مقدمه:

موضوعی که همیشه بحث انگیز بوده و موجب نگرانی طراحان و سازندگان سازه های فولادی است،

۱- چکونکی رفتار اتصالاتی است که برای ساخت اعضای مرکب استفاده میشوند

۲- یکپارچه نمودن این اعضاء (تیر، ستون و مهاربندها) در محل گره ها

بطور کلی می توان اظهار نمود که عوامل اساسی بروز مشکلات در جوشکاری ساختمانها

۱- رعایت نکردن دستور العملها و استاندارد ها جوش در هنگام اجرای اسکلت فلزی است

۲- پائین بودن سطح آموزش پرسنل جوشکار خصوصا" دربخش ساختمان

۳ - عدم استفاده از آئین نامه های تعیین صلاحیت جوشکاران

۴- آشنا نبودن بیشتر مهندسین ناظر با قواعد وآئین نامه های اجرایی مربوط به جوش

۵- نبود کنترل کافی بر روی کیفیت اجرای جوش ساختمانها

- انواع جوشکاری عبارت است از :
- جوش قوس الکتریکی
- نقطه جوش
- جوشکاری فلزات رنگین
- لحیم کاری
- جوشکاری به طریقه برق و گاز
- جوشکاری و پرشکاری در زیر آب
- انواع جوشکاری مدرن در صنایع نظامی
- جوشکاری پلاستیک

جوشکاری با قوس الکتریکی:

اتصال بین دوقطعه ، با ذوب کردن لبه های درز و سخت شدن بعدی آنها صورت می گیرد،درحین ذوب فلز پایه و فلز جوش با یکدیگر ممزوج شده وپس از سخت شدن اتصال قطعات تامین می گردد.

- جوشکاری فلزات رنگین با گاز استیلن یا کاربیت (یا فلزات غیر آهنی)
- فلزات غیر آهنی یا فلزات رنگی به فلزاتی گفته می شود که فاقد آهن و یا آلیاژهای آن باشند مانند مس – برنج – برنز - آلومینیوم -منگنز -روی و سرب

تمام فلزات رنگین را با کمی دقت و مهارت و آشنائی با اصول جوشکاری می توان جوش داد و برای جوشکاری این نوع فلزات بایستی خواص فلز را در نظر گرفت .

- **جوشکاری مس با گاز**
- بهترین طریقه برای جوشکاری مس جوشکاری با اکسیژن است(جوش اکسیژن = اتوگن= استیلن= کاربید اصطلاحات مختلف متداول می باشند) ضمناً می توان جوشکاری مس را با قوس الکتریک یا جوش برق نیز انجام داد .

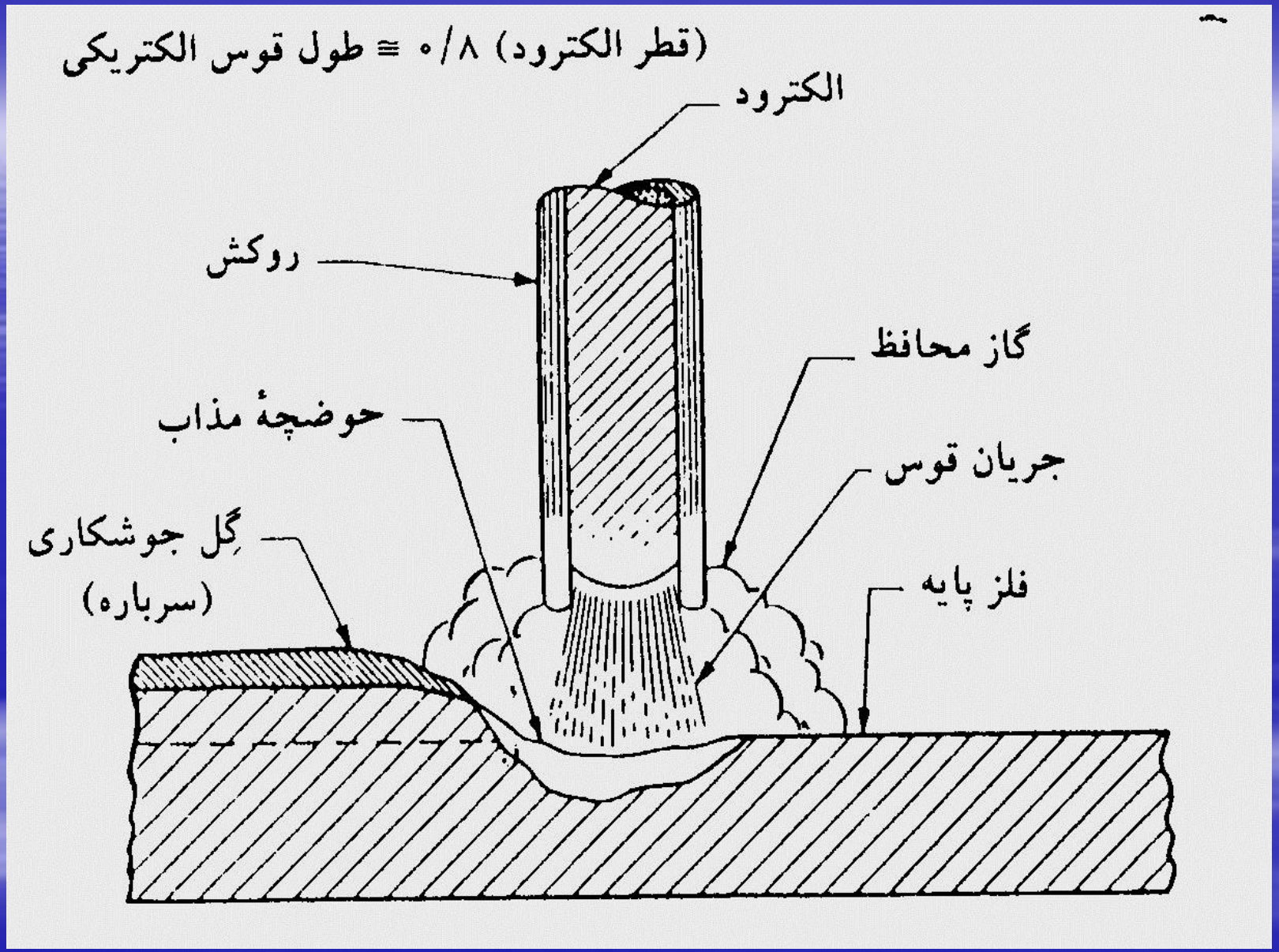
ورقه های مس را مانند ورقه های آهنی برای جوشکاری آماده می کنند یعنی سطح بالائی را تمیز نموده و از کثافات و روغن پاک نموده و در صورت لزوم سوهان می زنند. ولی چون خاصیت هدایت حرارت مس زیادتر است باید مقدار

- **جوشکاری چدن با برنج یا لحیم سخت برنج**
- چدن را می توان با برنج جوش داد .قطعات چدنی را باید همان طوری که برای جوشکاری با سیم جوش چدنی آماده می شوند برای برنج جوش آماده ساخت. لبه های درز جوش را باید به وسیله سوهان یا ماشین تراشید و هیچگاه لبه های درز قطعات چدنی را با سنگ سمباده پخ نزنید. زیرا ذرات گرافیت روی ذرات آهن مالیده می شوند و لحیم سخت خوب به چدن نمی چسبد. قطعات چدنی را قبل از شروع به جوش دادن حدود ۲۱۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی گراد گرم کنید و گرد جوشکاری مخصوص چدن به کار برید تا بهتر به هم جوش

- **جوشکاری منگنز**
- از منگنز به صورت خالص استفاده نمی شود در جهت عکس از آلیاژهای ماگنزیوم استفاده می شود که برای ریختگی فشاری از آن استفاده می گردد . به جای آلیاژهای Mg. Mn و Mg. Al و Mg AlZn امروزه از آلیاژهای مخصوصاً محکم Zr و Th استفاده می شود .

برای جوشکاری ماگنزیوم و آلیاژهای آن از همان شرایط جوشکاری آلومینیوم استفاده می گردد .

- جوشکاری فولاد زنگ نزن با گاز
- قابلیت هدایت حرارت فولاد زنگ نزن کمتر از فولاد معمولی می باشد و می توان سر مشعل را کوچکتر انتخاب کرد. شعله جوشکاری باید برای جوش فولاد زنگ نزن خنثی باشد زیرا اکسیژن یا استیلن اضافی با عناصر تشکیل دهنده فولاد زنگ نزن ترکیب شده و درز جوش خورده پس از مدتی زنگ می زند . روانساز جوشکاری فولاد زنگ نزن را به صورت خمیر در آورده روی درز جوش می مالیم . سیم جوش باید حتی المقدور از نوع خود فولاد زنگ نزن انتخاب شود و بهتر است تسمه باریکی از جنس همان فولادی که باید جوش داده شود را بریده و به جای



شکل۱- تشکیل حوضچه مذاب در نوک الکترود

۲-انواع اتصال جوش:

انواع اتصالات جوش عبارتند از :

الف- اتصال لب به لب

ب- اتصال پوششی (رویهم)

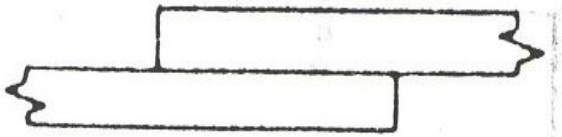
پ- اتصال سپری

ت- اتصال گونیا

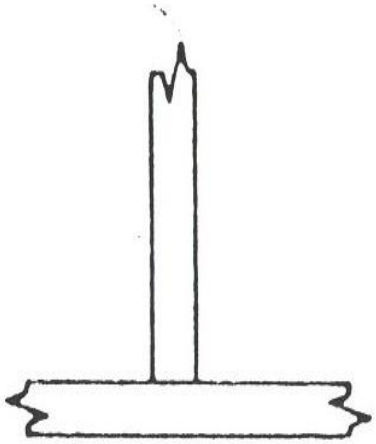
ث –اتصال پیشانی



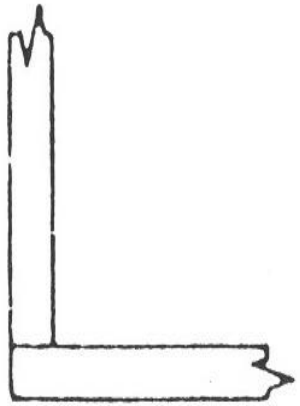
(الف) اتصال لب به‌لب



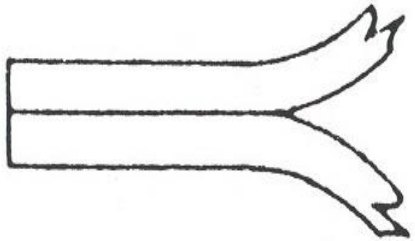
(ب) اتصال پوششی



(پ) اتصال سپری



(ت) اتصال گونیا



(ث) اتصال پیشانی

شکل ۲- انواع اتصالات جوش

۳-انواع جوش

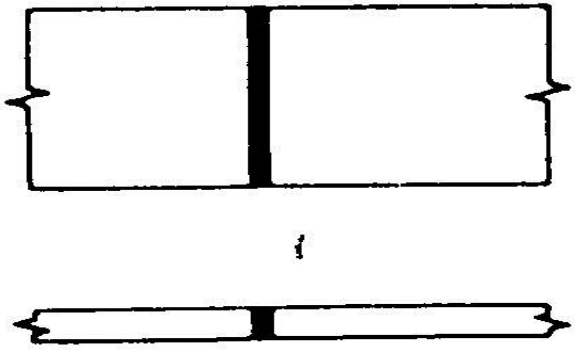
انواع جوش عبارتند از:

الف- جوش شیاری

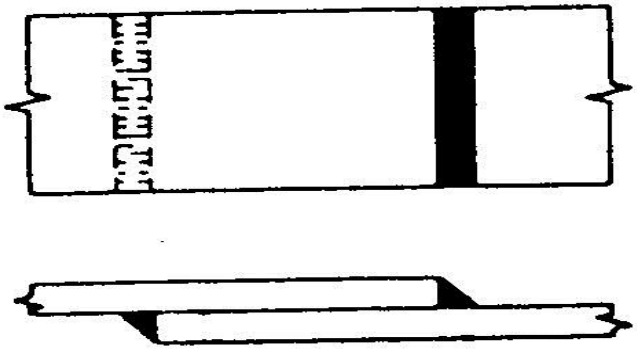
ب- جوش گوشه

پ- جوش کام

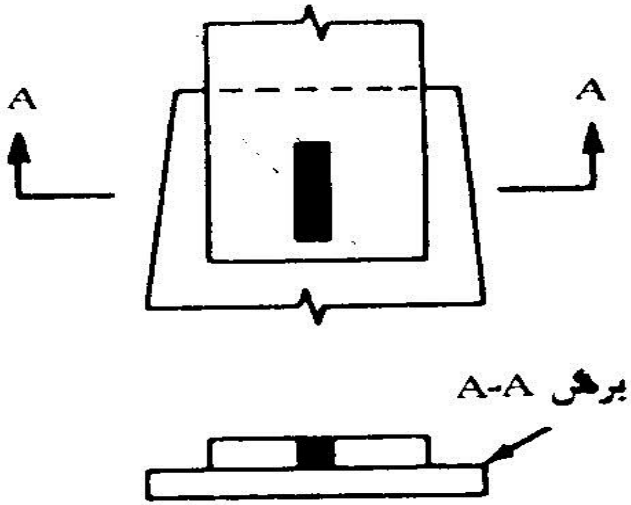
ت- جوش انگشتانه



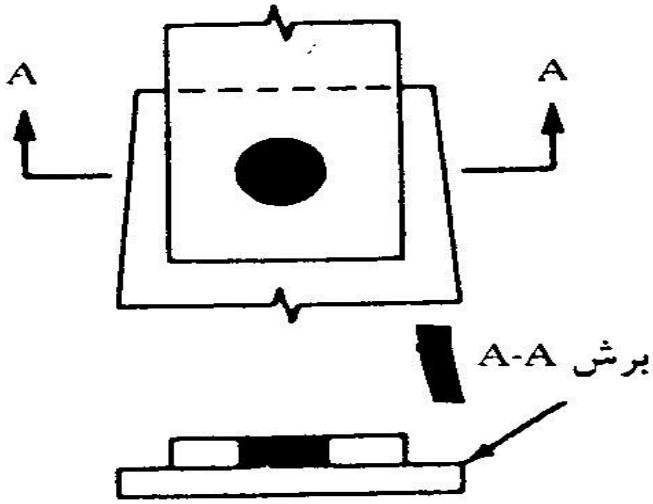
(الف) جوش شیاری



(ب) جوش گوشه



(پ) جوش کام

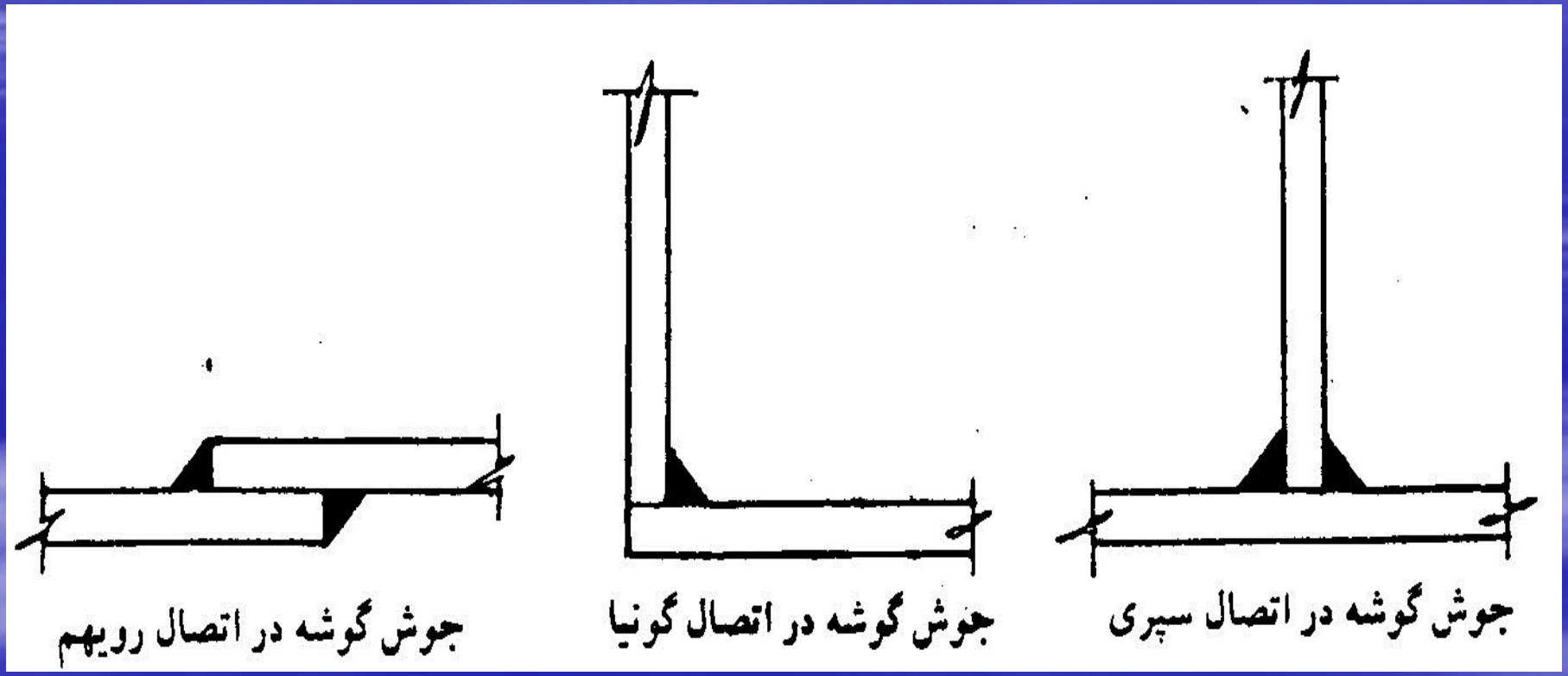


(ت) جوش انگشتانه

شکل ۳- انواع جوش

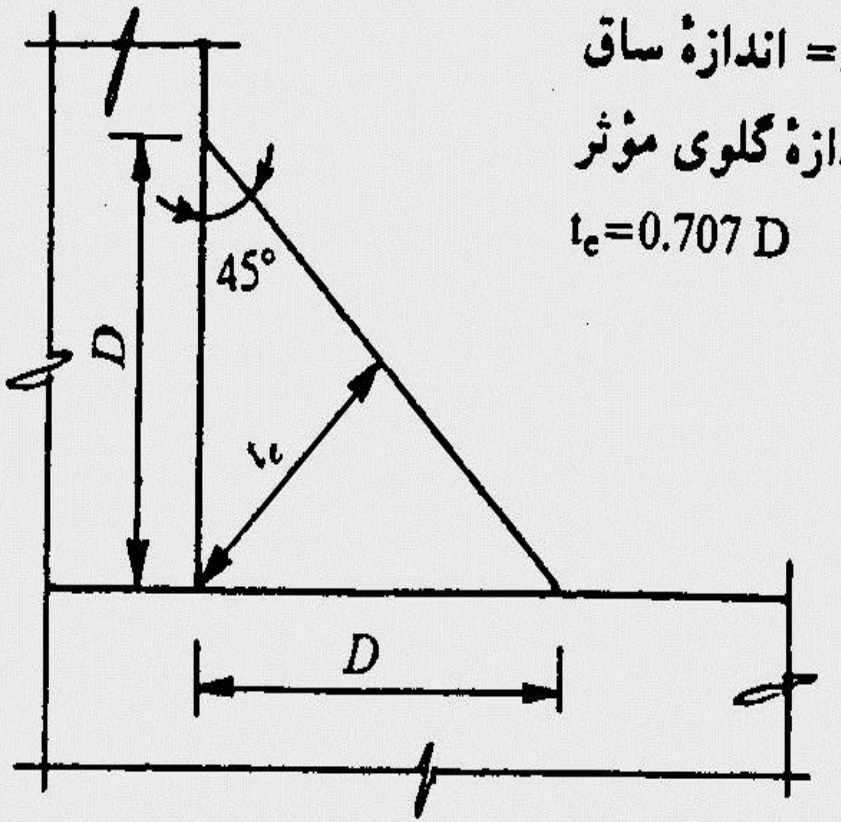
۴- جوش گوشه

از جوش گوشه می توان در اتصال رویهم ، اتصال سپری و اتصال گونیا استفاده کرد.



شکل ۴-موارد استفاده جوش گوشه

مشخصات هندسی جوش گوشه



D= اندازهٔ ساق

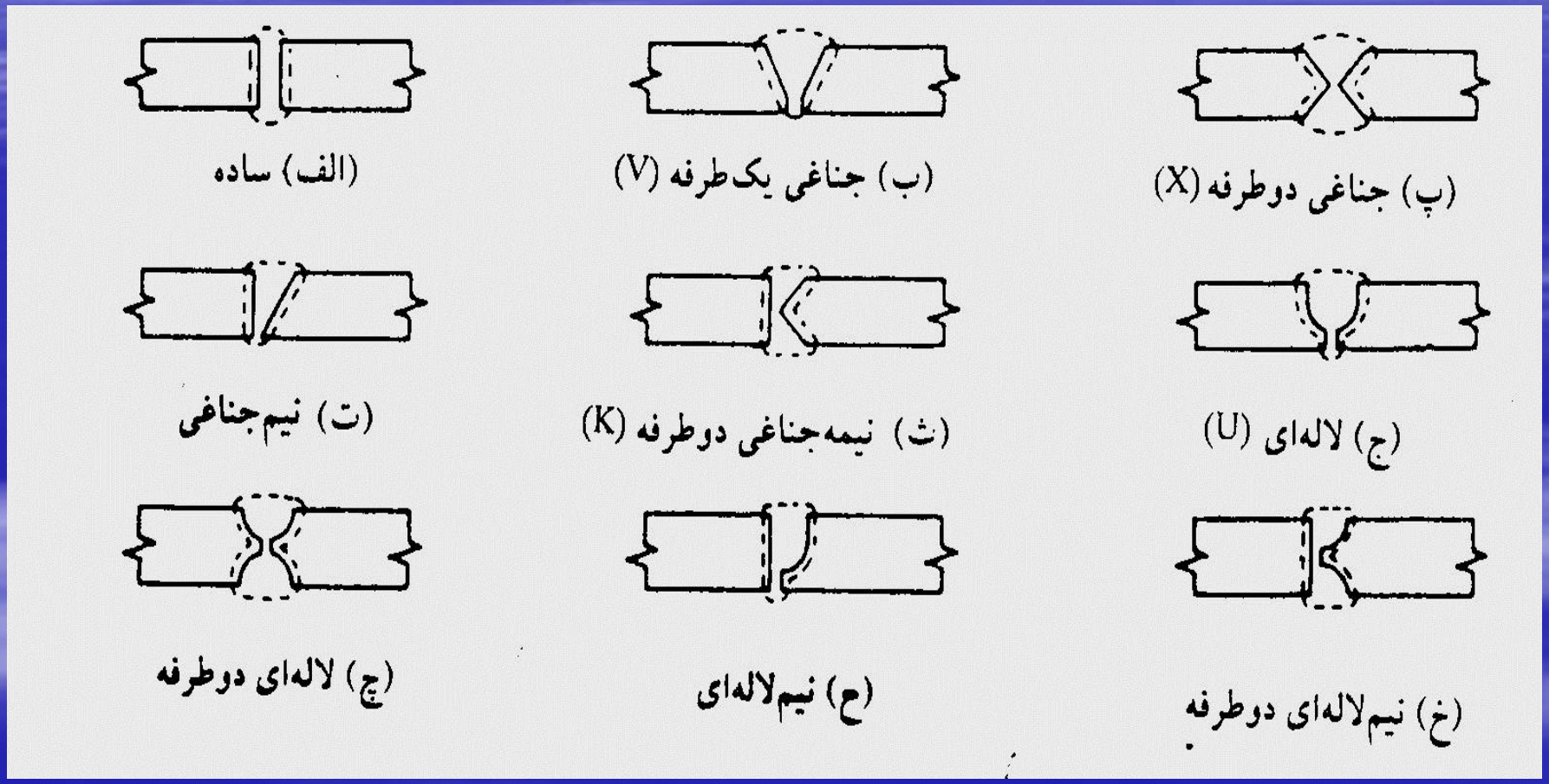
t_e= اندازهٔ گلوی مؤثر

t_e=0.707 D

شکل ۸- هندسه جوش گوشه با ساقهای مساوی

۵- انواع جوش شیاری:

برای انجام جوش شیاری در دولبه مجاور هم ، لازم است لبه های کار به منظور نفوذ کامل جوش آماده گردند .



شکل ٦- انواع آماده سازی لبه ها در جوش شیاری

٦- روشهای جوشکاری الکتریکی

الف - روش دستی :. در این روش هدایت انبر توسط کارگر انجام میشود .

