بازرسی جوش و آزمایش های غیر مخرب در سازه های فلزی

ضرورت بازرسی

اطمینان از کیفیت جوش و مطابقت آن با خواسته های استاندارد وطراحی

- ✓ جلوگیری از تخریب جوش در همه مراحل اجرا
- ✓ ارائه راهکار برای رفع عیوب
- ✓ جلوگیری از به وجود آمدن عیوب در کارهای مشابه

خصوصیات بازرس

- ✓ اخلاق حرفه ای
- ✓آشنایی با نقشه های مهندسی وطراحی
- ✓ آشنایی با استاندارد های جوش سازه های فلزی (AWS D1.1)
- ✓ آشنایی کافی با فرایند ها و مواد مصرفی در جوشکاری
- ✓ آشنایی کامل با آزمایشات غیر مخرب
- ✓ توانایی اجرای آزمایش تایید صلاحیت جوشکاری
- ✓ اطلاع از متالورژی جوشکاری
- ✓ اطلاع ازعیوب جوش وروشهای پیشگیری ورفع آن
- ✓ توانایی در تهیه گزارش های بازرسی و کنترل کیفیت

مراحل بازرسی جوش

- بازرسی قبل از جوشکاری
- بازرسی در حین جوشکاری
- بازرسی بعد از جوشکاری

بازرسی قبل از جوشکاری

- ✓ اطلاع از الزامات کیفی و میزان حساسیت سازه
- ✓ بررسی نقشه ها ومشخصات
- ✓ مطالعه مشخصات فنی عمومی واستاندارد های مربوطه
- ✓ اطمینان از مناسب بودن شرایط کاری ومحیطی برای جوشکاری
- ✓ مطالعه دستور العمل جوشکاری(WPS)
- ✓ شناسایی و بازرسی فلز پایه
- ✓ شناسایی و بازرسی مواد مصرفی
- ✓ آزمون جوشکاران و اپراتورها
- ✓ بازرسی تجهیزات جوشکاری
- ✓ بازرسی طرح اتصال
- ✓ بازرسی در بکارگیری قید وبند و خال جوش

بازرسی حین جوشکاری

- ✓بازرسی قطعات متصل شونده و درزهای آماده جوشکاری
- ✓ بازرسی محل های جوش و سطوح مجاور
- ✓ بازرسی سطوح برشکاری شده
- ✓ بازرسی ترتیب و توالی جوشکاری
- ✓ بازرسی نحوه استفاده از الکترود های با روپوش قلیایی (کم هیدروژن)

بازرسی حین جوشکاری

- ✓بازرسی قطعات متصل شونده و درزهای آماده جوشکاری
- ✓ بازرسی محل های جوش و سطوح مجاور
- ✓ بازرسی سطوح برشکاری شده
- ✓ بازرسی ترتیب و توالی جوشکاری
- ✓ بازرسی نحوه استفاده از الکترود های با روپوش قلیایی (کم هیدروژن)
- ✓ بررسی وضعیت جوشکارن و اپراتورهای جوشکاری
- ✓ بازرسی دمای پیشگرم و حفظ درجه حرارت بین پاسی

تعیین مشخصات فلز پایه

- مراجعه به نقشه ها و مدارک فنی پروژه

استاندارد ساخت فولاد ASTM A572,...

رده مقاومتی Gr.50,...

DIN 17100

ST37-2,...

EN 10025

S235JR,...

ورق فولادی ساختمان
طبق استاندارد آلمان DIN17100

مقاومت کششی نهایی=UTS

37=37kg/mm^2 =3700 kg/cm^2

تقسیم بندی

از نظر اکسیژن گیری(سالم بودن مقطع)

جوشان=ناآرام=U=Rimming

آرام=R=Killed

ناآرام=UST37

نیمه آرام=ST37

آرام=RST37

از نظر کیفیتی(مقاومت به ضربه)

ST37

ST37-2

ST37-3

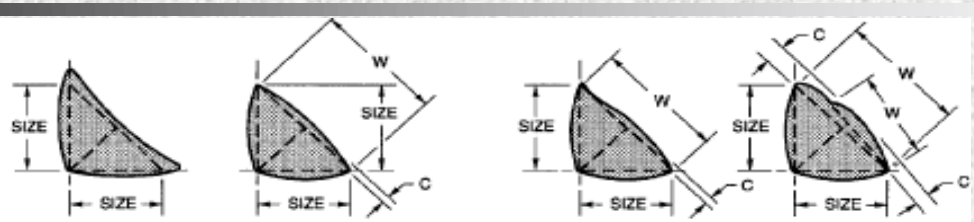
مشخصات ورق		روش جوشکاری	نوع فولاد	طبقه
حداقل درجه حرارت	ضخامت ورق			
۰ ۶۵ ۱۱۰ ۱۵۰	≤ ۲۰ ۲۰< t ≤ ۴۰ ۴۰ < t ≤ ۶۵ t > ۶۵	جوش الکترود دستی با الکترود روکشدار (غیر از الکترود های کم هیدروژن)	St37 St52	A
۰ ۱۰ ۶۵ ۱۱۰	≤ ۲۰ ۲۰< t ≤ ۴۰ ۴۰ < t ≤ ۶۵ t > ۶۵	• جوش الکترود دستی با الکترود روکشدار کم هیدروژن • جوش زیر پودری • جوش تحت حفاظت گاز • جوش با الکترود توپودری	St37 St52	B

بازرسی حین جوشکاری

- ✓ بازرسی قطعات متصل شونده و درزهای آماده جوشکاری
- ✓ بازرسی محل های جوش و سطوح مجاور
- ✓ بازرسی سطوح برشکاری شده
- ✓ بازرسی ترتیب و توالی جوشکاری
- ✓ بازرسی نحوه استفاده از الکترود های با روپوش قلیایی (کم هیدروژن)
- ✓ بررسی وضعیت جوشکارن و اپراتورهای جوشکاری
- ✓ بازرسی دمای پیشگرم و حفظ درجه حرارت بین پاسی
- ✓ تمیزکاری بین پاس های جوش
- ✓ کنترل آمپراژ و پلاریته

بازرسی بعد از جوشکاری

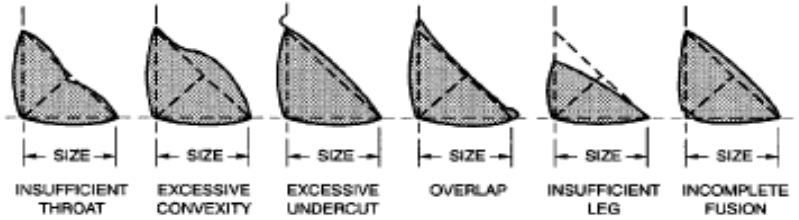
- ✓بازرسی سطح ظاهری جوش ها
- ✓انجام ازمایشات غیر مخرب



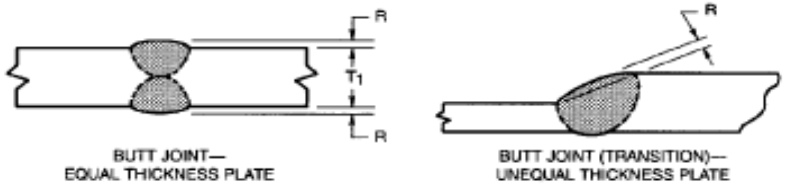
(A) DESIRABLE FILLET WELD PROFILES **(B) ACCEPTABLE FILLET WELD PROFILES**

NOTE: CONVEXITY, C, OF A WELD OR INDIVIDUAL SURFACE BEAD WITH DIMENSION W SHALL NOT EXCEED THE VALUE OF THE FOLLOWING TABLE:

WIDTH OF WELD FACE OR INDIVIDUAL SURFACE BEAD, W	MAX CONVEXITY, C
W ≤ 5/16 in. (8 mm)	1/16 in. (1.6 mm)
W > 5/16 in. TO W < 1 in. (25 mm)	1/8 in. (3 mm)
W ≥ 1 in.	3/16 in. (5 mm)

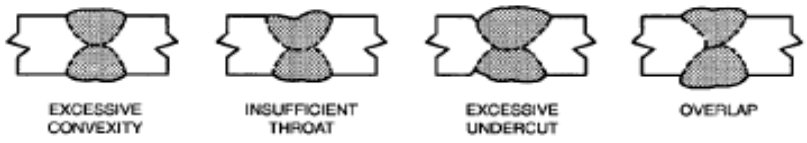


(C) UNACCEPTABLE FILLET WELD PROFILES



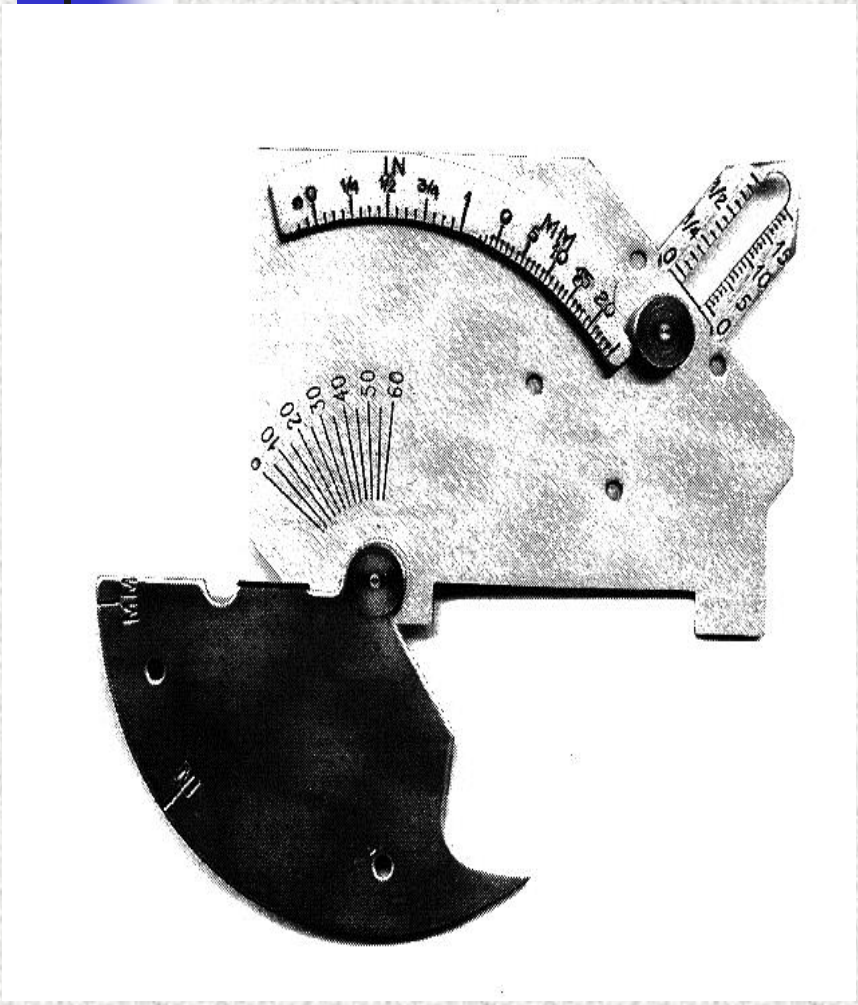
NOTE: REINFORCEMENT R SHALL NOT EXCEED 1/8 in. (3 mm). SEE 5.24.4.

(D) ACCEPTABLE GROOVE WELD PROFILE IN BUTT JOINT



(E) UNACCEPTABLE GROOVE WELD PROFILES IN BUTT JOINTS

تجهیزات
انواع گیج های جوشکاری



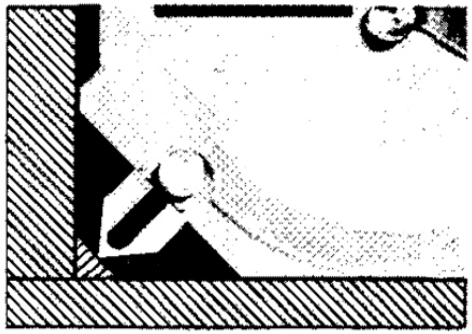
گیج Cambridge

این گیج چند منظوره قادر به اندازه گیری موارد زیر در واحدهای اینچ و میلیمتر می باشد:

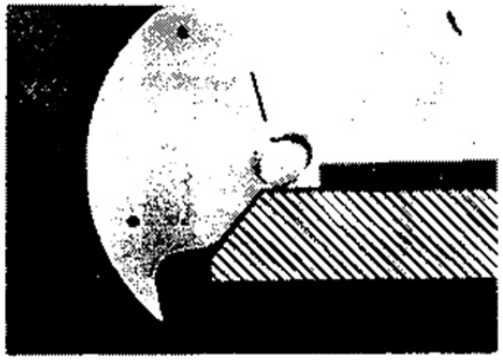
- زاویه آماده سازی تا ۶۰ درجه
- اضافه فلز جوش
- عمق Undercutها
- عمق pitting
- اندازه ریشه
- ارتفاع گرده جوش
- عدم همطرازی
- اندازه گلویی جوش گوشه ای
- طول گرده جوش

Cambridge گیج

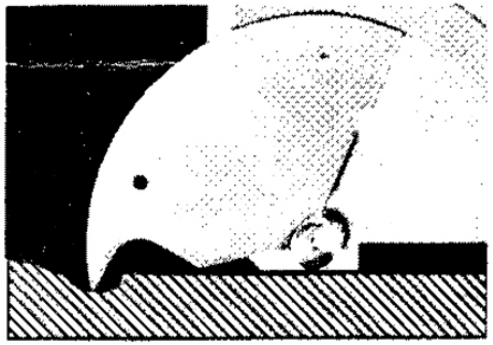
FILLET WELD THROAT



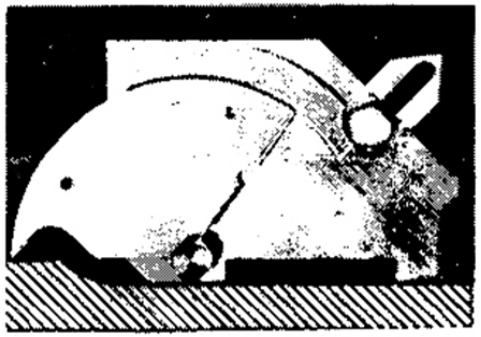
ANGLE OF PREPARATION



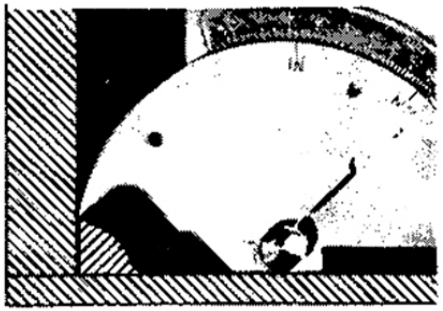
UNDERCUT



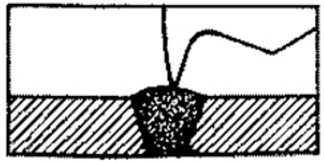
MISALIGNMENT



FILLET WELD LEG LENGTH/EXCESS WELD

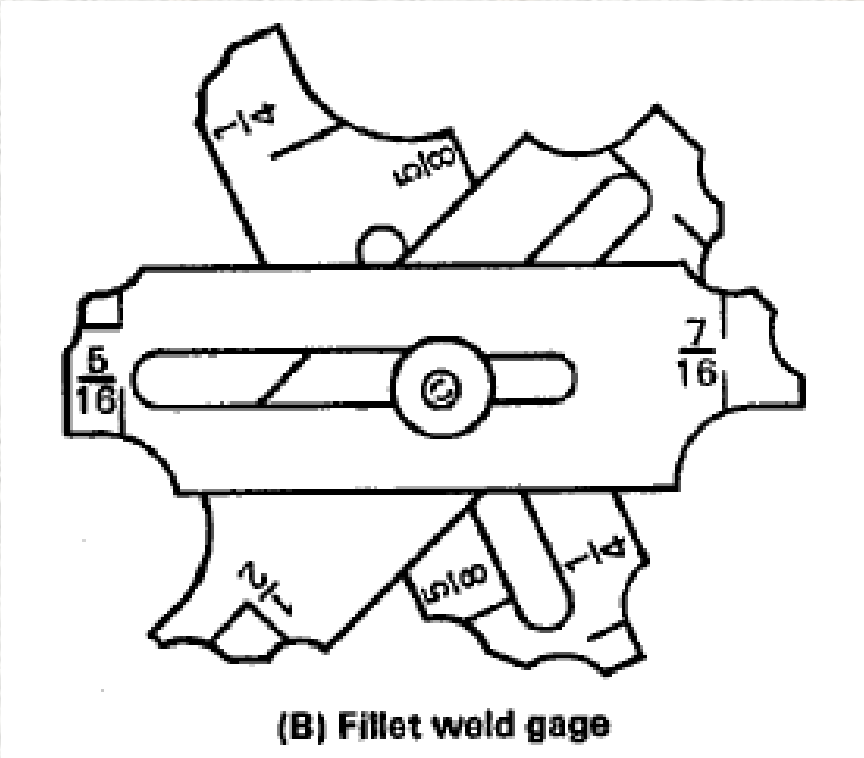


The scale is used to read off these dimensions up to a maximum of 25mm and 1in.



