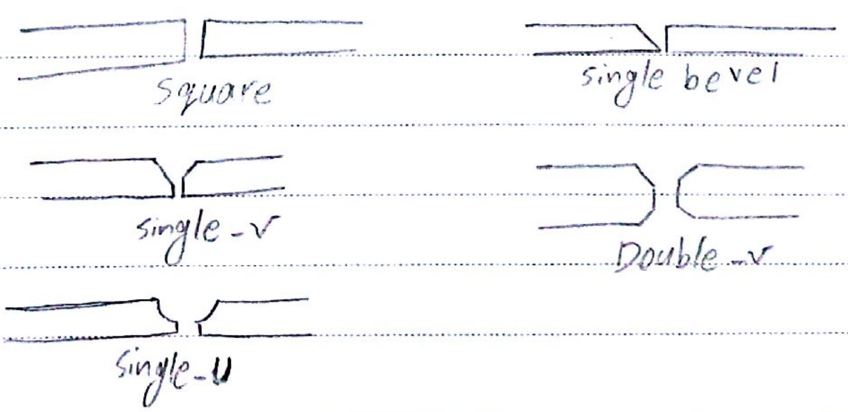
* معایب: اتلاف انرژی زیاد می‌شود ولی در جوش چند بار رفت و آمد (پاس) باعث اجازه دادن به قطعه

* در صورت استفاده از [illegible]
جهت سرد شدن می‌شود که باعث دانه ریز شدن می‌شود ولی در SAW به خاطر حرارت خیلی زیاد که در یک پاس داده می‌شود سرد شدن باعث دانه درشت شدن و کاهش چقرملی می‌شود.

جوشکاری تنها در وضعیت تخت و افقی

* از ضررهای دیگر این جوش افزایش منطقه‌ی HAZ می‌باشد که باعث آسیب می‌گردد.

انواع جوش سر به سر butt

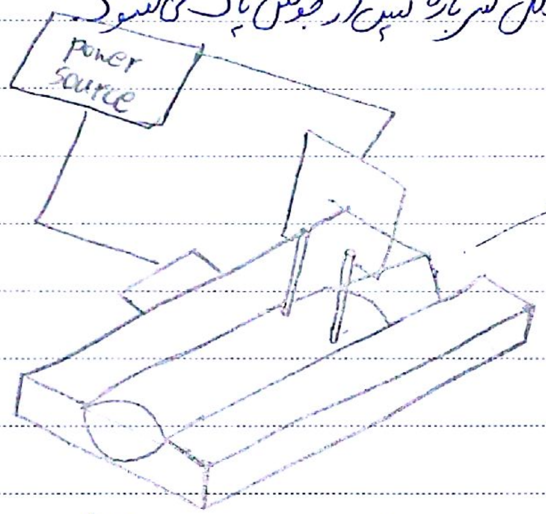


Subject

Date

تفاوت این جوش ها در میزان و حجم جوش است که باید بارهای استاتیکی و دینامیکی را تحمل کنند

* پودر در نهایت دوباره روی کار آمده و به شکل سرباره پس از جوش پاک می‌شود.

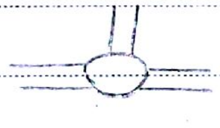


از خواص flux این است که مقداری در حوضچه‌ی مذاب حل می‌شود. مثلاً با حاوی بودن سلنز [illegible] روی ductility و یا با دارا بودن کرم از خوردگی خط جوش محافظت می‌کند. در واقع فلاکس (پوشش الکترود) بهبود خواص مکانیکی (improve mechanical properties) است.

جنس فلاکس از مواد معدنی و پودر هم از فلزات است.

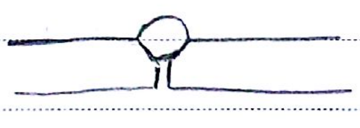
* فرایند جوشکاری قوسی زیر پودری با الکترود چندتایی:

الکترود های پشت سر هم با جریان سه فاز:



الکترود های موازی با جریان تک فاز

تقویت سطح جوش و عدم تشکیل ریشه



3

Subject
Date

*Electroo slag welding

* توانایی اصلی این روش، انجام جوش با قطر ضخامتی می‌باشد و محدودیت آن در انجام جوش تنها بر شکل عمودی می‌باشد.

* جریان بالا در حدود 800 تا 1000 آمپر است. در اینجا انتقال حرارت نه از طریق قوس بلکه از طریق هدایتی می‌باشد به این شکل که پودرها ذوب شده و حرارت منتقل شده از آن دو لبه را ذوب می‌کند.

* برای خنک کردن و جلوگیری از ذوب کفشک از جریان آب استفاده می‌شود. کفشک دو طرف محل جوش را گرفته و جلوی خروج مواد مذاب را می‌گیرد. (water-cooled cooper shoes)

* الکترود ← سیم جوش

1) electrod guid tube
2) electrode 3) water 4) finished weld 5) basemetal
6) molten slag 7) weld pool 8) soli

* برای جوش ستون‌ها یا در موارد کم ضخامت) به شکل عمودی به کار می‌رود

2. Heat flow during welding جریان حرارت در خلال جوشکاری

* وقایعی که در خلال جوشکاری رخ می‌دهد:

Heat → Complex thermal cycle → Changein microstructure → Transient thermal stresses → plastic strain (metal movement) → Residual stress → Distortion

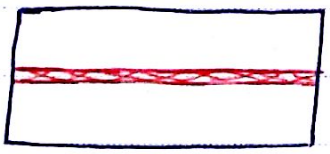
* حرارت (Heat) در جوش دو ویژگی دارد:

① درجه حرارت حداقل به اندازه نقطه ذوب است (بسیار زیاد است)
② غیر یکنواخت به قطعه وارد می‌شود و در واقع در یک محدوده‌ی باریک وارد می‌شود.

PAPCO

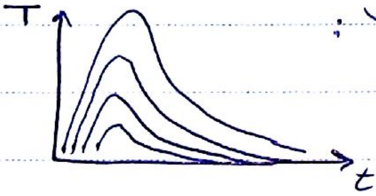
Subject:
Year. Month. Date. ( )

* سیکل پیچیده‌ی حرارتی در منطقه‌ی باریکی وارد می‌شود.