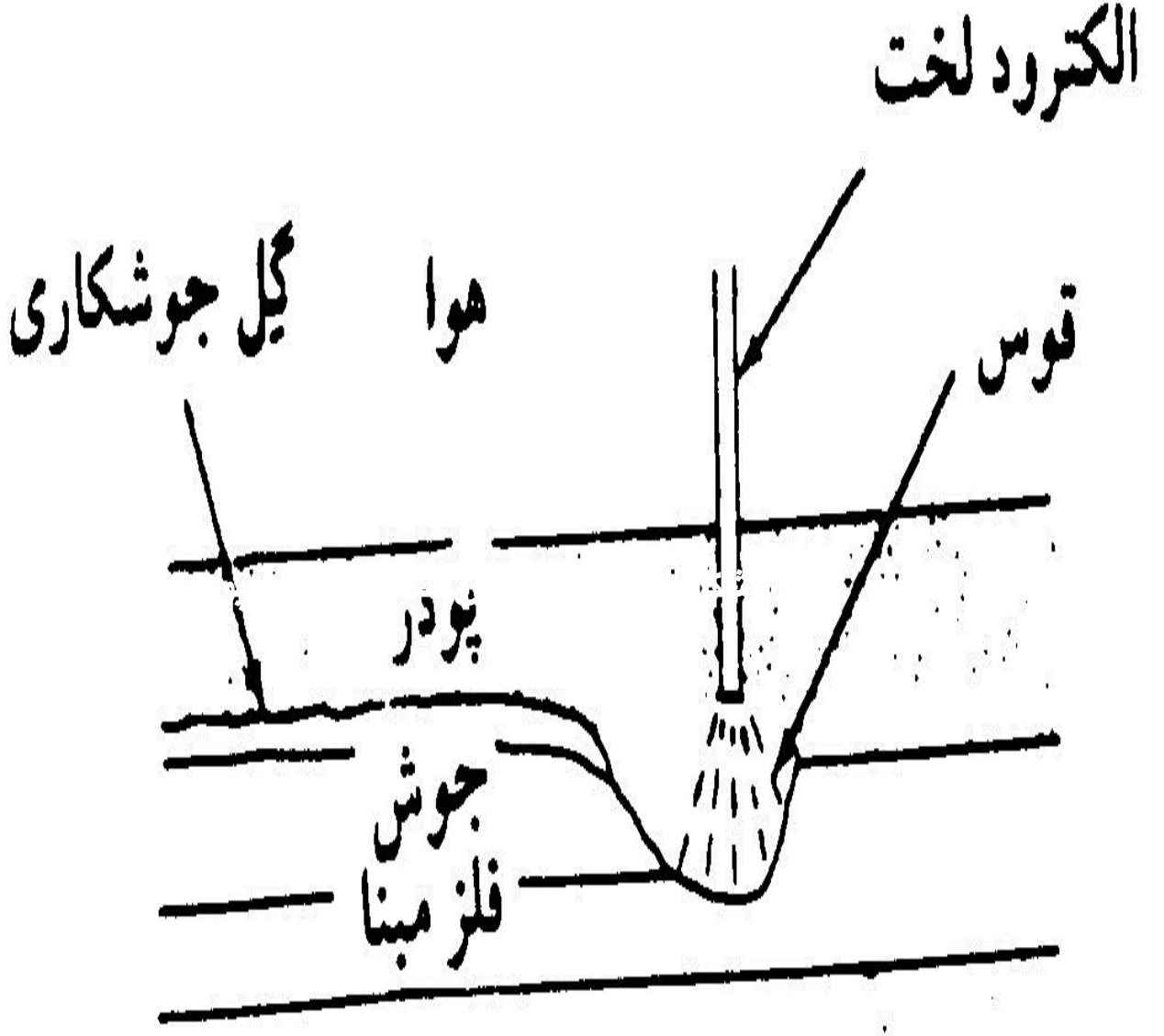
ب- روش اتوماتیک : هدایت الکترود توسط ماشین انجام شده است .

انواع روشهاپی جوشکاری اتوماتیک و نیمه اتوماتیک:

۱- جوشکاری زیر پودری
۲- جوشکاری تحت حفاظت گاز
۳ - جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود مغزه دار

۱-۶جوشکاری زیر پودری

در جوشکاری به روش زیر پودری ، ماده حفاظت کننده به صورت یک نوار پودری در روی درز ریخته می شود سپس قوس الکتریکی توسط الکترود لخت در زیر این پودر برقرار می گردد ، درحین جوشکاری ، قوس زیر پودر برقرار شده و دیده نمی شود .



شکل ۷- جوش قوس الکتریکی زیر پودری

۶-۲ جوشکاری تحت حفاظت گاز(با الکترود فلزی یا الکترود تنگستن)

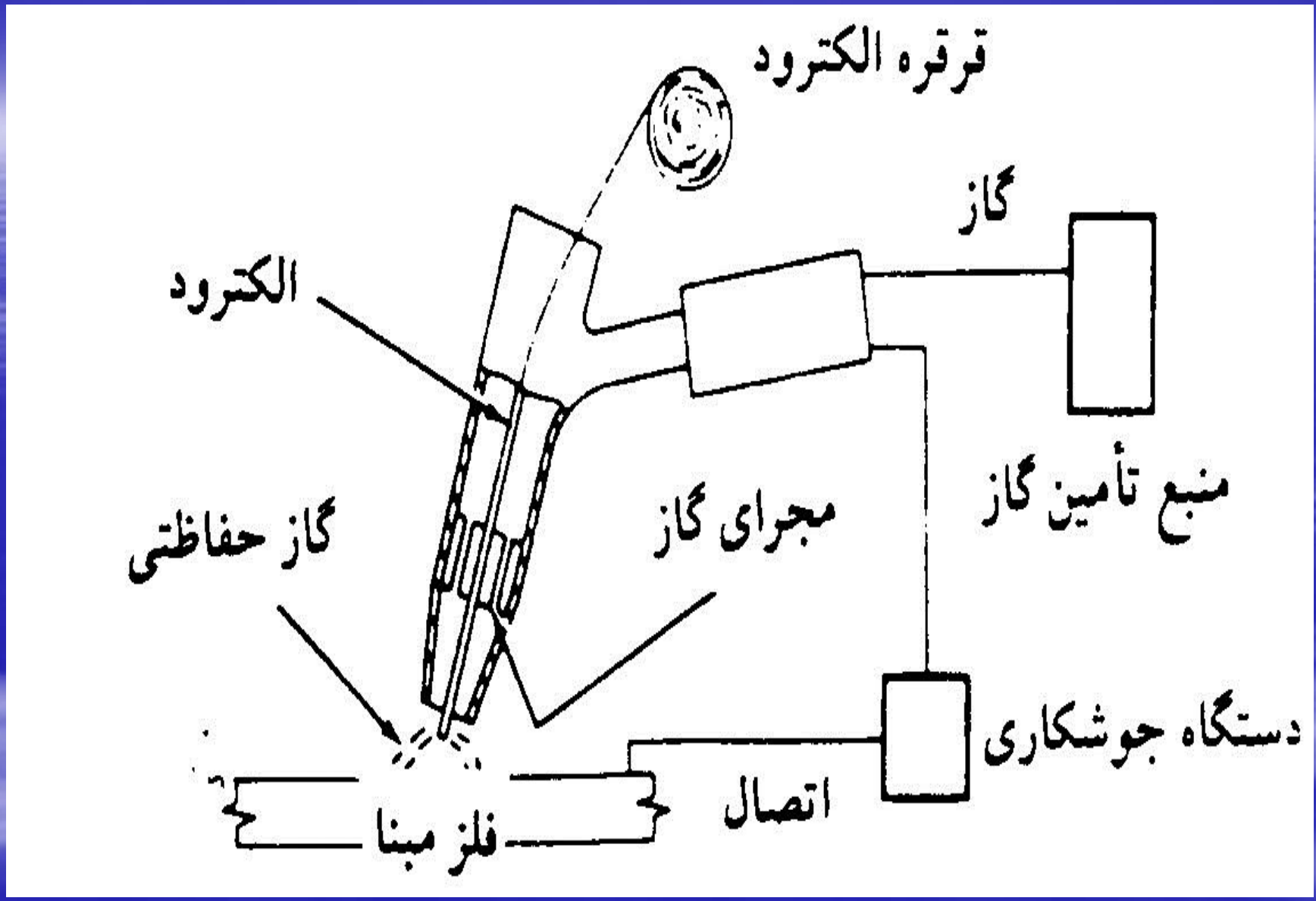
در این روش الکترود مفتول لخت ممتد است که از میان گیره الکترود گذشته ، و بایک قرقره تغذیه می شود.

- حفاظت در این روش اصولا" با سپری از گاز غیر فعال صورت می گیرد

۶- جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود مغزه دار

- این روش جوشکاری شبیه جوشکاری به روش قوس گازی است ، با این تفاوت که الکترود ممتد فلزی آن لوله ای شکل بوده ومواد حفاظتی را در داخل خود دارا می باشد.

- در مورد مفتول های قرقره پیچ ، حفظ روکش برروی سیم امکان ندارد به این جهت سپر گازی بوسیله پودر مغزی تامین می گردد اما حفاظت بیشتر اغلب بوسیله گاز Co_2 انجام می گیرد.



شکل ۸- جوش الکتریکی تحت حفاظ گاز CO_2

۷- وضعیت های جوشکاری :

- **وضعیت تخت یا کفی**

(با علامت 1F در جوش گوشه و 1G در جوش شیاری)

- **وضعیـــت افقـــی**

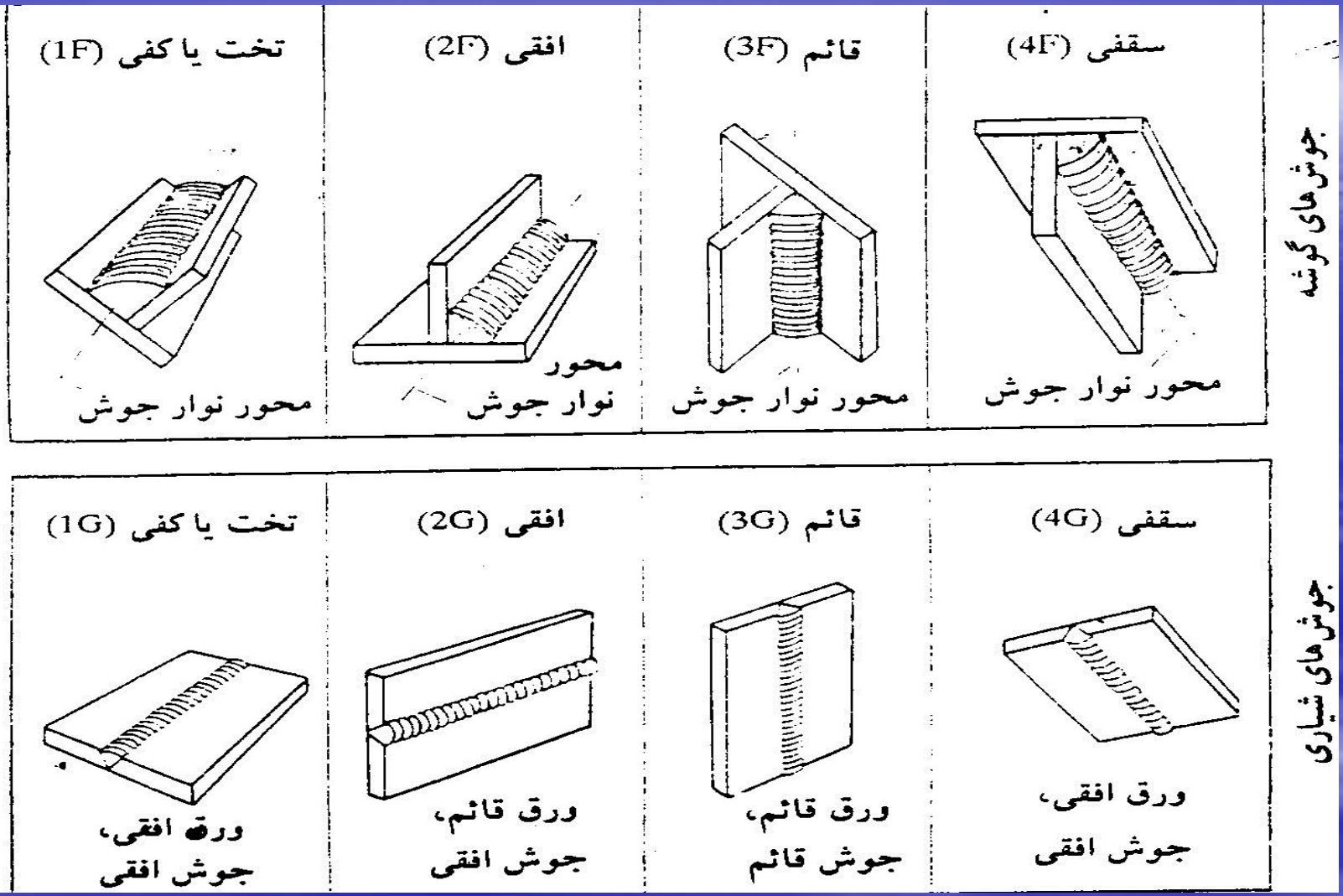
(با علامت 2 F در جوش گوشه و 2G در جوش شیـاری)

- **وضعیت سر بالا یا قائم**

(با علامت 3F در جوش گوشه و 3G در جوش شیاری)

- **وضعیت سقفی**

(باعلامت 4F در جوش گوشه و 4G درجوش شیاری)



شکل ۹- وضعیت های جوشکاری

۸- مقایسه الکترودهای بدون روکش (لخت) و روکش دار:

الکترودهای بدون روکش

۱- دارای ظاهر ناخوشایندی میباشند

۲ - باوجود داشتن مقاومت کششی رضایت بخش شکل پذیری آنها پایین است

۳ -مقاومتشان در برابر بارهای خستگی و بارهای ضربه ای کم میباشد

الکترودهای روکش دار

۱- باعث غلبه بر عیوب الکترودهای بدون روکش

۲ - محافظت قوس الکتریکی و فلز جوش جوش از هوای اطراف

۳ - اجازه استفاده از شدت جریان بیشتر

۹- ترکیب پوشش الکترود:

- نوع روکش الکترود بر روی طول قوس و ولتاژ جوشکاری و همچنین موقعیت جوشکاری که این الکترود برای آن شرایط قابل استفاده است، موثر می باشد .

- جنس و ترکیب داخلی روکش بسیار مهم بوده و عامل تفاوت میان الکترودهاست .

۱۰- مواد متشکله روکش الکترود :

- **الف – مواد سر باره ساز** : این مواد معدنی بوده و شامل اکسیدهای فلزی مانند سنگ تیتان ٬ فلد سپار ٬ فلورین کچ ٬ کائولن یا خاک چینی ٬ کوارتز ٬ گرافیت ٬ سنگ مرمر و منگنز

- **ب –مواد تشکیل دهنده گاز** : این مواد گاز لازم برای حفاظت فلز جوش از اکسید شدن و نیتریده شدن بوسیله N_2 و O_2 موجود در هوا را فراهم میکنند که عبارتند از خاک اره ، خمیر چوب ، سلولز، کتان ، نشاسته ، شکر و مواد

- **ج –عوامل احیا کننده** : این عوامل اکسید آهن موجود را احیا نموده و تبدیل به آهن خالص میکنند و عبارتند از فرومنگنز ٬ فرو سیلیسم ٬فرو کرم ٬ فرو مولیبد نیوم و آلومنییوم

- **د –عوامل آلیاژ دهنده** : این عوامل عناصر لازم برای تکمیل آلیاژ به منظور بهبود خواص مکانیکی را به داخل فلز جوش وارد می کنند و عبارتند از فرو منگنز ٬ فرو سیلیسیم ٬ فرو کرم ٬ اکسید نیکل و غیره

- **نکته** : در اغلب پوشش الکترودها عامل آلیاژ کننده اصلی فرو منگنز است که هم خاصیت احیاء کننده گی و هم خاصیت آلیاژ سازی را باهم بر آورده می کند.

۱- وظایف روکش الکترود یا پودر در جوش زیر پودری:

روکش الکترود دارای عملکردهای زیر است :

- تامین حفاظ گازی در مقابل ورود اکسیژن و ازت به حوضچه مذاب ویک پوشش از سر باره مذاب برروی فلز مذاب جوشکاری
- مشابه یک نظافتچی در زدودن اکسیدها و آلودگی ها عمل می کند.

- نرخ سرد شدن فلز جوش را کاهش می دهد و بالطبع یک جوش با شکل پذیری زیاد ایجاد می کند.
- باعث سهولت شروع عملیات جوشکاری ، تثبیت قوس و کاهش میزان ترشح (پاشش) جوش می گردد.
- باعث نفوذ بهتر وذوب کاملتر فلز مبنا می گردد.
- شکل ظاهری نوار جوش را کنترل می کند.
- سرعت جوشکاری را افزایش می دهد.

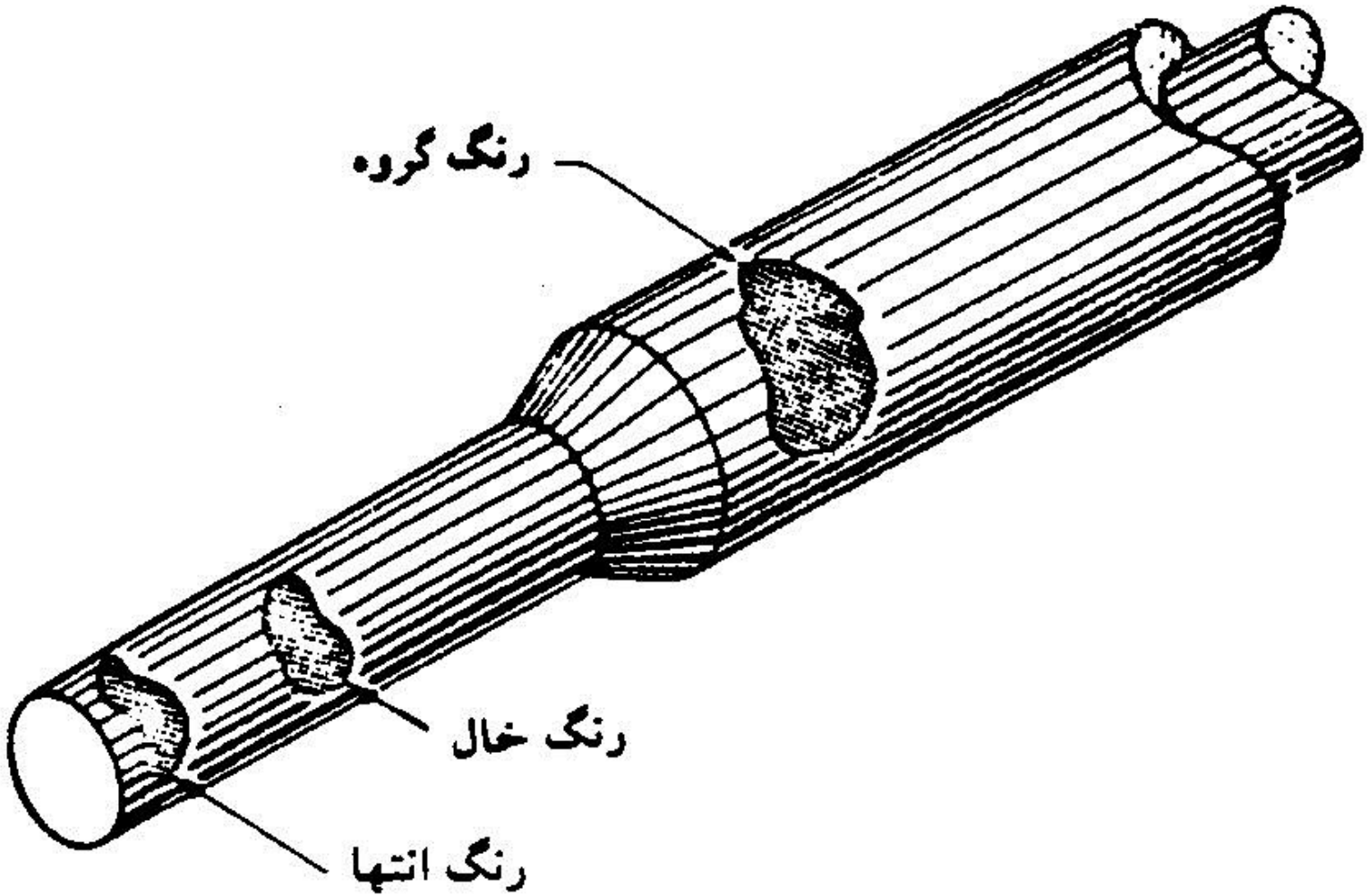
۱۲- شناسایی الکترودها

- دو سیستم اصلی برای شناسایی الکترودهای فولادی در صنعت جوشکاری بکار می رود .

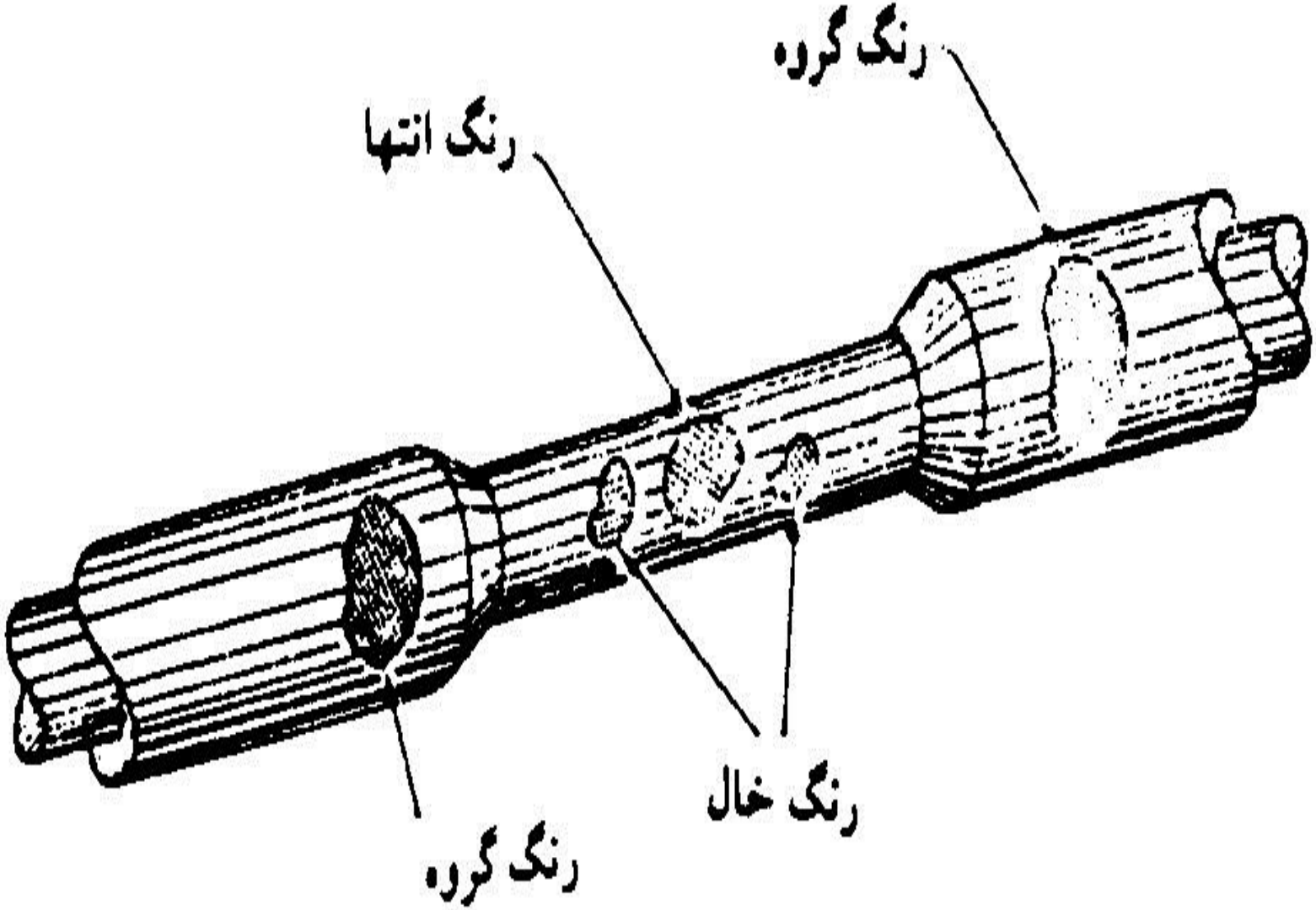
۱- سیستم شناسایی رنگ :

- برای هردو نوع الکترود روکش دار و بدون روکش است قابل استفاده است .