تجهیزات
انواع گیج های جوشکاری

- گیج Fillet
  - اندازه گیری گرده های جوش با اندازه۱ تا ۸/۱ اینچ (۲/۳-۲۵ میلیمتر)
  - اندازه گیری تحدب و تقعر گرده های جوش

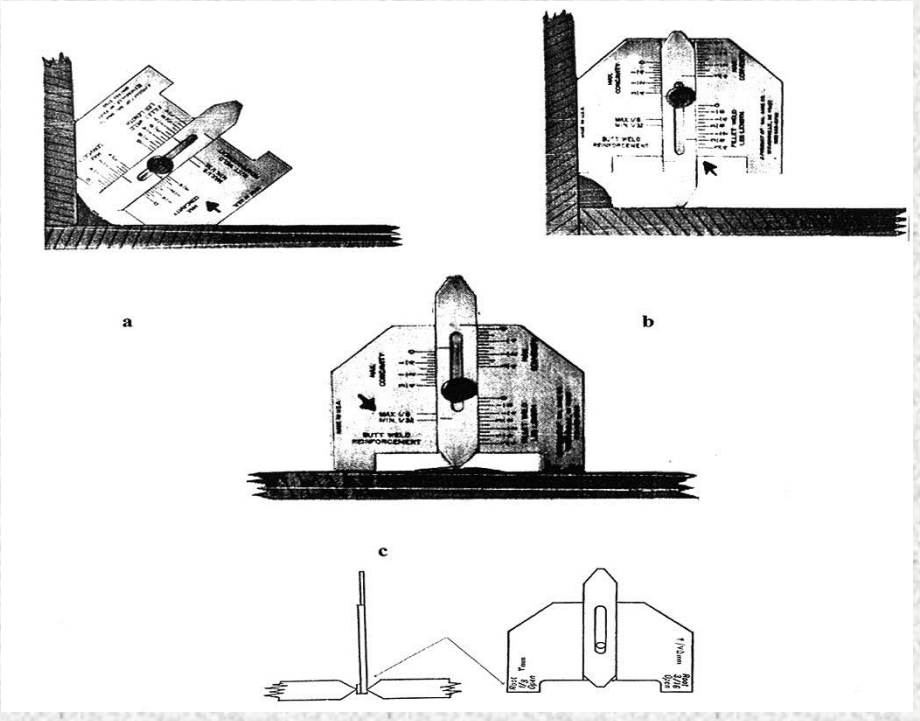


(B) Fillet weld gage

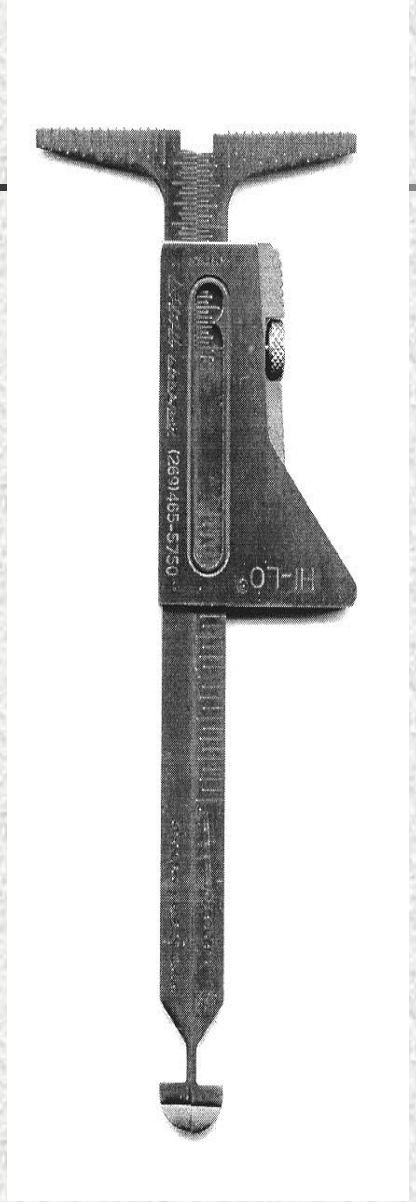
تجهیزات
انواع گیج های جوشکاری

گیج AWS

- تعیین مشخصات جوشهای گوشه ای و لبه ای
- اندازه گیری تلرانس تحدب و تقعر جوشها که از قبل برای آن تعیین شده است
- اندازه گیری گرده های جوش



تجهیزات
انواع گیج های جوشکاری



- گیج Hi-Lo

این گیج که گیج (mismatch) نیز نامیده می شود.

- ارتفاع گرده جوش
- عدم همطرازی داخلی
- درز اتصال (fit-up)
- مسیر جوش جوشهای مدور
- زاویه آماده سازی
- ضخامت دیواره جوش

بازرسی بعد از جوشکاری

- ✓بازرسی سطح ظاهری جوش ها
- ✓ معیار پذیرش عیوب در بازرسی چشمی

طبقه‌بندی عدم پیوستگی و حدود بازرسی	اتصالات اعضای غیرقوطی شکل تحت بارگذاری استاتیکی	اتصالات اعضای غیرقوطی شکل تحت بارگذاری سیکلی	اتصالات اعضای قوطی شکل (تحت هر نوع بارگذاری)
۱- ممنوعیت وجود ترک جوش باید عاری از ترک باشد.	X	X	X
۲- ذوب جوش در فلز پایه بین لایه‌های مختلف جوش و نیز بین فلز جوش و فلز پایه باید امتزاج کامل وجود داشته باشد.	X	X	X
۳- چاله‌های جوش تمام چاله‌های جوش بایستی تا مقطع جوش کامل پرشده به‌جز در جوش‌های گوشه منقطع در خارج از طول مؤثر.	X	X	X
٤- نیمرخ جوش نیمرخ جوش باید مطابق بند ۵-۲٤ باشد.	X	X	X
۵- زمان بازرسی بازرسی چشمی جوش‌ها در هر نوع فولاد می‌تواند بلافاصله پس از تکمیل جوشکاری و سرد شدن قطعه تا دمای محیط انجام شود. حدود قبولی برای فولادهای ASTM A514,A517 براساس بازرسی چشمی انجام شده بعد از ٤٨ ساعت از تکمیل جوشکاری می‌باشد.	X	X	X
جوش گوشه در حالت تک ممتد از اندازه اسمی تعیین متواند به صورت زیر بدون نیاز به اصلاح کمتر باشد . کاهش مجاز (mm) ≤ ۲ ، ≤ ۲/۵ ، ≤ ۳ اندازه اسمی (mm) ≤ ۵ ، ≤ ۶ ، ≤ ۸ شرط آنکه ناحیه جوشِ کم از ۱۰٪ طول جوش تجاوز نکند .در اتصال باتل به تیر در شاهتیر ها در انتهای جوش در طولی به اندازه دو برابر عرض بال ، کمبند اندازه جوش مجاز میباشد.	X	X	X
۷- بریدگی کنار جوش الف) برای مواد با ضخامت کمتر از ۱ اینچ (۲۵ میلی‌متر)، حداکثر بریدگی ۱/۳۲ اینچ (۱ میلیمتر) است، گرچه حداکثر بریدگی ۱/۱٦ اینچ (۲ میلی‌متر) برای مجموع ۲ اینچ (۵۰ میلی‌متر) در هر ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلی‌متر) مجاز است. برای قطعات با ضخامت ۱ اینچ یا بیشتر بریدگی نباید از ۱/۱٦ اینچ برای هر طولی از جوش بیشتر باشد.	X		

طبقه‌بندی عدم پیوستگی و حدود بازرسی	اتصالات اعضای غیرقوطی شکل تحت بارگذاری استاتیکی	اتصالات اعضای غیرقوطی شکل تحت بارگذاری سیکلی	اتصالات اعضای قوطی شکل (تحت هر نوع بارگذاری)
ب) در اعضای فرعی، بریدگی نباید از ۰/۰۱ اینچ (۰/۲۵ میلی‌متر) بیشتر باشد وقتی که جوش در جهت عمود بر تنش‌های کششی می‌باشد، برای سایر موارد نباید از ۱/۳۲ اینچ (۱ میلی‌متر) بیشتر باشد.		x	x
۸- تخلخل الف) در جوش‌های شیاری با نفوذ کامل در اتصالات لب‌به‌لب عمود بر جهت تنش‌های کششی نباید هیچ تخلخل لوله‌ای قابل مشاهده وجود داشته باشد. برای سایر جوش‌های شیاری و جوش‌های گوشه، حداکثر مجموع تخلخل لوله‌ای قابل مشاهده با قطر ۱/۳۲ اینچ (۱ میلی‌متر)، یا بیشتر نباید از ۳/۸ اینچ (۱۰ میلی‌متر) در هر اینچ طول جوش و یا از ۳/٤ اینچ (۲۰ میلی‌متر) در هر ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلی‌متر) طول جوش بیشتر باشد.	x		
ب) پراکندگی تخلخل لوله‌ای در جوش‌های گوشه نبایستی از یکی در ٤ اینچ (۱۰۰ میلی‌متر) طول جوش تجاوز نموده و حداکثر قطر نباید بیشتر از ۳/۳۲ اینچ (۲ میلی‌متر) باشد. استثناء: در جوش‌های گوشه که سخت‌کننده‌ها را به جان متصل می‌کنند، مجموع قطر تخلخل‌های لوله‌ای نبایستی از ۳/۸ اینچ (۱۰ میلی‌متر) در هر اینچ خطی جوش تجاوز نموده و همچنین نبایستی از ۳/٤ اینچ (۲۰ میلی‌متر) در هر ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلی‌متر) طول جوش بیشتر باشد.		x	x
ج) در جوش‌های شیاری با نفوذ کامل در اتصالات لب‌به‌لب عمود بر جهت تنش‌های کششی نباید هیچ تخلخل لوله‌ای وجود داشته باشد. برای سایر جوش‌های شیاری، پراکندگی تخلخل لوله‌ای نباید از یکی در هر ٤ اینچ (۱۰۰ میلی‌متر) طول جوش تجاوز نموده به‌طوری که حداکثر قطر عدم پیوستگی نیز از ۳/۳۲ اینچ (۲ میلی‌متر) بیشتر نباشد.		x	x

بازرسی بعد از جوشکاری

- ✓بازرسی سطح ظاهری جوش ها
- ✓ معیار پذیرش عیوب در بازرسی چشمی
- ✓ تعمیر عیوب جوش

✓ تعمیر عیوب جوش

- روهم افتادگی ، تحدب ویا گرده زیاد
- تقعر زیاد، چاله جوش ، جوش کمتر از اندازه ویا بریدگی کنار جوش
- ذوب ناقص ، تخلخل زیاد و حبس سرباره در جوش
- وجود ترک در فلز جوش یا فلزپایه
- لکه قوس
- سوراخ های اضافی

بازرسی بعد از جوشکاری

- ✓بازرسی سطح ظاهری جوش ها
- ✓ معیار پذیرش عیوب در بازرسی چشمی
- ✓ تعمیر عیوب جوش
- ✓ بازرسی بعد واندازه جوش

بازرسی بعد از جوشکاری

- ✓بازرسی سطح ظاهری جوش ها
- ✓ معیار پذیرش عیوب در بازرسی چشمی
- ✓ تعمیر عیوب جوش
- ✓ بازرسی بعد واندازه جوش
- ✓ بازرسی پیچیدگی
- ✓ بازرسی عملیات پسگرم و تنش زدایی
- ✓ آزمایشات غیر مخرب

انواع سیستمهای بازرسی

- تستهای مخرب (DT)

در این نوع تست آزمایشهای مختلف بر روی نمونه های استاندارد تهیه شده از قطعات مورد آزمون انجام می شود و پس از انجام تست نمونه از بین می رود.

معایب روش: سرعت پایین

پر هزینه بودن

ارائه اطلاعات فقط مربوط به نمونه ها

انواع سیستمهای بازرسی

- تستهای غیر مخرب (NDT)

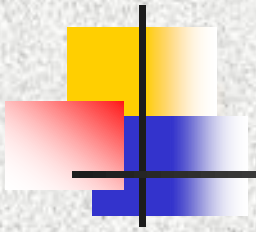
تست یا بازرسی غیر مخرب به روش هایی از بازرسی اطلاق می شود که در آنها کارایی یک قطعه بدون تغییر یا از بین رفتن آن قطعه، مورد بررسی قرار می گیرد.

تفاوتهای DT و NDT:

۱. در روش های DT پس از اعمال آزمایش، قطعه کارایی خود را از دست می دهد

۲. در روش های DT نمی توان تمام محصولات را تحت آزمایش قرار داد و باید به صورت random تعدادی از نمونه ها را تحت آزمایش قرار داد.

۳. در روش های DT نیاز به تهیه نمونه استاندارد وجود دارد که برای آزمایش های مختلف متفاوت است.



عیوب قابل تشخیص با NDT

- عیوب ناشی از مواد اولیه
- عیوب ناشی از روش ساخت
- عیوب ناشی از مونتاژ قطعات
- عیوب ناشی از کارکرد
  - ناپایداری حرارتی
  - خزش
  - سایش
  - خوردگی تنشی
  - خوردگی
  - خستگی

تعاریف اولیه

ناپیوستگی (Discontinuity): هر گونه اغتشاش در خواص متالورژیکی یا مکانیکی یا فیزیکی جسم ناپیوستگی نامیده می شود.

عیب (Defect): ناپیوستگی هایی که باعث شود خواص استاندارد قطعه از بین رود، عیب نامیده می شود.

یک ناپیوستگی لزوماً عیب نیست.

عیوب در اتصالات جوشکاری شده

یک **ناپیوستگی** در حقیقت یک انقطاع در ساختار فلز جوش می باشد مثل وجود ناهمگنی در خواص مکانیکی و متالورژیکی ماده یا فلز جوش.

عیب نیز یک ناپیوستگی است که به واسطه ویژگی خاصش و یا در اثر تجمع آن درقطعه یا محصول، نمی تواند حداقل استانداردهای کاری مورد نیاز را برآورده کند.

عیوب جوش به طور کلی به گروههای زیر تقسیم می شود:

ترکها

حفره های گازی

ناخالصیهای سرباره جوش

عدم نفوذ یا ذوب

شکل ناقص یا طرح ظاهری غیر قابل قبول جوش

و سایر عیوب(مثل اثر پاشش قوس الکتریکی بر روی سطح قطعه

ترکها(Cracks)

زمانی که تنشهای موضعی از حد استحکام ماده فراتر روند در جوش و یا فلز پایه ترک ایجاد می شود.

انواع ترک بر اساس شکل:

طولی: ترکهای طولی در جوشهای کوچک بین مقاطع سنگین، معمولا بر اثر سرعت بالای سرد شدن و تنش بالا رخ می دهند.

عرضی: معمولا بر اثر تنشهای طولی انقباضی، روی فلز جوش با چکشخواری کم بوجود می آیند.

ستاره ای: در اثر قطع نامناسب جوشکاری قوسی در چاله انتهایی جوش بوجود می آیند.

