دوره بازرسی جوش

حسین حق سیرت

تاریخ شروع: 1396/07/11

ما حسینیم

مقدمه
ضرورت بازرسی

- در ماده یا قطعه در حین ساخت، انواع نقصها با اندازه های متفاوت ممکن است به وجود آید که ماهیت و اندازه دقیق این نقص، کارکرد آتی قطعه را تحت تاثیر قرار می دهد. نقصهای دیگری مانند ترکهای ناشی از خستگی یا خوردگی، در حین کار با ماده نیز ممکن است به وجود آید. بنابراین برای آشکارسازی نقصها در **مرحله** ساخت و همچنین برای آشکارسازی و مشاهده آهنگ رشد آنها در حین عمر کاری هر قطعه یا مجموعه باید وسایل قابل اعتمادی در اختیار داشت.

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:

1. در روش های DT پس از اعمال آزمایش، قطعه کارایی خود را از دست می دهد
2. 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.
3. در روش های DT نیاز به تهیه نمونه استاندارد وجود دارد که برای آزمایش های مختلف متفاوت است.

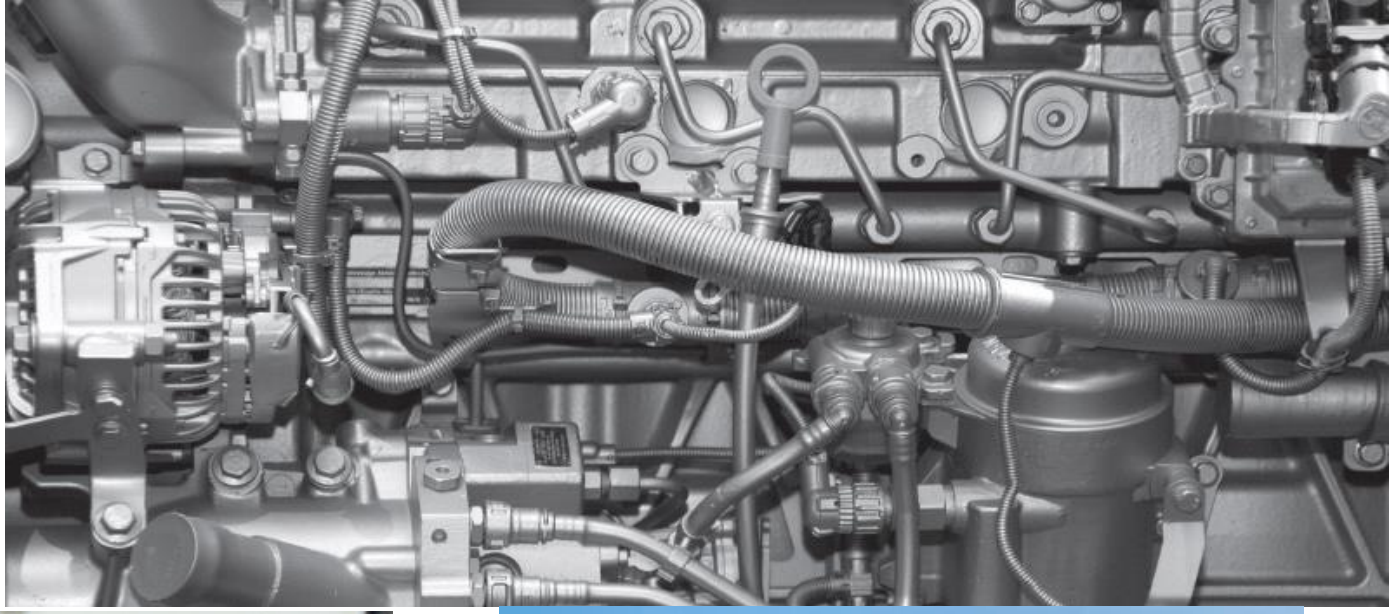
تفاوتهای DT و NDT:

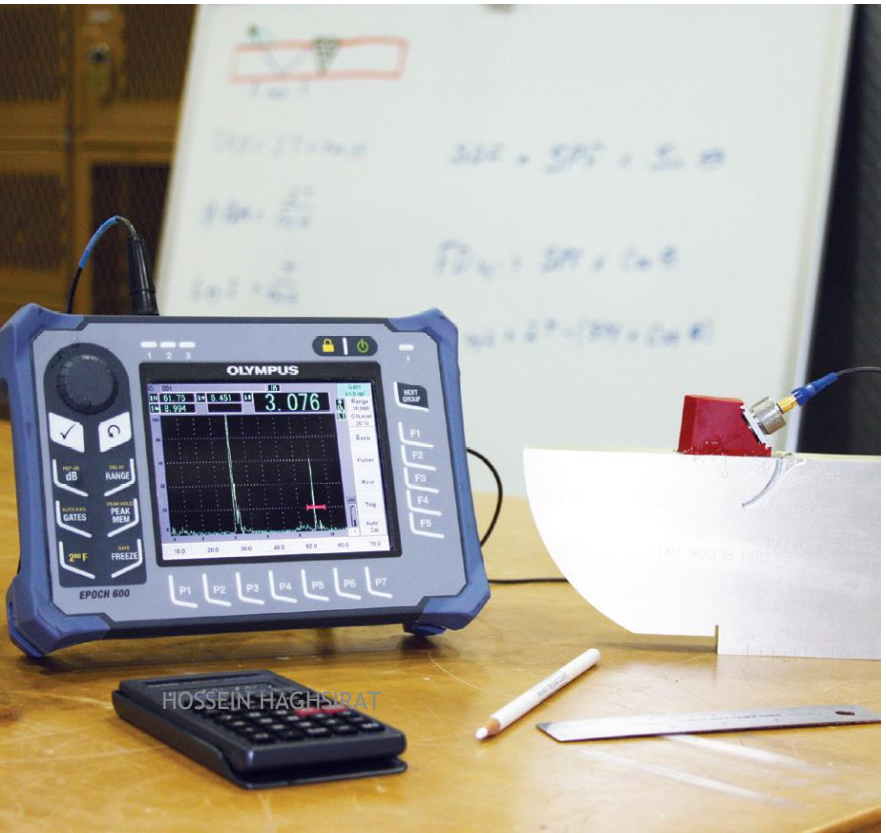
- **آزمایشهای DT و NDT در عرض یکدیگر قرار ندارند و انجام یک تست باعث بی نیازی از تست دیگر نمی شود.**

صنایع مرتبط با روش های بازرسی

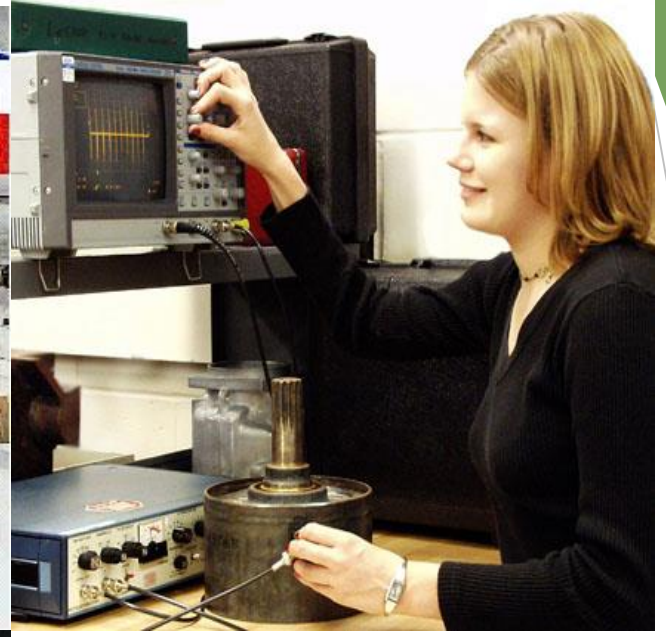
1- نفت و گاز و پتروشیمی
2- راه و ساختمان و پل سازی
3- هسته ای
4- خودروسازی
5- فولاد ریزی
6- مخازن تحت فشار
7- پمپ سازی
.
.
.