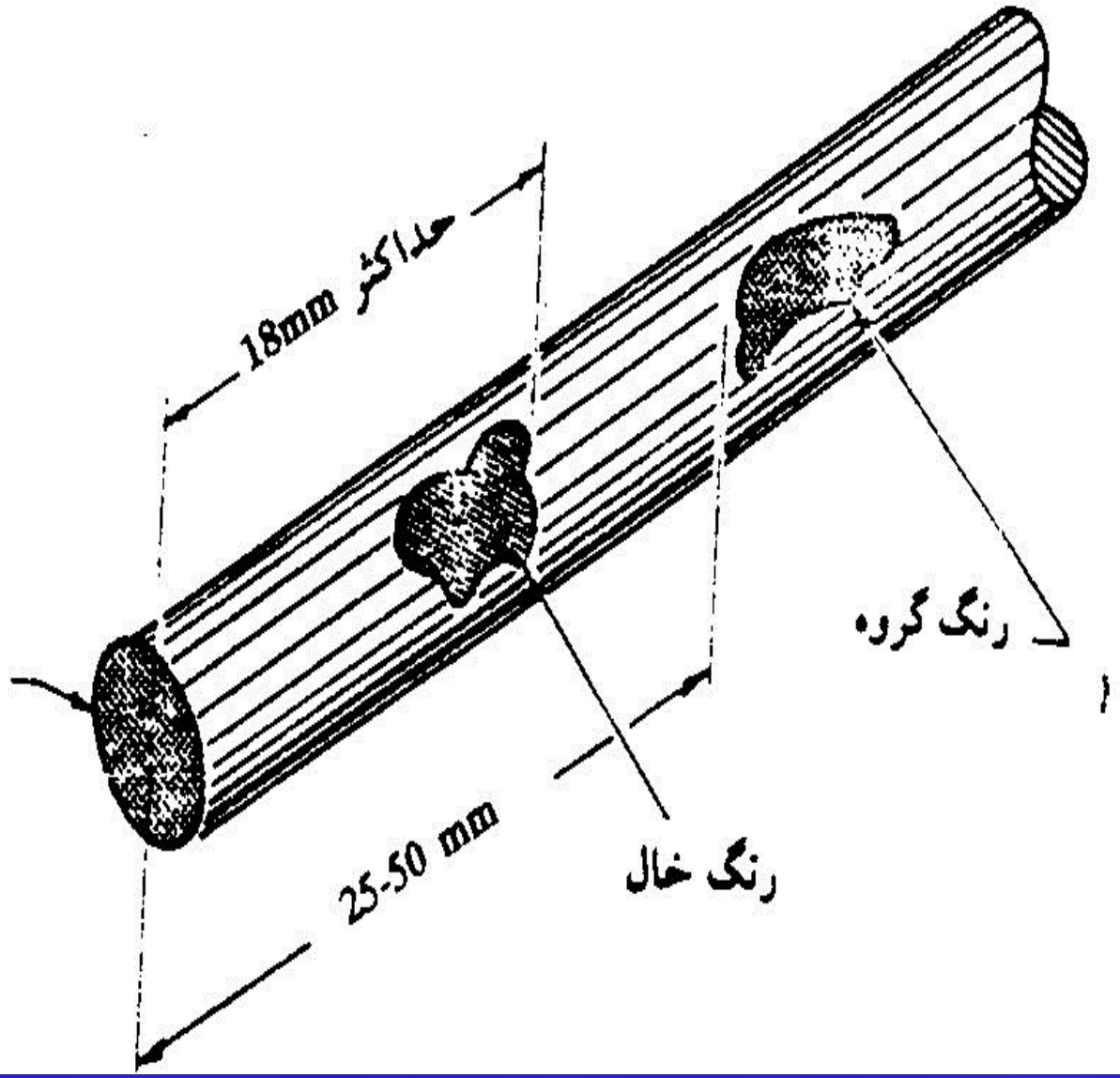
این طریقه شناسایی توسط انجمن ملی سازندگان الکتریکی (NEMA) و موسسه جوشکاری آمریکا (AWS) گسترش یافته است



شکل ۱۱ - محل علامت رنگی برای الکترود روکش دار با محل گیره در انتها (ته گیره)



شکل ۱۲- محل علامت رنگی برای الکترود روکش دار با محل گیره در قسمت میانی (میان گیر)



شکل ۱۳-محل علامت رنگی برای الکترود بدون روکش

۲- سیستم طبقه بندی و شماره گذاری:

۱ - فقط برای الکترود های روکش دار است

۲ - مستلزم مهر زدن یا حک کردن شماره طبقه بندی الکترود بر روی پوشش آن می باشد

۱۳- طبقه بندی و شماره گذاری الکترودها طبق (AWS)

- الکترودها برحسب خواص مکانیکی مفتول فولادی ، نوع پوشش ، و وضعیت جوشکاری طبقه بندی و برای شناسایی شماره گذاری می شوند.
- سیستم شماره گذاری براساس AWS ، یک عدد ۴ یا۵ رقمی می باشد که به دنبال یک حرف E قرار می گیرند.
- حرف E مخفف کلمه الکترود جوشکاری قوس الکتریکی است.
- اولین دو رقم سمت چپ (یاسه رقم اول در سیست ۵ رقمی) حداقل مقاومت کششی قطر الکترود را برحسب کیلو پوند(هزار پوند) بر اینچ مربع نشان می دهد. (اگر این عدد در ۷۰ ضرب شود ، مقاومت بر حسب کیلو گرم بر سانتی متر مربع بدست می آید) رقم سوم موقعیت جوشکاری را توصیف می کند آخرین رقم نوع جریان و نوع روکش الکترود را تعیین می کند . توضیح بیشتر در این رابطه در جداول ذیل آمده است



شکل۱۴- محل شماره طبقه بندی برای الکترود روکش دار با محل گیره در انتها (ته گیره)

رقم	مفهوم	مثال
۲ یا ۳ رقم اول	حداقل مقاومت کششی	E-60XX=4200 kg/cm^2 E-110XX=7700 kg/cm^2
رقم بعدی	وضعیت جوشکاری	تمام وضعیت‌ها =E-XX1X تخت و افقی =E=XX2X تخت E=XX3X
رقم آخر	نوع جریان، نوع گِل، نوع قوس، عمق نفوذ، وجود پودر آهن در روکش	به‌جدول ۳ ـ ۵ مراجعه شود.
پیشوند E نشان‌دهندهٔ علامت الکترود برای جوش قوسی است.		

جدول ۱- سیستم طبقه بندی الکترودها به روش AWS

نوع پوشش	جریان	علامت شناسایی
آلی	فقط DCRP	E6010
آلی	a.c. یا DCRP	E6011
روتیلی (اکسید تیتان)	a.c. یا DCSP	E6012
روتیل	a.c. یا DCRP ، DCSP	E6013
روتیل با پودرآهن (حدود ۳۰٪)	a.c. یا DCRP ، DCSP	E7014
کم‌هیدروژن	فقط DCRP	E7015
کم‌هیدروژن	a.c. یا DCRP	E7016
کم‌هیدروژن ـ پودرآهن (حدود ۲۵٪)	a.c. یا DCRP	E7018
اکسید آهن زیاد	a.c. یا DCRP ، DCSP	E6020
روتیل با پودرآهن (حدود ۵۰٪)	a.c. یا DCRP ، DCSP	E7024
معدنی ـ پودرآهن (حدود ۵۰٪)	a.c. یا DCRP ، DCSP	E6027
کم‌هیدروژن ـ پودرآهن (حدود ۵۰٪)	a.c. یا DCRP	E6028

DCSP= جریان یکسو ـ قطبیت مستقیم

DCRP= جریان یکسو ـ قطبیت معکوس

a.c.= جریان متناوب

جدول ۲- مفهوم رقم آخر در علامت شناسایی الکترود

۱۴- انتخاب الکترود :

- باید توجه داشت که بسیاری از الکترودهایی که در رده های مختلف قراردارند ازنظر مفتول فولادی یکسان هستند

- تفاوت در مشخصه های کاربردی و خصوصیات شیمیایی و مکانیکی فلز جوش رسوب کننده است

۱۸- اندازه الکترودها:

- نکات زیر در هنگام انتخاب اندازه الکترود باید مورد توجه قرارگیرد .

۱- هندسه درز

۲- ضخامت فلز پایه

۳- ضخامت لایه جوش

۴- موقعیت جوشکاری

۵- شدت جریان

۶- مهارت جوشکار

۷- نوع کار

- نوع کار زمینه اصلی انتخاب الکترود است و نکاتی که باید کنترل گردند، به شرح ذیل می باشند

۷-۱ ضوابط آئین نامه ای (اگر وجود داشته باشد)

۷-۲ خواص فلز پایه

۷-۳ وضعیت درز (تخت، افقی ، سربالا، سقفی)

۷-۴ نوع درز اتصال

۷-۵ مقدار جوش مورد نیاز

۷-۶ دقت مونتاژ

۷-۷ نوع جریان جوشکاری قابل دسترس

۱۶- مشخصه های کاربردی الکترودها :

- الکترودها را باتوجه به ویژگی های کاربردی و نوع درز اتصال به سه گروه تقسیم می کنند .

۱-۱۶- الکترودهای پرجوش:

۲-۱۶- الکترودهای پرجوش و زود جوش (زود رو)

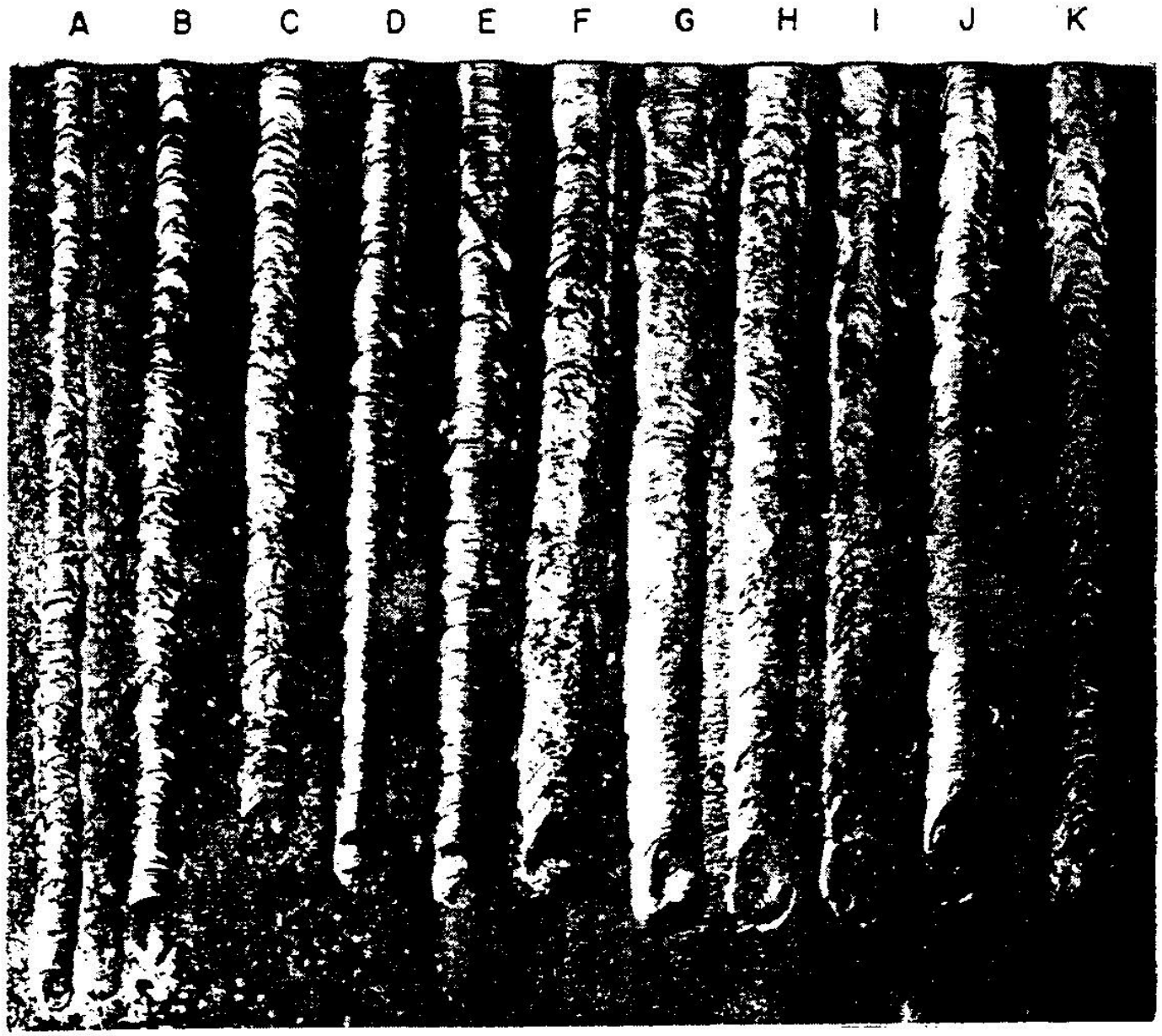
۳-۱۶- الکترودهای زود جوش

۱-۱۶ الکترودهای پرجوش :

- درز جوش را زود پر می کند
- دارای روکش ضخیم محتوی پودر آهن می باشند که کاربرد وسیعی در جوشکاری گوشه وجوش شیاری عمیق دارد .
- میزان رسوب این الکترودها زیاد است
- پاک کردن سرباره آن به راحتی انجام می شود
- کود افتادگی (بریدگی) لبه درز جوش کم می باشد

- این نوع الکترود با قوس سبک وملایم می سوزد
- عمق نفوذآن زیاد نیست درنتیجه امتزاج فلز جوش وفلز پایه کم است
- ظاهر جوش بسیار صاف وسطح جوش تخت تاکمی محدب می باشد و دراطراف آن مقداری ترشح وجود دارد.

- از انواع الکترودهای پرجوش ، الکتروهایEXX14 ، EXX24،EXX27 وEXX28 رانام برد .
- جوش F شکل ۱۶



[شکل ۱۶ مقایسه ظاهر نوار جوشهای انجام شده با انواع مختلف الکترودها]

۲-۱۶- الکترودهای پرجوش و زود جوش (زود رو)

- -احتیاجات هردوگروه پرجوش و زودجوش را برآورده می کنند .
- بعلت حرکت سریع حوضچه مذاب و قوس الکتریکی این الکترود را زود رو نیز می گویند.
- باقوس ملایمی می سوزد وقدرت نفوذی متوسطی دارد .
- مسائل ناشی از سوختگی (سوراخ شدن) را کمتر می توان دید.
- این نوع الکترودها دارای گل جوشکاری کامل بوده و خط جوش حاصل از آنها پیوسته ، لیکن کمی موجدار است (جوش Dو E شکل ۱۶)

- بسیاری از کارگاه های تولیدی، این الکترودها رابرای مصارف عمومی بکار می برند ودرکارهای تعمیری نیز کاربرد وسیعی دارند
- با اینکه آنها را می توان در تمام وضعیت های جوشکاری بکار برد لیکن در جوش های سر بالا و سقفی الکترودهای زود جوش بر آنها برتری دارند . مثال هایی از این نوع الکترود. EXX11، EXX12 ، EXX13 می باشند.

۳-۱۶- الکترودهای زود جوش

-دارای قابلیت انجماد سریع فلز جوش می باشند. این خاصیت در مواردی که ترشح گل جوش ویا فلز جوشکاری به خارج از درز جوش وجود دارد و یا در جوشکاری های سربالا و سقفی ، بسیار مهم است - این الکترودها دارای قوس قوی و نفوذی بوده

- دارای سرباره کم و خط جوش تخت می باشند

(شکل ۱۶ جوش های CوB) باگذشت از استثنائات ، خط جوش حاصل ،جوابگوی آزمون پرتو نگاری بوده و مورد استفاده آنها در جوشکاری لوله ها ومخازن تحت فشار است

- - این الکترودها بطور وسیعی برای همه موقعیت های جوشکاری ودرهر دونوع عملیات ساخت کارخانه ای و کارهای تعمیری مورد استفاده می باشند. الکترودهای E6010 ، E6011 ، از این نوع می باشند .

- **۱۷- نگهداری الکترود :**
- ۱-۱۷-تنظیم رطوبت :
- جوشکاری با الکترود مرطوب منجر به افزایش ولتاژ قوس ،ترشح زیاد وکود افتادگی (بریدگی) لبه ها شده و تمیز کردن سرباره حاصل از این جوش مشکل می باشد . نوار جوش ممکن است متخلخل ودارای ترک و ظاهری زبر و ناصاف باشد وجود چنین شرایطی موجب عدم قبول جوش وتعمیر واصلاح مجدد می گردد که هزینه بر می باشد

۲-۱۷- خشک کن الکترود

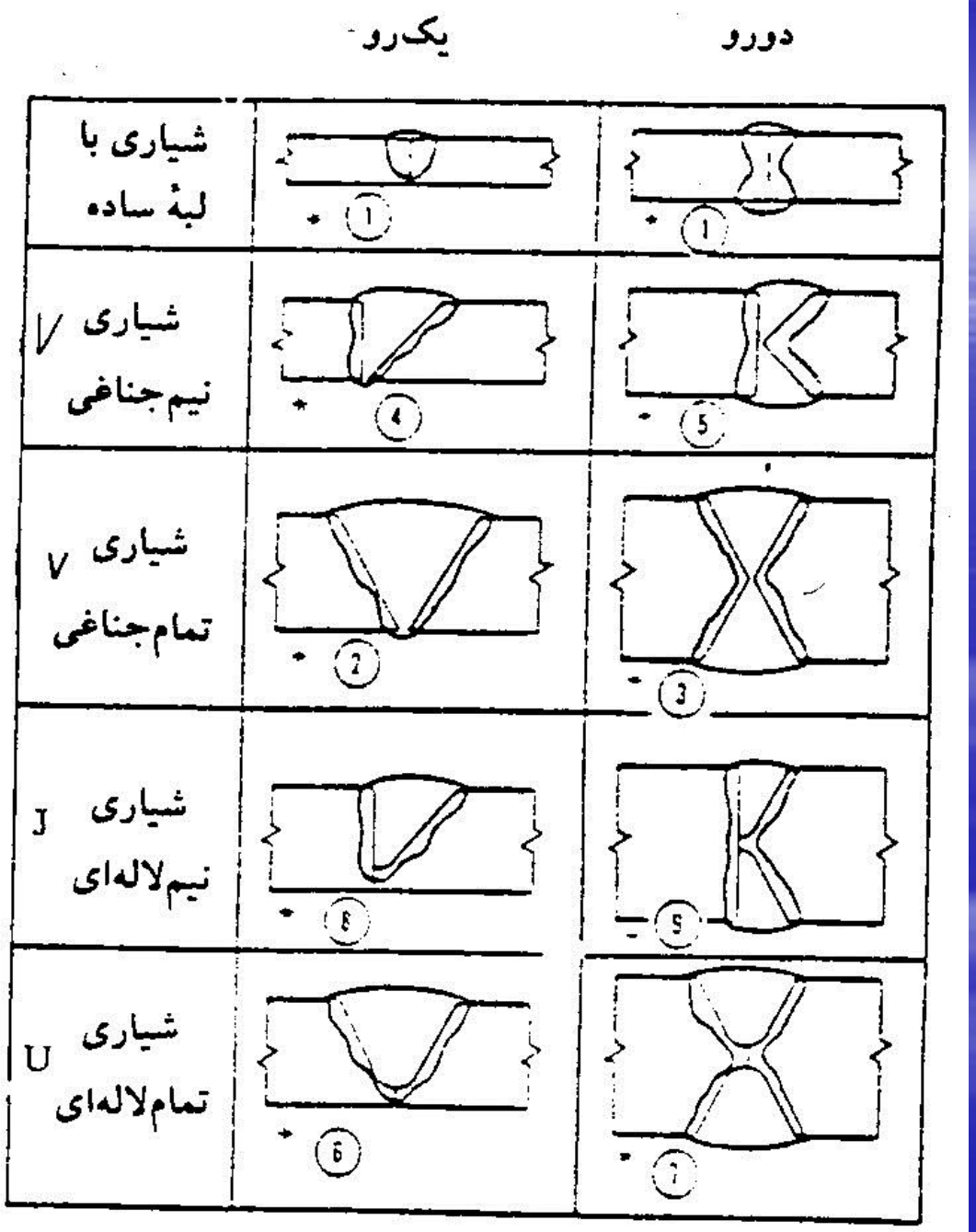
- سازندگان الکترود استفاده از انبار های خشک کن را برای حفظ ونگهداری کیفیت اولیه الکترودها توصیه می کنند. خشک کن های الکترود دارای ظرفیتی بین ۱۰ تا ۸۰۰ کیلو گرم می باشند ودرجه حرارت آنها تا ۸۴۰ درجه سانتیگراد قابل تنظیم است . خشک کن های کوچکتر قابل حمل ونقل و جابه جایی هستند که این امر آن ها را برای کارگاه های کوچک و جوشکاری روی زمین مناسب می سازد کارگاه مورد استفاده قرار گیرند .

۱۸- طراحی درز جوش

- فصل مشترک دو قطعه که مصالح جوش در امتداد آن رسوب می نمایند، درز جوش نامیده می شود. هندسه درز ،از عوامل مهم وتاثیر گذار بر اقتصاد و کیفیت جوش است .

- هندسه درز با سه پارامتر زیر تعریف می شود.
- الف – زاویه پخی لبه
- ب-بازشدگی یا دهانه ریشه (R)
- پ- پیشانی یا ضخامت ریشه

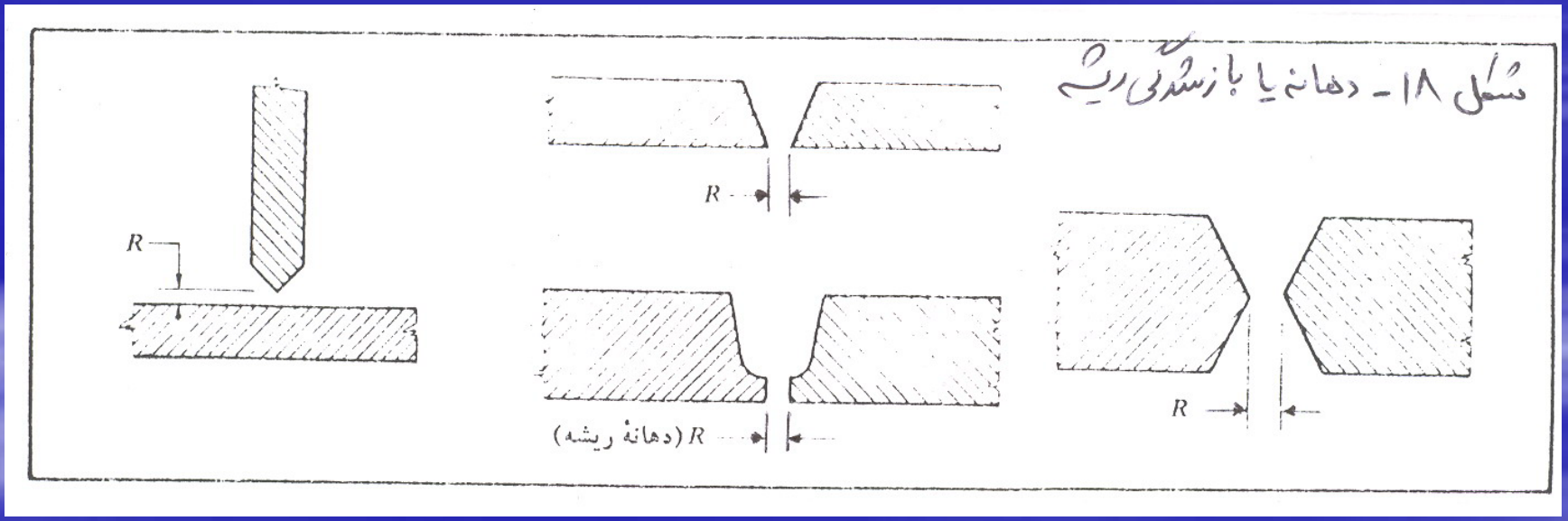
- **۱-۱۸- انواع درز جوش**
- برای اینکه جوش شیاری در درز بین دو قطعه رسوب کند. برحسب ضخامت و سهولت کار، به لبه درز باید هندسه خاصی داد برحسب نوع هندسه انواع درز به صورت زیر بدست می آید (شکل ۱۷)
- ساده
- جناغی(یک رو و دورو) (V)
- نیم جناغی (یک رو و دورو) (V)
- لاله ای (یک رو و دورو) (U)
- نیم لاله ای (یک رو و دورو) (J)



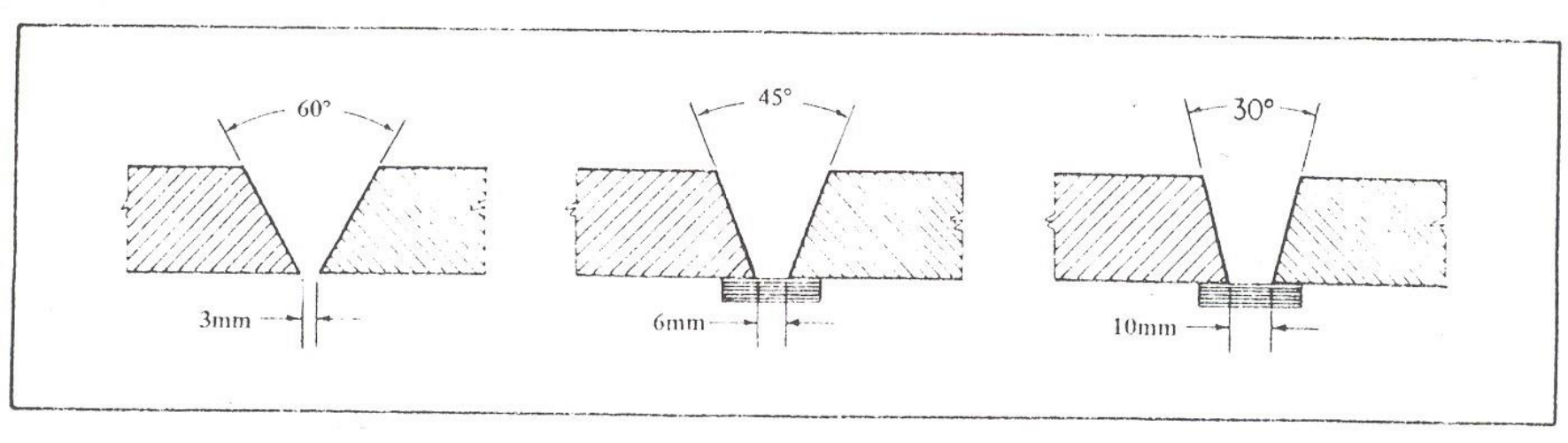
شکل ۱۷- انواع درزجوش

۲-۱۸- دهانه یا باز شدگی ریشه (R)

برای اینکه یک ریشه خوب بدست آید باید دهانه ریشه (R) را مناسب در نظر گرفت .



- وقتی زاویه پخی لبه جوش کم می شود ٬ متناسب با آن دهانه ریشه باید افزایش یابد وقتی که دهانه ریشه زیاد می گردد ، باید از تسمه پشت بند استفاده نمود



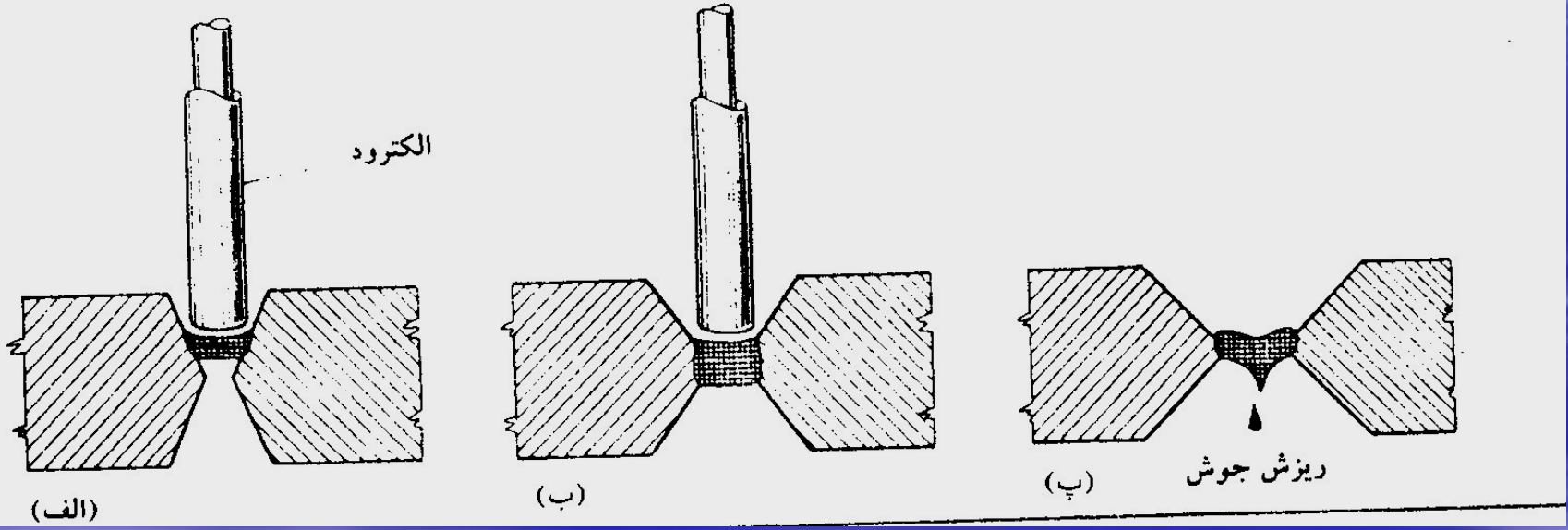
شکل ۱۹- تسمه پشت بند

- آماده کردن لبه ها برای جوشکاری و دهانه ریشه هر دو تاثیر مستقیم بر هزینه جوشکاری (میزان مصرف مصالح) دارند . منظور از آماده کردن لبه جوش ، پخ زدن لبه ها به شکل دلخواه قبل از جوشکاری می باشد.