ترکها(Cracks)

انواع ترک بر حسب دمایی که در آن ایجاد می شود:

- ترک گرم

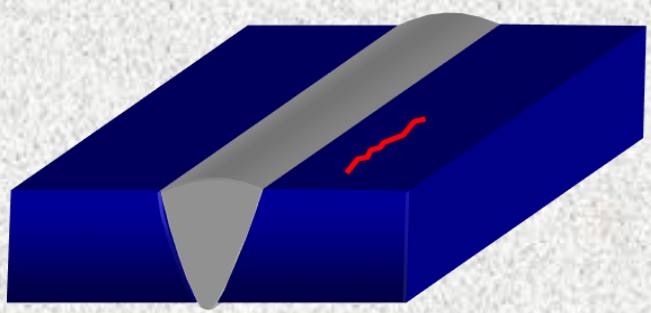
ترکهای گرم در حین انجماد و یا قبل از اینکه حرارت جوش به طور کامل برطرف شود، بوجود می آیند.

- ترک سرد

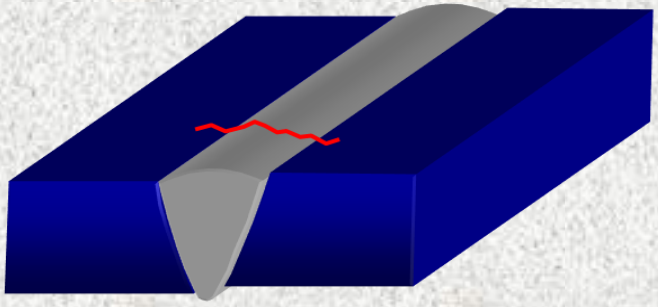
ترکهای سرد بعد از تکمیل انجماد بوجود می آیند.

به آنها ترکهای تأخیری نیز گفته می شود.

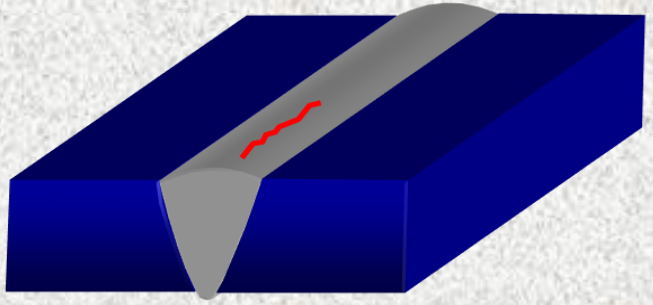
ترکھا(Cracks)



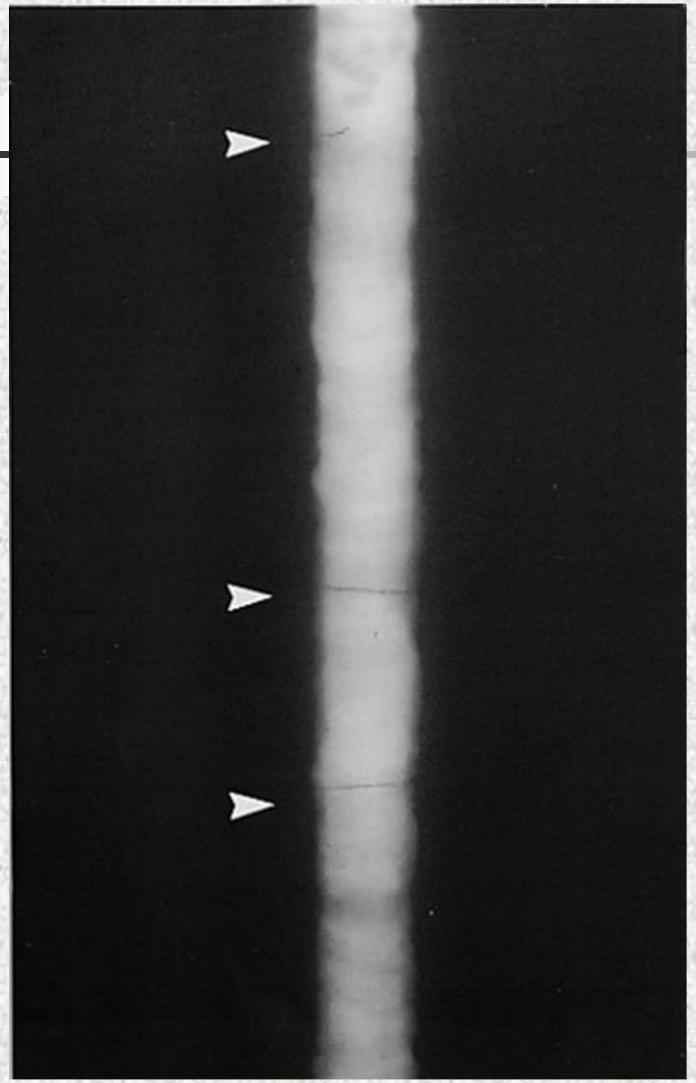
Longitudinal parent metal crack



Transverse weld metal crack



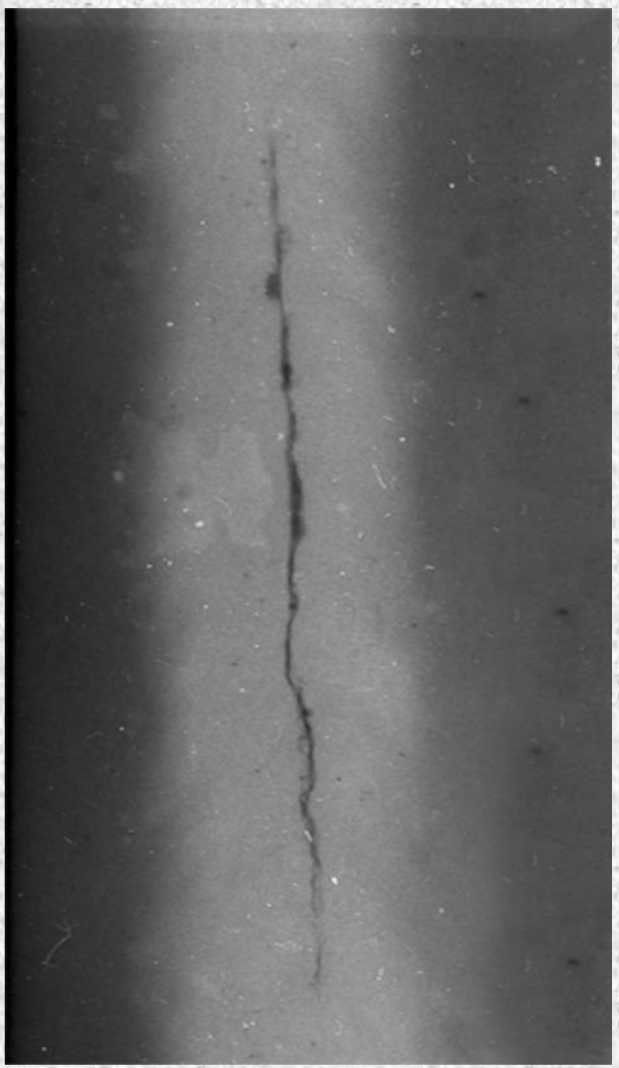
Longitudinal weld metal crack



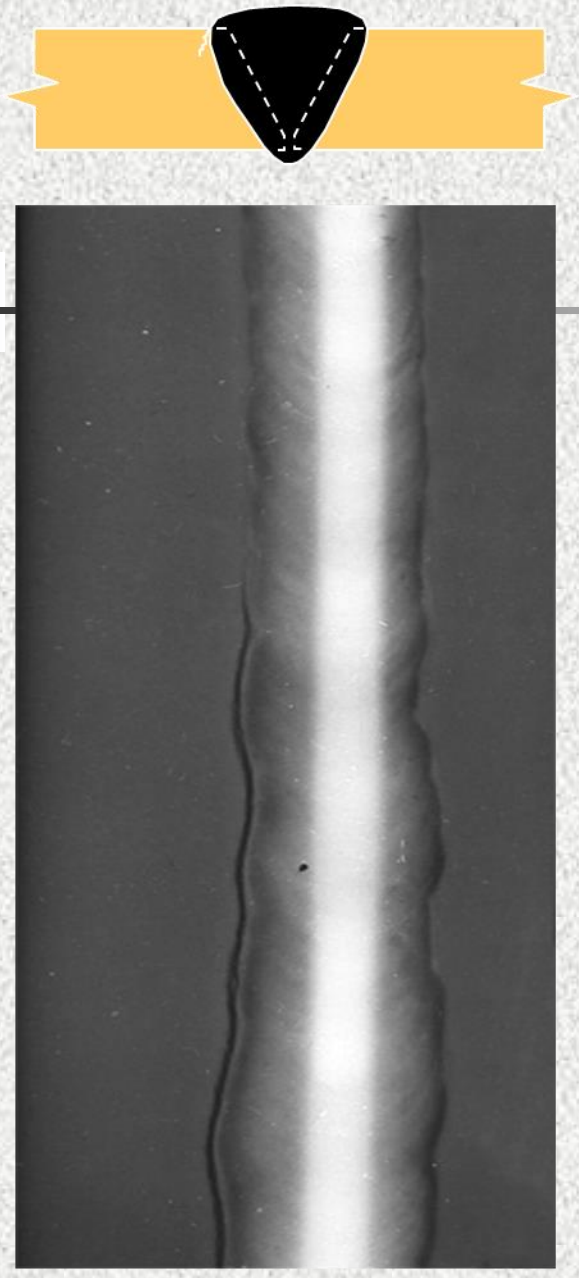
Transverse crack

Longitudinal crack

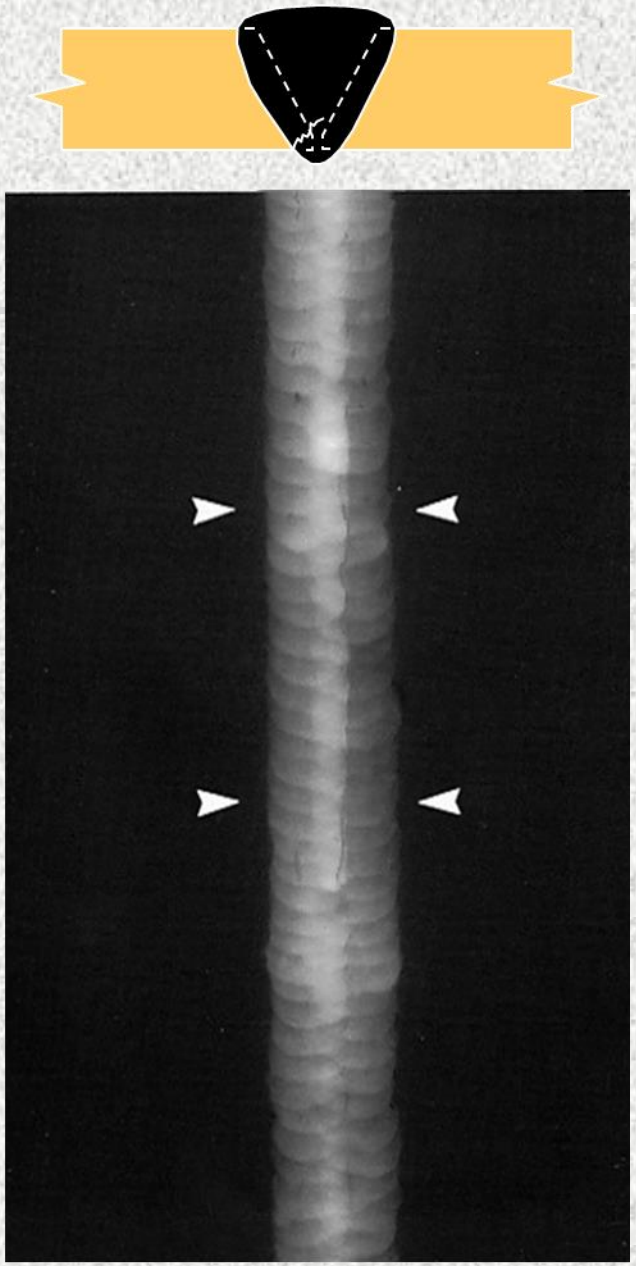
Longitudinal crack



Longitudinal crack



HAZ crack



Root crack

Material Inspection

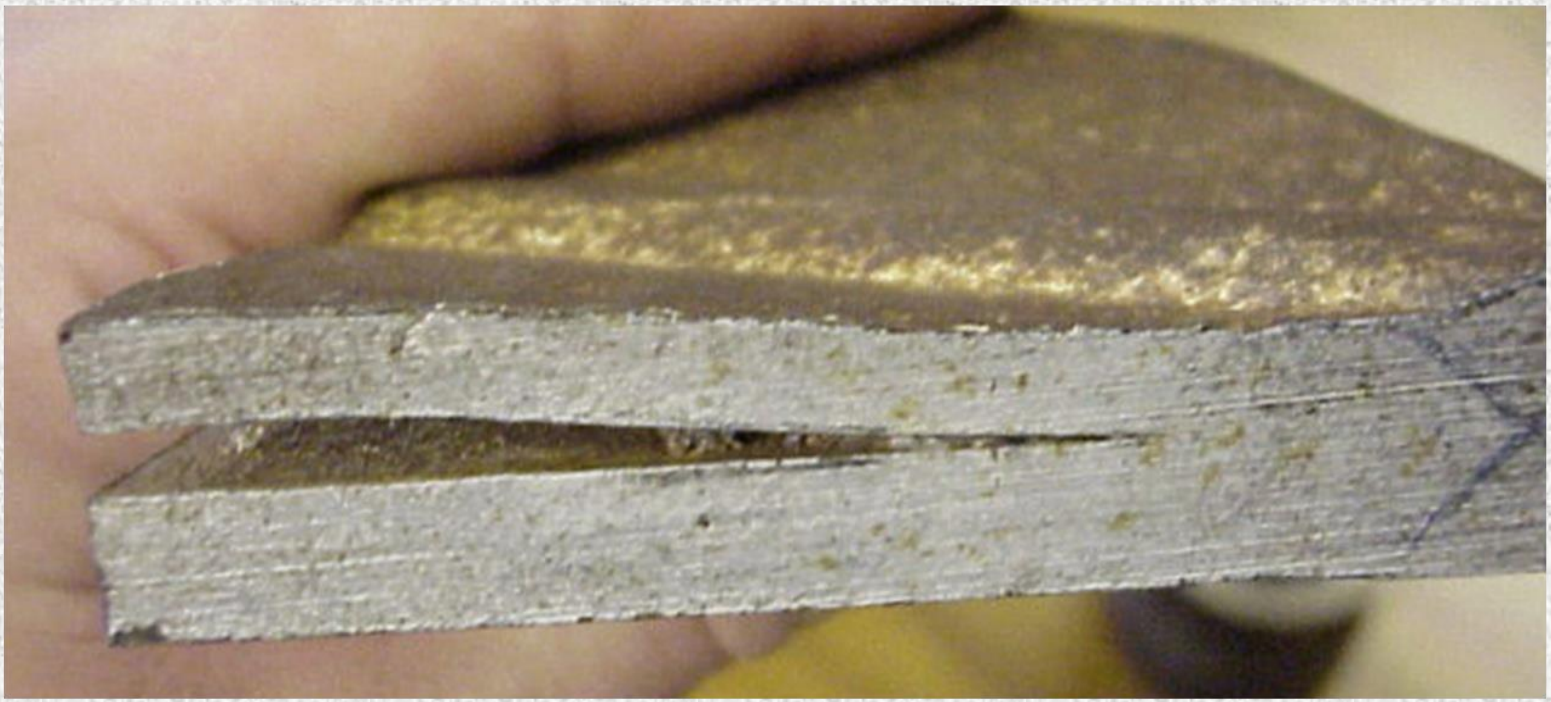
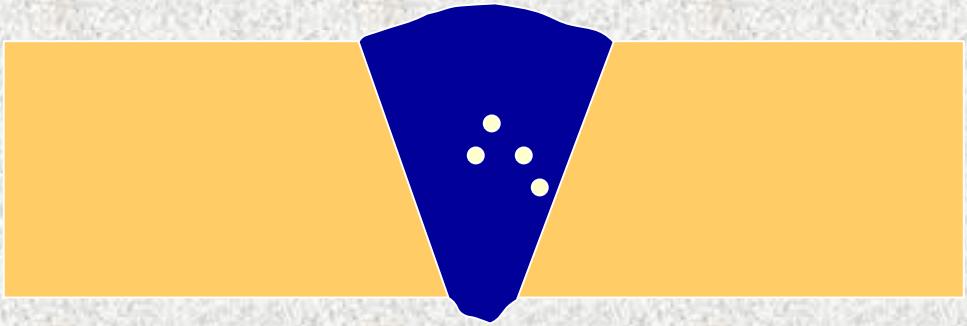