* WTC → welding thermal cycle

شامل نمودارهایی به صورت:



* فلزات دارای ساختار کریستالی هستند. آلومینیوم دارای ساختار Fcc و فولاد (آهن) دارای ساختار bcc (body center cubic) می‌باشد. (نشش اتم در بین رأس‌ها و یک اتم در مرکز)

* پس از ایجاد سیکل پیچیده‌ی حرارتی، تمام این ساختارها و شبکه‌ها از هم پاشیده می‌شود (در حالت مذاب) و پس از سرد شدن به علت اضافه شدن عناصر جدیدی از الکترود و یا از هوا (مثل هیدروژن‌ها) ساختار جدیدی تشکیل می‌شود. اتم‌هایی که دارای اندازه‌ای بزرگتر از اتم‌های پایه هستند، به جای این اتم‌ها قرار گرفته و اتم‌های آزاد شده، خود تشکیل شبکه‌ی جدیدی می‌دهند. اما اتم‌هایی که اندازه‌ی کوچکتری از اتم‌های پایه دارند درون شبکه‌ی جدید بین اتم‌های پایه قرار می‌گیرند. در واقع ساختار کل شبکه تغییر می‌کند (چون اکثر اتم‌ها از ماده‌ی پایه هستند)

* با تغییر ساختار، خواص مکانیکی تغییر می‌کنند. (مثل استحکام، تسلیم، ضربه‌پذیری و چقرملی و ...)

* Transient: گذرا

Tansient thermal stresses: تنش‌های حرارتی گذرا

* این تنش‌ها همان طور که از نامش پیداست تا زمانی وجود دارند که قطعه داغ است

* plastic strain ← کرنش پلاستیک، که در واقع تغییر شکل ماندگار است.

* Residual stress ← تنشی است که پس از حذف نیرو باقی می‌ماند.

Subject:

Year. Month. Date. ( )

* Distortion: اعوجاج

پس عامل اصلی که در جوشکاری باید مورد بررسی قرار گیرد، حرارت است.

Source of heat in weldment:

* Electrical power
* chemical reactions between powder, shield & gas
* Metal phase transformation — بعضی از فرایندهای جوش گرمازا و بعضی گرماگیر هستند

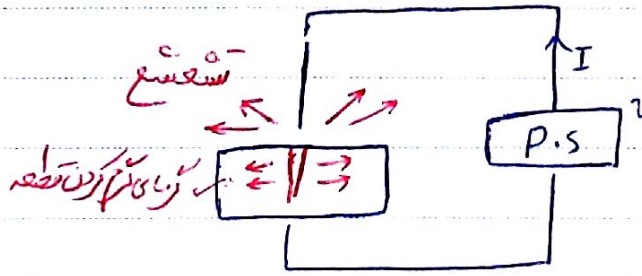
Heat generated in welding is:

! High, to melt the base metal & electrode

! Non uniform, enters to base metal in a specific zone

Those two characteristics cause a complex thermal cycle

در جوشکاری مقداری از حرارت به صورت تشعشع (radiation) وارد فضای اطراف می‌شود. مقداری دیگر هم صرف گرم کردن اطراف محل جوش می‌شود (conduction)



q : حرارتی که صرف ذوب می‌شود (در واحد زمان)

Q : حرارت کل ورودی (در واحد زمان)

$P = V \cdot I = Q$

وات = ولت . آمپر

η: heat transferred to workpiece

راندمان جوش $\eta = \dfrac{q}{Q}$ — q: حرارت صرف شده برای ذوب، Q: حرارت تولید شده

submerged: $\eta \approx 0.99$

TIG: $\eta \approx 0.55 - 0.6$

SMAW: $\eta \approx 0.65 - 0.85$

$$q = \eta Q \Rightarrow q = \eta V I$$

برحسب وات بدست می‌آید

Subject:
Year. Month. Date. ( )

η بستگی به نوع فرایندهای جوش دارد.

q حرارت نقطه‌ای است یعنی حرارتی که به یک نقطه وارد می‌شود. اما در جوشکاری ما باید الکترود را حرکت دهیم و به همین خاطر میزان گرمای وارده به آن نقطه در مسیر نسبت به نقطه‌ای دارای توقف کامل کمتر است.

انرژی حرارتی خطی $\frac{q}{L} = \eta \frac{VI}{V_{سرعت}} = \frac{ولت \times آمپر}{cm/sec} = watt$

Linear heat input

واحد $\left[\frac{q}{L}\right] = \frac{J \text{ ژول}}{cm \text{ سانتیمتر}}$

* در یک فرایند جوشکاری دو صفحه‌ای به طول $2\times1\ m$ با فرایند SAW به صورت طولی به هم جوش داده شده‌اند. راندمان جوش ۸۰٪ می‌باشد. ولتاژ $60\ v$ و آمپر: 900 و سرعت $2\ cm/s$.

۱) حرارت ورودی از یک نقطه‌ی معین

۲) کل حرارتی که قطعه‌ی جوش بدست آورده است.

1) $q = \eta \times V \times I = 0.8 \times 60 \times 900 = 4.32 \times 10^{2}$

2) $\frac{q}{L} = 0.8 \times \frac{60 \times 900}{2} = \frac{1}{2}\, 4.32 \times 10^{2}\ J/cm$

$2m \Rightarrow 200 \times \frac{1}{2} \times 4.32 \times 10^{2}\ J$

* در فرایند Submerged، پودر از فرار حرارت تا میزان زیادی جلوگیری می‌کند.

* از فرایند TIG بیشتر در جوش صفحات نازک آلومینیومی استفاده می‌شود. به خاطر نازکی صفحات آلومینیوم و انتقال حرارتی بالای آن (نسبت به سایر فولاد) اتلاف گرمای زیادی وجود دارد.

* بستگی به ضخامت، نوع الکترود و جریانی که استفاده می‌شود، η برای جوش SMAW تغییر می‌کند. در SMAW برخلاف TIG، اگر ضخامت بیشتر شود η کاهش می‌یابد.