- شکل ۲۰ – الف : حالتی را نشان می دهد که فاصله لبه دو قطعه و همچنین زاویه پخی لبه ها کم می باشد این حالت برای جوشکاری خوب نیست زیرا جوش بین دو لبه پل زده ، تفاله و خاکستر جوشکاری پس از انجام عملیات جوشکاری در محل ریشه اتصال باقی می ماند و حذف آنها از روی جوش برای جوش طرف دوم وقت گیر خواهد بود .

- شکل ۲۰-ب: نشان دهنده یک فرم صحیح لبه ها قبل از شروع به جوشکاری می باشد . این جوش باعث یک امتراج و ترکیب خوب مصالح در ریشه خواهد شد .تولید خاکستر جوشکاری در این حالت به حداقل مقدار خود خواهد رسید .

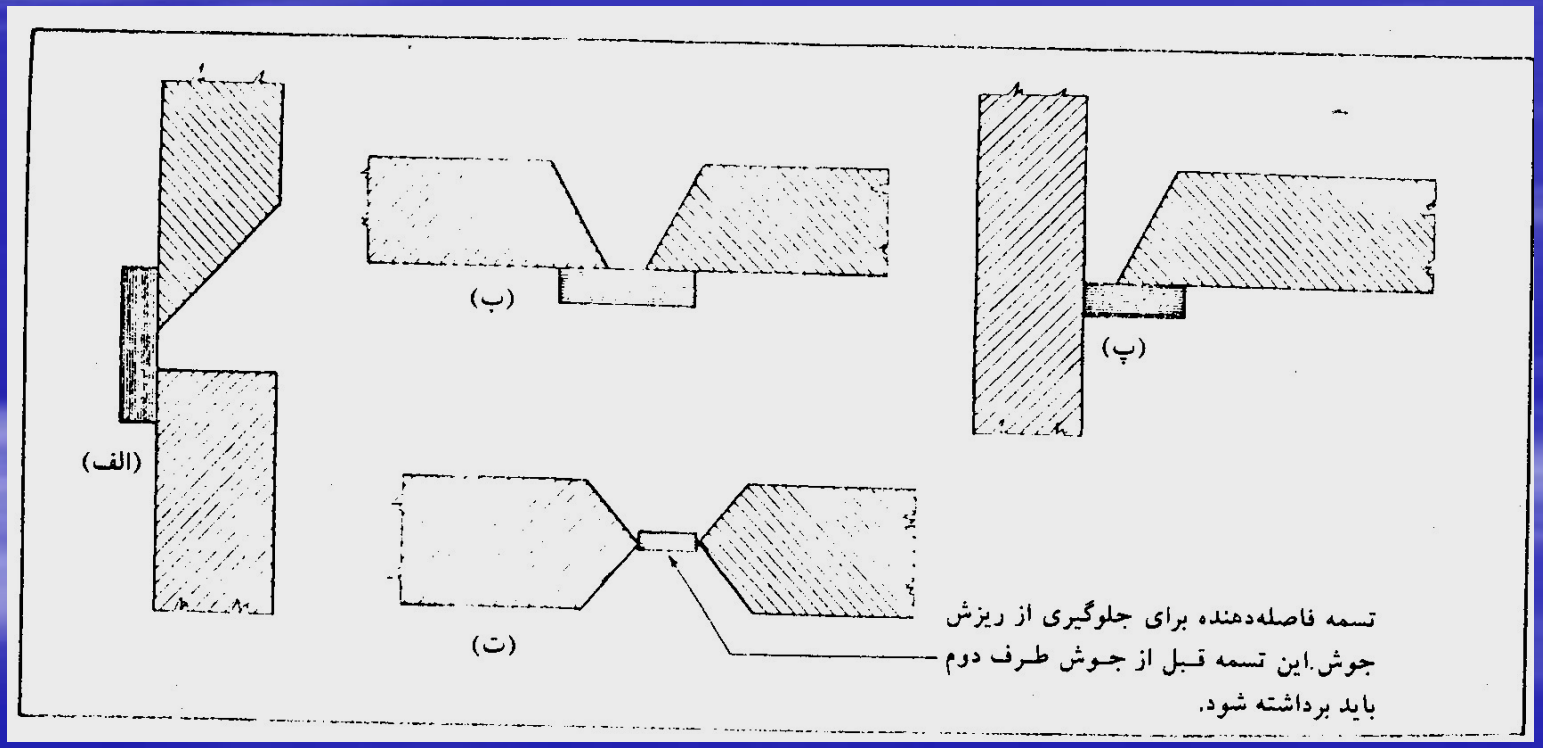
- شکل ۲۰-پ: نشان می دهد که چگونه فاصله زیاد لبه ها در هنگام جوشکاری باعث ریزش جوش از زیر آن می گردد. در کارخانه ها برای اینکه از ریزش جوش جلوگیری کنند از تسمه های فاصله دهنده با اندازه معین استفاده می کنند.



شکل ۲۰- فاصله لبه ها جهت جوشکاری

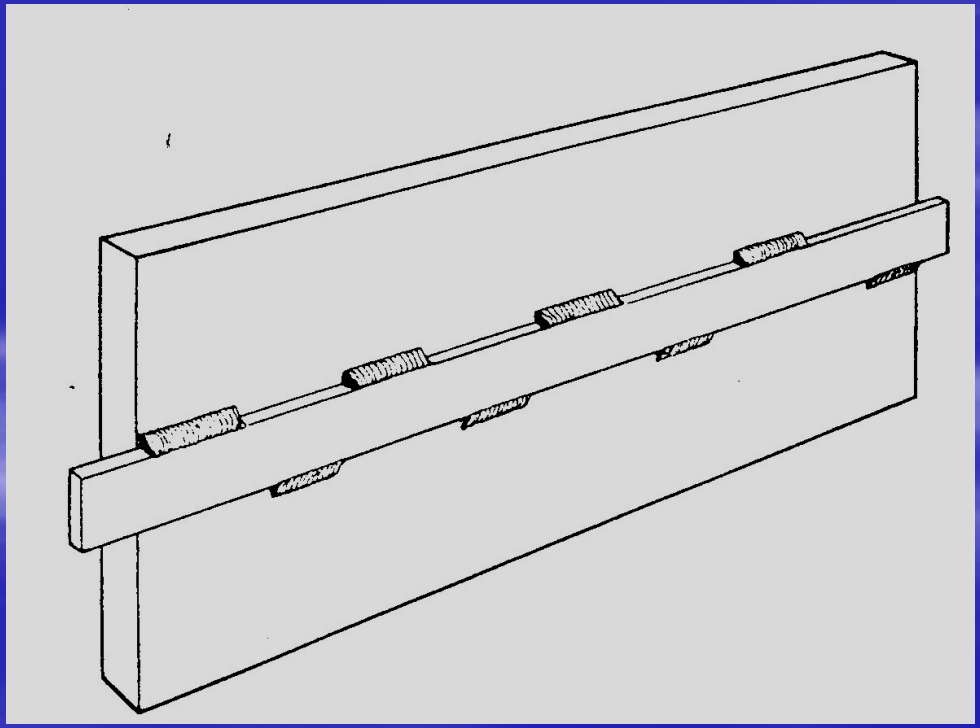
۳-۱۸ تسمه های پشت بند

- وقتی که جوشکاری از یک طرف بوده و فاصله لبه ها نیز زیاد باشد ، از تسمه های پشت بند استفاده می شود



شکل ۲۱- نمایش تسمه های پشت بند

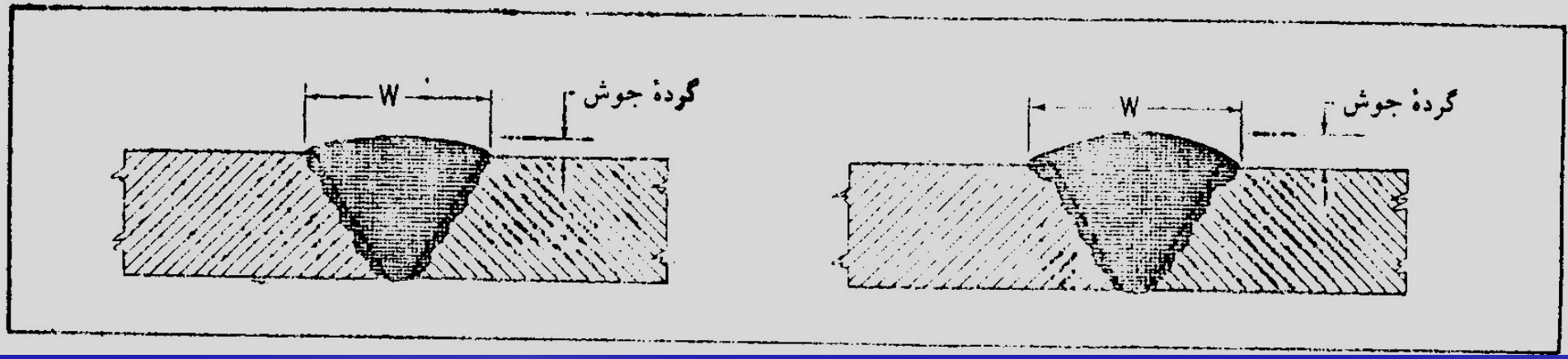
- قبل از انجام عمل جوشکاری از خال جوشهای متناوب استفاده می شود. این خال جوشها در هر طرف تسمه پشت بند بصورت چپ و راست زده می شوند تا ایجاد تنش های اضافی نکنند در ضمن این خال جوش ها نباید درست مقابل یکدیگر قرار گیرند



شکل ۲۳- اجرای خال جوشهای متناوب برای اتصال تسمه پشت بند

۱۹-گرده جوش

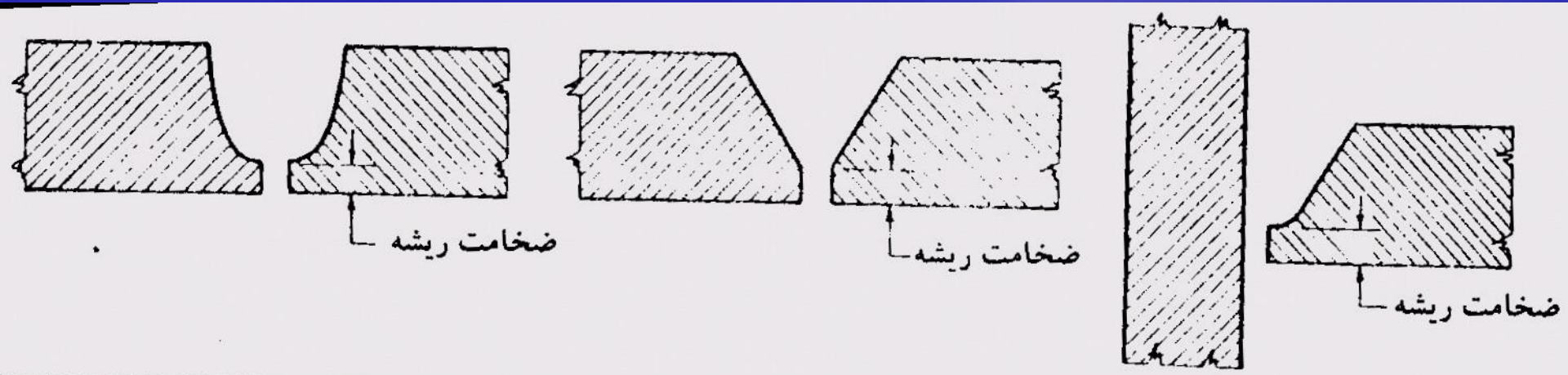
- در درزهای لب به لب یک تحدب اسمی (تقریبا " ۸/۱ میلی متر بالای سطح تراز) لازم است (شکل ۲۳ سمت چپ) مقدار زیاد این تحدب فایده ای ندارد و باعث افزایش هزینه جوشکاری می شود (شکل۲۳سمت راست)باید دقت شودکه هم ارتفاع وهم پهنای گرده حداقل گردد



شکل ۲۴- نمایش گرده جوش

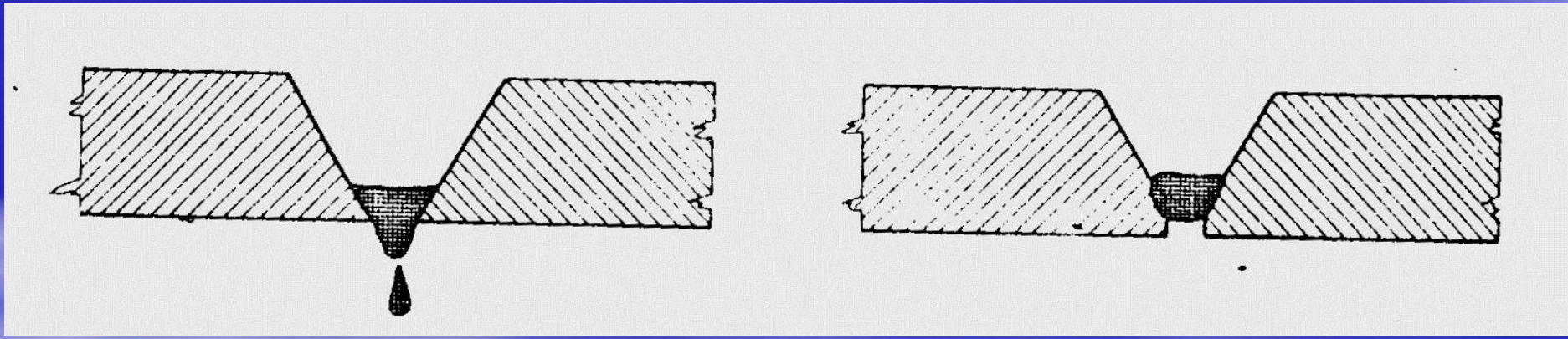
۲۰- آماده کردن لبه

- برای اینکه از سوختن ریشه جوش جلوگیری شود به جای اینکه لبه جوش در محل ریشه بصورت تیز باشد، ضخامتی برای آن قائل میشوند که آن را ضخامت ریشه یا پیشانی می نامند



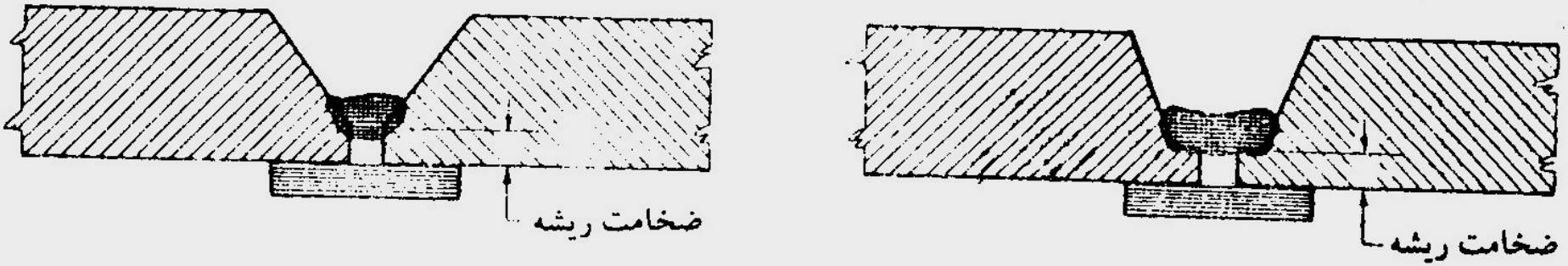
شکل ۲۸- نمایش ضخامت ریشه

- اگر لبه درز در محل ریشه تیز باشد برای سوختن و ریزش خیلی مستعد است مخصوصا" اگر فاصله لبه نیز مقداری زیاد باشد



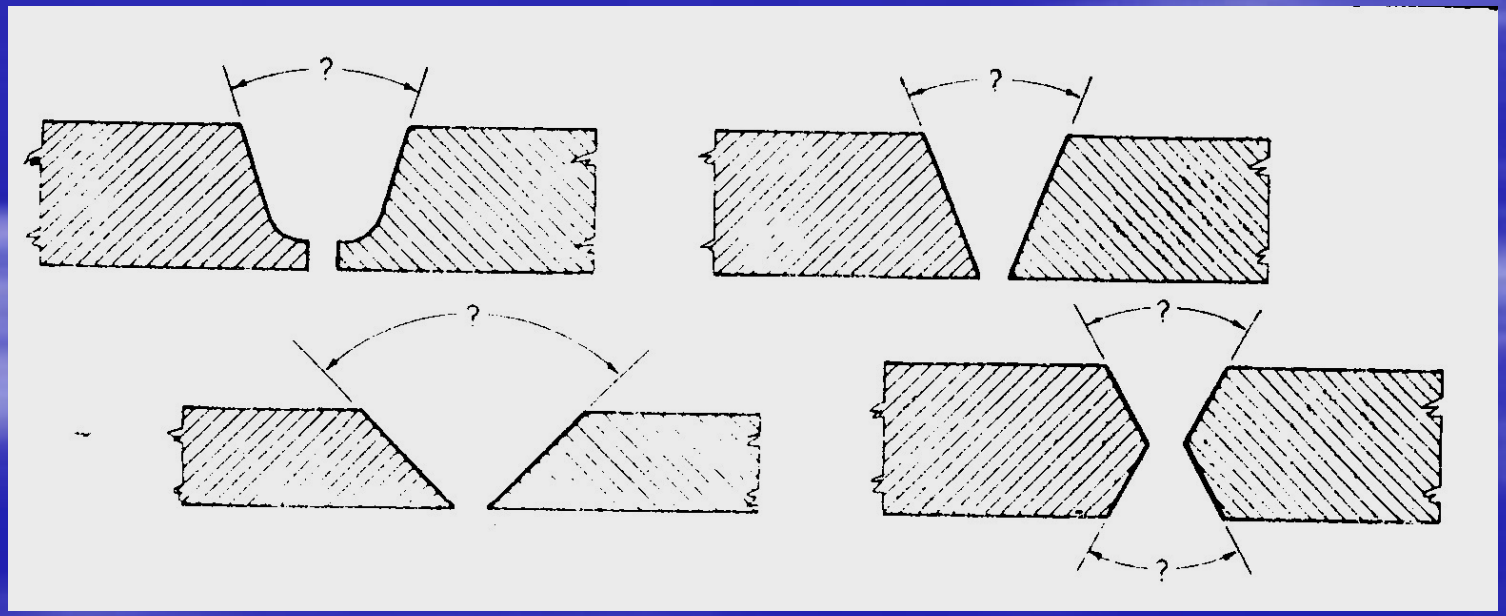
شکل ۲۶- نمایش لبه درز در محل ریشه

- وقتی که از تسمه های پشت بند استفاده می شود ، دیگر نباید ضخامتی برای ریشه در نظر گرفت
- زیرا در این حالت یک فضای خالی پیدا می شود که در هنگام جوشکاری درون آن پر از گاز می گردد



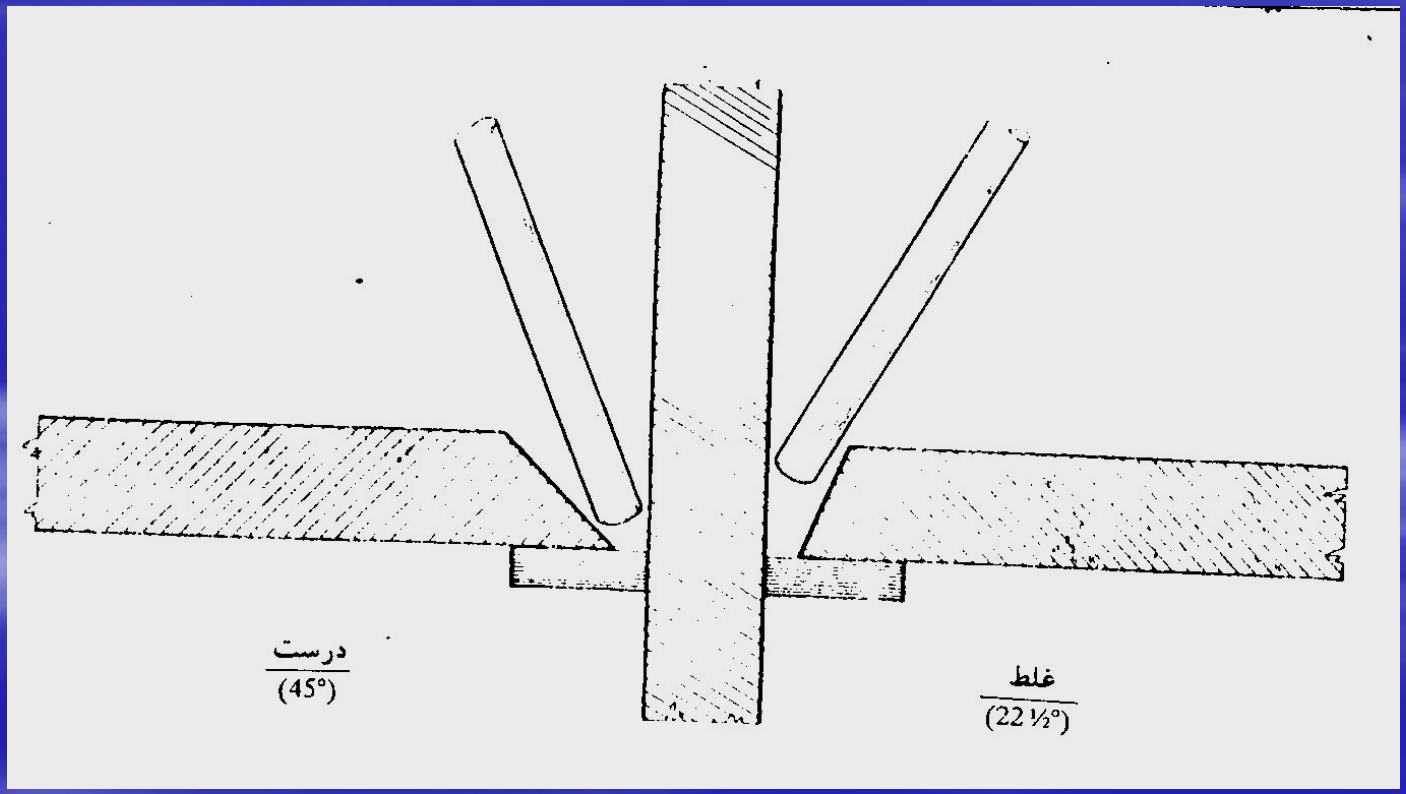
شکل ۲۷- چگونگی ایجاد فضای خالی در ریشه جوش

- فلسفه اصلی پخ زدن لبه ٬ ایجاد دسترسی برای جوشکاری در تمام ضخامت و همچنین مطمئن شدن از ذوب و امتزاج کامل در تمام سطح مقطع می باشد. یک دسترسی خوب ، با افزایش زاویه پخی ، و افزایش دهانه ریشه به دست می آید که همیشه ترکیبی از آنها یک راه حل خوب به دست می دهد



شکل ۲۸- پخ زدن لبه ها برای دسترسی در تمام ضخامت قطعه

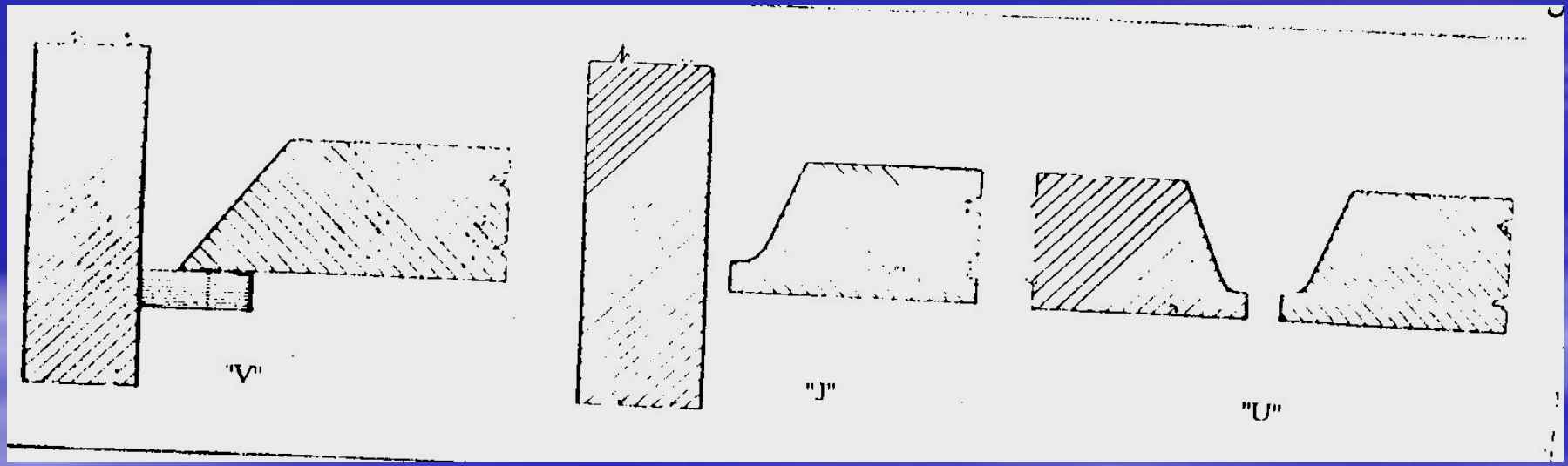
- زاویه پخی بستگی به محل کار و زاویه ای که الکترود در محل کار میتواند داشته باشد ، دارد
- [شکل ۲۹]. همان طوری که در شکل نشان داده شده ، زاویه پخی حداقل برابر با ۴۵ درجه توصیه می شود .