Plate Lamination

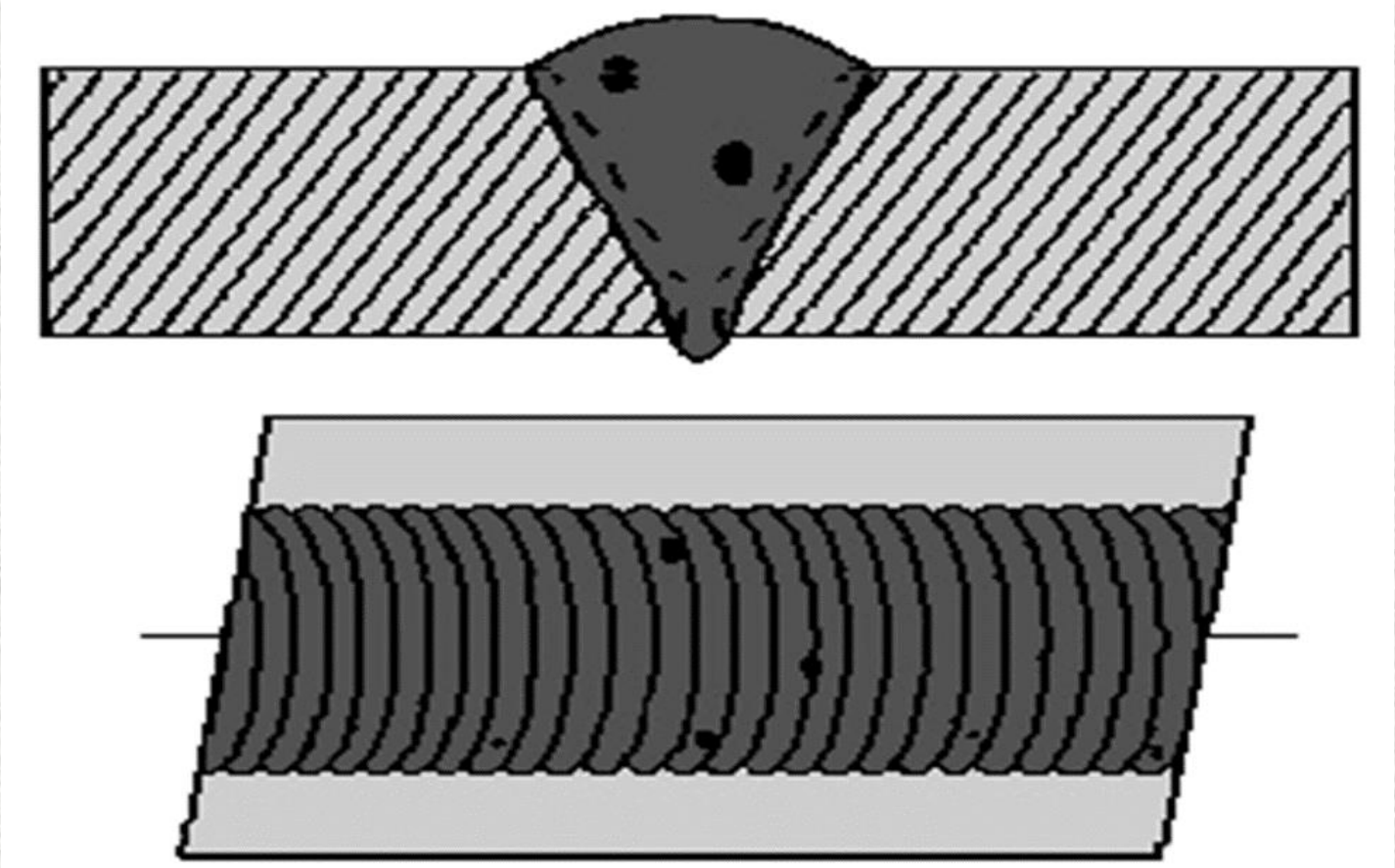
تخلخل(Porosity)

تخلخل ها نتیجه حبس گازها در فلز در حال انجماد می باشند. این ناپیوستگی معمولا بصورت کروی است اما می تواند گسترش نیز پیدا کند.



این نوع ناپیوستگی بحرانی نبوده و ایجاد تمرکز تنش نمی کنند، مگر اینکه مقدار آن بیش از حد معینی باشد. تخلخل بیش از حد، ناشی از عدم کنترل صحیح پارامترهای جوش، مواد مصرفی جوشکاری، طراحی اتصال، آلودگی فلز پایه و یا ترکیب نا مناسب فلز پر کننده مورد استفاده است.

تخلخل(Porosity)

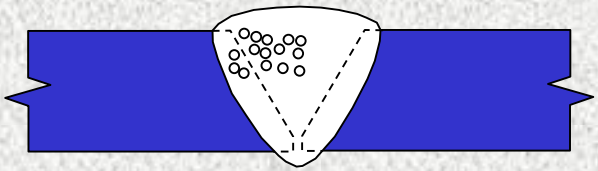


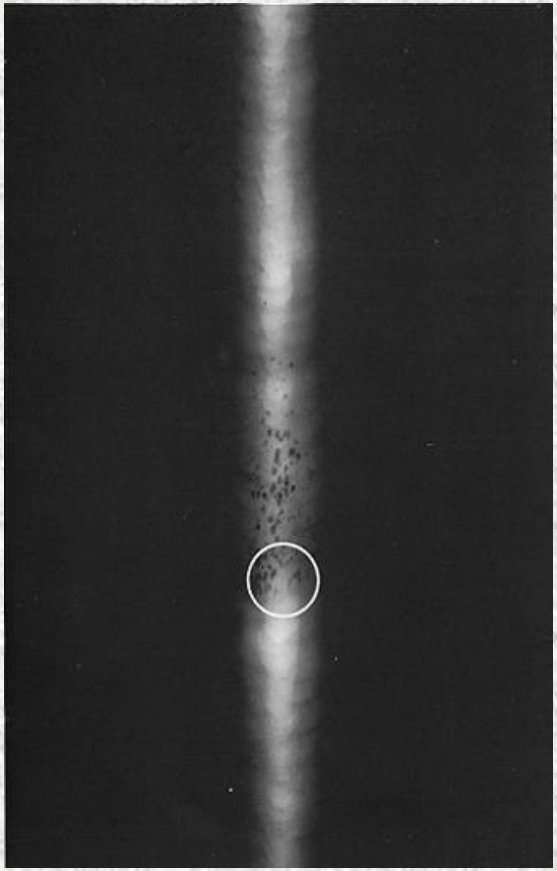
تخلخل با توزیع یکنواخت

تخلخلی است که بصورت یکنواخت در فلز جوش توزیع شده باشد. مقدار زیاد تخلخل معمولا به علت روش نامناسب جوشکاری یا مواد نامناسب است. تکنیک نامناسب آماده سازی اتصال یا مواد نامناسب مورد استفاده می توانند موجب به وجود آمدن تخلخل گردند.

اگر جوش به اندازه کافی آرام سرد شود تا بیشتر گاز قبل از انجماد، از سطح خارج شود، تخلخل کمی در جوش باقی می ماند.

تخلخل خوشه ای

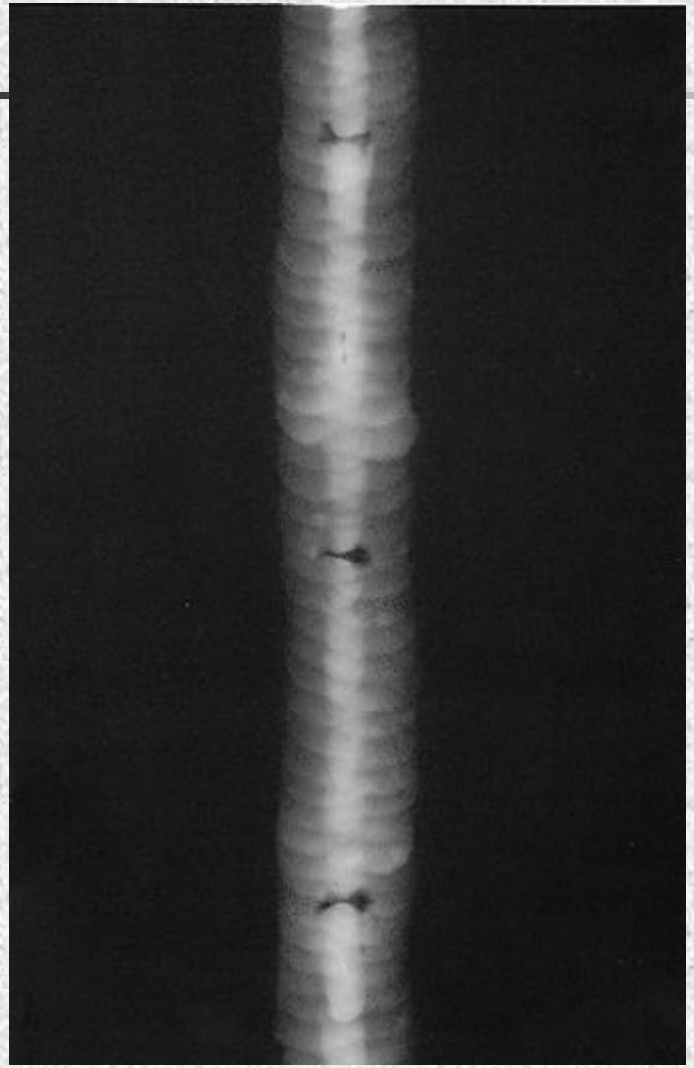




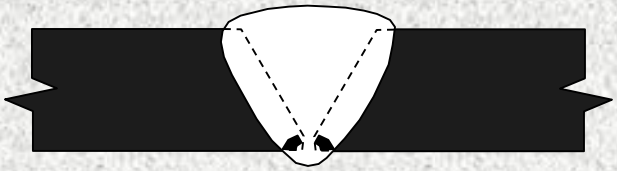
تخلخل خوشه ای

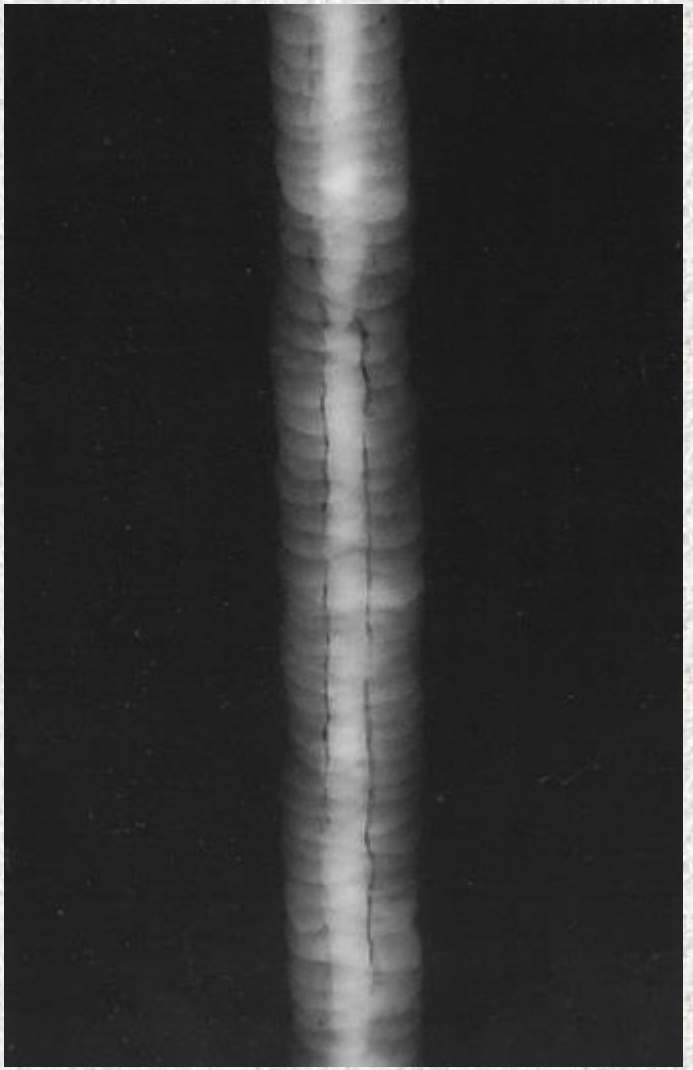
ناخالصی های سرباره

مواد جامد غیرفلزی هستند که در فلز جوش یا بین فلز جوش و فلز پایه محبوس شده اند. این ناخالصی ها می توانند در بیشتر روشهای جوشکاری مشاهده شوند. بطور کلی ناخالصی های سرباره بر اثر روش نامناسب جوشکاری، طراحی نامناسب اتصالات یا تمیزکاری نامناسب جوش بین پاسها بوجود می آیند. معمولا سرباره مذاب به سمت بالای جوش جریان پیدا می کند. شکافهای تیز در مرز جوش یا بین پاسها معمولا باعث حبس سرباره داخل فلز جوش مذاب می شود.



Interpass slag inclusions



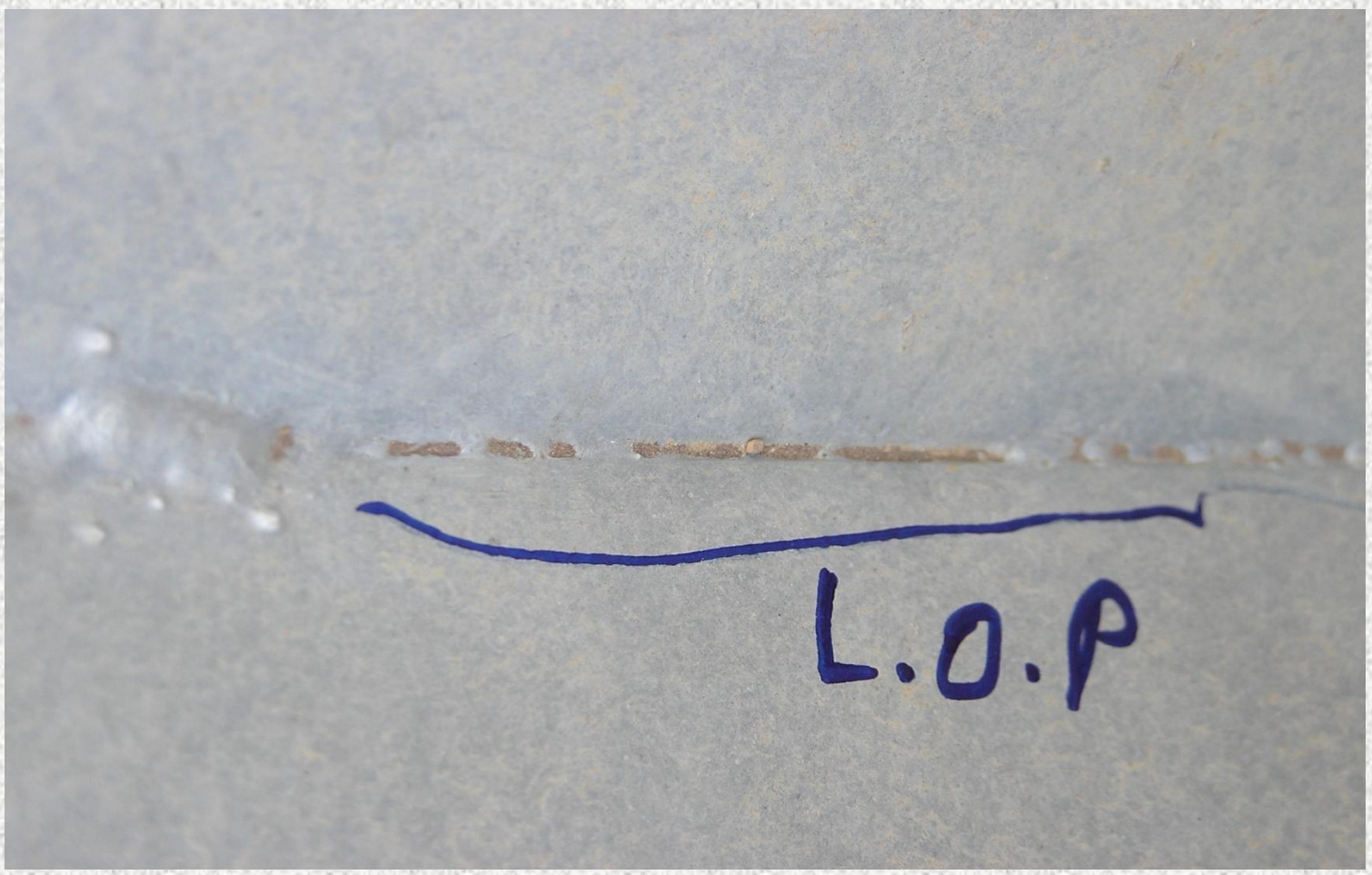


Elongated slag lines

نفوذ ناقص اتصال

- در صورت عدم نفوذ فلز جوش به اتصال ایجاد می شود. منطقه نفوذ نکرده، یک ناپیوستگی محسوب می شود که به آن نفوذ ناقص گفته می شود. نفوذ ناقص می تواند براثر حرارت ناکافی جوش، طراحی نامناسب اتصال (مثلا ضخامت زیاد و عدم توانایی نفوذ قوس جوشکاری)، یا کنترل نامناسب قوس جوش بوجود آید. جوشهایی که نیازمند نفوذ کامل هستند، معمولا توسط روشهای غیرمخرب مورد بازرسی قرار می گیرند. این موضوع به خصوص در پلها، خطوط لوله، محفظه های تحت فشار و کاربردهای هسته ای صدق می کند.