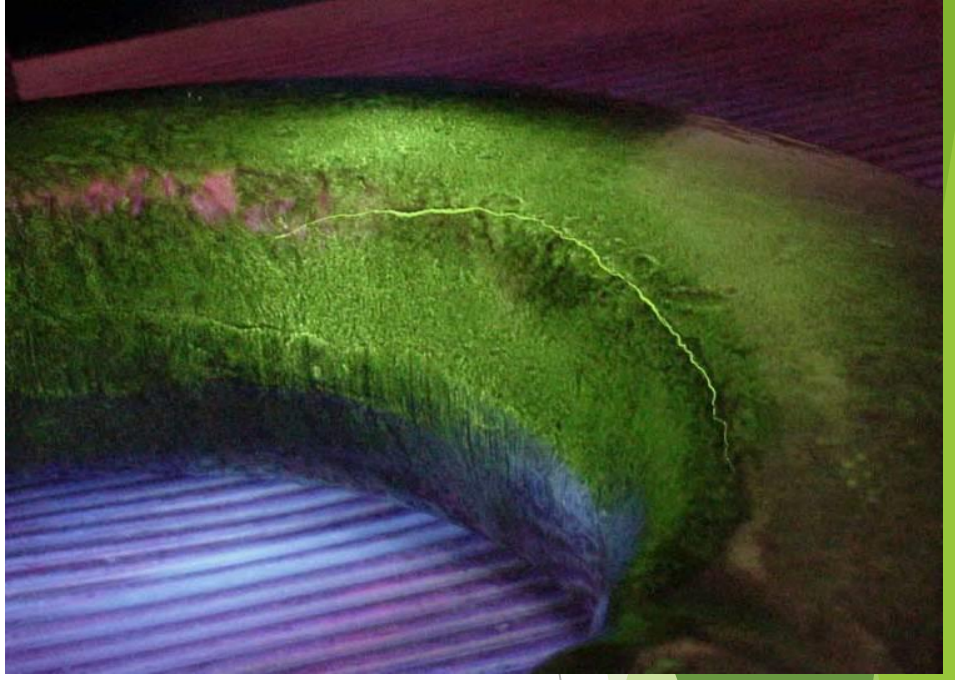
به صورت کلی تمام صنایع مرتبط با ساخت و ریخته گری