شکل۲۹ – نمایش زاویه پخی مناسب

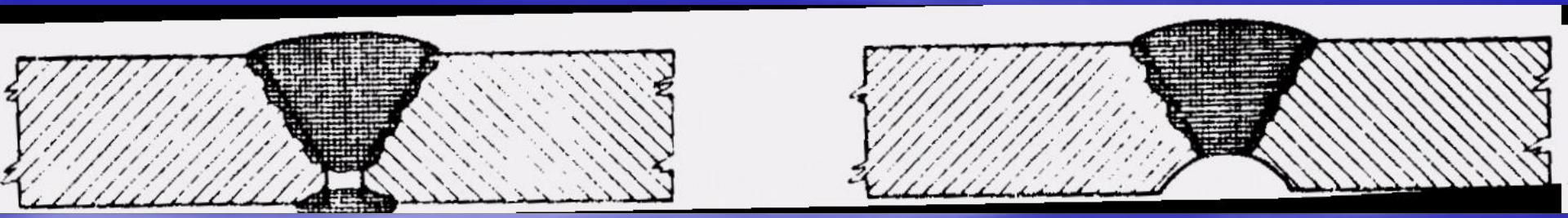
۲۱-درزهای لاله ای (U) و نیم لایه ای (J)

- درزهای لاله ای و نیم لایه ای برای جوشکاری بسیار عالی هستند ولی هزینه آنها گران تمام می شود



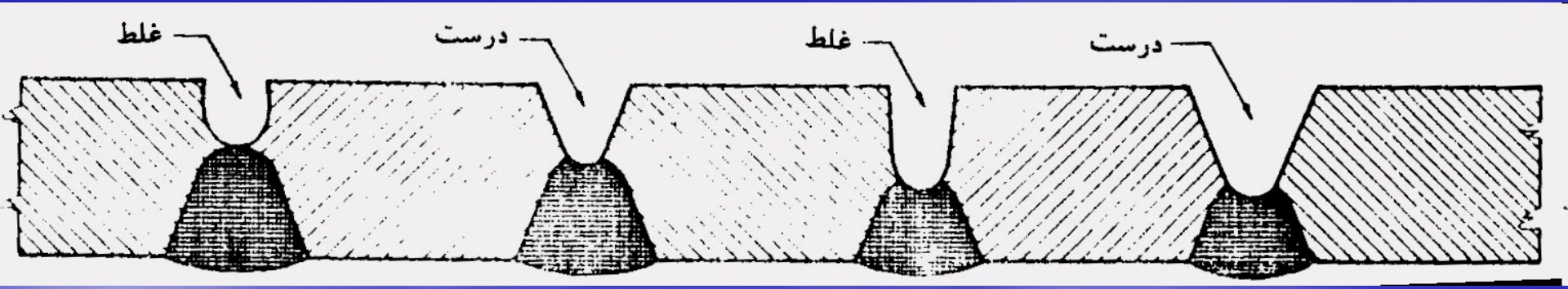
شکل ۳۰- نمایش درزهای لاله ای و نیم لاله ای

- **۲۲- سنگ زدن ریشه از پشت (شیار زنی پشت)**
- برای دستیابی به یک ذوب و امتزاج کامل در تمام مقطع جوش ودرنتیجه یک جوش صد درصد
- (تمام قدرت) لازم است طرف دوم یا پشت کار نیز جوش شود .قبل از جوش پشت کار باید ریشه جوش سنگ زده شود



شکل ۳۱- شیار زنی از پشت قطعه

- **نکته :**
- - تراش ریشه آنقدرباید عمیق باشد تا مصالح اصلی جوش طرف اول ظاهر گردند
- -تراش طوری باید باشد که الکترود برای جوشکاری بتواند داخل آن گردد .



شکل ۳۲- تراشکاری صحیح جهت دسترسی به جوش طرف دیگر

۲۳- کیفیت و بازرسی جوش

- هدف : اتصال قطعات به حد لازم با حداکثر کارایی و حداقل هزینه و برآوردشدن احتیاجات درحین بهره داری

- تهمیدات بیشتر از حد : ضمن نداشتن فایده باعث افزایش هزینه نیز خواهد شد .
- برای هر عیب جوش یک علت منطقی وجود دارد وبرای اصلاح وتعمیر آن نیز یک روش منطقی باید بکار برد .

- جست و جوی به هنگام عیوب جوش ، اجازه اصلاح اقتصادی آنها را می دهد اگر این کار به بازرسی نهایی پس از اتمام کار واگذار شود باعث اتلاف بیهوده زمان و هزینه خواهد شد.

۱-۲۳- یک جوش خوب چیست؟

- به نظر خیلی از مهندسین پاسخ این سوال که جوش خوب چیست این است که ((جوشی که در بازرسی نهایی به تایید برسد))

- تعریف بهتر ’ جوش خوب جوشی است که بتواند وظایف مقرر شده را درحین بهره برداری برآورده نماید

۲-۲۳- راه حل چیست؟

- شناخت عیب و علل بوجود آمدن آن
- استفاده از دستور العمل جوشکاری که بتواند این عیب را برطرف کند.
- جوشکاران خوب و مورد تایید واپراتورهای دستگاه های جوش را با اهمیت جزئیات ریز وظریف جوش واقف نمود.
- بکارگیری سیستم نظارتی در حین جوشکاری

۳-۲۳- نظارت و بازرسی از چه زمانی شروع می شود؟

- این تصمیم که نظارت بعد از اتمام جوشکاری انجام شود ، خیلی خطرناک است و بهترین روش برای آگاهی از کیفیت جوش نیست این کار نوش داروی بعد از مرگ است.

- به طور کلی کیفیت نهایی هر کار با دو روش ، به کیفیت مطلوب نزدیک می گردد.

- ۱]از طریق برنامه های تضمین کیفیت [Q .A=Quality Assurance]

- ۱-۱- شامل بازرسی مواد اولیه
- ۱-۲- بررسی روش های جوشکاری
- ۱-۳- آزمون های تعیین صلاحیت جوشکاران
- ۱-۴- آزمون های ارزیابی دستور العمل جوشکاری
- ۱-۵- سلامت وسایل کار و کنترل ابعادی قطعات
- ۱-۶- نهایتا" تمام کنترل های قبل از عملیات اجرایی هستند .

۲) از طریق برنامه های کنترل کیفیت

(Q . C=Quality Control)

- ۲-۱- شامل کنترل مونتاژ
- ۲-۲-کنترل کیفیت جوش ها حین جوشکاری
- ۲-۳- کنترل کیفیت جوش ها بعد از جوشکاری :شامل

الف - شا مل بازرسی چشمی (عینی)

ب- آزمایش های غیر مخرب

ج- کنترل ابعادی قطعات بعد از جوشکاری

۲۴- پنج دستور العمل برای جوش ساختمانی خوب

- برای حصول یک جوش خوب باید در پنج نکته زیر دقیق بود .
- ۱- روش جوشکاری
- ۲- آماده سازی مناسب لبه ها
- ۳- دستور العمل جوشکاری
- ۴- پرسنل
- ۵- بازرسی و تایید جوش

۲۸- مواردی که بر کیفیت جوش موثر هستند :

- نکاتی که قبل از جوشکاری و یاحین وبعد از جوشکاری باید مورد بازرسی چشمی قرار گیرند.
- زوایه پخی (Included angle)
- دهانه ریشه (Root opening)
- ضخامت ریشه (Root face)
- هم محوری درز (Align ment)
- تمیزی درز (Cleanliness or Joint)

- ٦-نوع و اندازه مناسب الکترود

[Proper type and size or electrode]

- ٧-قطبیت و شدت جریان مناسب

[Proper welding current and polarity]

- ٨- خال جوش مناسب

(Proper tack Weld)

- ٩- ذوب خوب

(Good fusion)

- ١٠- پیش گرمایش ودرجه حرارت پاس های میانی

(Proper Preheat and

Interpass Temperature)

- ۱۱- توالی وترتیب پاس های جوش
- (Proper Sequencing of Passes)

- ۱۲- سرعت مناسب حرکت نوک الکترود

(Proper travel Speed)

- ۱۳-لوچه (شره) جوش

(Over lap)

- ۱۴-غلتاندن حوضچه مذاب نوک الکترود در جوش های سر بالا (قائم)

(Till Of Crater in verticai welding)

۱۸-چاله انتهای جوش [Filled crater]

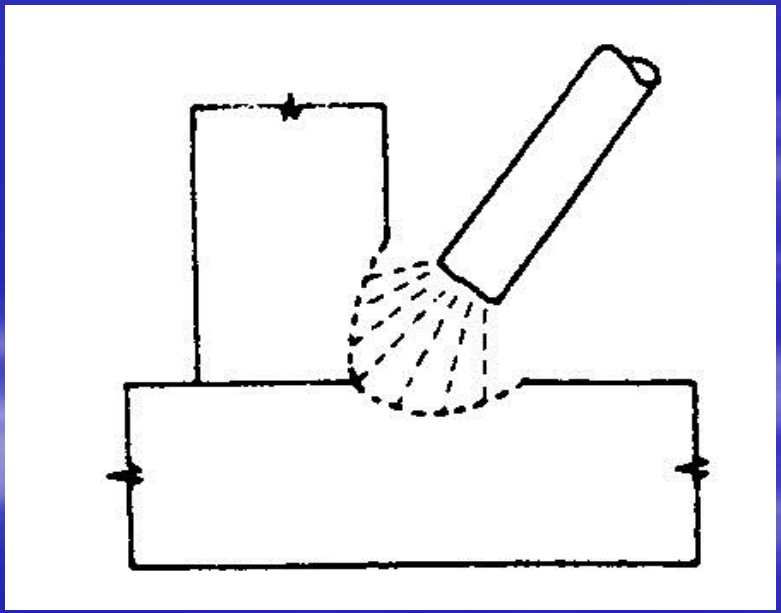
- چاله انتهای جوش از دو نقطه نظر زیر ممکن است بحث انگیز باشد.

۱-ضخامت کلوی جوش دراین منطقه کمتر از سایر قسمت های نوار جوش است.

۲- باتوجه به اینکه سطح چاله های جوش مقعر است امکان وقوع ترک ستاره ای در هنگام سرد شدن وجود دارد

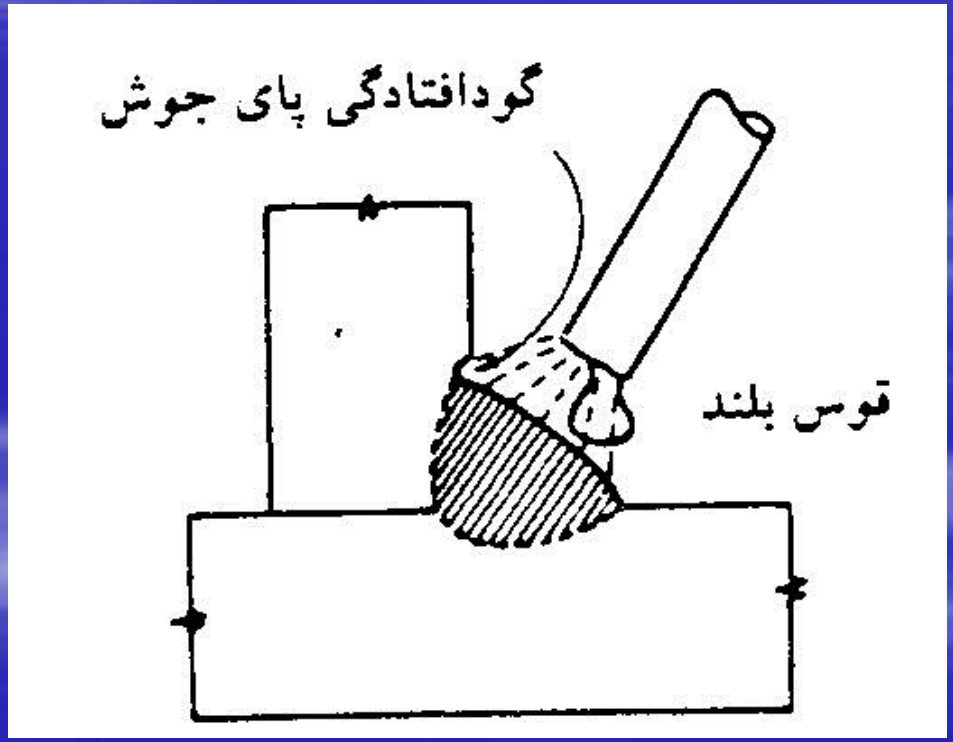
۱۶-بریدگی لبه های جوش (under cut)

قوس الکتریک قادر به ذوب قسمت هایی از فلز پایه می باشد.



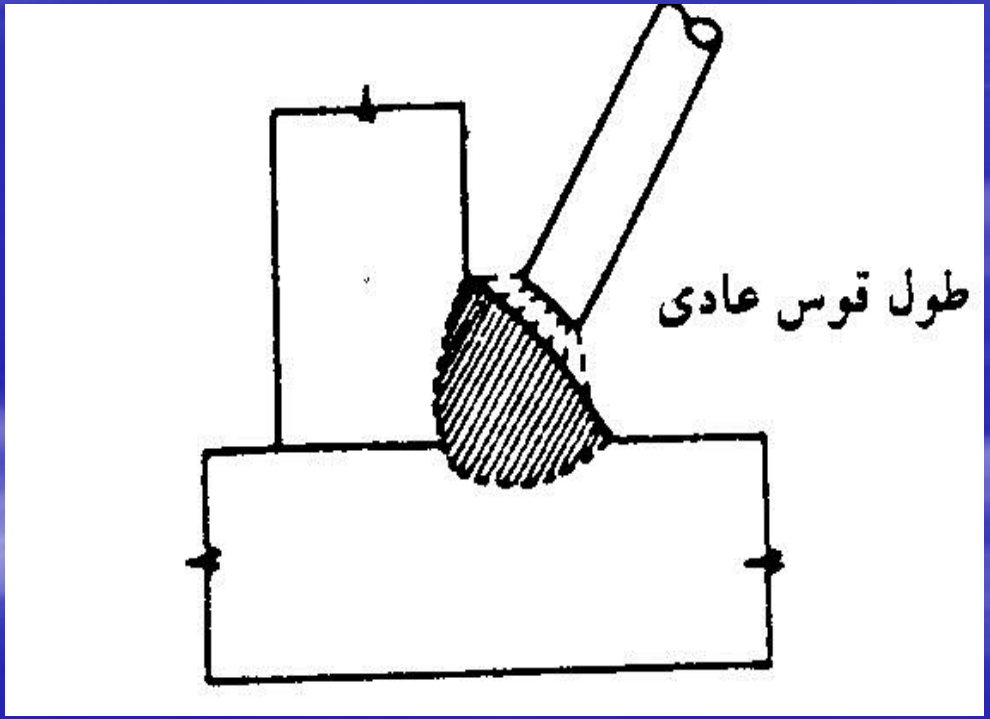
الف- نمایش ذوب لبه های فلز پایه

- ب : اگر طول قوس بلند باشد (فاصله نوک الکترود تا سطح جوش)، مصالح جوش نمی تواند تمام فضای ذوب شده را پر کند ، درنتیجه در لبه جوش گود افتادگی یا بریدگی بوجود می آید .



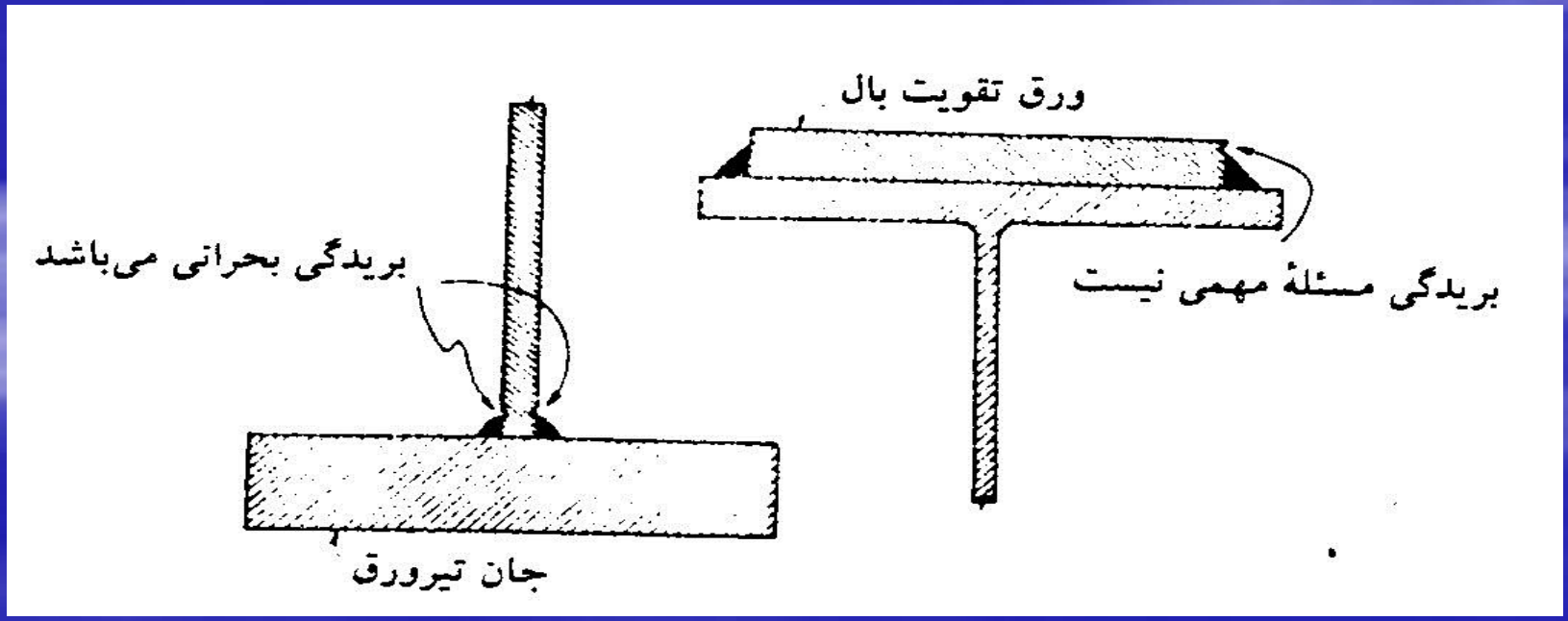
شکل ۳۴- بریدگی لبه جوش

- ب : با کاهش طول قوس (نزدیک کردن نوک الکترود به سطح جوش) ، مصالح جوش تمام فضای ذوب شده را پر می کند

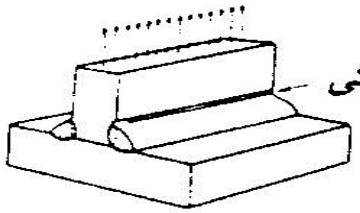


شکل ۳۸- کاهش بریدگی لبه جوش

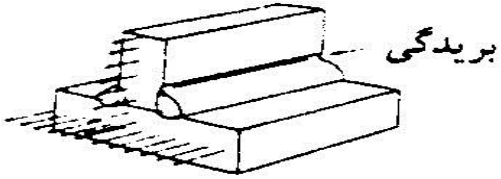
- با توجه به اینکه بریدگی به راحتی با اصلاح دستور العمل جوشکاری قابل اصلاح است ، وقوع آن قابل پذیرش نیست. اما این سوال پیش می آید که بریدگی در چه مواردی مضر بوده وباید اصلاح گردد .
- ۱-اگر بریدگی باعث کاهش عمده در ضخامت یا سطح مقطع گردد وقوع آن مردود است



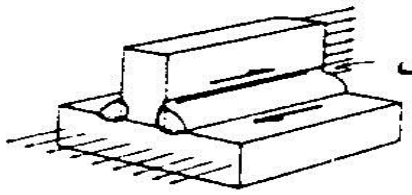
۲-اگر تنش در امتداد عرضی اعمال گردد بریدگی همانند یک زخم عمل کرده و زیانبار خواهد بود



در شکل روبرو بریدگی زیانبار است.



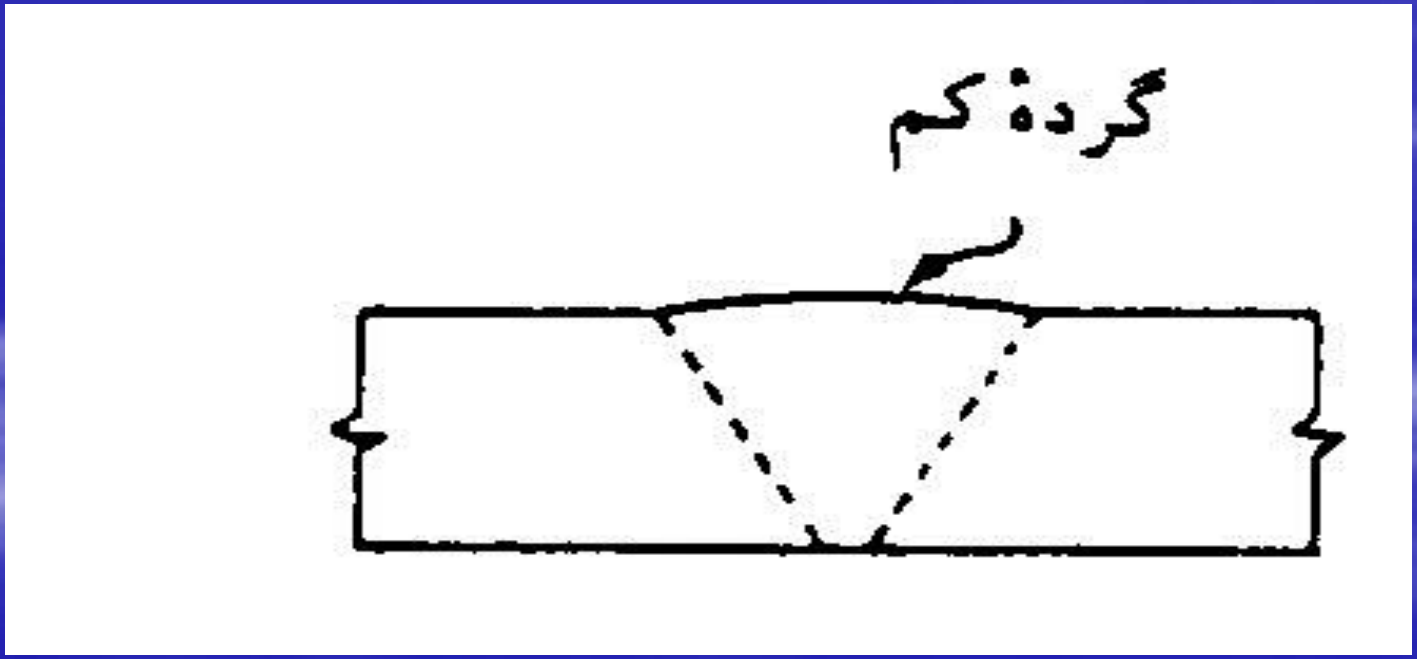
در شکل روبرو بریدگی خیلی مضر نیست.



در شکل روبرو نیز تنش برشی به‌موازات بریدگی عمل نموده، و زیانبار نخواهد بود.

۱۷- گرده در جوش های شیاری :

- وجود گرده تا ۵/۱ میلیمتر در جوش ها ی شیاری قابل پذیرش است مقادیر بیشتر باعث افزایش مخارج و کاهش مقاومت خستگی می گردد .



۱۸-اندازه جوش گوشه :

(full size of fillet weld)

- با استفاده از گیج های مخصوص ،اندازه جوش گوشه باید کنترل گردد .

۱۹- وقوع ترک : (cracks)

- وقوع هر گونه ترک به هر صورت [سطحی یا عمقی] باعث مردود شدن جوش خواهد بود .

۲۶- انواع ترک در جوشکاری عبارتند از :

- الف : وقوع ترک در نوار (زنجیره) جوش (به صورت ظاهری یا داخلی)

- ب : ترک در ناحیه ای از فلز پایه که تحت تاثیر دمای جوش تغییر حالت متالوژیک می دهد ، به این ناحیه ، ناحیه تفتیده می گویند (ترک در زیر نوار جوش)

- پ : ترک در جوش در هنگام بهره برداری (ترک مقاومتی)

معایب جوش

کلیات:

جوشکاری در ابتدا جهت وصله قطعات و کارهای تعمیری مورد استفاده بود و به ندرت در ساخت سازه های فولادی نظیر ساختمان ها و پل و یا سازه های صنعتی نظیر مخازن ، سیلو ها ، مخازن تحت فشار ، خطوط لوله آبرسانی ، و سوخت رسانی ، وسایر موارد مشابه که خرابی و شکست آنها موجب فجایع جبران ناپذیر می گردد ، مورد استفاده قرار می گرفت .

ازهنگام کاربرد جوشکاری به عنوان ابزار ساخت اسکلت های فولادی ، مقاوم بودن درز اتصال جوش شده در مقابل شرایط بهره برداری و شرایط اجرائی (مثل نیروهای زلزله) امر مهمی گردید . به همین جهت در کنار گسترش کاربرد جوش ، باید روش هایی جهت تعیین کیفیت جوش ، و کنترل و ارزیابی صلاحیت فنی جوشکار و در نهایت بازرسی و تائید کار تمام شده ، تدوین می شد .

- قابلیت اعتماد از عملکرد سازه ایجاب می نماید که فلز جوش و درز جوشکاری شده از لحاظ مقاومت ، سلامت و دیگر خصوصیات مورد نظر سازه ای و عاری بودن از عیوب جوشکاری مورد آزمایش و امتحان قرار گیرد .

معایب جوشکاری :

- معایب احتمالی جوش که وجود آنها در مقاومت و عملکرد درز جوش تاثیر گذار است بشرح زیر است .
- ۱-نفوذ ناقص (incomplete penetration)
- ۲-امتزاج ناقص (lack of fusion)
- ۳- بریدگی کناره نوار جوش (under cutting)
- ۴- اختلاط سرباره یا گل (slag inclusion)
- ۵- تخلخل (porosity)
- ٦- ترک (carcking)
- ۷- معایب ابعادی جوش (distortion & warping)
- ۸- شکنندگی جوش (brittle weld)

- هر جوشکار باید با معایب اصلی جوشکاری که به کسیختگی اتصال جوش شده کمک می کند آشنا باشد ، این آشنائی در تولید یک جوش با کیفیت زیاد کمک کرده و مدت زمان بازرسی جوش را کاهش می دهد.
- این کار اغلب مشکلات موجود درهنگام بازبینی نهایی کار توسط ناظر و یا بازرس کارگاه را منتفی می سازد . مصالحی که به یکدیگر جوش می شوند (ورق یا لوله) باید از لحاظ وجود معایب سطحی با دقت بازبینی شوند آلودگی های ظاهری مصالح نیز باید جست و جو شوند .