نفوذ ناقص اتصال

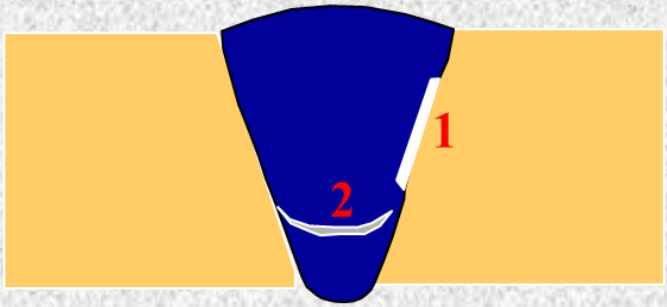


ذوب ناقص

در نتیجه روش نامناسب جوشکاری، آماده سازی نامناسب فلز پایه، یا طراحی نامناسب اتصال به وجود می آید. دلایل بوجود آورنده ذوب ناقص عبارتند از حرارت ناکافی جوشکاری یا عدم دسترسی کافی به تمام وجوه همجوشی، یا هر دو.

همچنین اکسیدهای به شدت چسبنده نیز جلوی ذوب کامل را می گیرند.

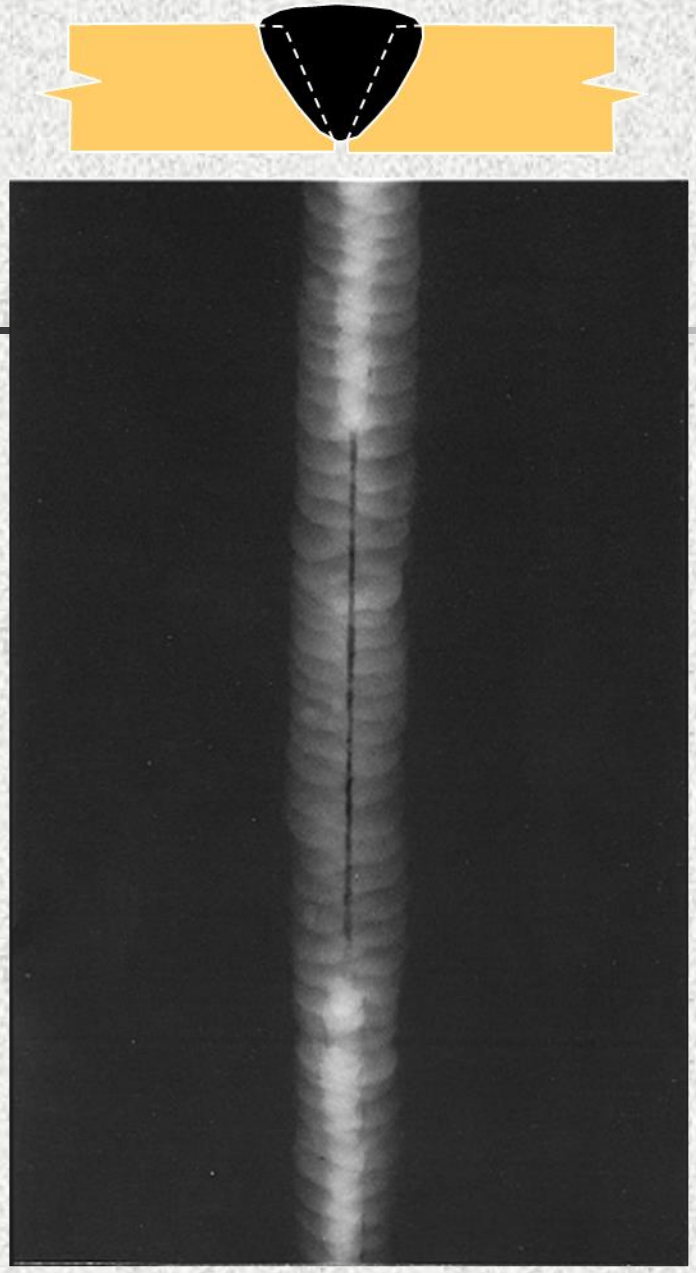
ذوب ناقص



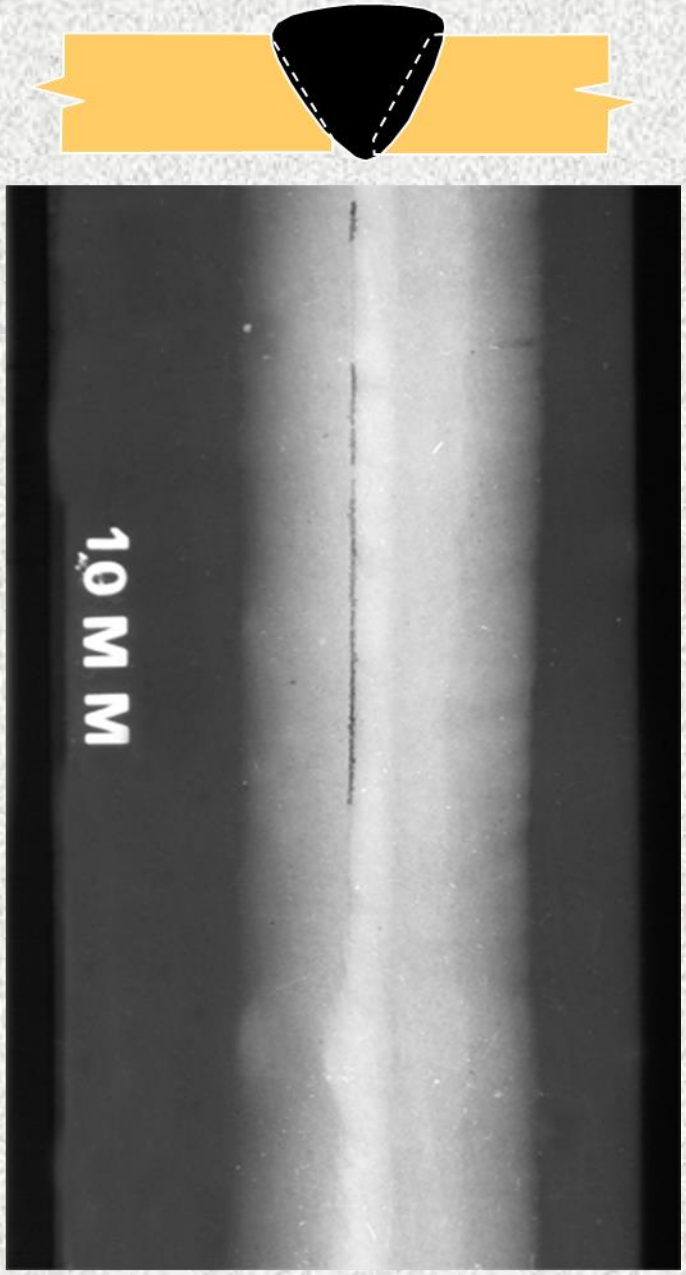
1. Lack of sidewall fusion
2. Lack of inter-run fusion

Incomplete filled groove
+ Lack of sidewall fusion

1. Lack of root fusion



Lack of root penetration

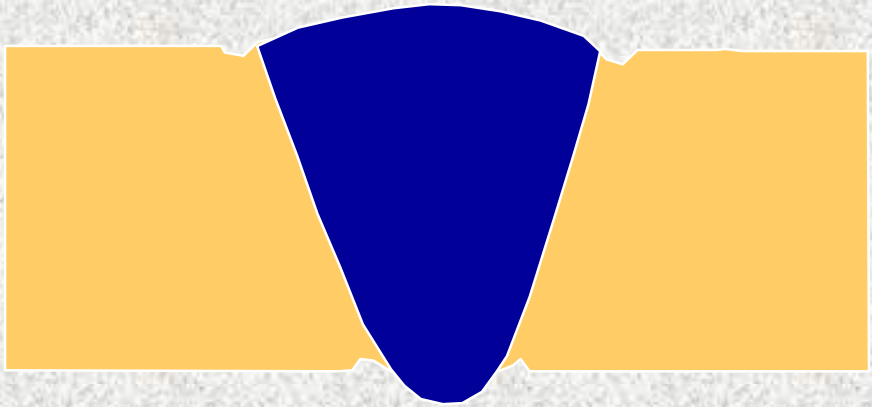


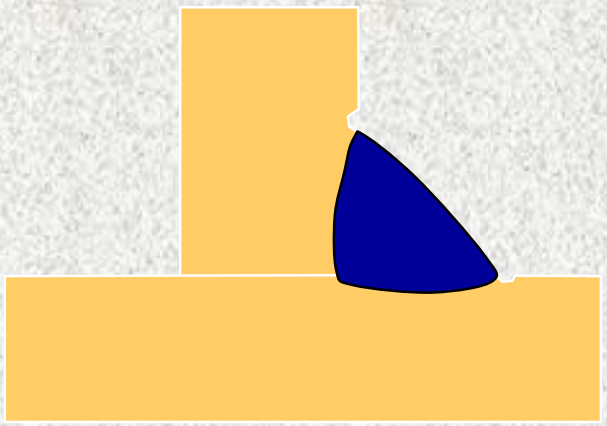
Lack of root fusion

نفوذ ناقص اتصال

سوختگی لبه جوش(Undercut)

- Undercut شیاری است که در فلز پایه در مجاورت انتهاي جوش یا ریشه جوش ایجاد شده و فلز جوش آنرا پر نمی کند. این شیار موجب تشکیل یک شکاف مکانیکی شده و ایجاد تمرکز تنش می کند.

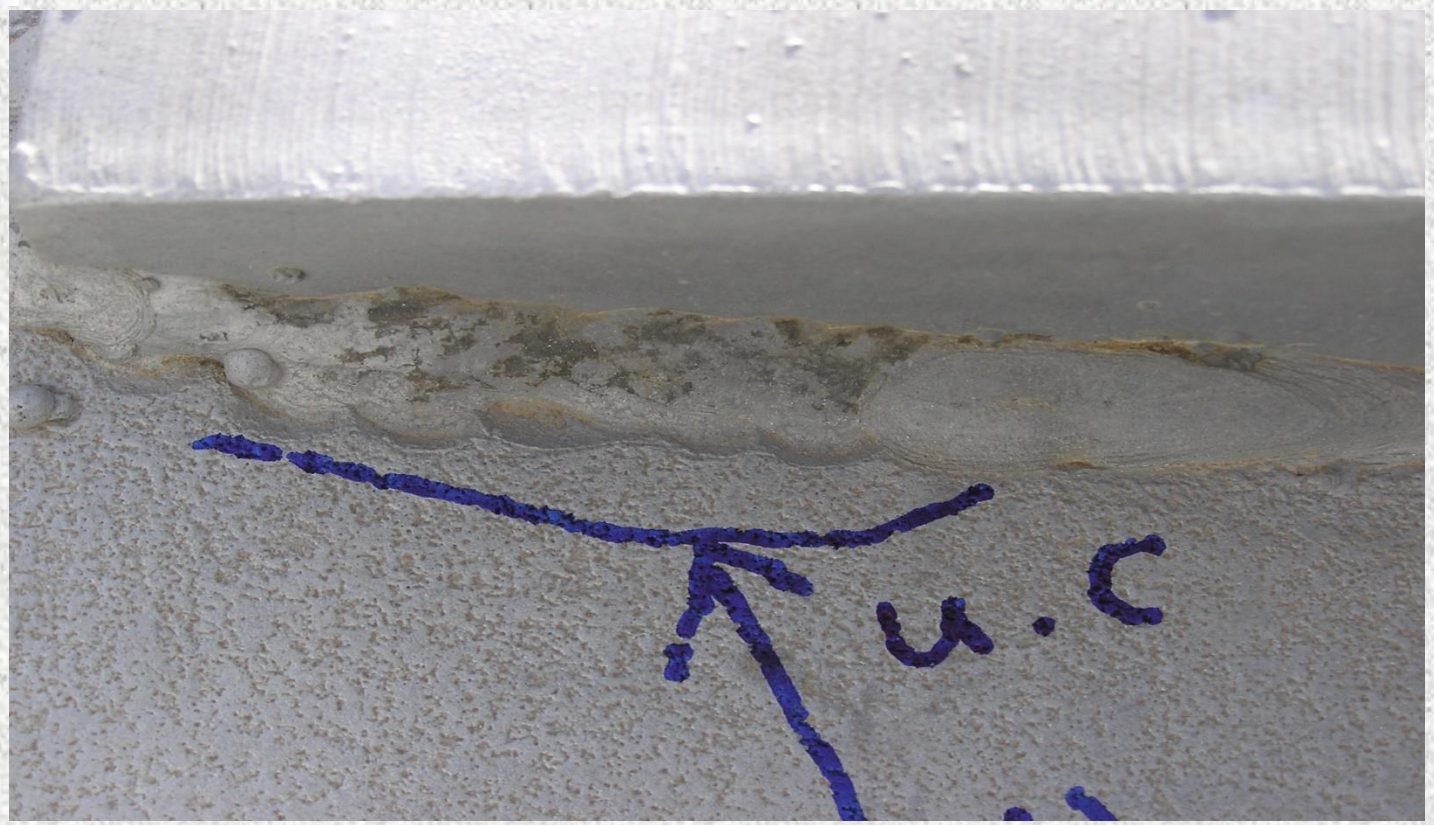




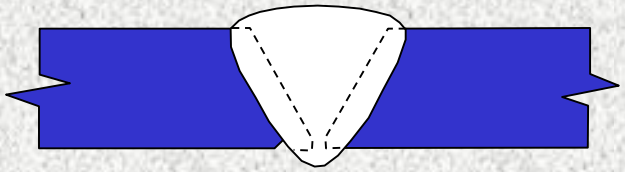
سوختگی لبه جوش(Undercut)