OLYMPUS
EPOCH 600

2
3
1





NK-400

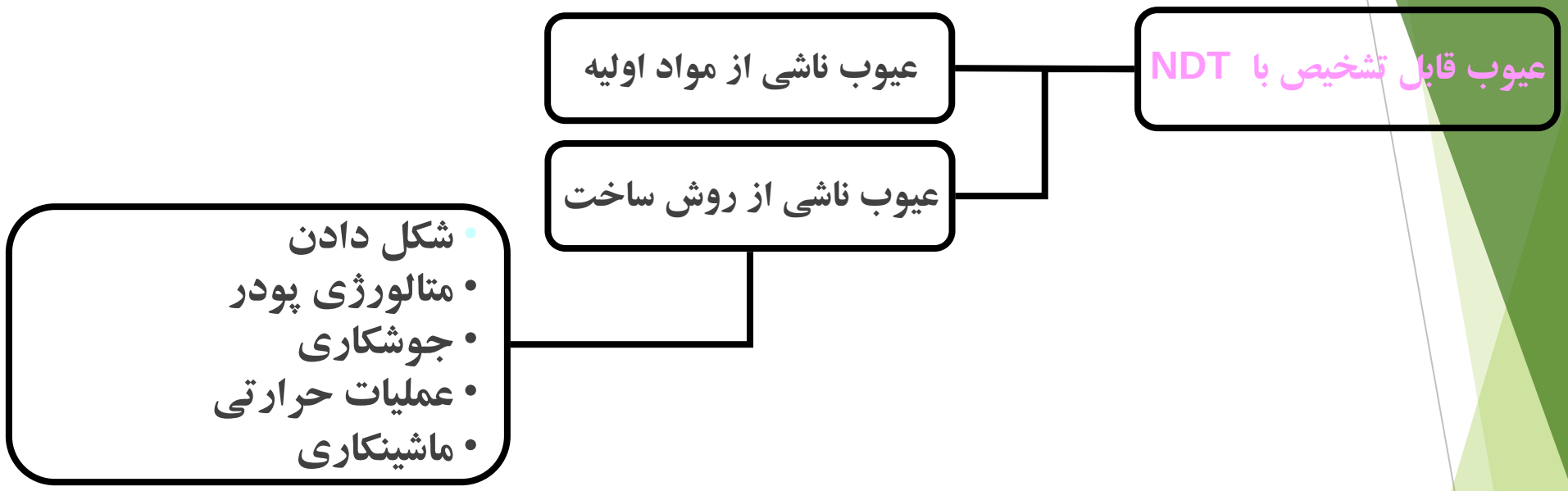
KATO

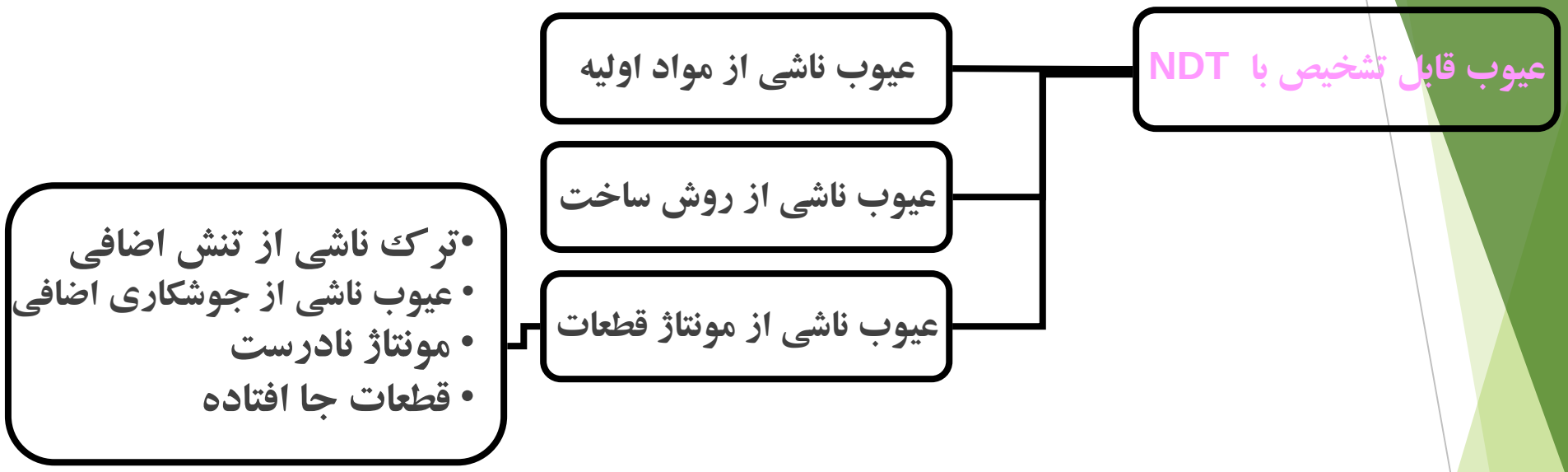
KATO
KATO

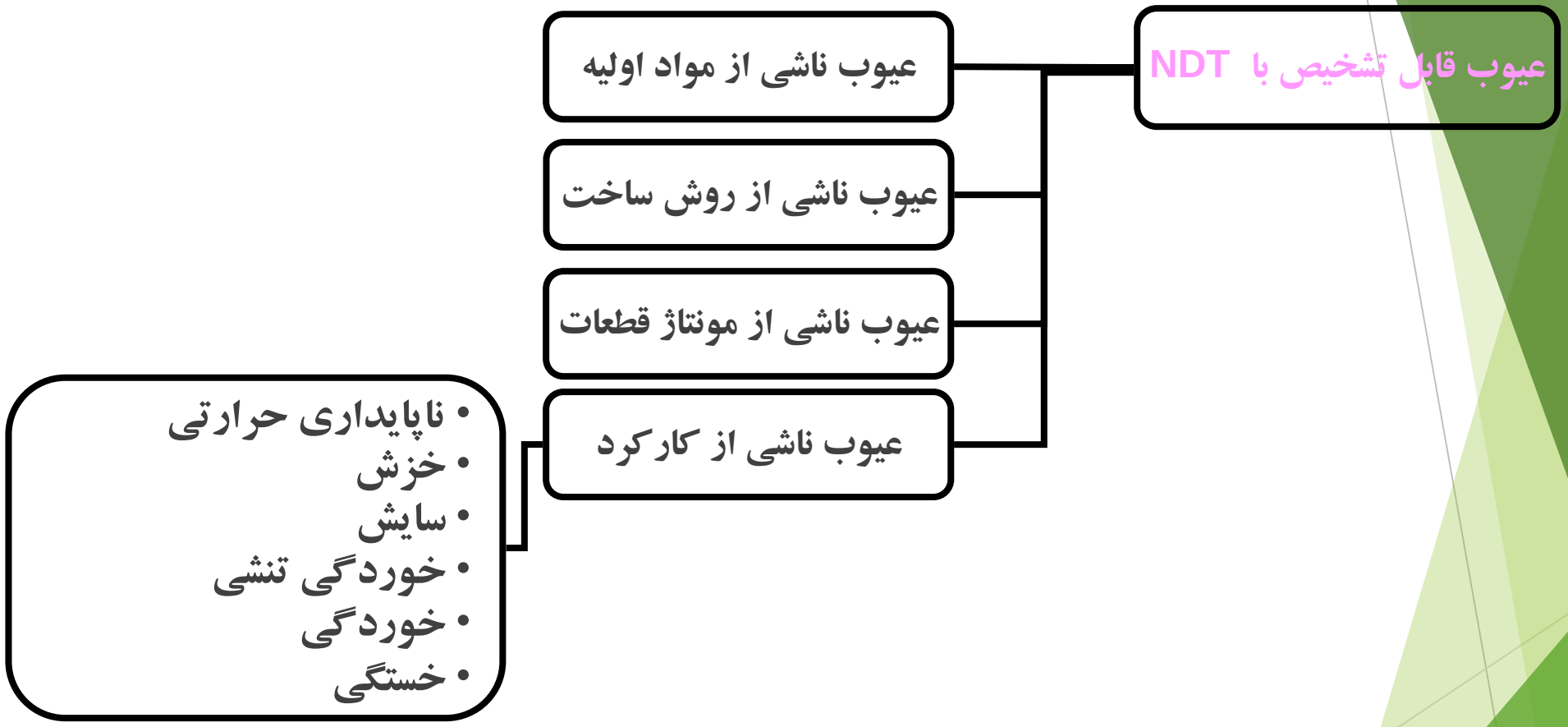
عیوب قابل تشخیص با NDT

عیوب ناشی از مواد اولیه

- جدایش
- ناخالصی
- آخالهای سرباره
- تخلخل های گازی
- تخلخل های انقباضی


عیوب قابل تشخیص با NDT
عیوب ناشی از مواد اولیه
عیوب ناشی از روش ساخت
شکل دادن
متالورژی پودر
جوشکاری
عملیات حرارتی
ماشینکاری


عیوب قابل تشخیص با NDT
عیوب ناشی از مواد اولیه
عیوب ناشی از روش ساخت
عیوب ناشی از مونتاژ قطعات
•ترک ناشی از تنش اضافی
• عیوب ناشی از جوشکاری اضافی
• مونتاژ نادرست
• قطعات جا افتاده


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

المان های بازرسی غیر مخرب

1. منبع انرژی
2. یک قطعه کار متناسب با منبع انرژی
3. قطعه آزمون برای اندازه گیری تفاوت ها
4. وسیله ای برای نشان دادن و ثبت نتایج آزمون
5. اپراتور آموزش دیده
6. دستور العمل برای انجام تست
7. سیستم گزارش نتایج

مراحل NDT

مرحله اول: استفاده از یک خاصیت فیزیکی جسم و محیط تست

مرحله دوم: تغییر در خاصیت فوق به دلیل وجود عیب

مرحله سوم: آشکار سازی تغییر ایجاد شده به کمک یک آشکارساز مناسب

مرحله چهارم: تبدیل تغییر آشکار شده به نحوی که قابل تفسیر باشد

مرحله پنجم: تفسیر نتایج

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.

روش های متداول NDT

1. بررسی چشمی (VT) Visual Test
2. بازرسی با مایعات نافذ (PT) Liquid Penetranat Test
3. بازرسی با ذرات مغناطیسی (MT) Magnetic Particle Test
4. رادیوگرافی (RT) Radiographic Test
5. بازرسی با جریان گردابی (ET) Eddy Current Test
6. بازرسی با امواج اولتراسونیک (UT) Ultrasonic Test
7. بازرسی با انتشار امواج صوتی (AET) Acoustic Emission Test

بازرسی چشمی
VISUAL TESTING

معرفی روش

- بازرسی چشمی متداول ترین روش بازرسی غیرمخرب است که برای ارزیابی کیفیت قطعه جوش مورد استفاده قرار می گیرد.
- ***مزایا:***

انجام ساده

هزینه نسبتاً پائین

نیاز به تجهیزات خاصی ندارد.

اطلاعات مهمی در مورد تطابق با مشخصات مورد نظر بدست می دهد.

بینائی خوب بازرس از ملزومات مهم این روش است.

معرفی روش

اطلاعات بدست آمده بعد از تکمیل بازرسی:

1. نفوذ و ذوب به صورت کامل بین فلز پایه و فلز جوش
2. وجود یا عدم وجود سوختگی کناره جوش در امتداد مرز جوش و فلز پایه
3. نفوذ مناسب در ریشه
4. حالت گرده جوش (تقعر یا تحدب)
5. ابعاد صحیح جوش
6. ظاهر جوش
7. عیوب سطحی قابل تشخیص

دستورالعمل های اولیه

1. تامین نور کافی در سطح قطعه
2. تمیز کردن سطح قطعه از آلودگی ها مانند محصولات خوردگی و ...
3. مشخص نمودن عیوب احتمالی و مناطق بحرانی
4. انجام بازرسی با چشم مسلح یا غیر مسلح

تجهیزات

چشم:

1. قدرت دید و مشاهده عالی ⟵ با ارزش ترین ابزار بازرسی NDT
2. بیشترین حساسیت چشم در نور زرد مایل به سبز با طول موج ۵۵۶۰ آنگستروم
3. نور مناسب جهت بازرسی : ۸۰۰-۱۰۰۰ Lux
4. حداکثر زمان مجاز جهت بازرسی پیوسته : ۲ ساعت

تجهیزات

وسائل کمکی چشمی و انواع گیج ها گاهی برای تسهیل تشخیص عیوب و اندازه گیری ابعاد جوش یا عیوب موجود در جوش مورد استفاده قرار می گیرند.