* ~~Stresses in weldment~~

Subject :
Year . Month . Date . ( )

$$\sigma = E\varepsilon$$

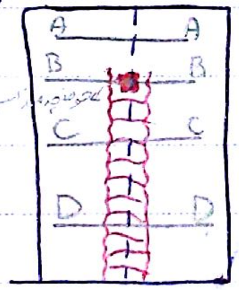
$$\sigma_T = E(t)\,\varepsilon_T$$

در جوش تنش حرارتی داریم :

* اگر پس از اعمال نیروی F که تنش σ را ایجاد کند، هم چنان تنشی باقی مانده باشد به آن تنش پسماند می گویند.

* در جوش به خاطر حذف حرارت تنش پسماند به وجود می آید. هم چنین در فرایندهایی مثل نورد و شکل زنی هم تنش پسماند به وجود می آید.

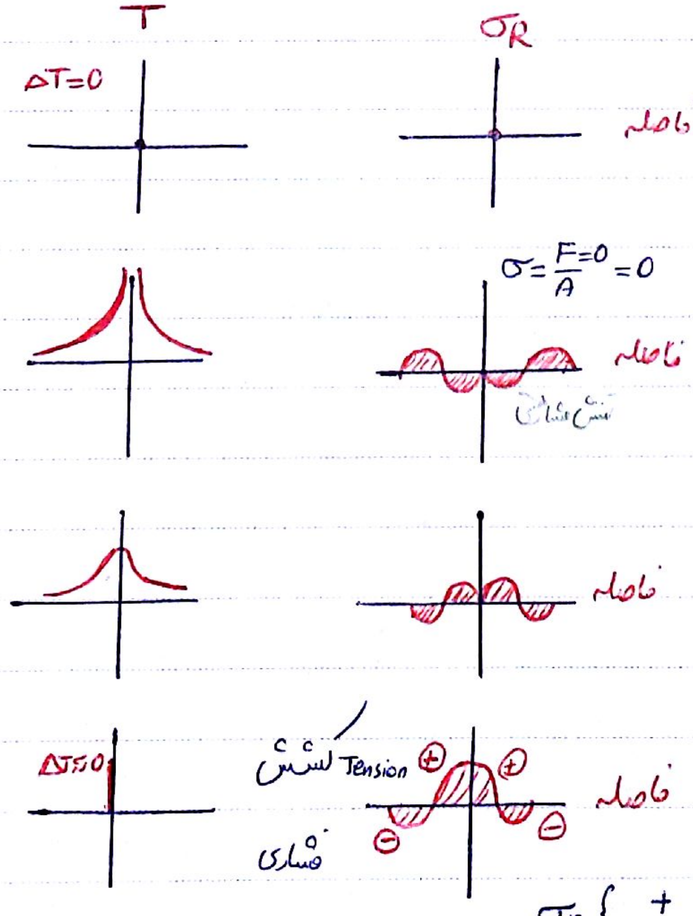
قطعه جوشی



* A-A : کاملاً سرد است چون جوش به آن نرسیده است
B-B : حداکثر حرارت
C-C : مقطعی که هنوز سرد نشده است
D-D : سرد شده است

طریقه شکل گیری تنش پسماند در جوش :

برای 4 مقطع بالا داریم :



قطعه باید نیرو را تحمل کند تا تنش ایجاد کند. در حوضچه مذاب، به علت مذاب بودن توانایی تحمل نیرو وجود ندارد پس تنش صفر است.

پس اطراف حوضچه مذاب باید این نیرو را تحمل کند و اطراف حوضچه تحت فشار قرار می گیرد.

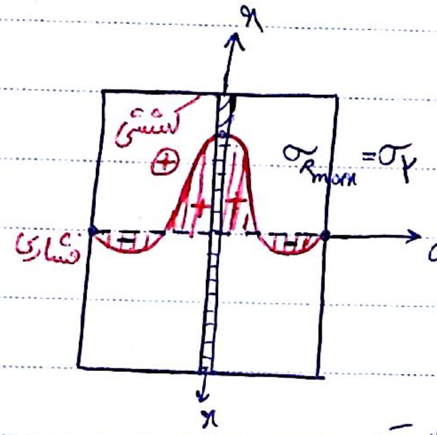
پس از این که خط جوش قدری سرد و سفت شود، خط جوش می تواند تحت کشش قرار گرفته و اطرافش را تحت فشار قرار دهد.

σ_R { + کشش ، - فشاری

PAPCO

Subject:
Year. Month. Date. ( )

* تنش های پسماند خود تعادلی هستند (یعنی تنش های پسماند کششی و فشاری از لحاظ تعادل با هم برابر بوده و یکدیگر را خنثی می کنند)



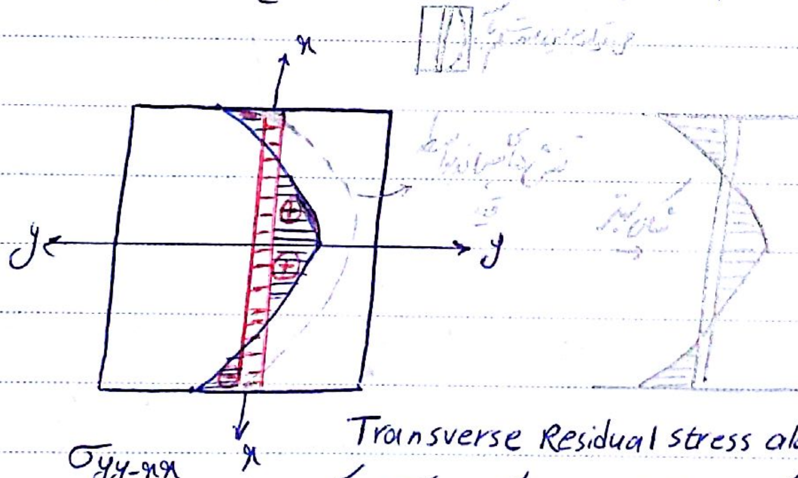
* در لبه های قطعه جوشی تنش پسماند صفر است.

* حداکثر تنش پسماند روی خط جوش است و حداکثر مقدار تنش پسماند برابر تنش جاری شدن σ_y است.