۱- نفوذ ناقص :

- **تعریف :** این عبارت جهت توصیف امتراج ناقص فلز پر کننده و فلز پایه با یکدیگر در ریشه اتصال به کار می رود .

- **علت :**
- ۱- هنگامی که جوش شیاری تنها از یک سمت (یک دیواره) انجام می شود
- ۲- ضخامت پیشانی ریشه بیش از نیاز دهانه ریشه است.
- ۳- دهانه ریشه خیلی کوچک است.
- ۴- زاویه پخ شیار V شکل خیلی کوچک است .
- ۵-اندازه الکترود خیلی بزرگ است .
- ٦- سرعت حرکت الکترود خیلی زیاد است .
- ۷- شدت جریان جوشکاری خیلی پایین است.

۲-امتزاج ناقص:

- این پدیده ، نقص در امتزاج لایه های مختلف فلز جوش یا لایه های فلز جوش و فلز پایه درحین جوشکاری می باشد.



درشکل مذکور توجه کنید که فلز جوش برروی سطح ورق غلتیده است و به طور کامل گداز نشده است ، این پدیده اغلب به نام **سر رفتگی یا لوچه** نامیده می شود

دلایل امتزاج ناقص به شرح زیر است:

- افزایش ناقص درجه حرارت جهت رسیدن به دمای ذوب فلز پایه یا فلز جوش از جوشکاری مرحله قبل
- گدازش نادرست ، که مانع از محلول شدن کامل اکسید فلز ودیگر ترکیبات از لایه ای می گرددکه باید با فلز جوش ممزوج گردد
- سطح آلوده ورق
- نوع یا اندازه نامناسب الکترود
- تنظیم نادرست جریان جوشکاری

۳-بریدگی کناره جوش :

- **تعریف :** بریدگی ، ذوب فلز پایه در قسمت پنجه جوش است شکل ۴۰ یک نوع بریدگی شدید را در صفحه قائم از یک درز T شکل را نشان می دهد.



شکل ۴۰- بریدگی در طول لبه جوش گوشه

- **این پدیده به علل زیر اتفاق می افتد :**

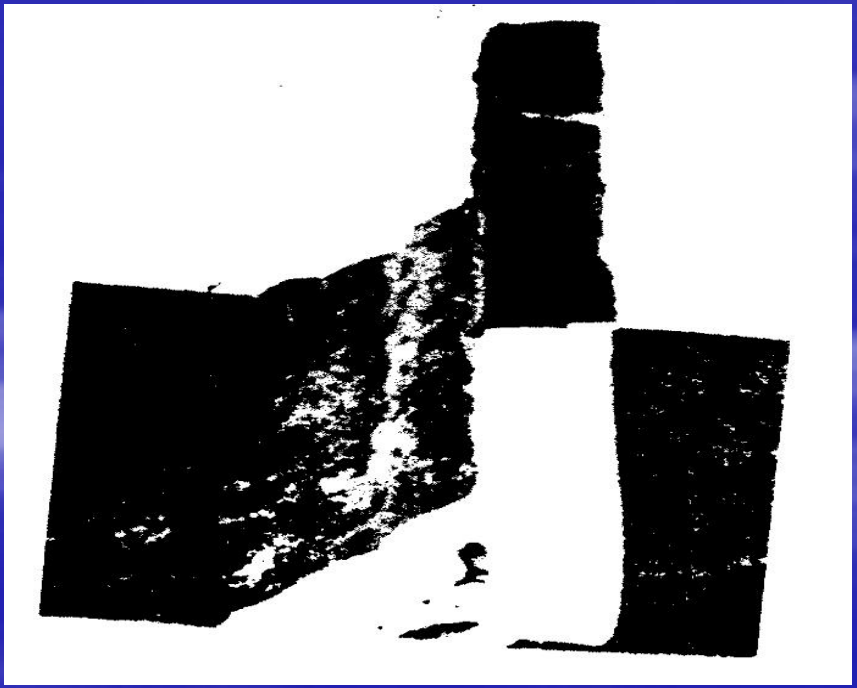
- شدت جریان زیاد

- طول قوس که همان طول جرقه قوس می باشد، خیلی بلند است که موجب قطع قوس می گردد به همین جهت این پدیده اغلب در محل های تعویض الکترود اتفاق می افتد.

- نقص در پرکردن کامل چاله جوش با فلز جوش

۴-اختلاط سرباره:

- **تعریف :** ناخالصی های موجود در سرباره ، حفره های طولی ویا گلوله ای هستند که با اکسید های فلزی ویا دیگر ترکیبات جامد پر شده اند. اختلاط سرباره بااین ناخالصی ها، موجب ایجاد تخلخل در جوش خواهد شد.



- **علت :** در جوشکاری های چند لایه، عدم دقت کافی در پاک کردن سرباره حاصل از جوشکاری در حد فاصل دولایه ، موجب شکل گیری عیب اختلاط سرباره خواهد شد.
- **این پدیده می تواند با اعمال موارد زیر جلوگیری شود .**

۱- آماده سازی صحیح شیار و جوش درحین جوشکاری جوشکاری قبل از آنکه هر خط جوش رسوب نماید

۲-پاک کردن کامل سرباره

۳-اطمینان از ورآمدن سرباره از سطح حوضچه جوشکاری

۴- اجتناب از حالت هایی که نفوذ کامل توسط قوس الکتریکی به دشواری صورت می گیرد .

۵-تخلخل:

- تعریف :
- تخلخل ، ظهور فضاهایی می باشد که محتوی مواد جامد نیست . این پدیده متفاوت از اختلاط سرباره می باشد ، چراکه در پدیده تخلخل فضاهای ایجاد شده حاوی هوا ودراختلاط سرباره حاوی ناخالصی می باشند.

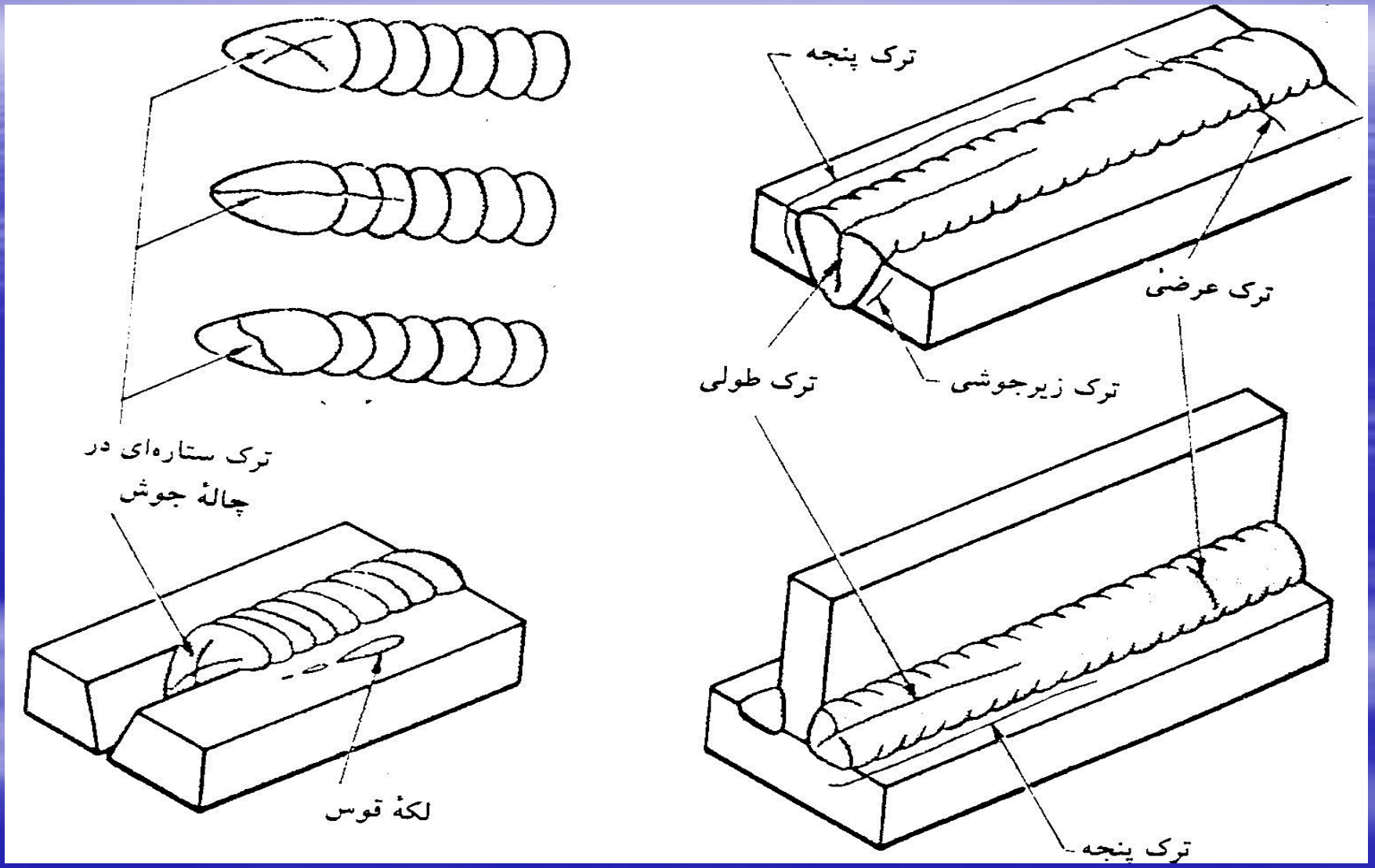


این حفره های گازی تحت شرایط زیر شکل می گیرند:

- ۱- درهنگام سرد شدن فلز جوش گاز آزاد می شود که این به خاطر کاهش قابلیت انحلال آن با افت درجه حرارت می باشد.
- ۲-گازهایی که توسط واکنش های شیمیایی در جوش تشکیل می شود
- **از بروز تخلخل با توجه به موارد زیر می توان به خوبی جلوگیری کرد :**
- ۱-عدم پیش گرمایش وزیرگرمایش فلز جوش
- ۲-استفاده از شدت جریان زیاد در جوشکاری
- ۳-استفاده از قوس بلند

۶-ترک در جوش:

- ترک ها ، گسیختگی های طولی فلز تحت اثر تنش می باشند
- هنگامی که بزرگ باشند، به آسانی دیده می شوند اما اغلب به صورت شکاف های باریکی هستند .
- ترک ممکن است در فلز جوش ویا در ناحیه تفتیده از فلز پایه اتفاق بیفتد،



شکل ۴۲- انواع ترک در اتصالات جوش

- **ترک خوردگی فلزات به سه رده اصلی تقسیم می شوند ،**
- **ترک خوردگی گرم**
- **ترک خوردگی سرد**
- **ترک های مویی**

۱-ترک خوردگی گرم: در درجه حرارت زیاد و درخلال سرد شدن ناگهانی جوش پس از آنکه فلز جوش رسوب و شروع به انجماد نماید ، اتفاق می افتد اکثر ترک های جوشکاری ، ترک خوردگی گرم هستند.

۲- ترک خوردگی سرد :

به ترک هایی اطلاق می شود که در دمای معمولی اتاق یا درجه حرارتی نزدیک به آن اتفاق می افتند . این ترک ها ممکن است ساعت ها ویا روزها پس از سرد شدن جوش حادث شوند. وقوع ترک خوردگی سرد در فولاد ، در مقایسه با سایر فلزات بیشتر است.

ترک های مویی:

- ممکن است از نوع ترک های گرم یا سرد باشند. این ترک ها به قدری ریز هستند که با چشم غیر مسلح قابل دیدن نمی باشند وبرای اینکه قابل رویت باشند. حداقل به ۱۰ مرتبه بزرگ نمایی نیاز دارند . این ترک ها معمولا" عمر مفید سازه های معمولی (تحت اثر بارهای ایستا) را کاهش نمی دهند.

۷-خطای ابعادی جوش :

- **تعریف :** خطاهای ابعادی شامل انقباض طولی ، انقباض عرضی، تابیدگی و پیچش قطعات می باشد .
- **علت :** این معایب در نتیجه دستور العمل جوشکاری نادرست ویا استفاده از تکنیک نامناسب جوشکاری اتفاق می افتد

- **پیشگیری :**

- استفاده از وسایل کنترلی وتنظیمی نظیر گیره های جوشکاری
- انتخاب صحیح توالی پاس های جوش
- اعمال دستور العمل صحیح جوشکاری
- مناسب بودن شکل درز اتصال
- کار برد فرآیند های پیش گرمایش و پس گرمایش

آزمایشهای کنترل کیفیت جوش

- **آزمایش های جوش با سه هدف عمده زیر انجام می شوند.**
- ۱-آزمایش های ارزیابی و تایید صلاحیت دستور العمل جوشکاری

(W.P.S) یا

Welding Procedure

- ۲- آزمایش های ارزیابی ، تعیین صلاحیت و رده بندی جوشکاران
- ۳- آزمایش های بازرسی و تایید

- آزمایش های ردیف ۱و۲ در قالب تضمین کیفیت بوده ودر رده آزمایش های مخرب قرار می گیرند
- به عنوان مثال در آزمایش ارزیابی دستور العمل جوشکاری (W . P. S) یک قطعه با درز جوشی با طول محدود (حدود ۳۰ تا ۶۰ سانتی متر) مطابق با مشخصات و روش ارائه شده در دستور العمل جوشکاری (که از طرف پیمانکار ارائه شده) توسط یک جوشکار با صلاحیت ، جوشکاری می شود

سپس نمونه هایی از این قطعه اخذ شده وتحت آزمایشهای مکانیکی نظیر کشش و یا خم ، قرار می گیرد . درصورت قابل پذیرش بودن نتایج ، نوع الکترود ، شدت جریان ، اختلاف پتانسیل ،قطبیت ، هندسه درز، تعداد پاس ها و تمام اطلاعاتی از این قبیل که در دستور العمل جوشکاری مصرفی شده است . قابل پذیرش خواهد بود.

- آزمایش های ارزیابی و رده بندی جوشکاران نیز کم و بیش مطابق روش فوق است

- دراین آزمون ها، یک جوش که دستور العمل آن مورد تایید است، توسط جوشکار در وضعیت مورد نظر انجام می گردد. از قطعه جوشکاری شده نمونه هایی اخذ شده وتحت آزمایش های مکانیکی تا نقطه خرابی قرارمی گیرد. برحسب نتایج حاصل ، صلاحیت جوشکار مورد ارزیابی قرار می گیرد

- آزمایش های بازرسی وتایید اساسا" با آزمایش های فوق متفاوت است وغالبا" در رده آزمایش های **غیر مخرب** قرار می گیرند

- **هدف از انجام آزمایش های بازرسی و تایید:**
اطمینان از کیفیت جوشی است که مقاومت آن در ارزیابی دستور العمل جوشکاری به تایید رسیده وتوسط جوشکاری انجام می شود که صلاحیت آن نیز مورد تایید است .

- **آزمایش های بازرسی وتایید :** از بازرسی عینی درز جوش ونحوه نگهداری الکترود ها آغاز شده وبا بازرسی در حین عملیات جوشکاری ادامه می یابدتا در نهایت با بازرسی عینی درز جوش شده و انجام آزمایش های تکمیلی نظیر پرتو نگاری ، فراصوت، نفوذ و پودر مغناطیسی به اتمام برسد .
- نتیجه کار می تواند مبین بی عیب وقابل پذیرش بودن کار و یامردود نمودن وتعمیری شدن کار باشد
- این آزمایش ها در برنامه Q.C قرار می گیرد.

آزمایشهای غیر مخرب

- ۱-بازرسی با مواد نفوذ کننده :
- روش بازرسی با مواد نفوذ کننده برای آشکار سازی نقصهایی که سبب شکستن سطح کار شده اند بکار می رود.
- اساس این روش مبتنی بر جذب مویینه مایع به درون نقص است ، وبدین ترتیب پس از ظهور، تمام شکستگیهای سطحی با چشم دیده خواهد شد

- . امروزه، بازرسی با مواد نفوذ کننده رنگی، روش صنعتی مهمی است وبرای تعیین نقصهایی مانند ترک، جدایی لایه های جوش ، رو یهم افتادگی و منطقه های تخلخل سطحی دربسیاری از قطعات بکار می رود.
- این روش تقریبا" برای همه قطعات قابل استفاده است. اعم از اینکه قطعه بزرگ باشد یا کوچک ، شکل ساده داشته باشد یا پیچیده ،
- این روش برای بازرسی فرآورده های ریختگی و کارشده فلزات آهنی ، وغیر آهنی و همچنین آلیاژ ها ، سرامیکی ، شیشه آلات وبرخی قطعات پلیمری به کار می رود.

اصول بازرسی با مواد نفوذ کننده

روش بازرسی با مواد نفوذ کننده پنج مرحله اساسی دارد وعبارت اند از:

۱- آماده سازی :

- تمام سطوح قطعه را پیش از بازرسی باید کاملا" تمیز وخشک کرد. برای تعیین موفقیت آمیز نقصها پاک بودن تمام سطوح مورد آزمون از روغن، آب، چربی و آلودگیهای دیگر، اهمیت دارد.

۲-بکار بردن مایع نفوذ کننده :

- پس از آماده سازی سطح ، مایع نفود کننده را به شیوه مناسبی که لایه نازکی بر روی سطح قطعه به وجود آورد، به کار می برند.

- این لایه باید آنقدر بر روی سطح بماند تا امکان نفوذ کامل به درون نقصها ی سطحی فراهم آید

۳-زدود ن مواد اضافی

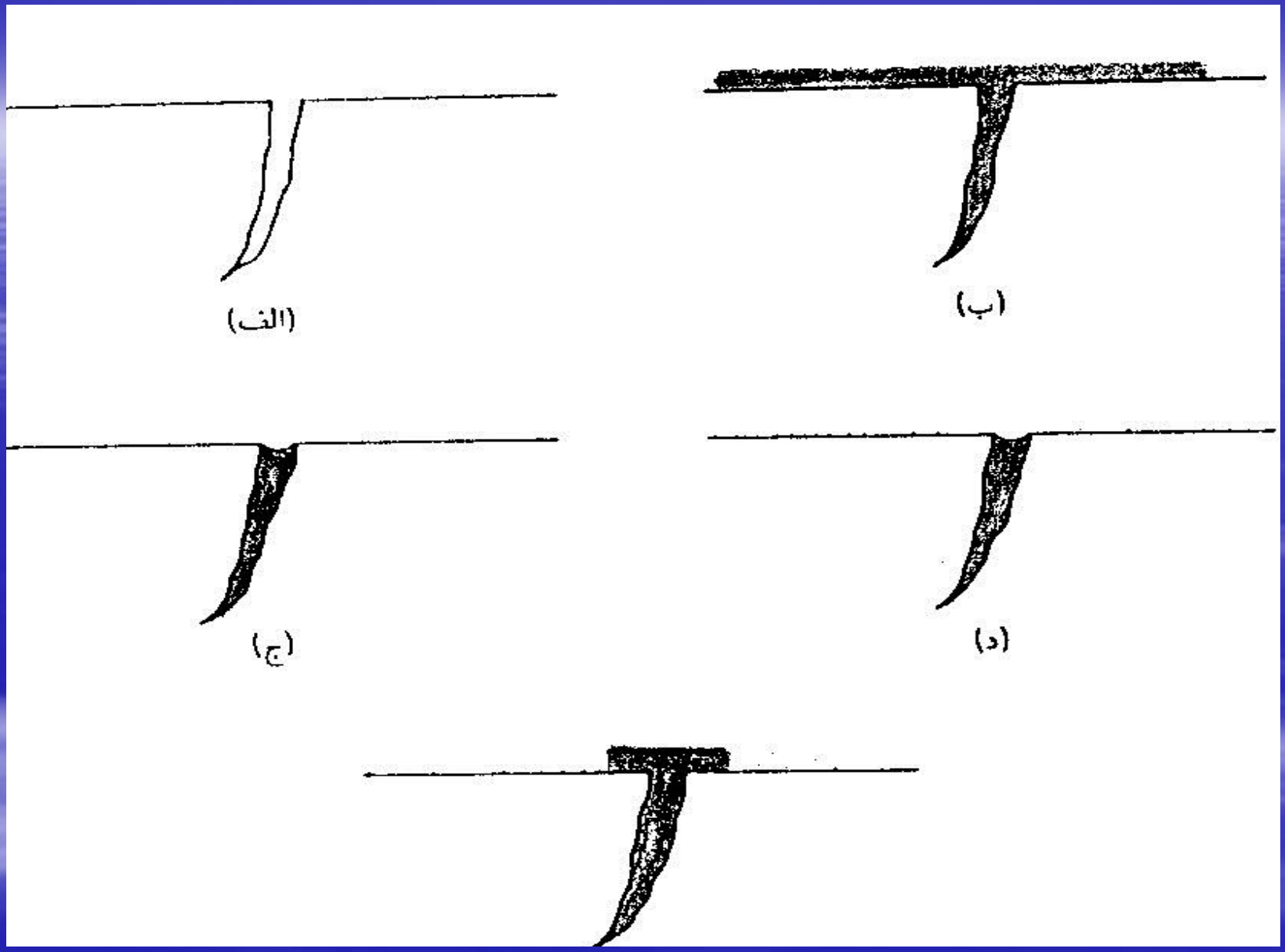
- لازم است که ماده نفوذ کننده اضافی رااز سطح کار زدود . برخی نفوذ کننده ها را می توان با آب شست ، درحالی که برای زدودن برخی دیگر به استفاده از حلالهای خاصی نیاز است . زدودن یکنواخت مواد اضافی برای موثر بودن بازرسی لازم است.

- ۴- ظهور:
- مرحله ظهور برای آشکار شدن کامل نقص ضرورت دارد. ماده ظهور معمولا" گرد ، بسیار ریز گچ است گرد گچ را ممکن است به صورت خشک به کار برد ، اما پاشش آن بر روی سطح کار به صورت معلق در مایع متداولتر است. بدین ترتیب ، لایه نازک یکنواخت گچ بر روی سطح قطعه می نشیند ، مایع نفوذ کننده در نقص ها از طریق مویینگی به درون منافذ گچ کشیده می شود به سبب پخش اندک ماده نفوذ کننده در درون ماده ظهور ، پهنای ظاهری نقص بزرگتر از اندازه واقعی خود دیده می شود.

۸- مشاهده و بازرسی:

- پس از گذشت مدت بهینه ای از مرحله ظهور، سطح قطعه رابرای تعیین نشانه های((پس زدگی)) مایع نفوذ کننده در درون ظهور بازرسی می کنند

- بازرسی به وسیله نفوذ کننده رنگی تحت روشنایی شدید انجام می گیرد.



شکل ۴۳- مراحل آزمایش مواد نفوذ کننده

مزیتها :

- فرآیند بازرسی با مایع نفوذ کننده نسبتا" ساده است
- ارزان بودن هزینه آزمایش و تجهیزات آن نسب به سایر آزمون های غیر مخرب دیگر
- این روش برای بازرسی همه نوع مواد بجز مواد متخلخل به کار می رود
- حساسیت آن بیش از بازرسی به وسیله ذرات مغناطیسی است
- بازرسی با مواد نفوذ کننده در واقع برای همه قطعات باهر اندازه و شکلی مناسب است

محدودیتها :

- تنها نقصهای سطحی را آشکار می کند
- آشکار سازی نقصهای زیر سطحی به روشهای بازرسی دیگر نیاز دارد.
- ناهمواریهای سطحی وتخلخل مواد از عوامل دیگر عدم کارایی این سیستم اند .

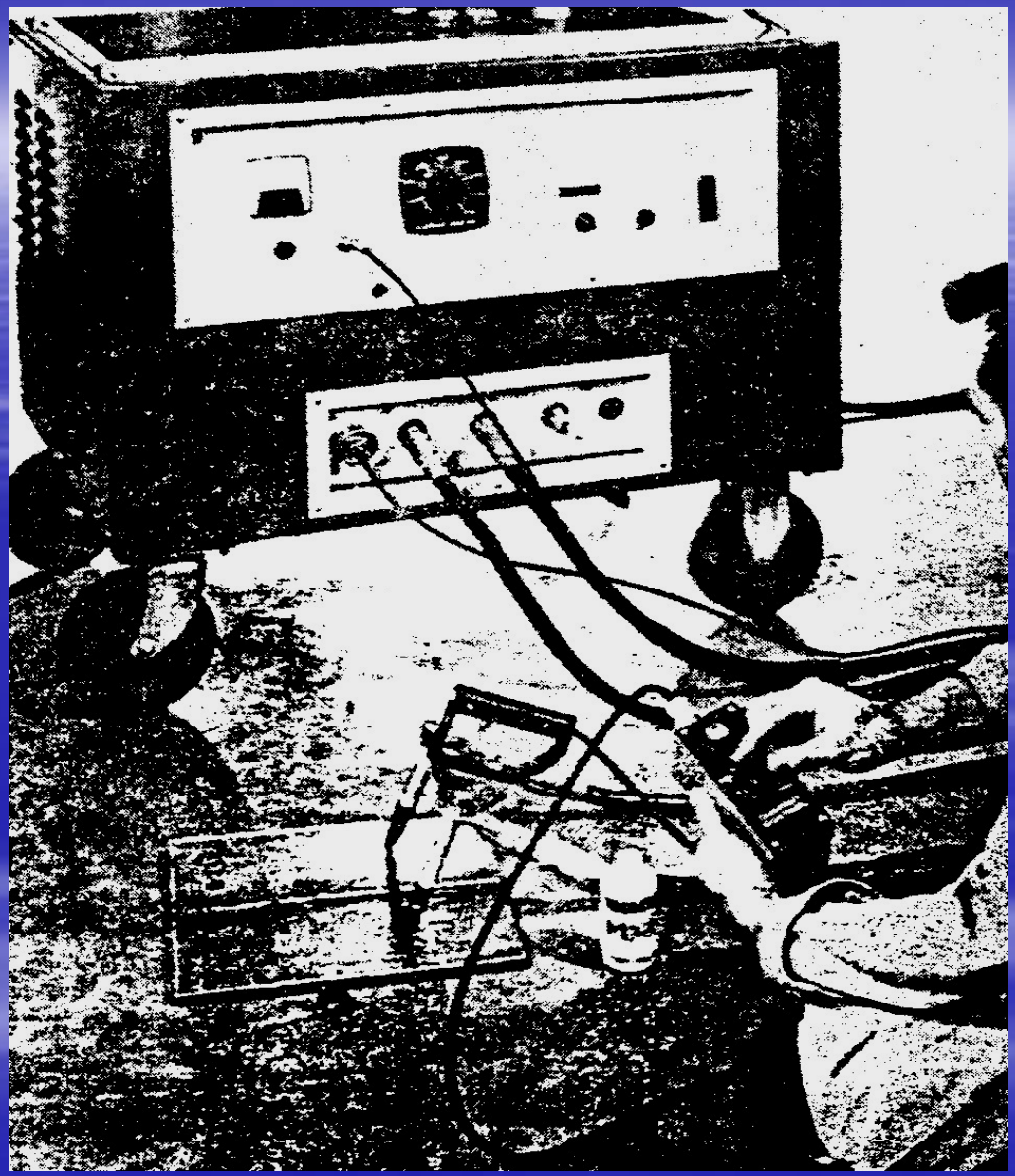
۲- بازرسی با ذرات مغناطیسی (MT)

- برای معایبی از قبیل ترکهای سطحی ، ذوب ناقص ، تخلخل ، بریدگی کناره جوش ، نفوذ ناقص ریشه جوش و اختلاط سرباره بکار میرود

- شرح آزمایش :
- قطعه مورد آزمایش با استفاده از جریان الکتریکی جهت ایجاد یک میدان مغناطیسی در داخل مصالح ، یا قراردادن آن در داخل یک سیم پیچ ، مغناطیسی می گردد. سطح مغناطیسی شده قطعه، با لایه نازکی از یک گرد مغناطیسی نظیر اکسید آهن قرمز پوشیده می شود. این لایه گرد در صورت عدم وجود عیب در جوش یا فلز پایه می تواند از روی سطح برداشته شود . ولی درصورت وجود یک عیب سطحی یا داخلی ، گرد مورد نظر در داخل حفره یا ترک مربوطه فرو می رود (یا می چسبد) ، دراصل ناپیوستگیهایی مغناطیسی (تقریبا") عمود بر جهت میدان و در سطح و بالای قطعه مغناطیده قراردارد و آن را با استفاده از ذرات ریز مغناطیسی می توان مشاهده کرد.