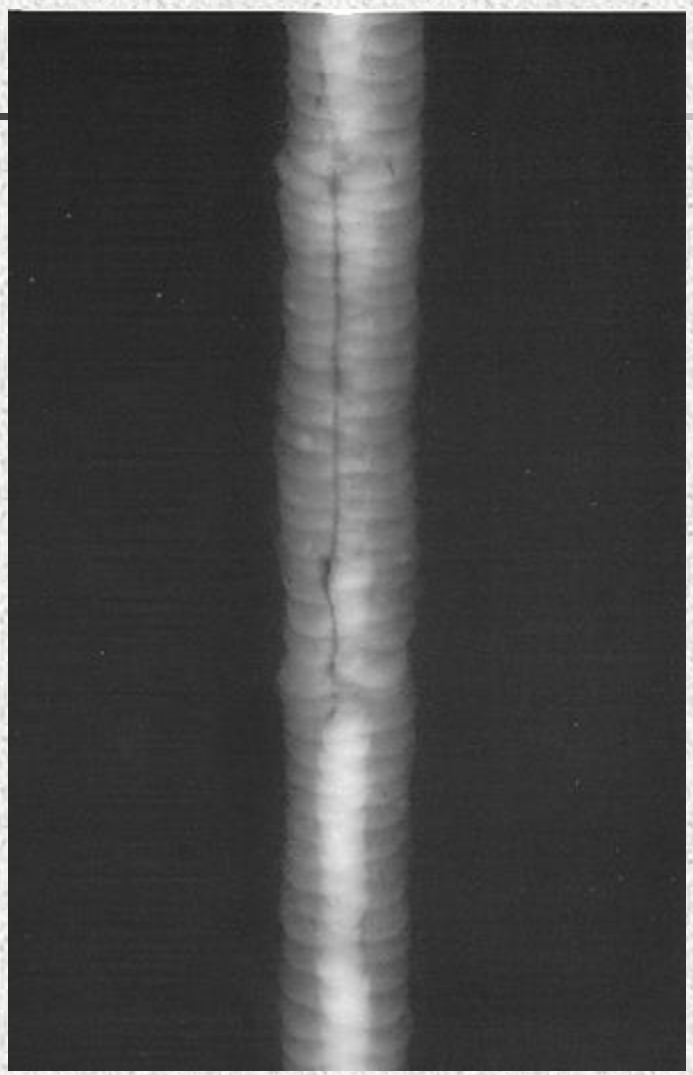
Intermittent Cap Undercut

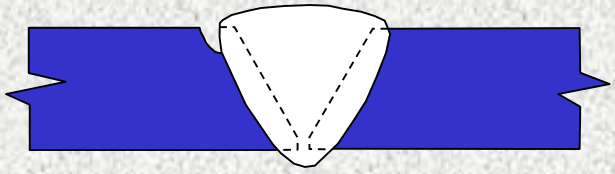
سوختگی لبه جوش(Undercut)

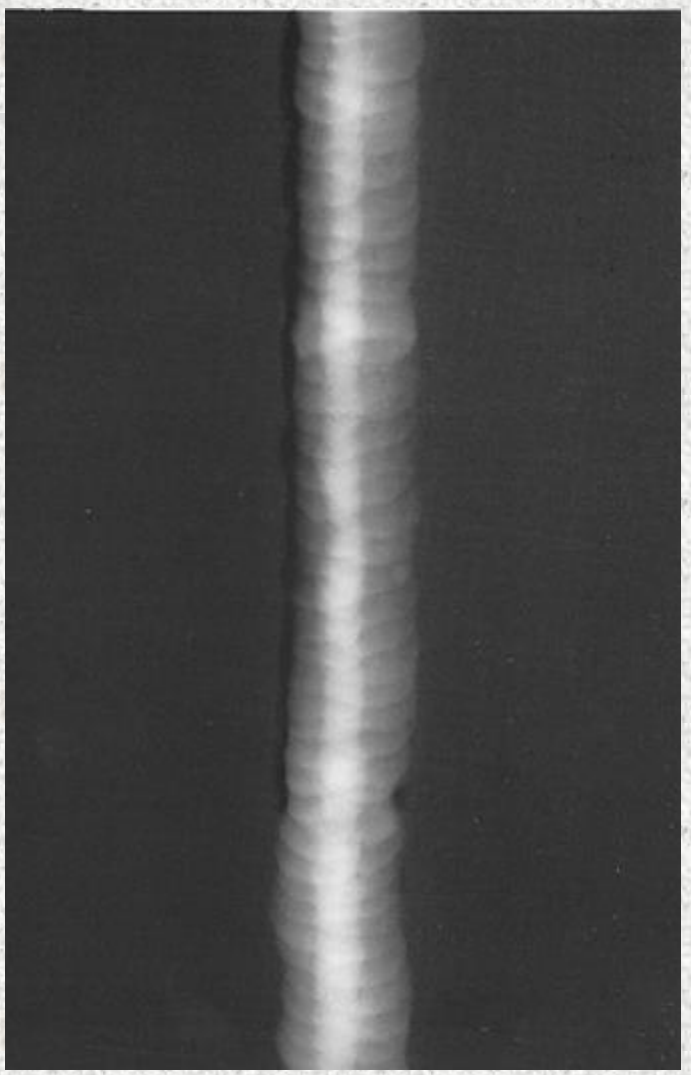


Continues Cap Undercut









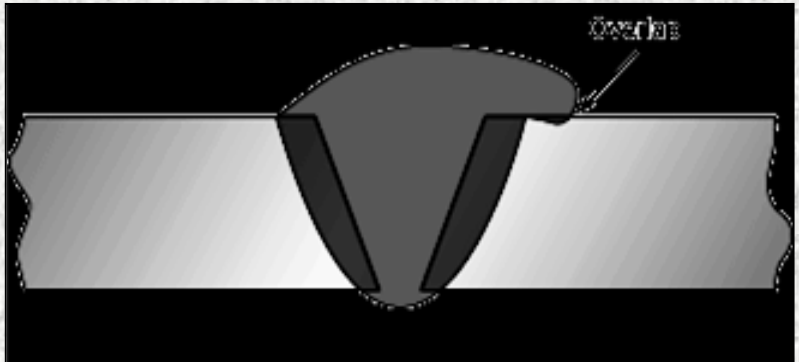
Root undercut

Cap undercut

همپوشانی(Over lap)

پیش آمدگی فلز جوش تا جلوتر از انتهای جوش یا ریشه است.

- علت این امر می تواند کنترل ناکافی فرایند جوشکاری، انتخاب نامناسب مواد جوشکاری، یا آماده سازی نامناسب فلز پایه باشد. معمولاً با وجود اکسیدهای بسیار چسبنده روی فلز پایه که مانع از ذوب فلز گردند، نیز همپوشانی رخ می دهد.
- همپوشانی یک ناپیوستگی سطحی است که یک شکاف مکانیکی ایجاد می کند و تقریبا همیشه مردود تلقی می شود.

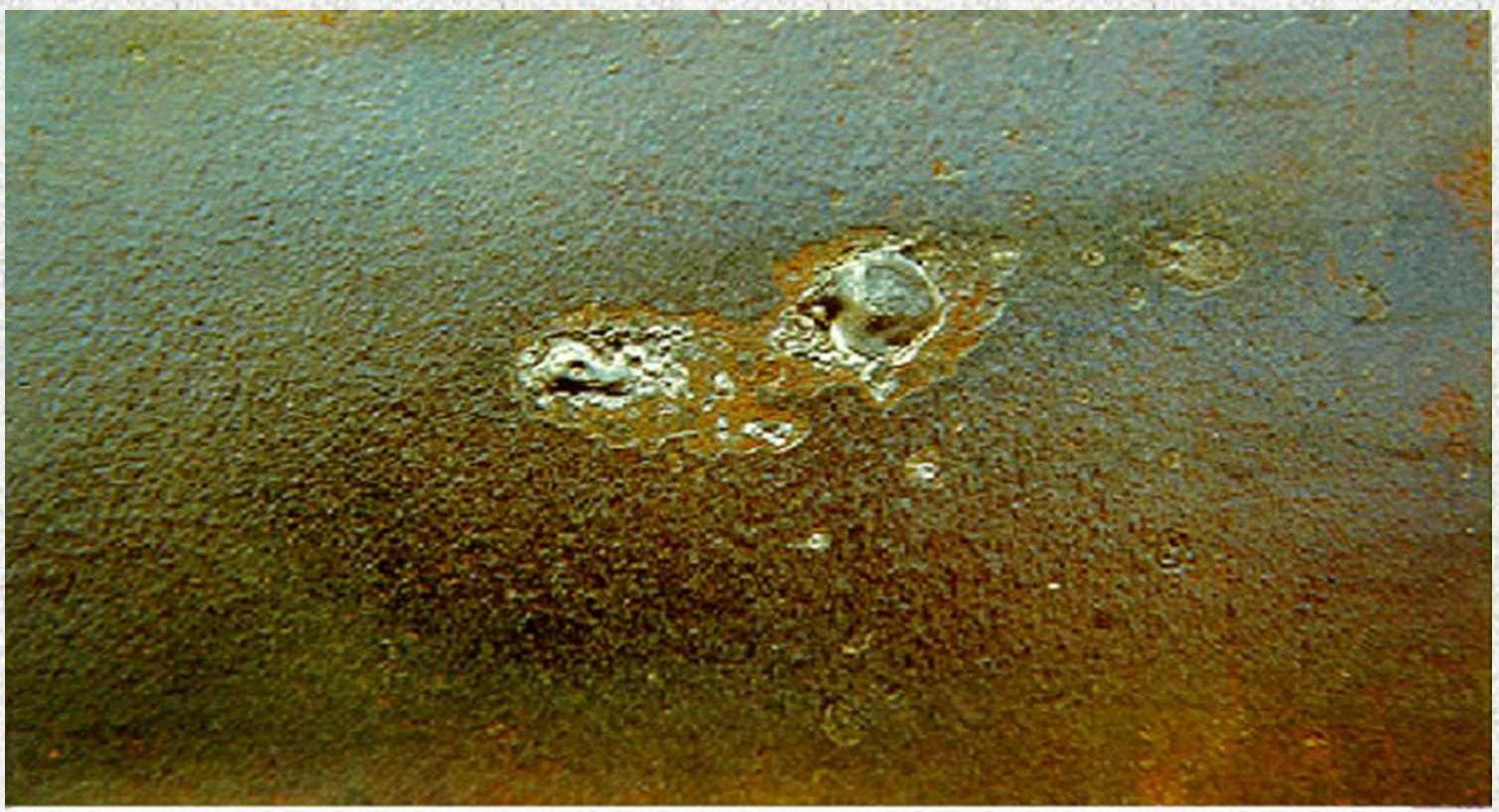


همپوشانی (Over lap)

لکه قوس(Arc strikes)

- از اصابت قوس روی فلزپایه‌ای که به داخل فلز جوش هم‌آمیخته نخواهد شد، باید اجتناب شود. با آغاز قوس ممکن است حجم کوچکی از فلزپایه برای لحظه‌ای ذوب گردد. این امکان وجود دارد که فلز مذاب بر اثر کوئینچ شدن ترک بخورد یا حفرهٔ سطحی کوچکی در فلز منجمد شده شکل بگیرد. این گونه ناپیوستگی‌ها ممکن است منجر به ترک‌خوردگی‌های گسترده در حین سرویس شوند.
- هرگونه ترک یا خدشه‌ای که براثر اصابت قوس ایجاد شود، باید سنگ‌زنی شود تا به حاشیه های صاف و صیقلی برسد و سپس برای حصول اطمینان از سلامت، مورد بازرسی مجدد قرار گیرد.

لکه قوس(Arc strikes)



Arc strike

پاشش (Spatter)

✓ آزمایشات غیر مخرب

- آزمایش مایعات نافذ(PT)

✓ **ماده نافذ(Penetrant)**

ماده ای است بسیار نفوذپذیر و رنگی که به دو صورت معمولی رنگی و رنگی فلورسنت وجود داشته و به سه صورت اسپری، برس و غوطه وری می توان اعمال نمود.

✓ **ماده پاک کننده (Cleaner)**

این ماده هم بعنوان تمیز کننده ماده نافذ و هم‌جهت تمیز کردن قطعه قبل از اعمال ماده نافذ مورد استفاده قرار می گیرد. جنس آن می بایست با ماده نافذ هم خوانی داشته باشد.

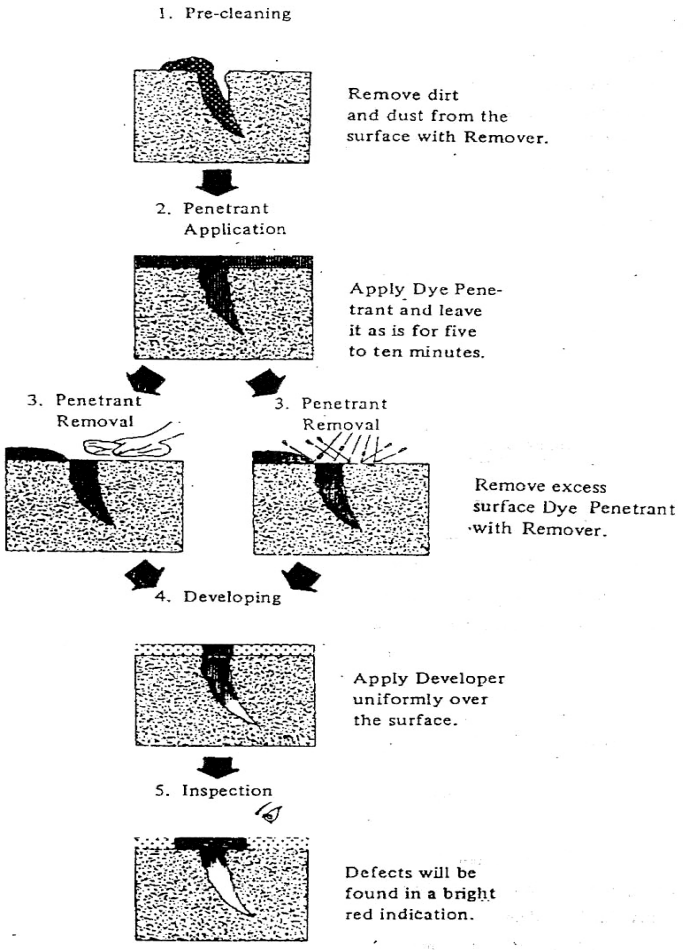
✓ **ماده ظاهر کننده (Developer)**

ماده‌ای است بسیار جاذب با قدرت کششی بالا به دو صورت خشک و محلول در حلال یا معلق مورد استفاده قرار میگیرد.

✓ روش کار

که پس از اطمینان از تمیزی سطح قطعه، ماده نافذ با توجه به شکل و نوع، اعمال می‌گردد .سپس طبق جداول زمانی نسبت به جنس قطعه و ماده نافذ عمل می گردد. در هر حال نبایستی ماده نافذ روی قطعه خشک گردد. پس از زمان لازم با توجه به جنس ماده با استفاده از پاک کننده، سطح قطعه پاک شده فقط در قسمتهایی که دارای عیوب باز به سطح بوده و ماده نافذ در آنها نفوذ نموده است ماده باقی می ماند که با اعمال ماده ظاهر کننده، این ماده جذب ظاهرکننده شده و روی سطح قطعه مشخص خواهد گردید. روش اعمال مواد و زمانهای لازم برای گرفتن نتیجه مطلوب حائز اهمیت می باشد .

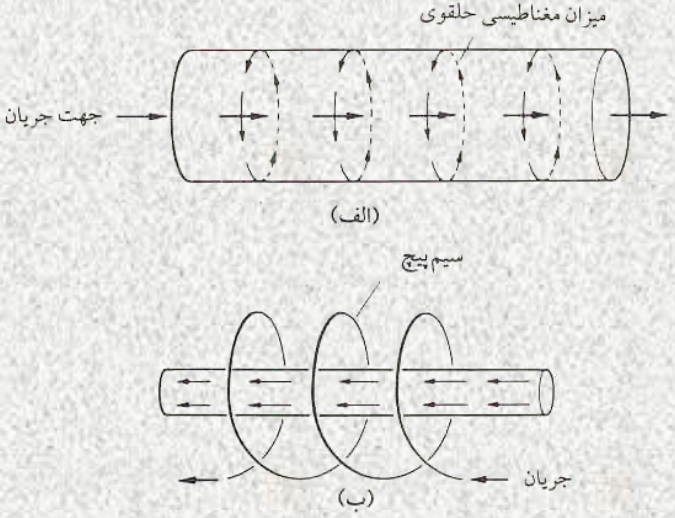
✓ مزایا ومعایب (PT)


1. Pre-cleaning
Remove dirt and dust from the surface with Remover.
2. Penetrant Application
Apply Dye Penetrant and leave it as is for five to ten minutes.
3. Penetrant Removal
3. Penetrant Removal
Remove excess surface Dye Penetrant with Remover.
4. Developing
Apply Developer uniformly over the surface.
5. Inspection
Defects will be found in a bright red indication.