بازرسی قطعات جوش معمولا شامل ارزیابی کمی و کیفی اتصال می شود. ابزارهای استاندارد متعددی جهت :

- اندازه گیری هندسهٔ اتصال و مونتاژ،
- ابعاد جوش و پیش آمدگی،
- انحراف، و
- عمق Undercut

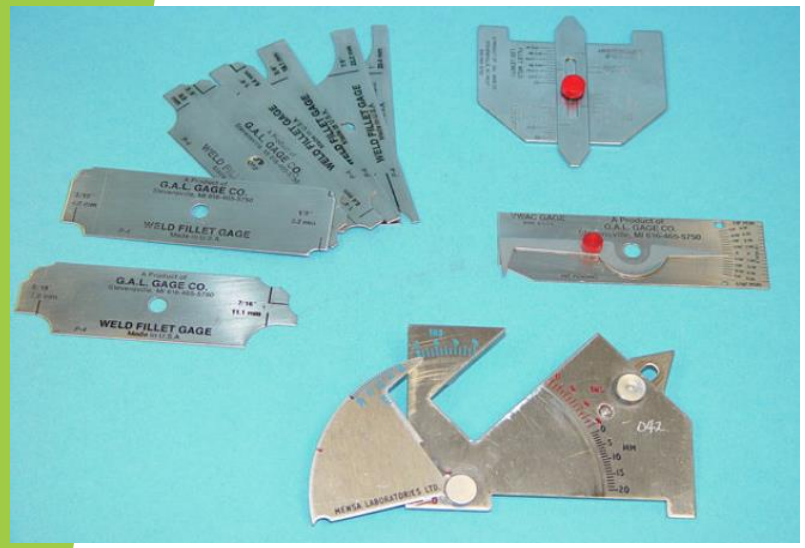
مورد استفاده قرار می گیرند.

تجهیزات

در برخی شرایط گیج های مخصوصی جهت اطمینان از حصول شرایط مورد نظر مورد نیاز است.

شناساگرهایی مانند پیرومترهای تماسی و گچ های حرارتی باید جهت اطمینان از دمای پیش گرم مناسب و دمای بین پاسی مناسب مورد استفاده قرار گیرند.

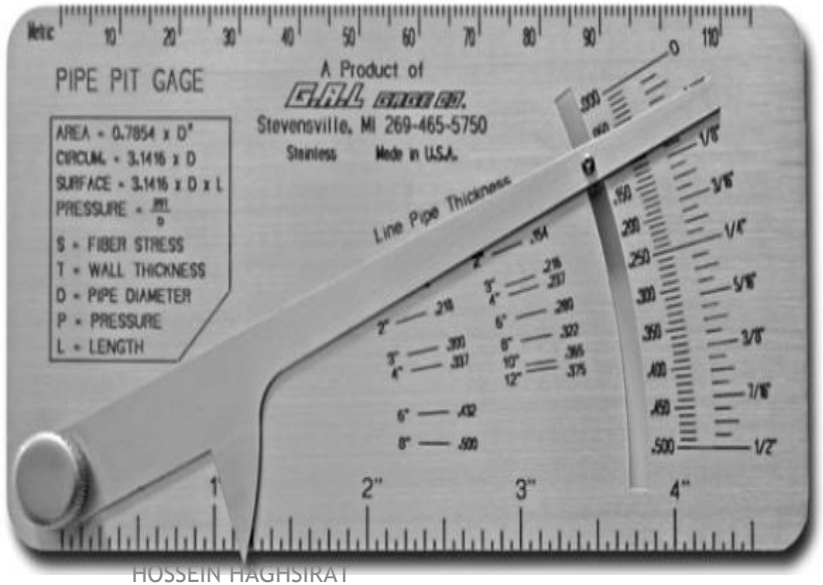
جهت استفادهٔ مناسب از ابزارهای کمکی چشمی و گیج ها باید بازرس تحت آموزش درست قرار گیرد.

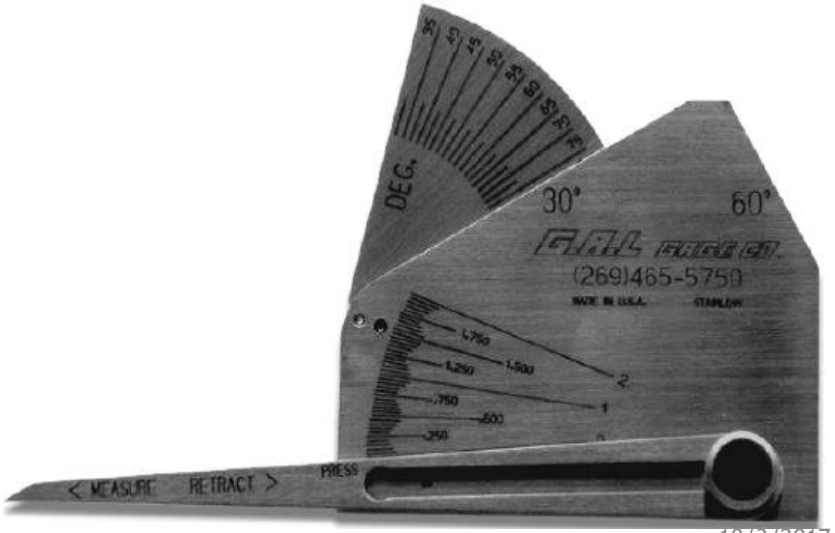

G.A.L GAGE CO.
WELD FILLET GAGE

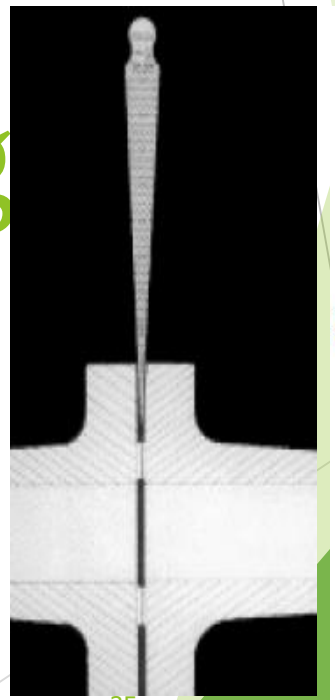
Adjustable Fillet Weld Gage
G.A.L GAGE CO.
Stevensville, MI 49127
269-465-5750
THROAT SET
DECIMAL 1.00 .750 .500 .250 0
.875 .625 .375 .125
1/2
3/8
1/4
1/8
1/32
Made in U.S.A.
Stainless
Patented

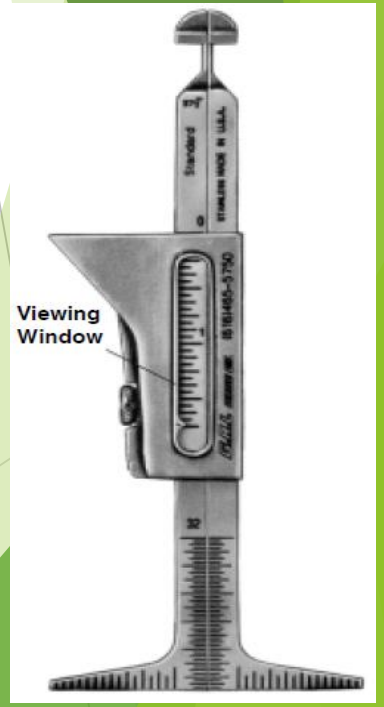
HI-LO GAGES GAP-A-LET RING
FILLET WELD GAGES
G.A.L. GAGE CO.
Stevensville, MI 49127 269-465-5750
A Product of
G.A.L GAGE CO.
Stevensville MI. 269-465-5750
WELD FILLET GAGE
Stainless
Made in U.S.A.
1/4"
.2500
6.4mm
1"
1.000
25.4mm