* خط جوش همیشه محور x است و محور عمود بر خط جوش محور y است.

* σ_{xx-yy} = تنش پسماند طولی ، تنش پسماند در جهت x (خط جوش) است اما توزیع آن در جهت y است.

Longitudinal Residual stress along yy



تنش های پسماند در هر دو راستای طول و عرض وجود دارد.

σ_{yy-xx}

Transverse Residual stress along XX

چون ضخامت نسبت به طول و عرض خیلی کم است، تنش های پسماند آن را حساب نمی آوریم.

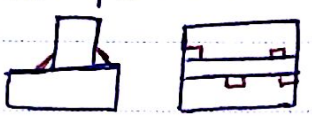
مقدار تنش طولی خیلی بیشتر از تنش عرضی است و برای طراحی سازه ملاک خود را تنش های پسماند طولی قرار می دهیم (و ملاک محاسبات ما طولی است)

تنش های کششی بیشتر از تنش های فشاری ضرر دارند (چون مقدار آن ها زیاد است.) گاهی تنش های فشاری می توانند مفید هم باشند

اگر صفحه محدود شده باشد (از لحاظ اندازه مقید شده باشد: (بستن یا محکم کردن)) تنش اضافه تری هم وارد می شود که تنش عرضی است.

Subject:
Year. Month. Date. ( )

درصورتی که بخواهیم صفحه‌ای را به صفحه‌ی دیگر جوش دهیم، تمام آن خط جوش را جوش نمی‌دهیم (البته درصورت زیاد بودن خط جوش) بلکه از خط جوش ناپیوسته استفاده می‌کنیم یعنی چند محل را در آن امتداد جوش می‌دهیم. اگر نیاز به استحکام بیشتر محل اتصال بود، طرف دیگر محل جوش را نیز جوش می‌دهند.



WPS: Welding Procedure specification تعیین مشخصات جوشکاری

* هر قطعه یک WPS دارد و جوشکار بر اساس آن قطعه را جوش می‌دهد.

* مواردی که در WPS ذکر می‌شوند:

I : جریان (DC یا AC) (پلاریته) (مقدار آمپر)
V : ولتاژ } پارامترهای اصلی جوش
V : سرعت

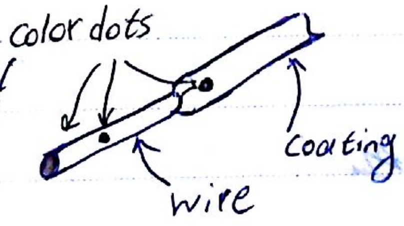
الکترود: { نوع، اندازه

موقعیت جوشکاری (مثال: تخت، افقی، عمودی، بالاسری و...)

x نوع حرکت الکترود را نیز مشخص می‌کند.

فصل سوم کتاب : الکترود

تا سال 1912 الکترودها پوشش نداشتند. پس از این سال بود که الکترودها که هم اکنون بیشترین کاربرد را در صنعت دارند به شکل پوشش‌دار طراحی شد و در سال 1937 تجاری شده و روانه‌ی بازار گردید.



نشان دهنده‌ی نوع الکترود (نوع پوشش، آمپر، ملزو...)

برای همین این نقاط رنگی از روش را استفاده می‌شد که پس از مدتی تغییر یافت و هم اکنون از عدد و حرف برای تعیین نوع الکترود استفاده می‌شود.

مشخصات الکترودها براساس استاندارد AWS :

الکترودهای معمولی: از چهار عدد و یک حرف به صورت زیر تشکیل شده است:

E XXXX (① ② ③ ④)

E ≡ Electrod

دو عدد ① و ② ≡ استحکام کششی فلز الکترود × 1000 psi

رقم سوم موقعیت جوشکاری را مشخص می‌کند:
- 1 ≡ تمام موقعیت‌های جوشکاری (تخت، افقی، قائم، بالاسر)
- 2 ≡ موقعیت‌های تخت و افقی
- 3 ≡ فقط موقعیت تخت

رقم ④ می‌تواند از صفر تا 8 باشد:
- نوع جریان → پلاریته
- نوع فلاکس (روانساز)

الکترود مرسوم:
- E6010 ⇒ 60000 psi استحکام کششی، برای تمام موقعیت‌های جوشکاری
- E6112
- E6231
- E6322

مشخصات این الکترودها نوشته شود.

مطالبی که می‌خواهیم بررسی کنیم:
۱- نقش فلاکس و ۲- نقش انتقال جرم

وظیفه فلاکس (روکش الکترود): در واقع کارهایی که فلاکس انجام می‌دهد.
فلاکس به صورت جامد است و در صورت دیدن حرارت می‌سوزد و به slag تبدیل می‌شود.

۱_ با سوختن به وسیله گازهای تولید شده سپر محافظی بر روی حوضچه مذاب ایجاد می کند.

2_ اکسیژن زدایی روی سطح قطعه انجام می دهد.

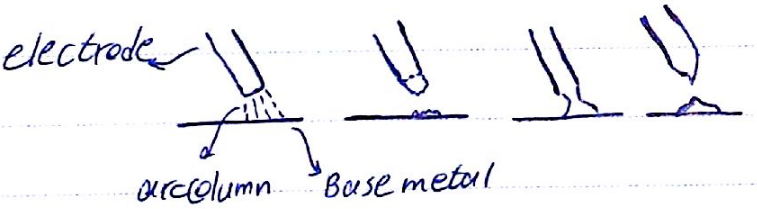
3_ تثبیت قوس الکتریکی

4_ المان های مفید که برای بهبود استحکام اتصال جوش لازم است وارد حوضچه مذاب می نماید.

* قوس الکتریکی عبارت است از جریان یون ها. پس اگر این جریان تغییر کند تعداد یون های انتقالی بین الکترود و قطعه تغییر کرده و به تبع آن حرارت وارده به قطعه نیز متغیر خواهد بود.
فلاکس از طریق کمک کردن به فلز الکترود به وسیله ی اضافه کردن به یون های فلز الکترود باعث ثبات قوس الکتریکی می شود.