✓ آزمایشات غیر مخرب

- آزمایش مایعات نافذ
- آزمایش ذرات مغناطیسی(MT)

هر قطعه از فلزات فرومانیتیکی را اگر چنانچه به طریقی بتوان در آنها خاصیت مغناطیسی ایجاد کرد میتوان میدان مغناطیسی در آنها بوجود آورد. برای تشخیص جهت میدان از پودر آهن استفاده می‌شود. از این خاصیت استفاده کرده و جهت تشخیص انواع ناهمگونیها از قبیل انواع ترک، ناخالصی ها و خلل‌های گازی که نزدیک به سطح قطعه می باشند از روش ذرات مغناطیسی استفاده می کنند.



✓ ذرات مغناطیسی مورد استفاده

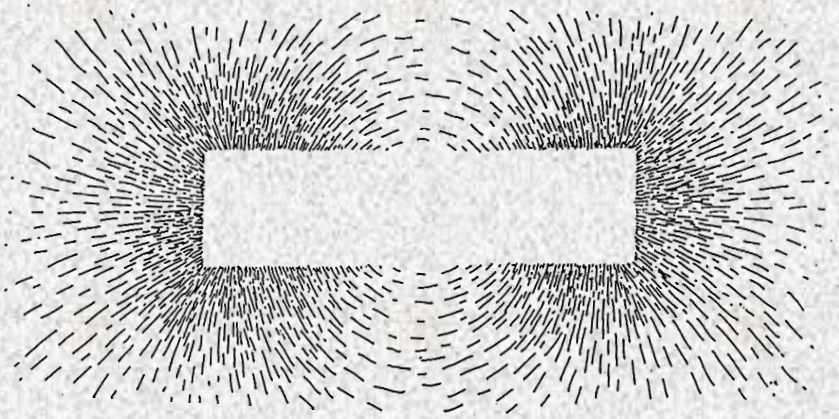
الف) در یکی از روش ها پودر آهن را در مایع فلورسنتی می پاشند و این پودربه صورت معلق در مایع قرار می گیرد که آن را روش تر می گویند.

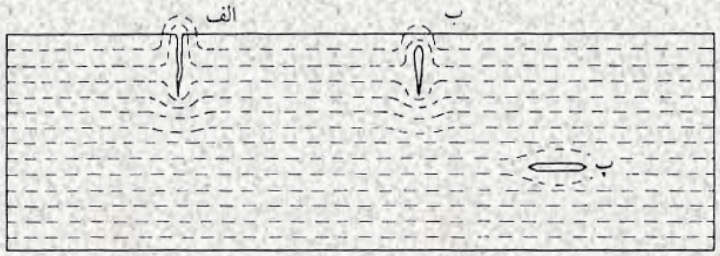
ب) ذرات بسیار ریز آهن را روی قطعه مورد بررسی می پاشند که آن را روش خشک می نامند

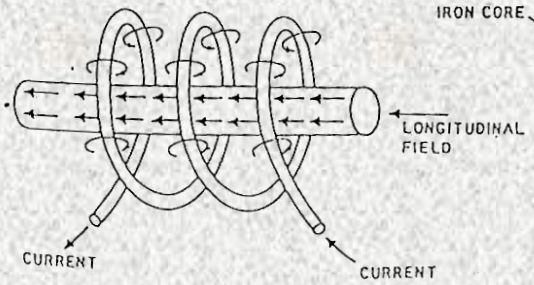
✓ روش کار

مکانیزم عمل هم بدین طریق است که اولاً قطعه مورد بررسی حتماً بایستی دارای خاصیت مغناطیسی باشد و جهت مغناطیسی نمودن قطعه و ایجاد حوزه مغناطیسی مورد نیاز می توان از ۳ نوع جریان برق مستقیم، متناوب و جریات متناوب یکسو کننده استفاده کرد. استفاده از نوع جریان بستگی به چگونگی عیوب و محل عیوب از نظر فاصله آن تا سطح قطعه دارد.

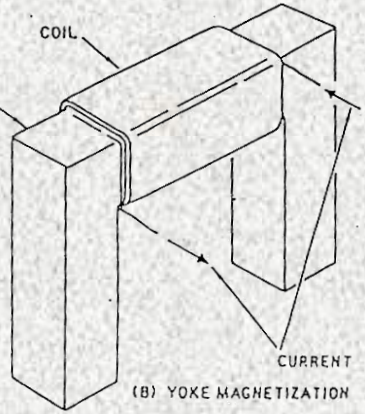
بعد از بوجود آوردن حوزه مغناطیسی در قطعه، مرحله بعد، استفاده از ذرات بسیار ریز و ظریف پودرآهن میباشد. خطوط میدان توسط ذرات آهن پاشیده شده ظاهر می شود. اگر قطعه مورد بررسی بدون هیچ‌گونه ناهمگنی باشد یک سری خطوط کاملاً یکنواخت در دو سر قطعه بوجود می آید و چنانچه در قطعه شکاف، ترک و یا هر نوع ناهمگنی که به سطح قطعه باز شود وجود داشته باشد این ناهمگنی‌ها، تشکیل دو قطبی‌هایی در حوزه مغناطیسی قطعه کرده که باعث تجمع ذرات مغناطیسی در آن محل می شود.







(A) LONGITUDINAL MAGNETIZATION



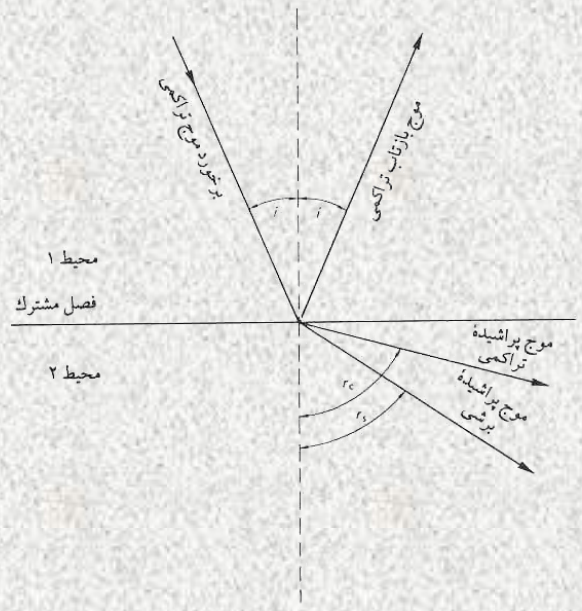
(B) YOKE MAGNETIZATION

✓ آزمایشات غیر مخرب

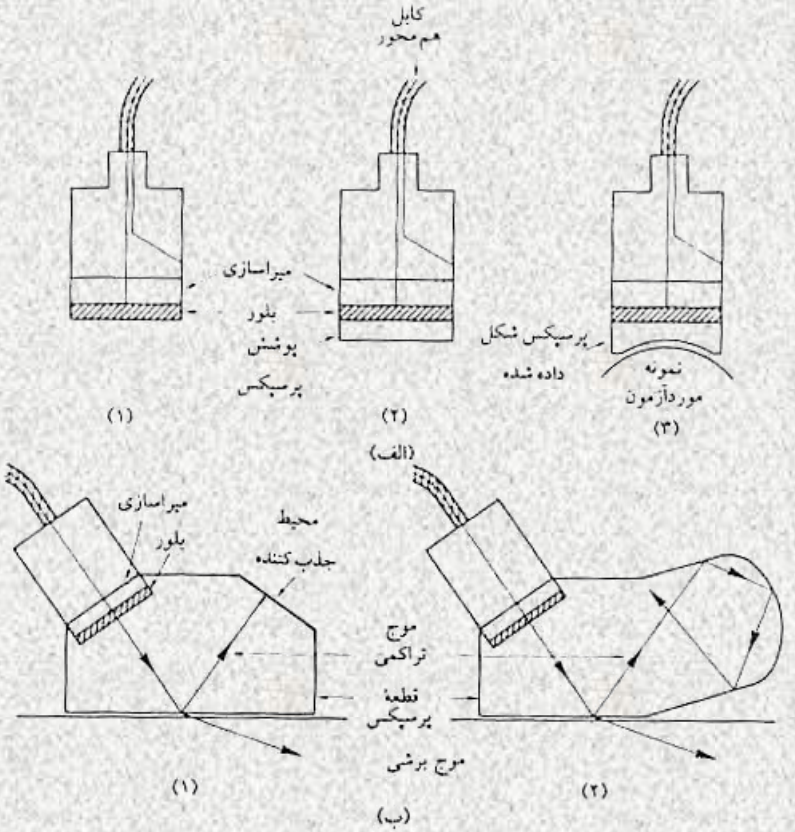
- آزمایش مایعات نافذ(PT)
- آزمایش ذرات مغناطیسی(MT)
- آزمایش فراصوتی(UT)

✓ روش کار

آزمایش فراصوتی توسط موج منتشر شده از یک مبدل (بلور کوارتز)، که مشابه یک موج صوتی ولی با فرکانس بالاتری است، انجام می شود. موجهای فراصوتی از داخل قطعه مورد آزمایش عبور داده می شوند و باهرگونه تغییر در تراکم داخلی قطعه، منعکس می شوند. این موجها توسط یک مبدل (بلور کوارتز که تحت جریان متناوب قرار دارد) که به یک واحد جستجوگر متصل شده، تولید می شوند. امواج منعکس شده(پژواک) بصورت برجستگیهایی نسبت به خط مبناء برروی صفحه نمایش دستگاه ظاهر می شوند. هنگامی که واحد جستجوگر به جسم مورد نظر متصل می شود، دو نوع پژواک بر روی صفحه نمایش ظاهر می شود. ضربان اول، انعکاس صدا از سطح رویی جسم که در تماس با دستگاه است، می باشد و ضربان دوم مربوط به انعکاس موج از سطح مقابل است. فاصله بین این دو ضربان با دقت کالیبره می شود. این الگو نشان می دهد که قطعه در شرایط مناسبی از نظر معایب و نواقص داخلی قرار دارد. هنگامیکه یک عیب یا ترک داخلی توسط واحد جستجو پیدا شود، تولید ضربان سوم می کند که بین ضربان اول و دوم بر روی صفحه نمایش ثبت می شود. بنابراین مشخص می شود که محل این عیب بین سطوح بالا و پایین قطعه (در داخل جسم قطعه) می باشد. فاصله میان ضربانها و ارتفاع نسبی آنها محل و میزان شدت عیب مشخص می کند.



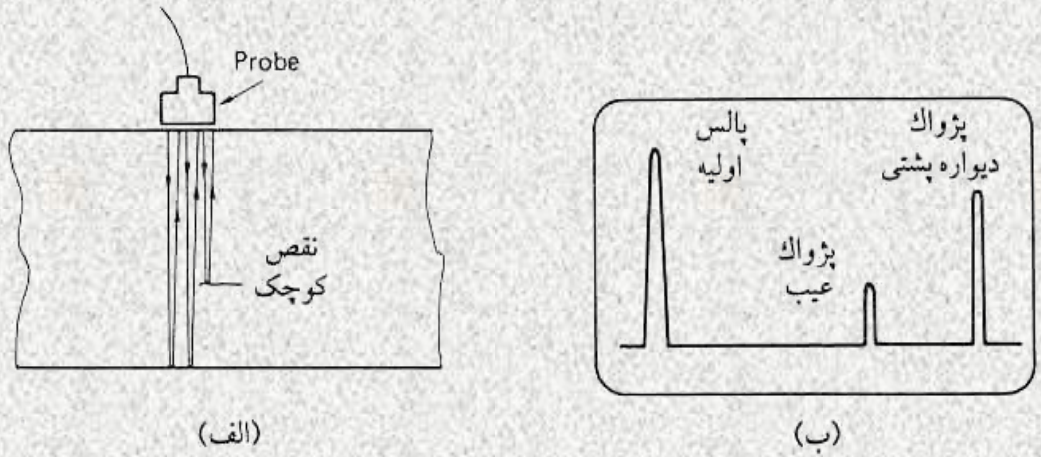
بازتاب و پراش موج در فصل مشترک دو محیط



ساختمان کاوشگر

(الف) کاوشگرهای عمودی: ۱) بدرن پوشش ، ۲)با پوشش ، ۳) کاوشگر عمودی برای سطوح انحنادار،

(ب) کاوشگر مایل : (۱) با جذب کننده صوتی، (۲) شکل داده شده برای حذف امواج بازتاب .



غایش تصویری روبشی «A»

الف) بازتابهایی که از دیواره مشتی و یک نقص به دست آمده اند

(ب) نمایش تصویری روبشی «A»

✓ مزایای روش فراصوتی

توانایی شناسایی عیوب از سطح تا عمق ریشه شیار

قابلیت انتقال آسان

دقت کار بالا

توانایی شناسایی نوع، ابعاد وموقعیت عیوب

✓ معایب روش فراصوتی

گرانی تجهیزات

بستگی به مهارت اوپراتور و نیازآموزشهای خاص

حساسیت به تمیزی و صافی سطوح

✓ آزمایشات غیر مخرب

- آزمایش مایعات نافذ(PT)
- آزمایش ذرات مغناطیسی(MT)
- آزمایش فراصوتی(UT)
- پروتو نگاری(RT)

پرتوهای الکترومغناطیسی با طول موجهای خیلی کوتاه اشعه ایکس یا اشعه گاما ازمواد جامد می گذرند و تنها بخشی ازآنها توسط محیط جذب می شود.

آشنایی با اصول انتخاب الکترود بر مبنای جنس فلز پایه و قطعه کار

اصول حاکم بر انتخاب الکترود

۱- جوش حاصل از الکترود باید از نظر مقدار ونوع عناصر، حداقل با فلز پایه برابری کند.
۲- به غیر از الکترودهای سخت پوشی کربن الکترود باید از ۱۵/۰ ٪ وزنی کمتر باشد.
۳- برای فلزات با کربن معادل بالای ۳۵/۰ فقط مجاز به استفاده از الکترودهای قلیایی هستیم.

طبقه بندی الکترودهای جوشکاری فولادها

طبق AWS-A5.1

رقم	نوع روپوش	نوع برق
۰	سلولز، سدیم – اکسید آهن	+ = یا ~
۱	سلولز – پتاسیم	+ = یا ~
۲	تیتان – سدیم	+ = یا ~
۳	تیتان – پتاسیم	= یا ~
٤	پودر آهن – تیتان	= یا ~
۵	کم هیدروژن – سدیم	= +
۶	کم هیدروژن - پتاسیم	+ = یا ~
۷	پودر آهن – اکسید آهن	= یا ~
۸	پودر آهن – کم هیدروژن	+ = یا ~

Permissible Atmospheric Exposure of Low-Hydrogen Electrodes

Electrode	Column A (hours)	Column B (hours)
A5.1		
E70XX	4 max	
E70XXR	9 max	Over 4 to 10 max
E70XXHZR	9 max	
E7018M	9 max	
A5.5		
E70XX-X	4 max	Over 4 to 10 max
E80XX-X	2 max	Over 2 to 10 max
E90XX-X	1 max	Over 1 to 5 max
E100XX-X	1/2 max	Over 1/2 to 4 max
E110XX-X	1/2 max	Over 1/2 to 4 max

Notes:

1. Column A: Electrodes exposed to atmosphere for longer periods than shown shall be redried before use.
2. Column B: Electrodes exposed to atmosphere for longer periods than those established by testing shall be redried before use.
3. Entire table: Electrodes shall be issued and held in quivers, or other small open containers. Heated containers are not mandatory.
4. The optional supplemental designator, R, designates a low-hydrogen electrode which has been tested for covering moisture content after exposure to a moist environment for 9 hours and has met the maximum level permitted in ANSI/AWS A5.1-91, *Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding.*

شناسایی سیم جوش GMAW
(طبق AWS-A5.18)

سیم جوش مورد استفاده در این فرآیند جوشکاری از نوع مفتول توپر بوده که بصورت قرقره ای با قطرهای مختلف(معمولا ۱,۲میلیمتر یا۱,۶میلیمتر برای جوشکاری اسکلت های فلزی) ارائه می گردد.