Welding Gag


PIPE PIT GAGE
A Product of
G.A.L GAGE CO.
Stevensville, MI 269-465-5750
Stainless
Made in U.S.A.
AREA = 0.7854 x D²
CIRCUM. = 3.1416 x D
SURFACE = 3.1416 x D x L
PRESSURE = 2SL/D
S = FIBER STRESS
T = WALL THICKNESS
D = PIPE DIAMETER
P = PRESSURE
L = LENGTH
Line Pipe Thickness
1"
2"
3"
4"


DEG.
30°
60°
G.A.L GAGE CO.
(269)465-5750
MADE IN U.S.A.
STAINLESS
< MEASURE RETRACT >
PRESS




Viewing
Window

تجهیزات

کاربردهای گیج های جوشکاری

۱- کنترل ابعادی قطعات و اتصالات مورد جوشکاری آماده شده

۲- کنترل سطوح پخ خورده از نظر زاویه سطح شیب دار پخ خورده

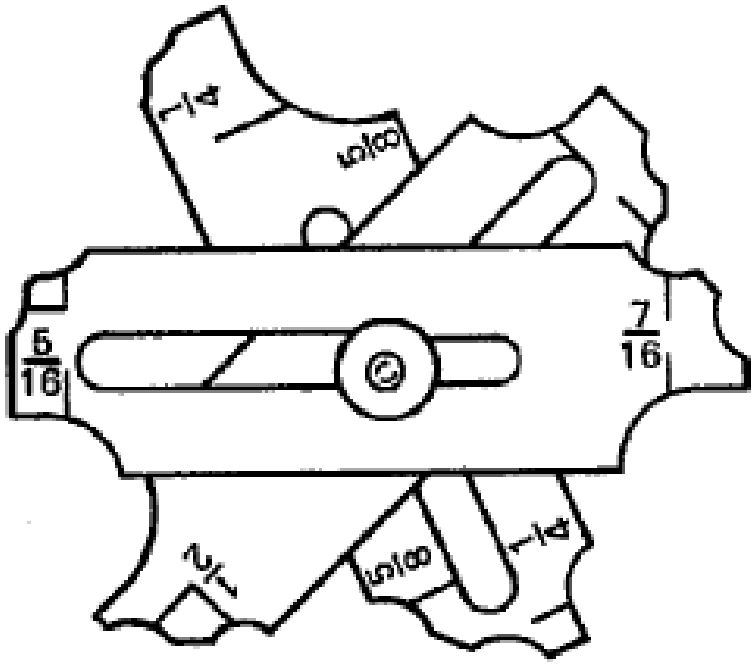
۳- کنترل فواصل لازم بین قطعات جهت مونتاژکاری آنها

۴- کنترل هم سطح بودن یا نبودن قطعات قبل از مونتاژ یا جوشکاری

۵- کنترل ابعاد جوشهای تکمیل شده طبق نقشه بعد از جوشکاری

۶- کنترل و اندازه گیری عیوب احتمالی بر روی سطح جوشها از نظر طول، عرض و عمق آنها

تجهیزات
انواع گیج های جوشکاری



(B) Fillet weld gage

- 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

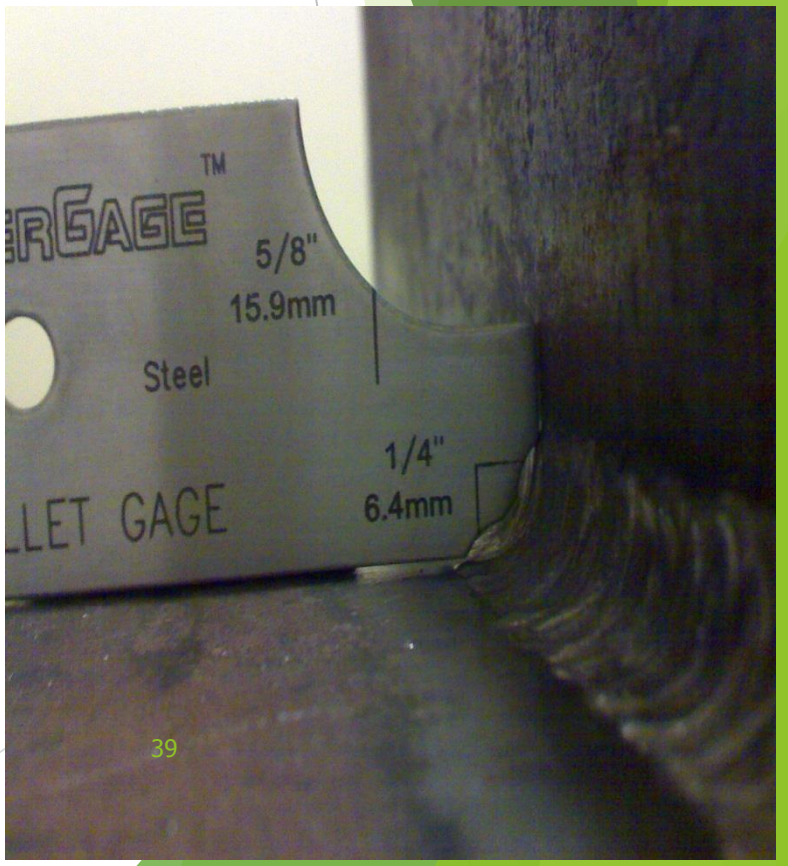
7 Piece Fillet Weld

Use for:

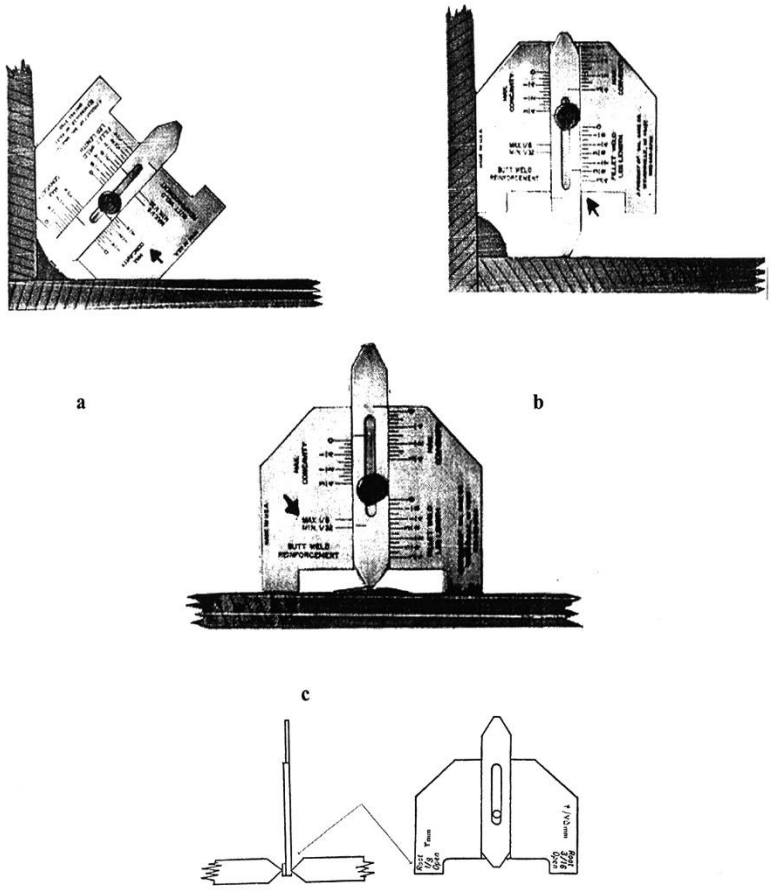
- Checking Fillet Leg Size
- Checking Fillet Throat Size