* از طریق اضافه کردن پودر کروم به فلاکس، می توان خط جوش را در مقابل خوردگی مقاوم کرد. برای بهبود خواص مکانیکی خط جوش، المان های فلزی مربوط به آن خاصیت را از طریق فلاکس به خط جوش اضافه می کنیم.

انتقال فلز از الکترود:



۱) حرارت دیدن الکترود
2) تغییر شکل
3) برقراری اتصال با فلز پایه
4) جدا شدن فلز

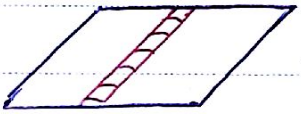
جدا شدن می تواند به خاطر نیروی وزن مذاب، نیروهای الکترومغناطیسی و یا اتصال کوتاه که در اثر اتصال الکترود به قطعه رخ می دهد باشد.

تعریف اتصال: اتصال محلی است که دو عنصر و یا بیشتر به هم وصل شوند. تعریف نوع اتصال براساس چگونگی قرار گرفتن اعضاء نسبت به یکدیگر صورت می گیرد.

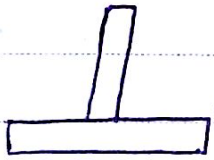
PAPCO

درکل، دو نوع وضعیت جوشکاری داریم که هرکدام به زیرمجموعه‌هایی تقسیم می‌شوند:

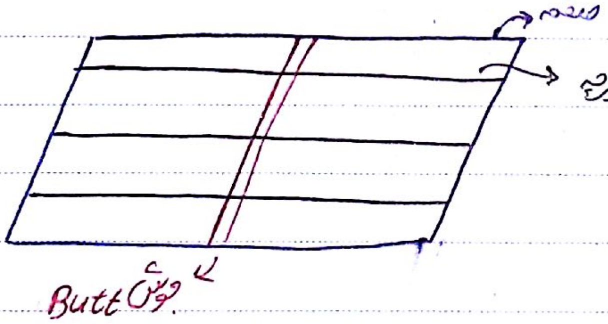
اتصال سر به سر (Butt weld): درصورتی که دو صفحه تقریباً در یک صفحه باشند (می‌توانند کمی نسبت به هم زاویه داشته باشند.



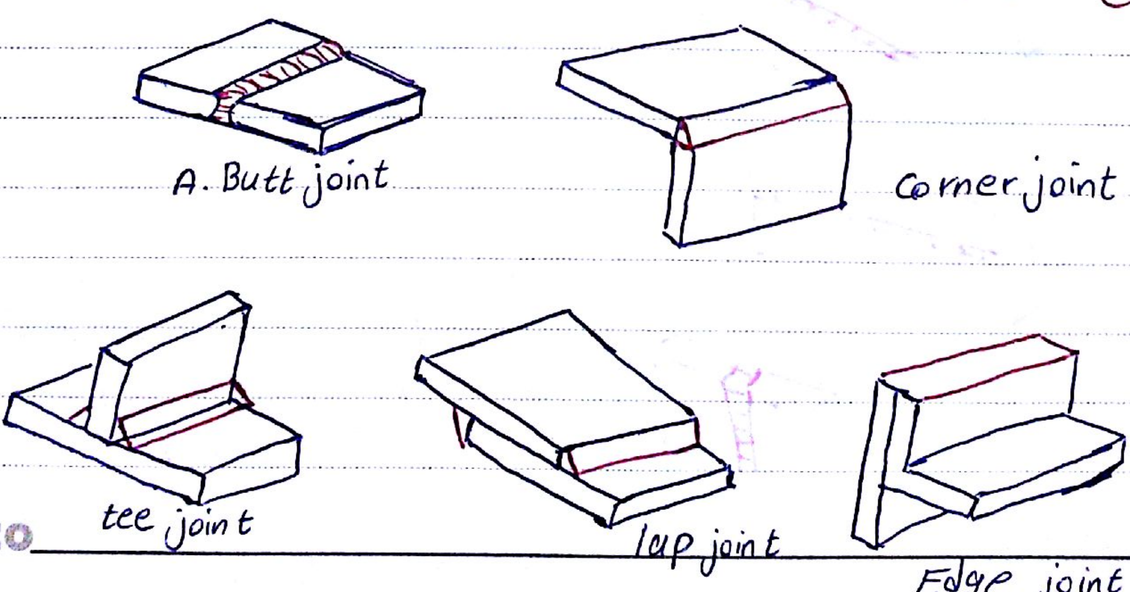
جوش کنجی (Filet weld): درصورتی که دو صفحه به صورت عمود بر هم قرار داشته باشند. پرکاربردترین نوع جوش می‌باشند.



زمانی که دو صفحه‌ی بزرگ را به هم جوش می‌دهند (جوش سر به سر) در صورت اعمال نیرو به این دو صفحه، دچار Buckling می‌شوند. برای جلوگیری از این امر، از تیرچه‌هایی که به صورت کنجی بر روی این دو صفحه جوش داده می‌شود استفاده می‌شود.



انواع اتصال طبق استاندارد AWS:



PAPCO

Subject:
Year. Month. Date. ( )

Butt joint : اتصال بین دو عنصر که تقریباً در یک صفحه قرار دارند

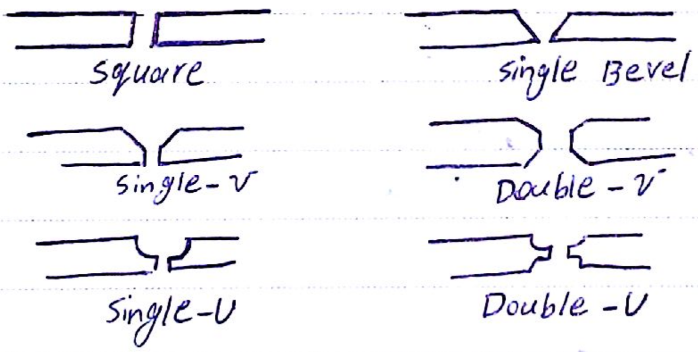
Corner (Fillet) Joint اتصال کنجی یا گوشه‌ای : اتصال بین که تقریباً در زاویه عمود بر هم قرار دارند (Right Angles).