مثال:

ER70S-6

E=سیم جوش برای جوشکاری با قوس الکتریکی

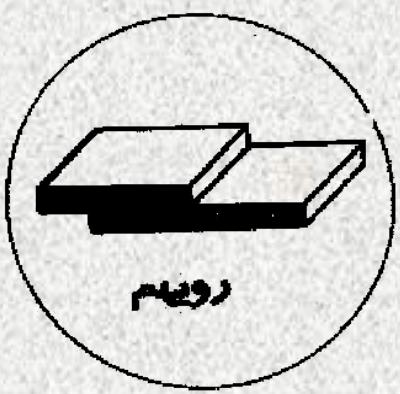
R=سیم جوش مفتولی یاROD(بصورت قرقره ای)

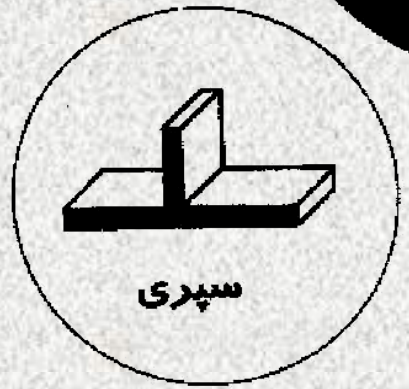
70=مقاومت کششی جوش یعنی۷۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع

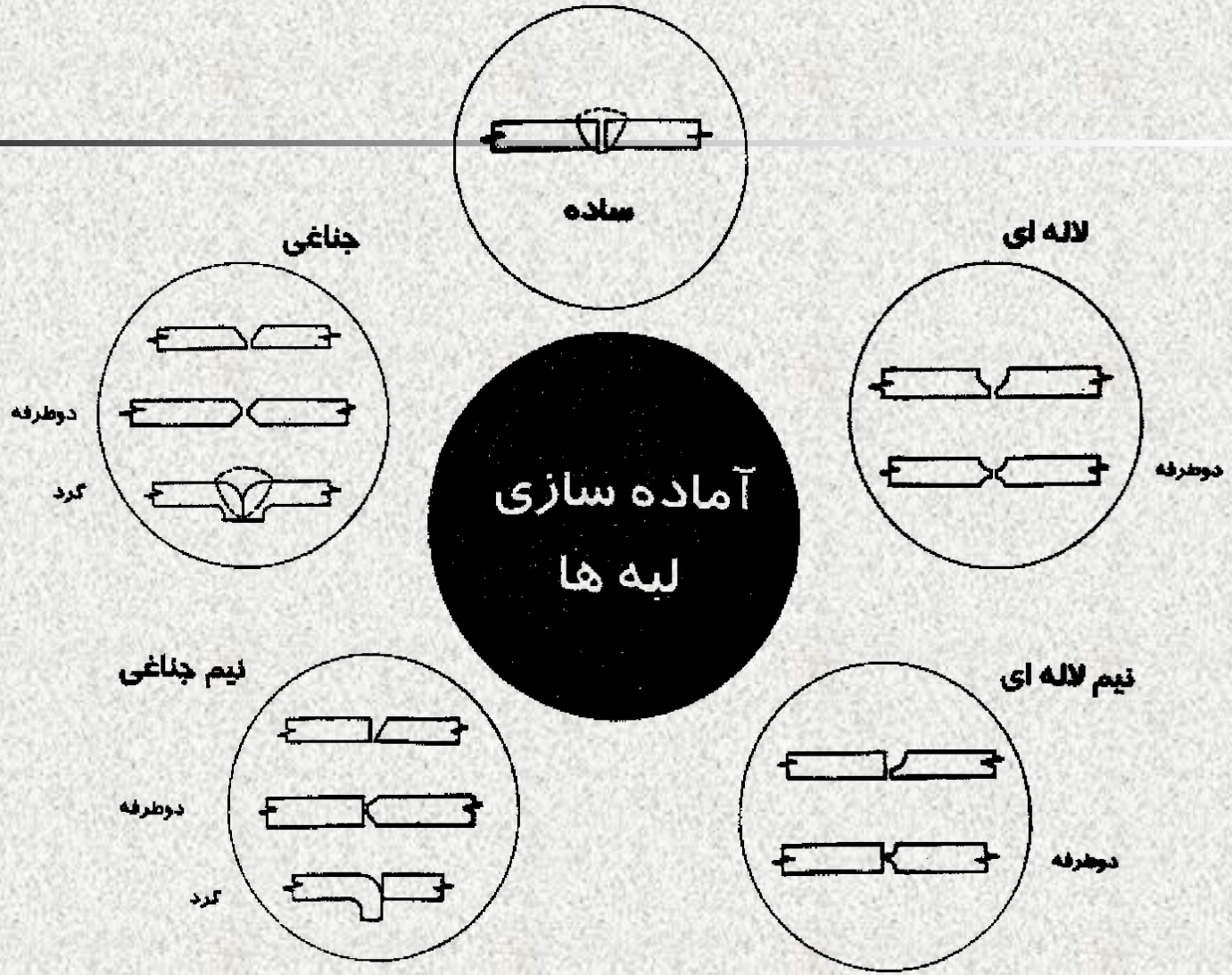
S=سیم جوش توپر(SOLID)

6=معرف آنالیز شیمیایی سیم جوش(این رقم می تواند۲،۳، ۴، ۵، ۶، ۷یاG باشد.

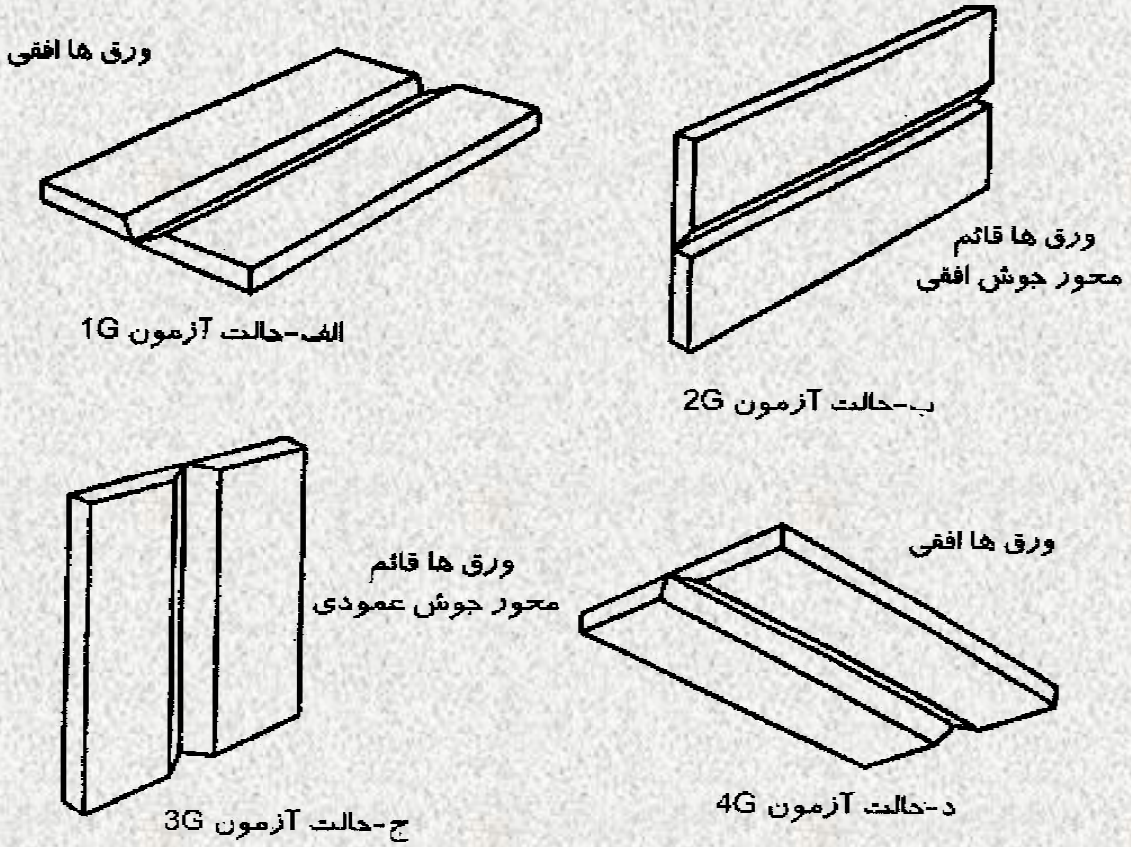
انواع اتصال



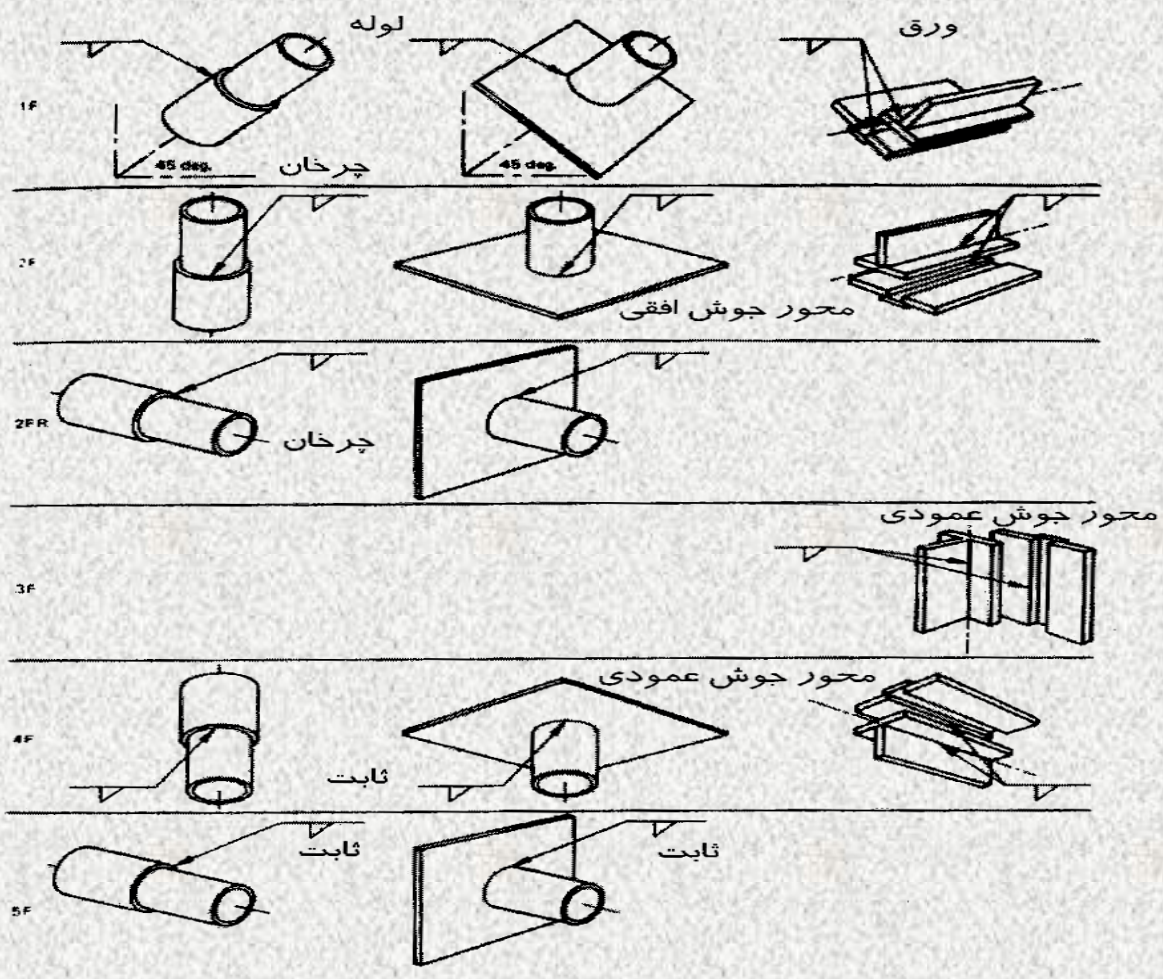



آماده سازی
لبه ها
ساده
جناغی
دوطرفه
گرد
لاله ای
دوطرفه
نیم جناغی
دوطرفه
گرد
نیم لاله ای
دوطرفه

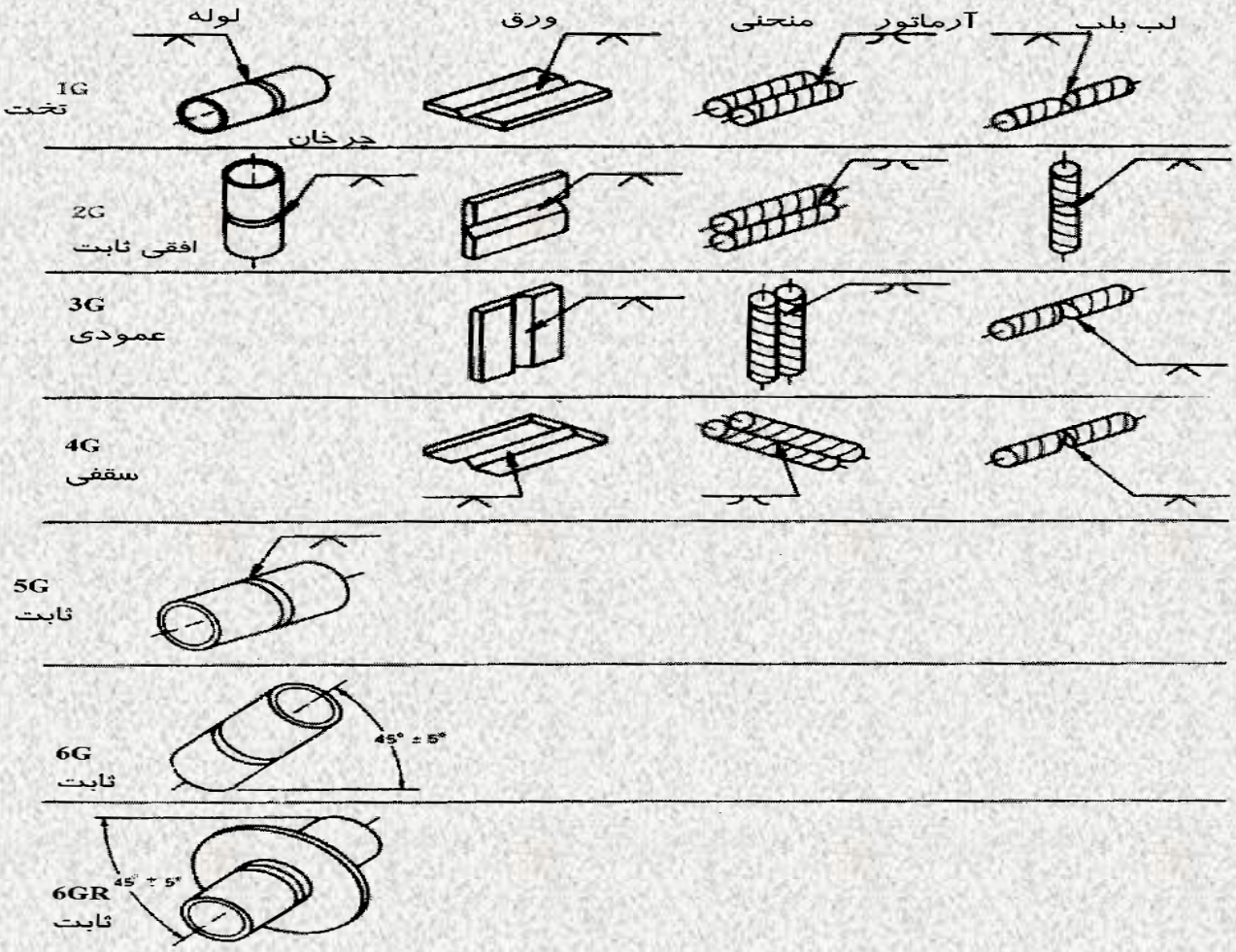
حالتهای جوشهای شیاری



حالتهای جوشهای گوشه ای



حالتهای استاندارد آزمون جوش شیاری



پایان

با تشکر از توجه شما