MASTERGAGE
Stainless
3/16"
4.8mm
WELD FILLET GAGE
3/4"
19.1mm
1/2"
12.7mm

5/16"
7.9mm
Stainless
WELD FILLET GAG


5/8"
15.9mm
Steel
1/4"
6.4mm
GAGE

تجهیزات
انواع گیج های جوشکاری

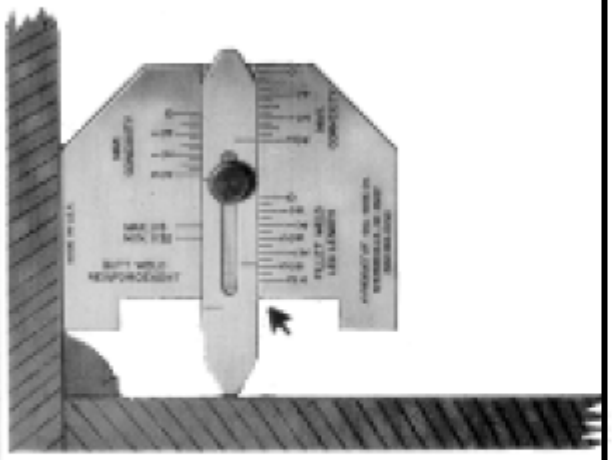


گیج AWS

- 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

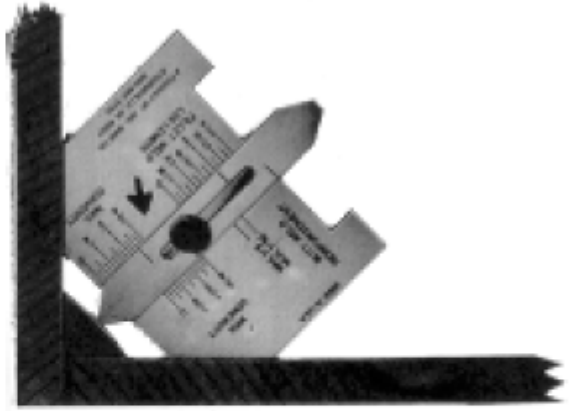
AUTOMATIC WELD SIZE GAUGE

1. To Determine the Size of a Fillet Weld



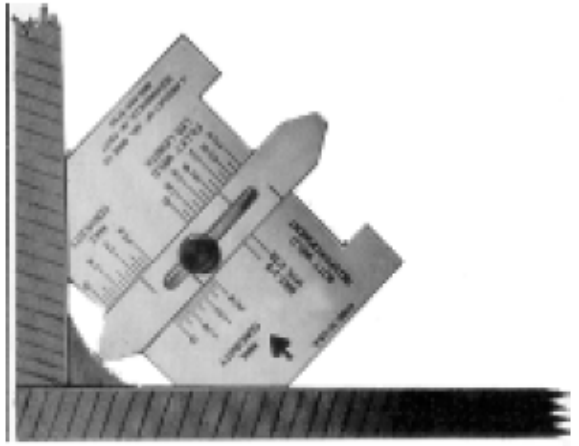
Place the gauge against the toe of the fillet weld and slide pointer out until it touches structure as shown. Read "Size of the Fillet Weld" on the face of gauge as indicated by arrow.

2. To Check the Pemissible Tolerance of Convexity



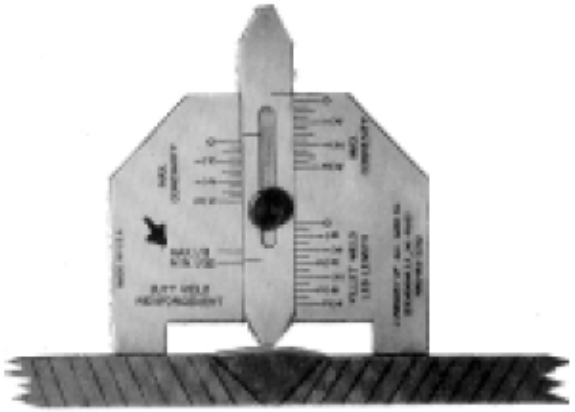
After the size of a convex weld has been determined, place the gauge against the structure and slide pointer until it touches face of fillet weld as shown. The maximum convexity should not be greater than indicated by "Maximum Convexity Scale" as indicated by arrow for the size of fillet being checked.

3. To Check the Permissible Tolerance of Concavity and Underfill

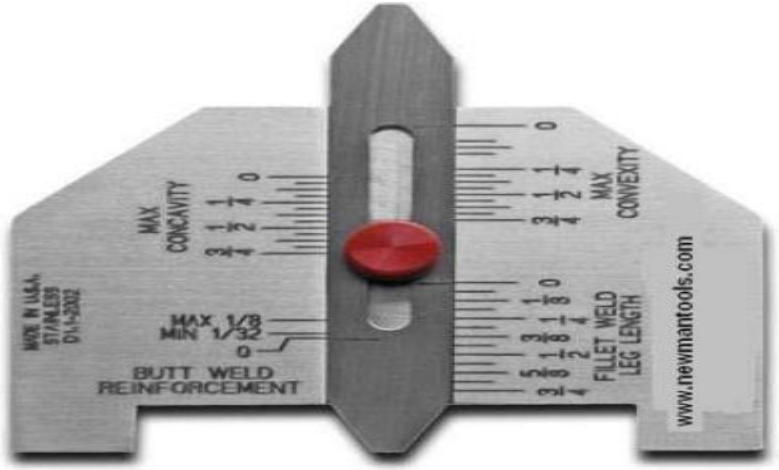


Place gauge against structure and slide pointer out until it touches the face of the fillet weld as shown. If the pointer does not touch as shown, the fillet requires additional weld metal.

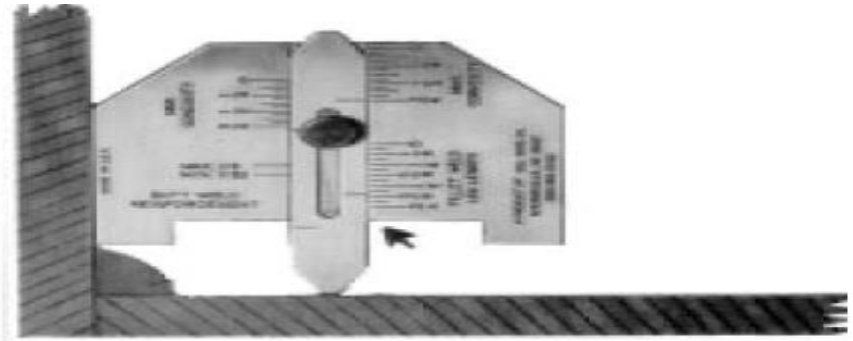
4. To Check the Permissible Tolerance of Reinforcement



Place gauge so that reinforcement will come between legs of gauge and slide pointer out until it touches the face of weld as shown.