اتصال T شکل یا سپری : اتصال دو عضو که بر هم عمود بوده و شکل T را ایجاد می‌کند

اتصال لبه روی لبه lap joint : اتصال بین دو عضو که دو لبه آن‌ها روی هم قرار گیرد.

اتصال لبه‌ای Edye joint : اتصال بین لبه‌های دو یا چند عضو موازی و یا با زاویه کمتر از 30 درجه

انواع اتصالات سر به سر : دو قطعه‌ی کار به صورت سر به سر قرار می‌گیرند.



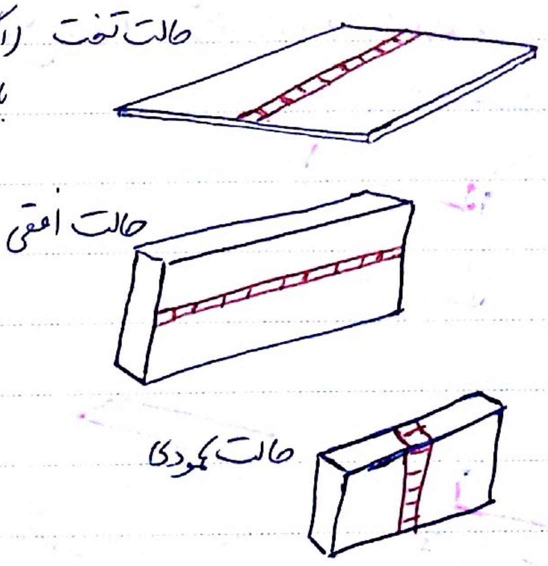
موقعیت‌های جوشکاری 1_تخت 2_افقی 3_عمودی 4_بالاسری

position جوش : موقعیتی که الکترود نسبت به قطعه کار دارد.

Butt ⟶ در حالت تخت

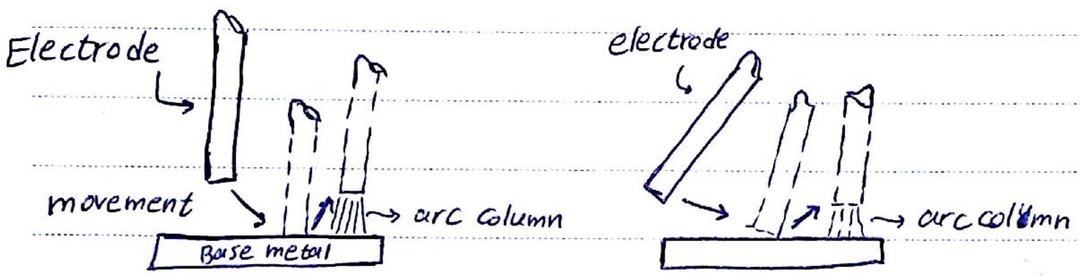
fillet ⟶ در حالت افقی

(اگر از پایین جوش دهیم بالاسری می‌شود.)



حالت عمودی به دو صورت رو به بالا و رو به پایین انجام می‌شود.
از نظر استحکام و کیفیت دو شکل جوش عمودی تفاوتی ندارند و
مشکلی به نظر جوشکار [illegible]

در حالت جوشکاری بالاسری جریان نباید زیاد باشد چون باعث زیاد شدن مذاب و ریزش آن می‌شود.



Weld Defects: عیوب جوش

* این ایراد ممکن است بصورت میکروسکوپیک و غیر قابل رؤیت با چشم مسلح یا به صورت ماکروسکوپیک است که با چشم غیرمسلح نیز قابل رؤیت است. از جمله مباحث ایراد میکروسکوپیک می‌توان به تنش پسماند اشاره کرد.

* در اینجا عیوب مکانیکی جوش را بررسی می‌کنیم و نه عیوب متالورژیکی آن

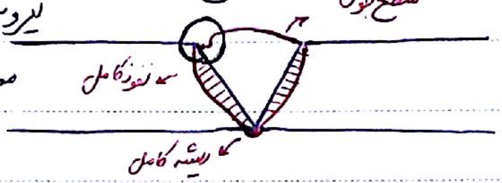
مشکلات و عیوب خط جوش: دلایل زیادی برای عدم مطلوبیت خط جوش وجود دارد. بعضی از عدم مطلوبیت‌ها به میزان زیادی شکلی به اشتباهات جوشکار دارد که آن‌ها عبارتند از:
جوش‌های با خلل و فرج - نفوذ ناقص - ذوب ضعیف - بریدگی زیر خط جوش
جوش‌های با خلل و فرج نشان دهنده ناخالصی در خط جوش است که به علت:
مهیا نکردن صحیح فلز پایه - زمان ناکافی برای تشکیل حوضچه مذاب - الکترودهای کهنه یا ترـ طول قوس الکتریکی که بیش از حد کوتاه باشد.
به وجود می‌آید.

نفوذ ناقص: سرعت جوش تنظیم نباشد و به میزان کافی در محل مورد نظر نگه داشته نشود

ذوب ضعیف: اجازه‌ی تشکیل شدن حوضچه مذاب به شکل کامل داده نشود.

Subject:
Year. Month. Date

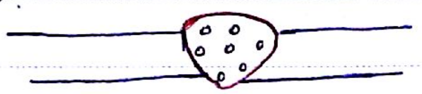
سطح جوش به علت ذوب ضعیف به شکلی تشکیل شده که در صورت اعمال نیرو به علت تبدیل این نقطه به تمرکز تنش محل آغاز شکست می‌شود و ترک



نفوذ ناقص

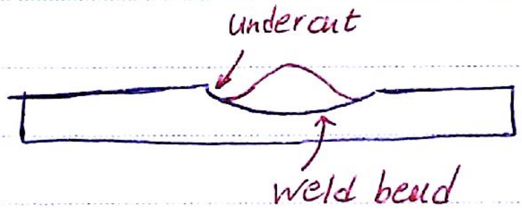
* عمق نفوذ: مقداری که جوش درون ماده اولیه نفوذ می‌کند.
* عمق نفوذ استحکام جوش را باعث می‌شود.
* هر فلزی استعداد خاص خود را به یکی از این عیوب دارد.
* آلومینیوم نسبت به هیدروژن بسیار واکنش پذیر است.