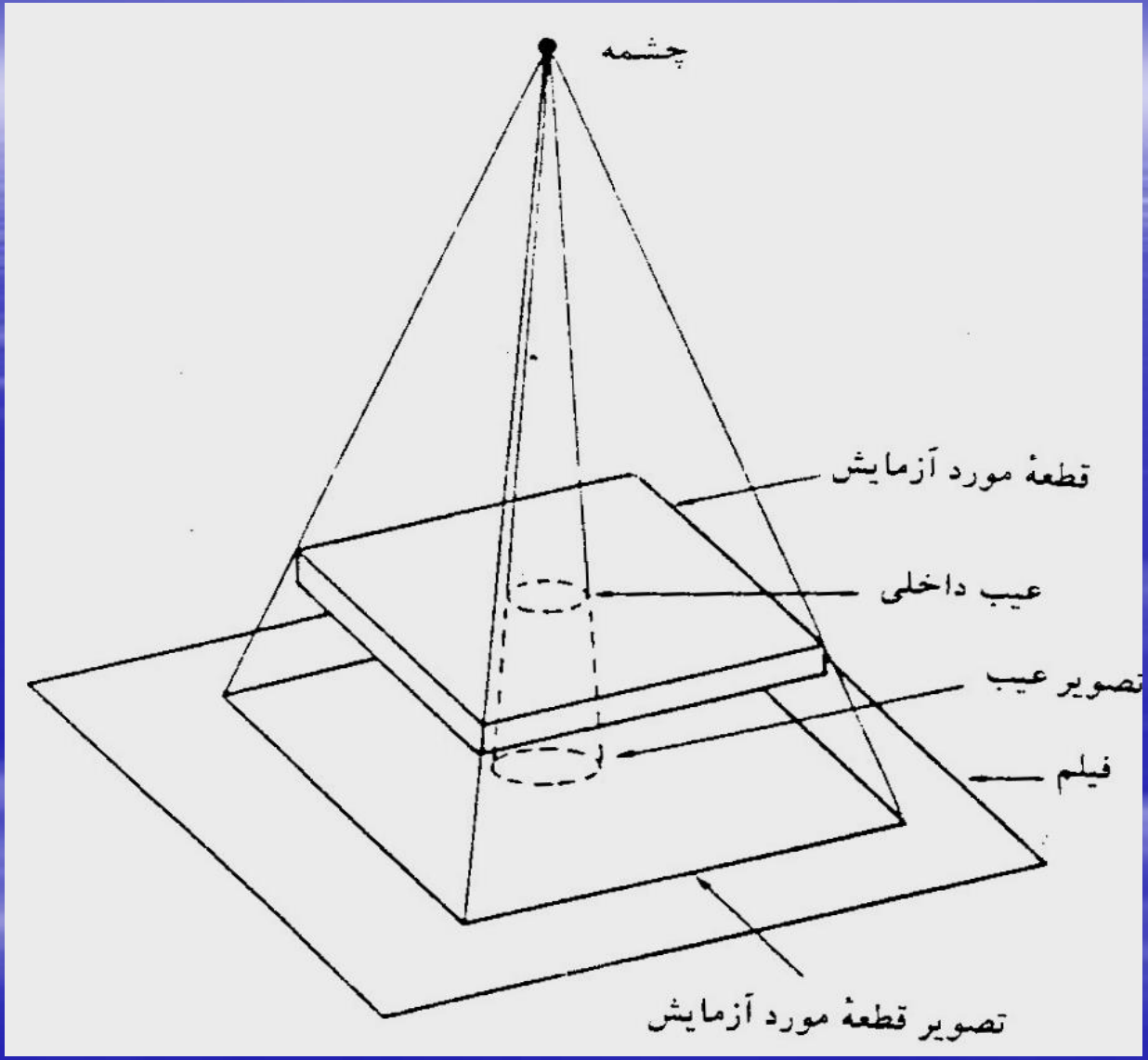
- **برتریها:**
- روش حساسی برای آشکار سازی ترکهای سطحی خیلی ریز است
- غالبا" به تمیز کاری پر زحمت اولیه مسیر کار نیاز نیست
- ارزان بودن نسبی تجهیزات لازم و عدم نیاز به تجهیزات کمکی دیگر است .

- **محدودیتها:**
- تنها برای مواد فرو مغناطیسی مناسب است
- برای دستیابی به بهترین نتایج میدان مغناطیسی به دو یا چند میدان مغناطیسی نیاز خواهد بود.
- هنگام بازرسی قطعات بزرگ ، به جریانهای فوق العاده قوی نیاز است
- برای جلوگیری از گرمایش موضعی و سوختن سطح در نقاط اتصال برق باید دقت فراوان کرد.
- غالبا" به مهارت وتجربه آزمونگر نیاز است



شکل ٤٥ دستگاه آزمایش ذرات مغناطیسي

- ## ۳- بازرسی با آزمون پرتو نگاری (RT)
- پرتو نگاری یکی از روشهای آزمایش غیر مخرب می باشد که نوع ومحل عیوب داخلی وبسیار ریز (میکروسکوپی) جوش را نشان می دهد . این روش دونوع پرتو (ایکس) یا (گاما) را مورد استفاده قرار می دهد .
- ## شرح آزمایش :
- در آزمایش پرتو نگاری یک عکس از وضعیت داخلی فلز جوش گرفته می شود . درحین عکسبرداری فیلم در یک ظرف و منبع پرتو زا (X یا گاما) در سمت دیگر قطعه قرار می گیرد. پرتو رادیویی در ضخامت فلز نفوذ کرده و پس از عبور از این ضخامت لکه ای بر روی صفحه فیلم ایجاد می کند.



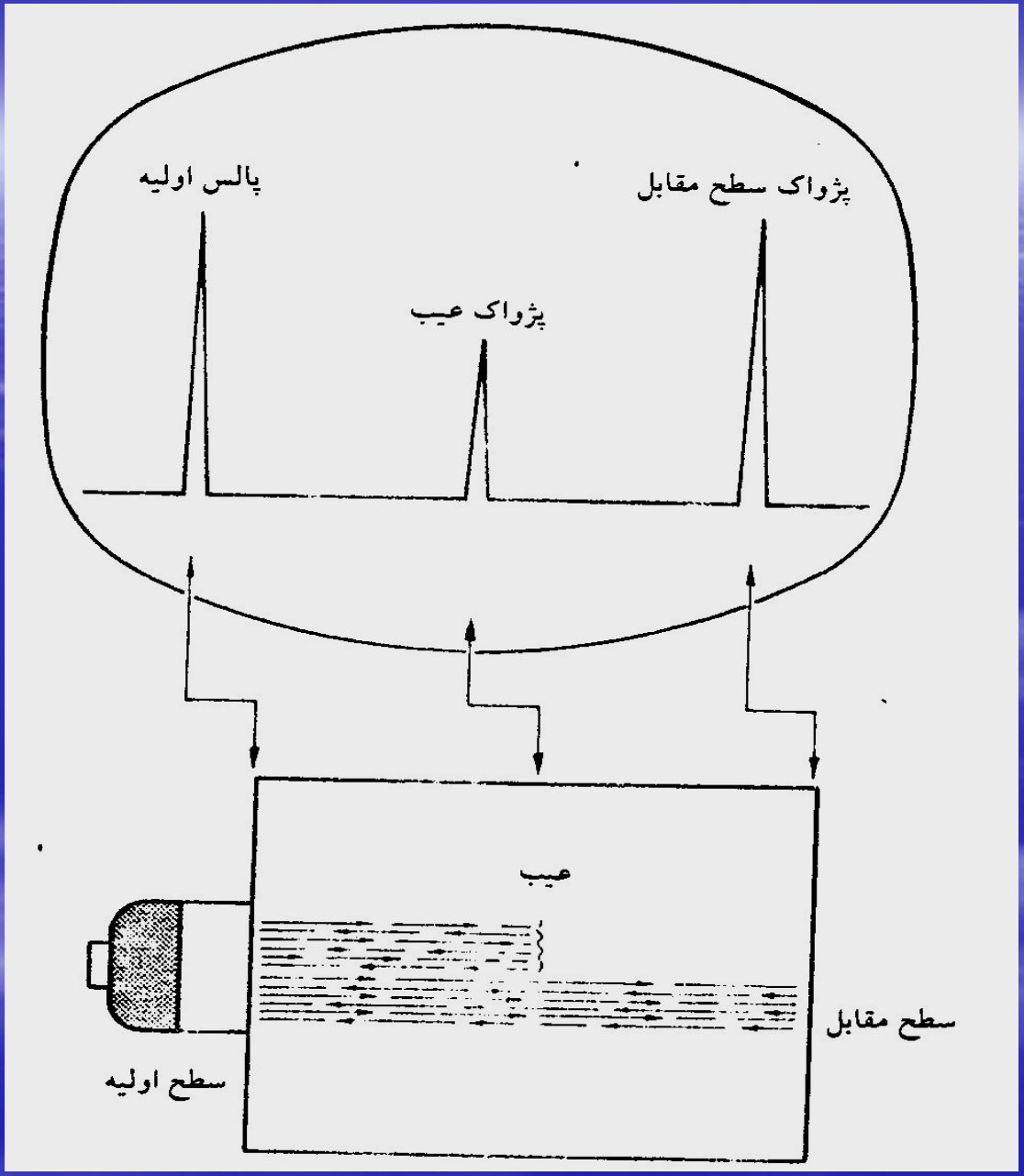
شکل ۴۶- آزمایش پرتونگاری

- **برتریها :**
- ۱-پرتونگاری می تواند هرگونه ویژگی را درقطعه یا ساختار آشکار کند
- ۲-از پرتو نگاری می توان در بازرسی مجموعه قطعات الکتریکی و الکترونیکی برای آشکار سازی ترکها ، سیمهای شکسته قطعات نابجا یا حذف شده واتصالات لحیم نشده استفاده کرد.
- **محدودیتها :**
- ۱-هزینه تجهیزات ثابت پرتو X بالاست
- ۲-همچنین به فضای قابل توجهی برای یک آزمایشگاه پرتو نگاری نیاز است
- ۳- غالبا" زمان تنظیم و آماده شدن دستگاه برای پرتو نگاری طولانی است و ممکن است بیش از نیمی از کل زمان بازرسی را به خود اختصاص دهد.
- ۴-مورد دیگری که به هزینه های پرتو نگاری اضافه می شود ، ضرورت محافظت افراد از اثرهای تابش پرتو است به کار خواهد رفت.
- ۵- ضمنا این افراد باید بطور مداوم تحت آزمایش شمارش گلبول خون و آزمایشهای پزشکی دوره ای قرار گیرند .

۴- بازرسی با آزمون فراصوتی : (UT)

- آزمون فرا صوتی یکی از آزمایش های نسبتا" پیشرفته در رده آزمایشهای غیر مخرب می باشد

- این روش سریع بوده وقادر به تشخیص معایب داخلی بدون نیاز به تخریب قطعه جوش شده می باشد



شکل ۴۷-انعکاس امواج در بر خورد با سطوح ورق و عیب

تعیین هویت عیب ها

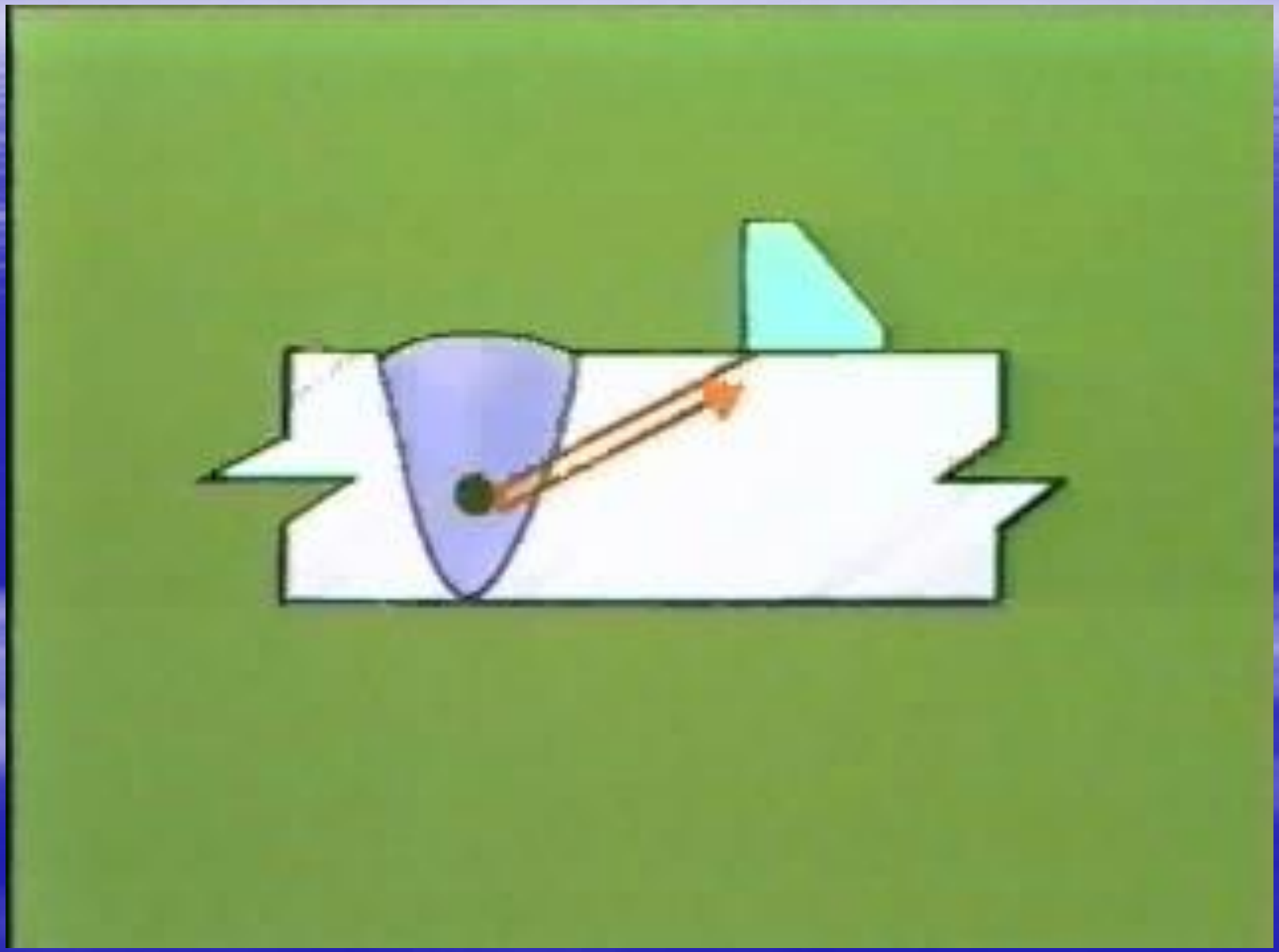
- بوسیله روش های فراصوتی نه تنها موقعیت دقیق عیوب داخلی شناسائی می شود بلکه در اکثر موارد می توان نوع عیب را هم تشخیص داد .

- پاره ای از کاربردهای آزمون فراصوتی :
- روشهای آزمون فراصوتی برای آشکار سازی ، تشخیص و تعیین اندازه نقصهای سطحی و زیر سطحی در خیلی از مواد فلزی ، به شرط اینکه دسترسی به یک سطح برای امکان بازتاب وجود داشته باشد مناسب اند .
- سیستمهای خودکاری وجود دارند که برای بازرسی عادی اقلام تولیدی در مرحله میانی و مرحله نهائی ساخت بسیار مناسب اند . با استفاده از پروپهای دستی ، بسیاری از انواع قطعات را می توان در محل مورد آزمون قرارداد . و در بسیاری موارد ، برای هر نوع بازرسی ویژه از پروپ با طراحی خاص استفاده می کنند.

- **مزایا استفاده از آزمون های فراصوتی :**

- دستگاههای فراصوتی امروزی جمع و جور و سبک اند و از طریق جریان شبکه استاندارد یا باتریهای داخل خودشان تغذیه می شوند .

- دستگاههای فراصوتی برای عیب یابی در عمق های زیاد قابل استفاده بوده و ضمنا " نتیجه آزمایش بلافاصله قابل دسترسی است .