این ابزار، وسیله‌ای مناسب برای اطمینان از کالیبراسیون و تطابق اتصالات جوشکاری شیاری و گوشه است. گاهاً به آن سنجه AWS (AWS Gauge) نیز می‌گویند. در تصاویر زیر نحوه اندازه‌گیری تقعر و تحدب جوش‌های گوشه و شیاری نشان داده شده است.

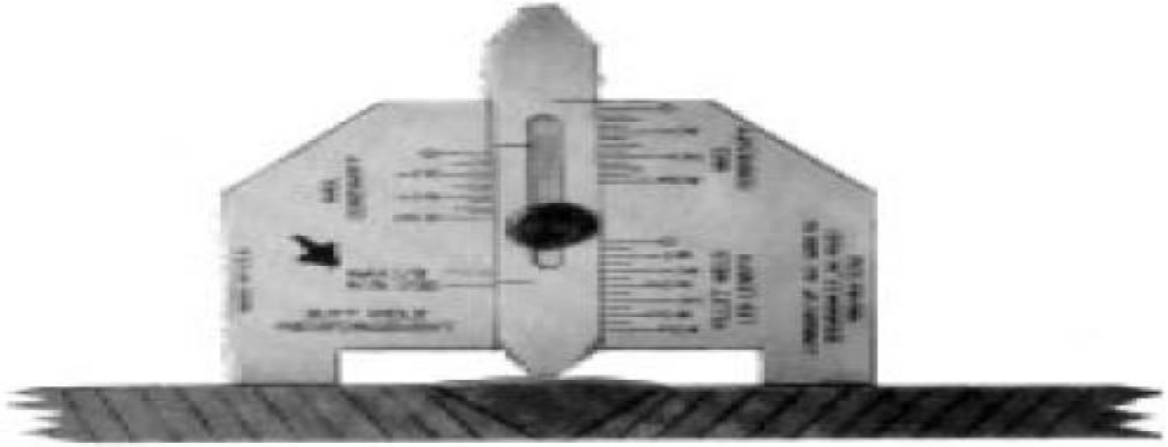


تعیین اندازه جوش گوشه

برای این کار لازم است تا ابزار سنجش را هم سطح با یکی از اعضای اتصال، در تماس با پنجه جوش قرار داده و سپس شاخص اندازه‌گیری را تا جایی‌که با عظو دیگر اتصال برخورد کند، حرکت می‌دهیم. حال می‌توان اندازه ساق جوش را از روی سطح ابزار (مشخص شده با پیکان) مشاهده کرد.