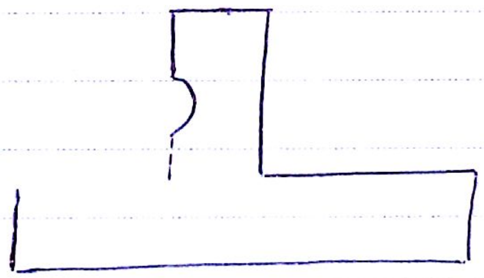
جوش‌های با حلال درج



* در جوش آلومینیوم به علت آزاد شدن هیدروژن به خاطر سرد شدن حوضچه مذاب، خط جوش سوراخ سوراخ و پر از محل‌های تمرکز تنش می‌شود.

بریدگی زیر خط جوش





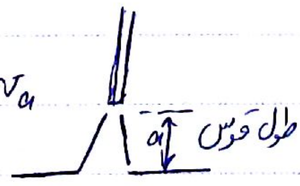
مهیا کردن فلز پایه

فلز پایه باید فاقد مواد زاید باشد مثلاً چربی‌ها، زنگ زدگی.

* در جوش‌های حساس الکترود را قبل از استفاده گرم می‌کنند.

* در الکترود مواد فلزی وجود دارد که درصورت عدم استفاده‌ی طولانی مدت با ذرات اطراف خود واکنش داده و ترکیبات جدیدی وارد الکترود می‌شود.

$E.a = V_a$



طول قوس الکتریکی که بیش از حد کوتاه باشد:

طول قوس (a) مشخص کننده‌ی تعداد یون‌هاست. پس اگر طول قوس کم باشد تعداد یون‌ها کم بوده و در نتیجه (حرارت) کم خواهد بود.

Subject:

Year. Month. Date. ( )

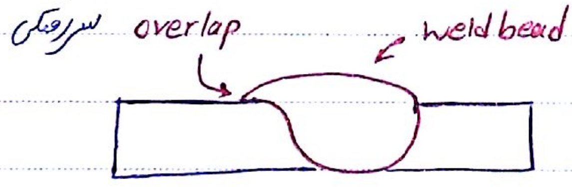
* امتزاج ضعیف یا ذوب ناقص در نتیجه سرعت حرکت الکترود روی خط جوش و در جهت نادرست که معمولاً خیلی سریع کم خواهد بود حاصل می‌شود.

(عدم تنظیم سرعت دست جوشکار یا دستگاه — زاویه دست جوشکار)

نفوذ ناقص در اغلب موارد در جوش لب به لب وقتی که دو قطعه‌ای که به یکدیگر متصل می‌شوند، ریشه فاصله کافی نداشته باشند و اجازه داده نشود که الکترود مذاب داخل ریشه شود تشکیل می‌شود.

* در طراحی جوش، هم زاویه جوش و هم فاصله‌ی دو قطعه که منجر به ریشه می‌شود باید به دقت محاسبه شود. اگر فاصله کم باشد از حجم جوش کاسته می‌شود و استحکام جوش کاهش می‌یابد. در صورتی که فاصله زیاد باشد، مذاب از بین دو قطعه فرو می‌ریزد که در این موارد از back weld استفاده می‌کنیم که باعث ایجاد ریشه می‌شود.

اگر ریشه به صورت صاف باشد کار کمی لازم را نخواهد داشت که به این خاطر از back weld که دارای گردی مناسب است استفاده می‌شود.



Poor penetration

اگر جوشکار با سرعت کم جوشکاری کند، جوش سر می‌رود

* از حوضچه مذاب به دو شکل flux و gas محافظت می‌شود. دبی گازی که برای محافظت از جوش به کار می‌رود برای WPS باید مشخص شود.

* یکی از عواملی که توسط WPS معین می‌شود، جریان I می‌باشد.

$$Q = \eta \frac{I v}{V}$$

(I: جریان)

* جریان کم باعث می‌شود که نفوذ کم و ذوب ضعیف داشته باشیم و در جریان زیاد، ذوب آن قدر زیاد است که سرریز رخ می‌دهد.

* اگر سیم جوش بیش از حد از طیانچه جوش بیرون باشد باعث کاهش طول قوس می‌شود.

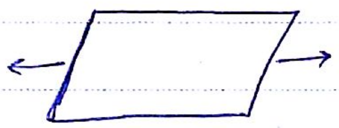
Subject:
Year. Month. Date. ( )

یکی از انواع جوش MAG ، جوش CO_2 است.

یکی از مخرب ترین عیب ها که ممکن است در یک سازه باشد، ترک است.

* ترک یکی از مخرب ترین نواقص جوش در اتصالات است.

شرط وقوع ترک: ترک زمانی شروع می شود که در آن نقطه، تنش ماکزیمم به تنش Ultime کششی یا برشی برسد.



در این حالت که قطعه تحت کشش است اگر تنش به تنش نهایی برسد ترک آغاز و شروع به گسترش می کند.

$\sigma_y = 300$

$\sigma_u = 500$

$\tau = 280$

اگر قطعه تحت برش هم باشد در صورت رسیدن به مقدار تنش نهایی ترک حاصل می شود.

حالت کلی:

* چنان چه در هر نقطه مقدار تنش حد نهایی (σ_u) و یا از تنش برشی بگذرد (زیادتر شود.) ترک شروع می شود (شرایط ایجاد ترک حاصل شده است.)

* دسته بندی ترک در جوش بر پایه دما، زمان و محل وقوع ترک:

1- ترک گرم

2 - ترک سرد

3 - محل ترک

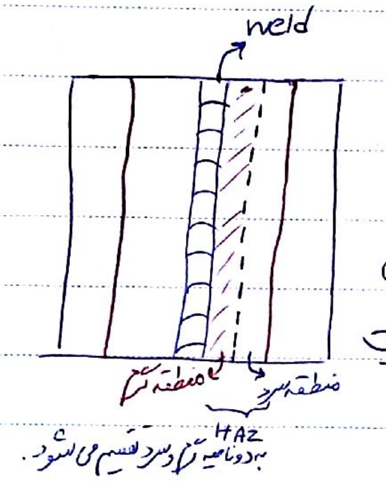
1- Hot cracking:

اگر ترک در زمان جوشکاری یا بلافاصله پس از جوشکاری به وجود آید، آن را ترک گرم می نامند.