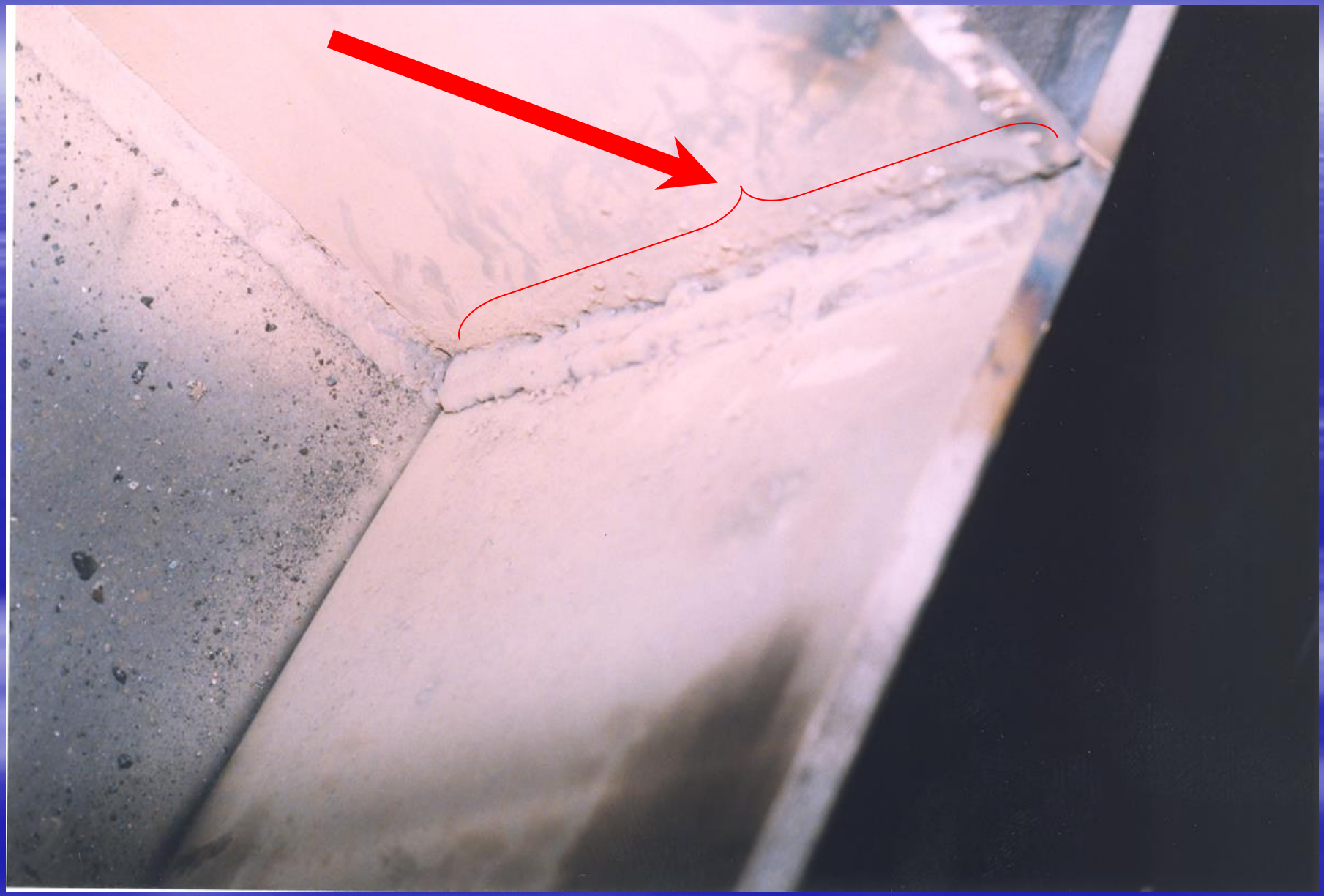


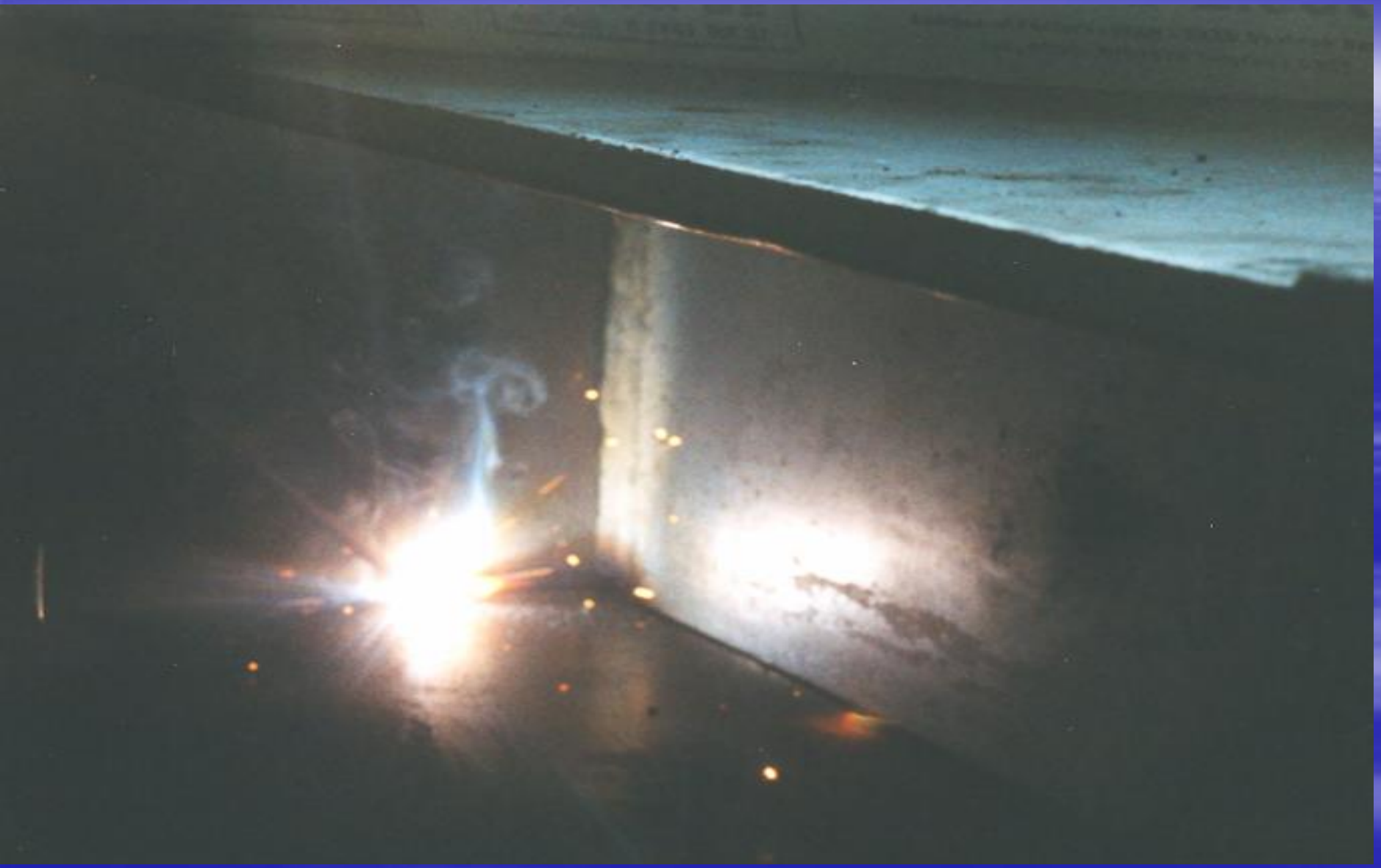
تصاویر ضمیمه

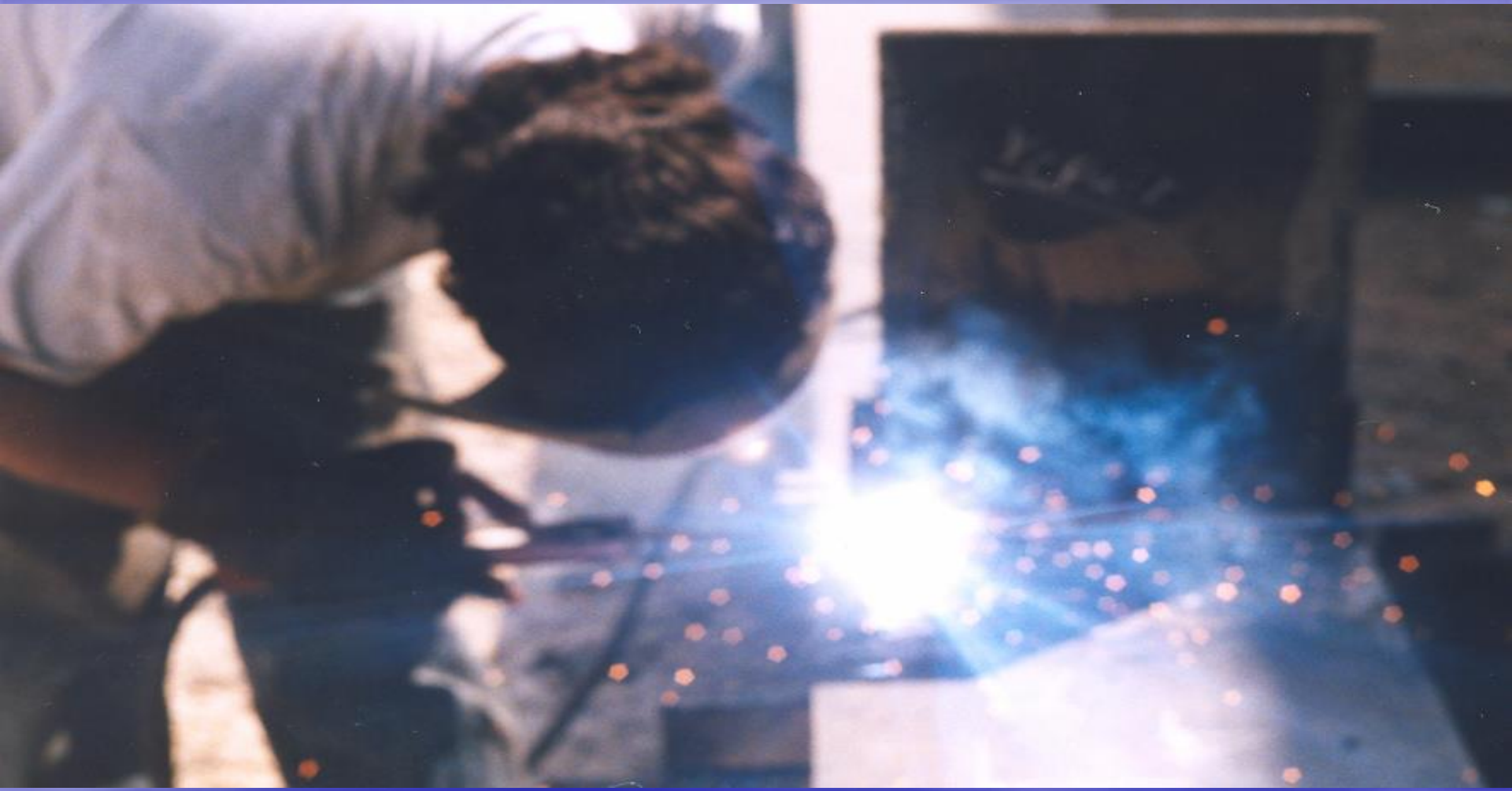


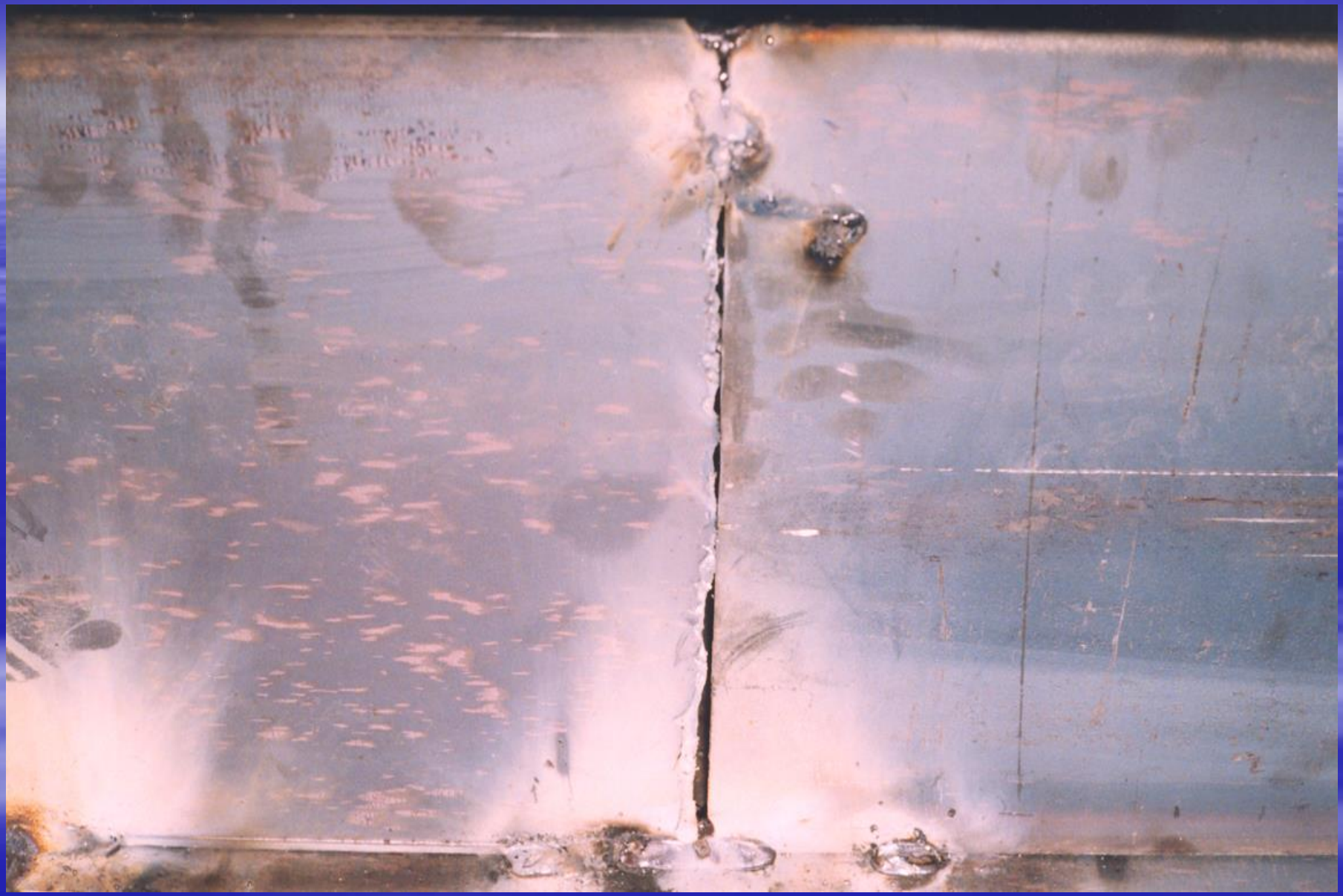




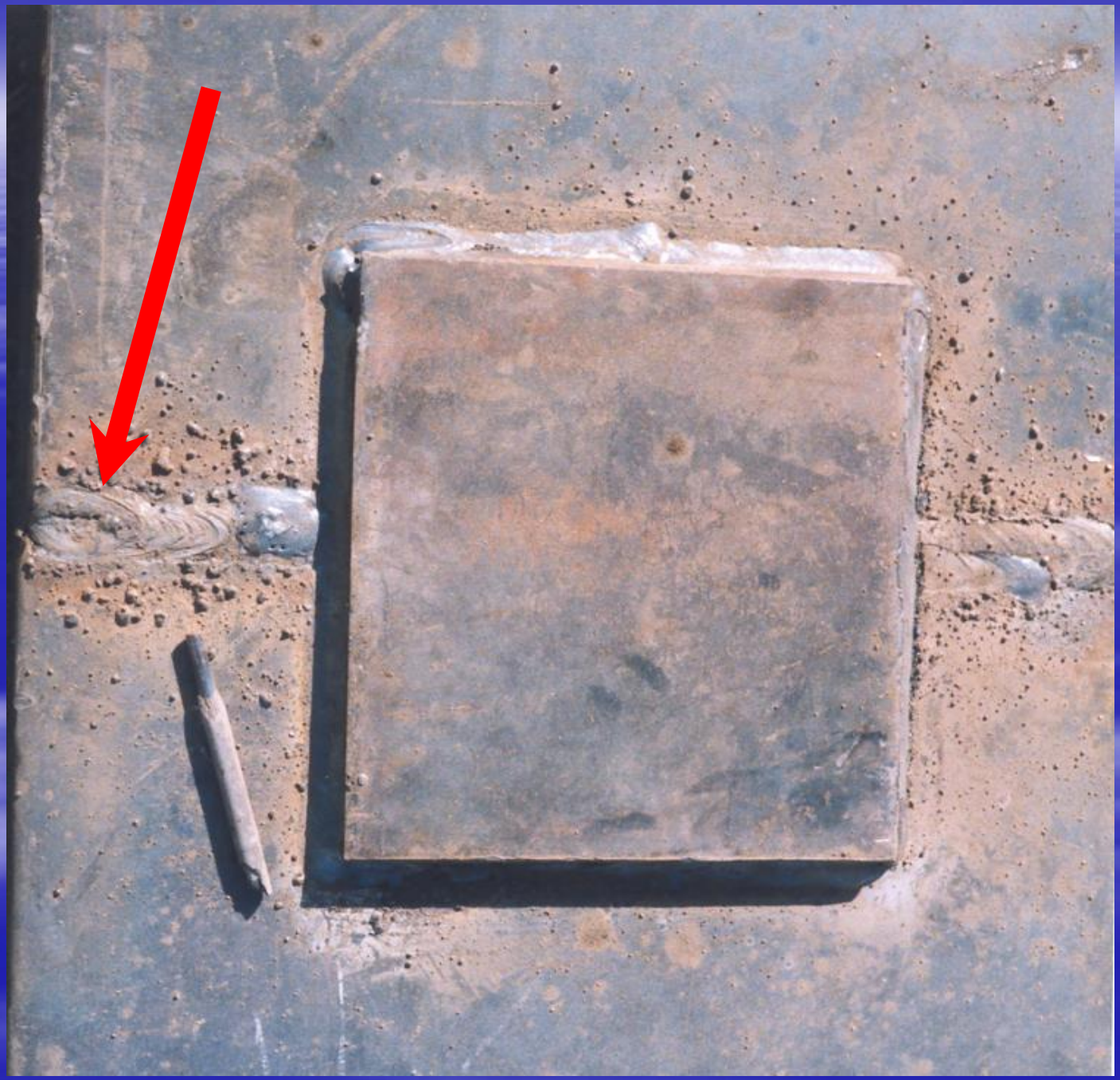


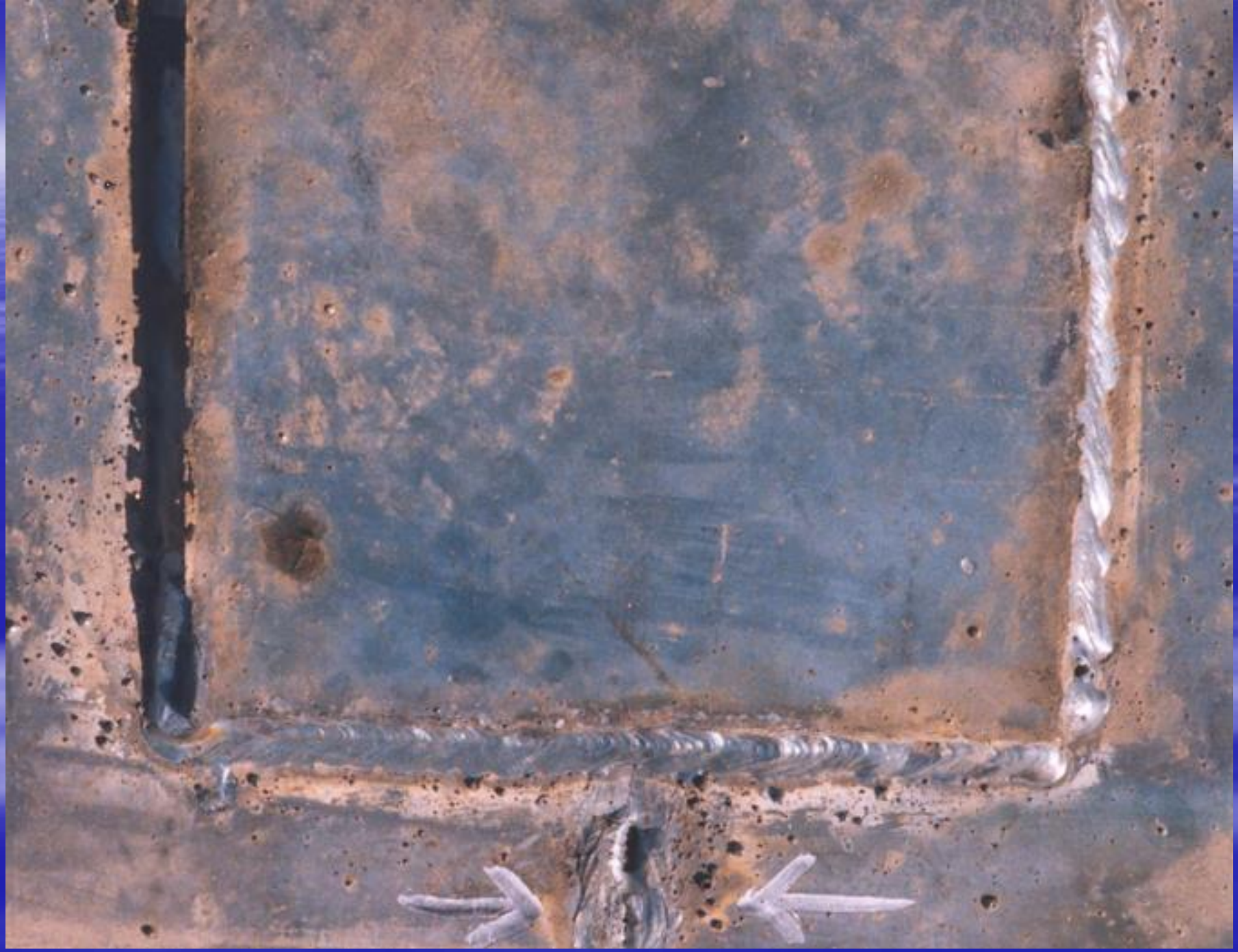










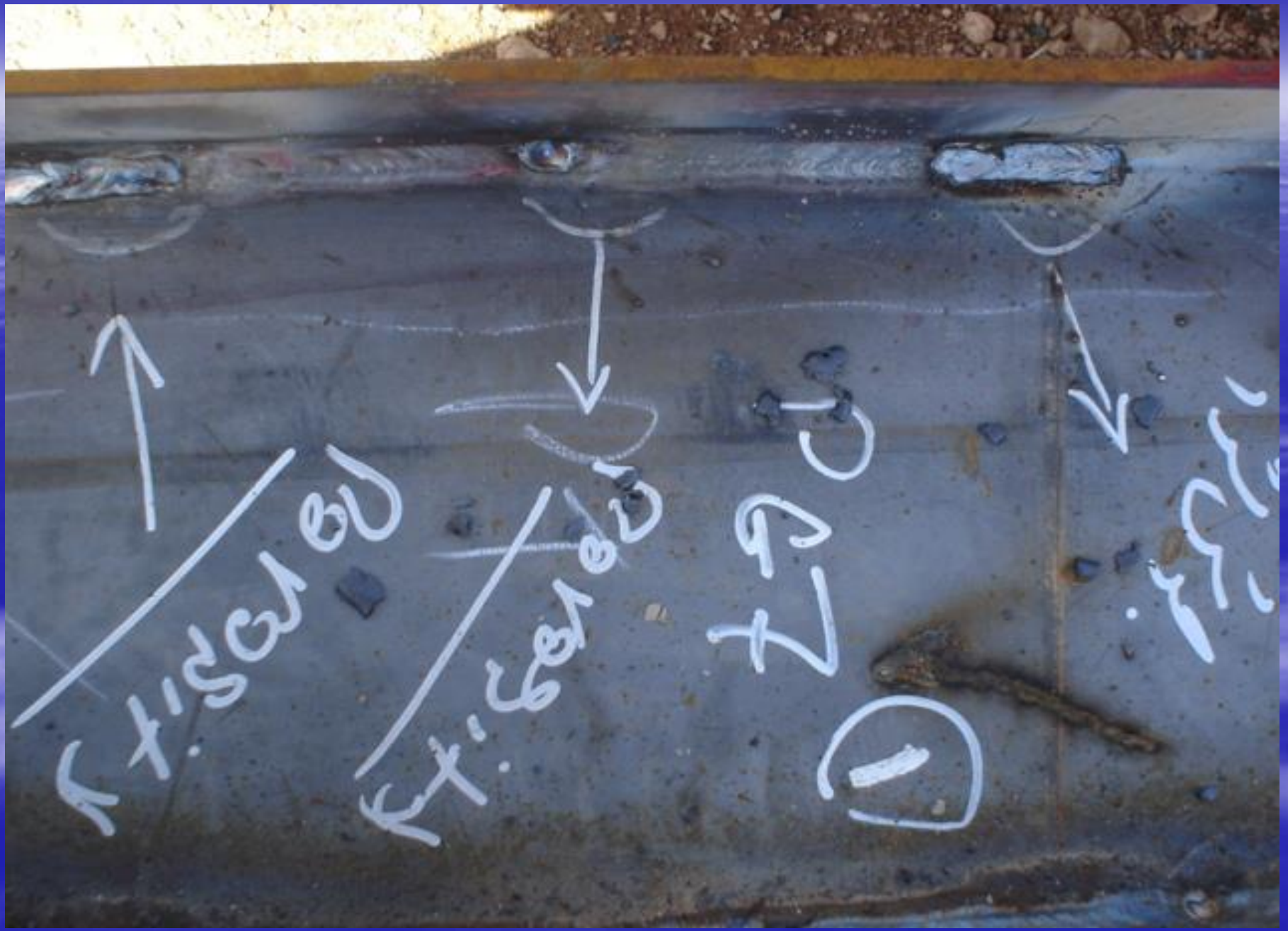


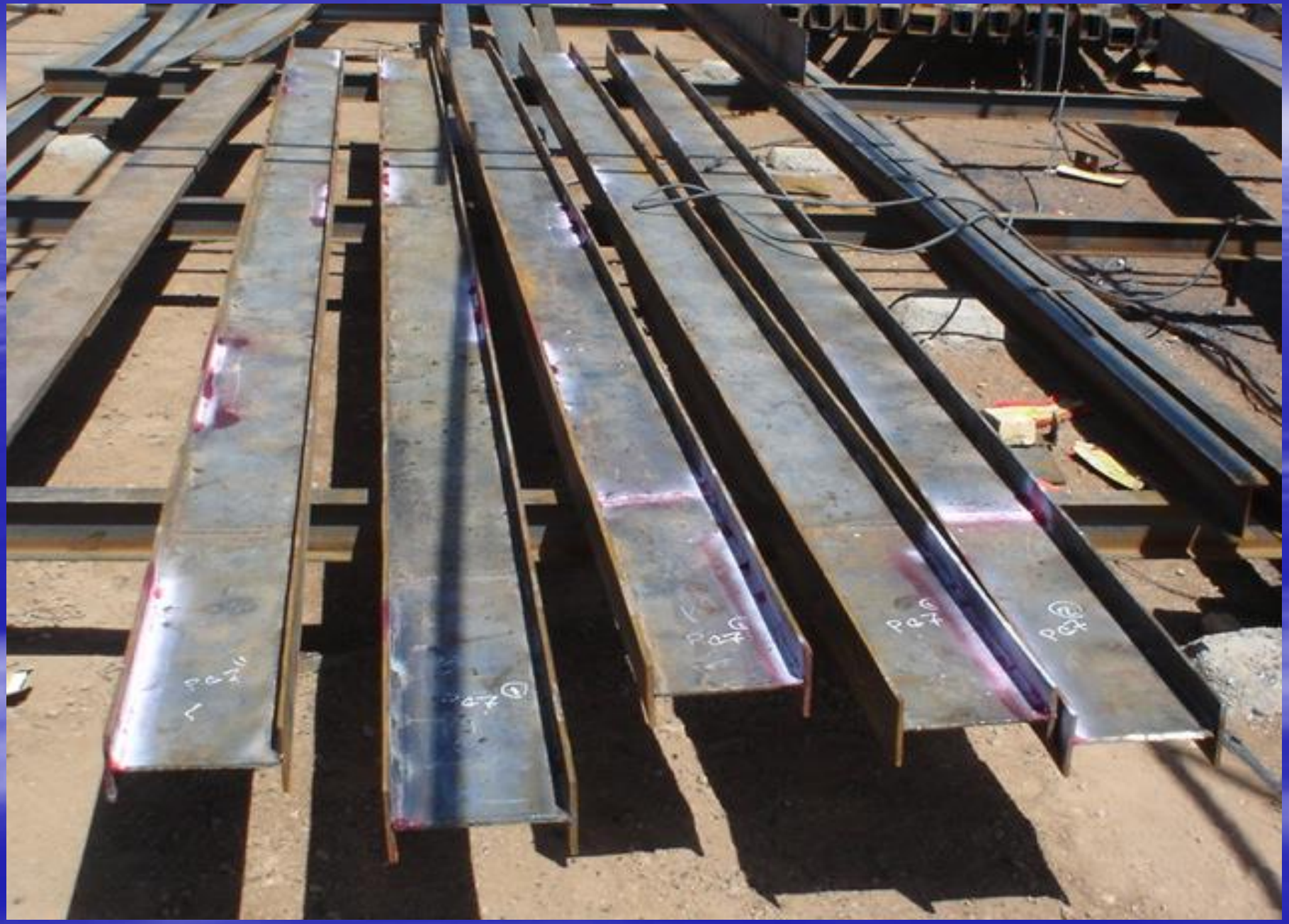




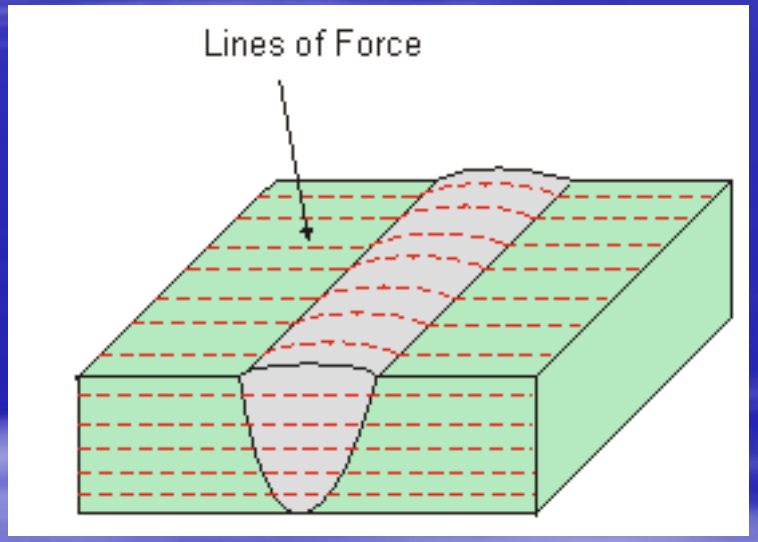






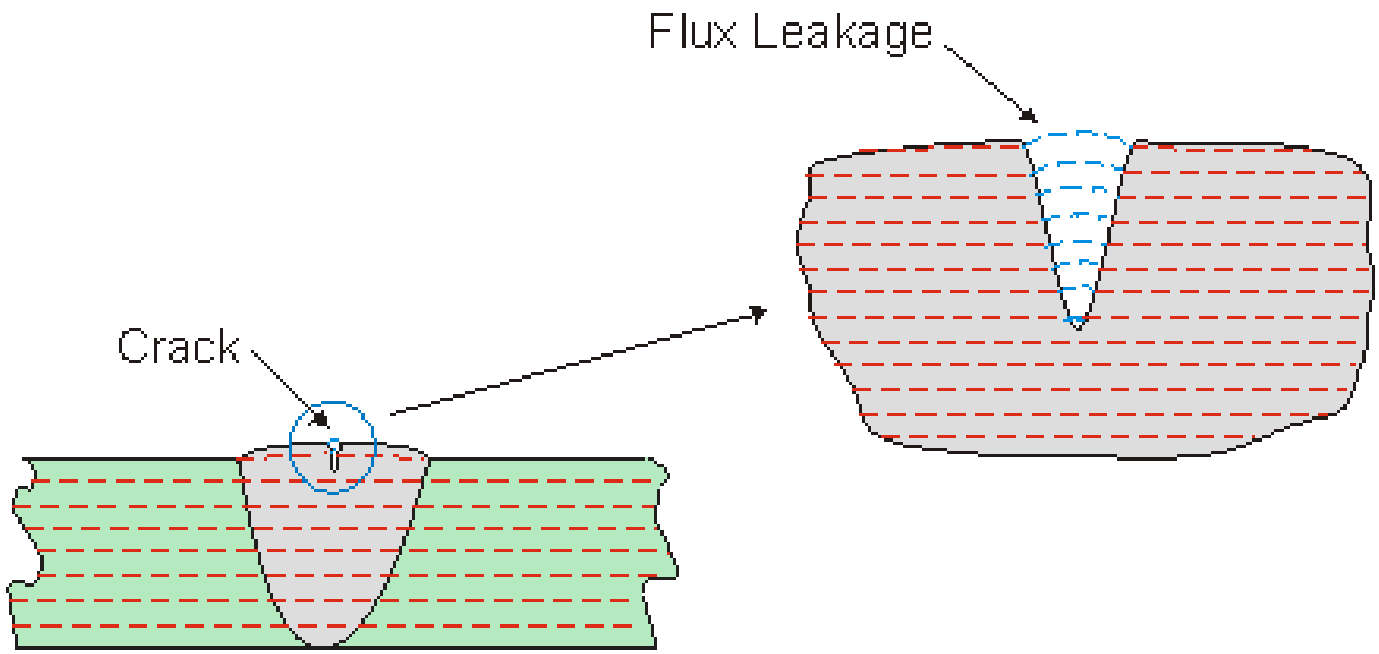






خطوط قوا در یک قطعه سالم

اصول روش MT



نشت میدان در اثر وجود عیب

















با تشکر از توجه شما