* چنان چه ترک در خلال جوشکاری و یا درست پس از اتمام جوشکاری ایجاد شود به آن ترک گرم گفته می شود.

PAPCO

* مشخصات ترک گرم :

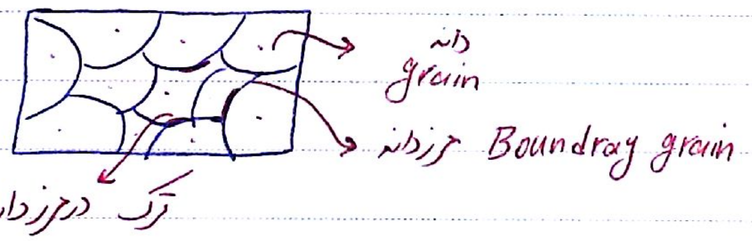


نرخ سرد شدن $\frac{T}{t}$ (دما / زمان) $\frac{°C}{sec}$

منطقه‌ی گرم (HAZ) دارای نرخ حرارت بسیار زیاد و در نتیجه نرخ سرد شدن بالا می‌باشد. به همین خاطر دارای ساختار درشت و ترد زیاد است.

① ترک گرم در منطقه‌ی HAZ قسمت گرم آن (نزدیک به خط جوش یعنی مذاب) به وجود می‌آید.

② این ترک در مرز دانه‌ها ایجاد می‌شود.



ترک سرد Cold Cracking :

ترک سرد پس از اتمام جوشکاری در زمان‌های متفاوت تشکیل نوع آلیاژ ایجاد می‌شود.

این ترک به ترک تأخیری (Delay crack) و یا ترک هیدروژنی معروف است.

بعضی از مواد نیاز به عملیات حرارتی برای ارتقای خواص مکانیکی خود دارند بعضی به عملیات سرد (نورد) نیاز دارند.

آن چه که باعث سختی فلز می‌باشد، ترکیب فلزی (آلیاژی) می‌باشد. فازهای فلزی موادی هستند که با ماده‌ی پایه واکنش شیمیایی داده‌اند و در ترکیب آن حضور دارند و خواص مکانیکی ماده به این فازهای فلزی وابسته است.

ترک سرد، در منطقه‌ی HAZ، قسمت سرد اتفاق می‌افتد.

* در منطقه‌ی HAZ ، قسمت سرد ، به علت گرمای زیاد در حین جوشکاری گاز به صورت مایع در این قسمت وارد می‌شود (مولکول H_2 به شکل H و N_2 به شکل N وارد می‌شود.) و پس از سرد شدن دوباره به شکل گاز در آمده و به مرور شروع به خارج شدن می‌کنند و باعث ترک می‌شود. به همین خاطر ممکن است ترک حتی پس از یک هفته اتفاق بیافتد.

* برای گسترش یک ترک نیرو باید به موازات آن ترک وجود داشته باشد ، در غیر این صورت ترک گسترش نمی‌یابد.

* فازهای فلزی عبارتند از ترکیب شیمیایی عناصر فلزی که به فلز اصلی اضافه شده و با فلز اصلی و یا با یکدیگر ترکیبات شیمیایی به وجود می‌آورند. (آن ترکیبات می‌توانند یا گاز هم باشند)

* هم ترک گرم و هم ترک سرد می‌تواند به داخل خود فلز جوش هم نفوذ کنند. در واقع ترک در صورت مهیا بودن شرایط می‌تواند گسترش یابد.

PAPCO

subject to this problem. However, since no x-rays are generated at the workpiece surface by laser beam, x-ray shielding is not required in laser beam welding.

Finally, as in the case of electron beam welding, the capital equipment cost for laser beam welding is very high, and precise joint fit-up and alignment are also required.

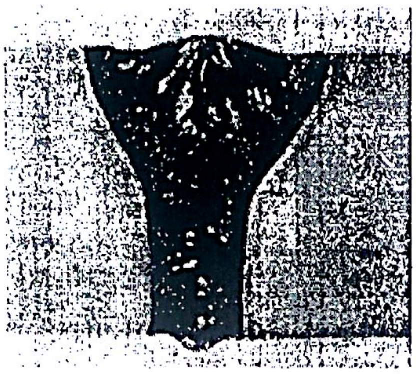


Figure 1-20. Transverse cross section of a laser beam weld of modified type 4340 steel (12.7 mm thick). From Seaman and Hella (14).

PROBLEMS

1-1 It has been suggested that the cooling rate is higher in GMAW than in SMAW and that it is therefore more likely for heat-affected zone cracking to occur in hard enable steels. What is the main reason for the cooling rate to be higher in GMAW than SMAW?

1-2 The diameter of the electrodes to be used in SMAW depends on factors such as the workpiece thickness, the welding position, and the joint design. Large electrodes, with their corresponding high currents, tend to produce large weld pools. When welding in the overhead or vertical position, do you prefer using larger or smaller electrodes?

1-3 In arc welding, the magnetic field induced by the welding current passing through the electrode and the workpiece can interact with the arc and cause "arc blow", severe arc blow can cause excessive weld spatter and incomplete fusion. When arc blow is a problem in SMAW, do you expect to minimize it by using DC or AC for welding?

1-4 In the hot-wire GTAW process, the tip of the wire (i.e., the filler metal) is dipped in the weld pool, and the wire itself is resistance-heated by means of a separate power source between the contact tube of the wire and the workpiece. In the case of steels, the deposition rate can be more than doubled this way. Do you prefer using AC or DC power source for heating the wire? Do you expect to apply this process to aluminum and copper alloys?

1-5 In PAW with the keyhole mode, argon, rather than He, is usually recommended as the orifice gas. Explain why.

1-6 In most fusion welding process, the welding speed is independent of the heat input. Which process mentioned in this chapter is an exception to this? Explain why.