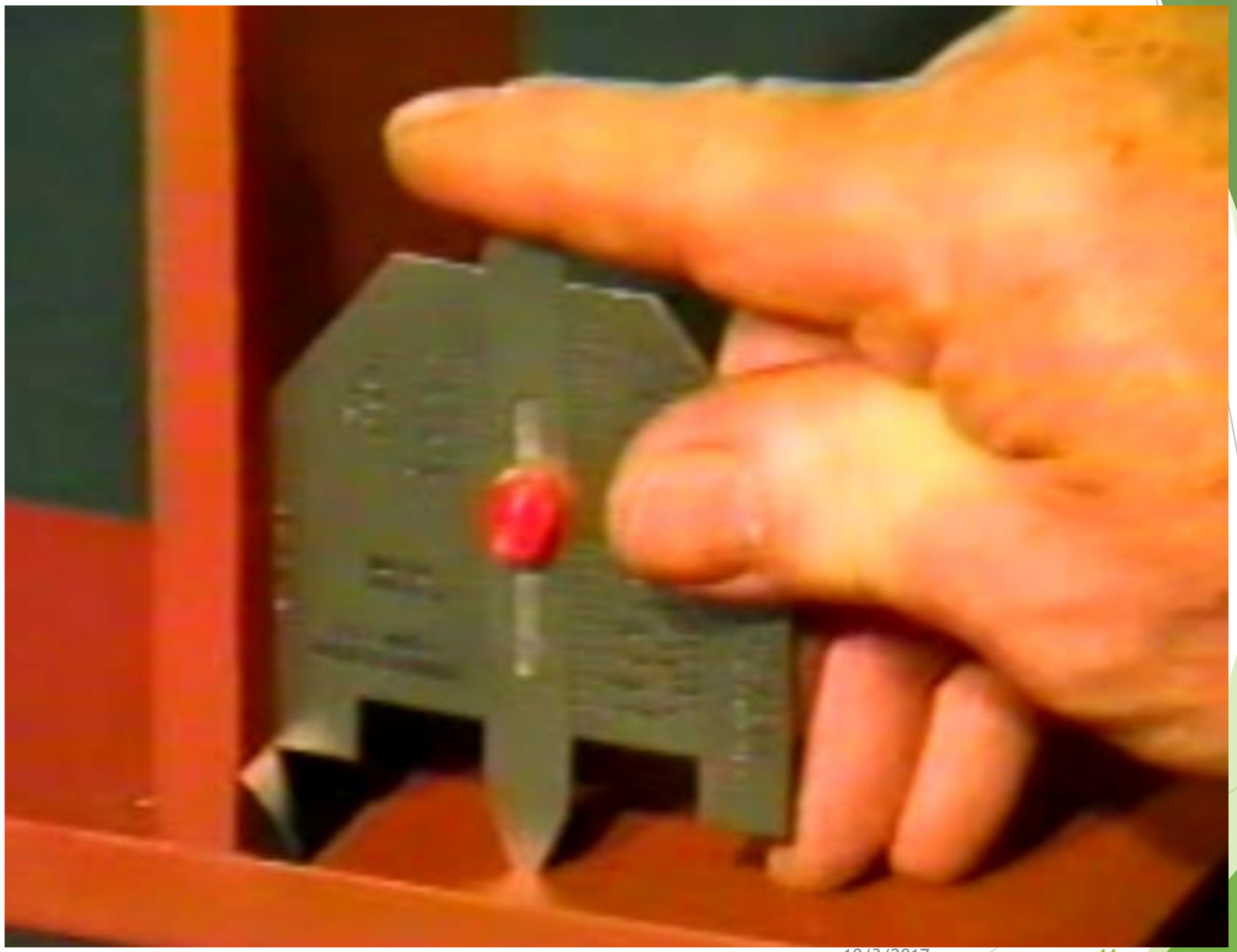
اندازه‌گیری ضخامت گلویی جوش گوشه

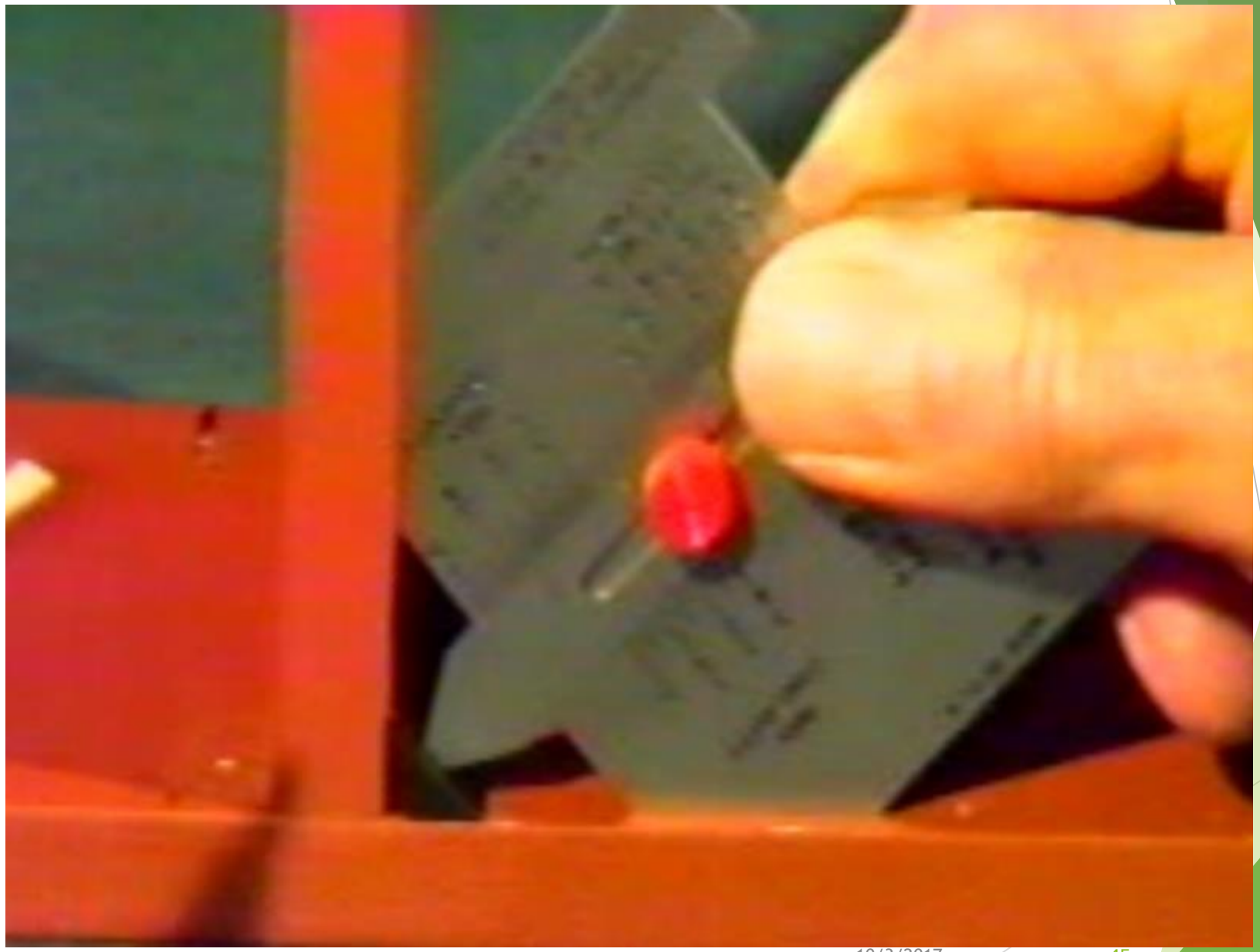
برای تعیین میزان تقعر و تحدب جوش، مطابق شکل بالا، ابزار را در مقابل جوش قرارداده و شاخص اندازه‌گیری را تا جایی‌که با رویه جوش برخورد کند، باید حرکت داد. سپس می‌توان با خواندن ضخامت گلویی بدست آمده و مقایسه آن با مقادیر مشخص شده در نقشه‌ها، میزان خروج از حالت ایده‌آل را مشخص و با استانداردهای مربوطه ارزیابی کرد.

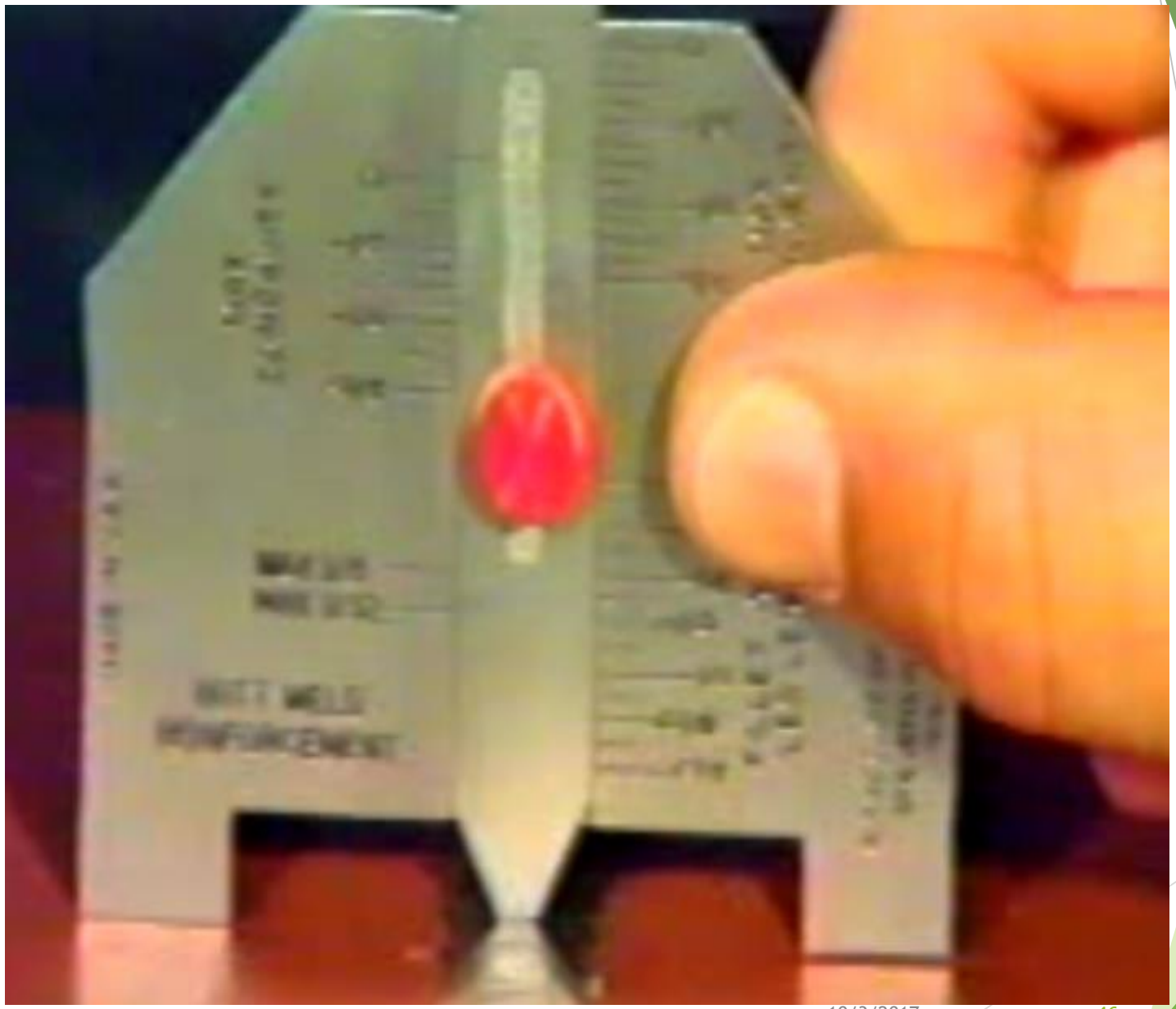


اندازه‌گیری تقعر یا تحدب جوش‌های شیاری

برای اندازه‌گیری تقعر یا تحدب جوش‌های شیاری باید ابزار را مطابق شکل فوق بنحوی روی سطح قرار داد تا خط جوش در بین دو پایه سنجه قرار گیرد. سپس سنجه را تا تماس شاخص اندازه‌گیری با سطح جوش حرکت می‌دهیم. سپس میزان جابجایی شاخص را بعنوان میزان تقعر یا تحدب جوش از روی سطح ابزار می‌خوانیم.







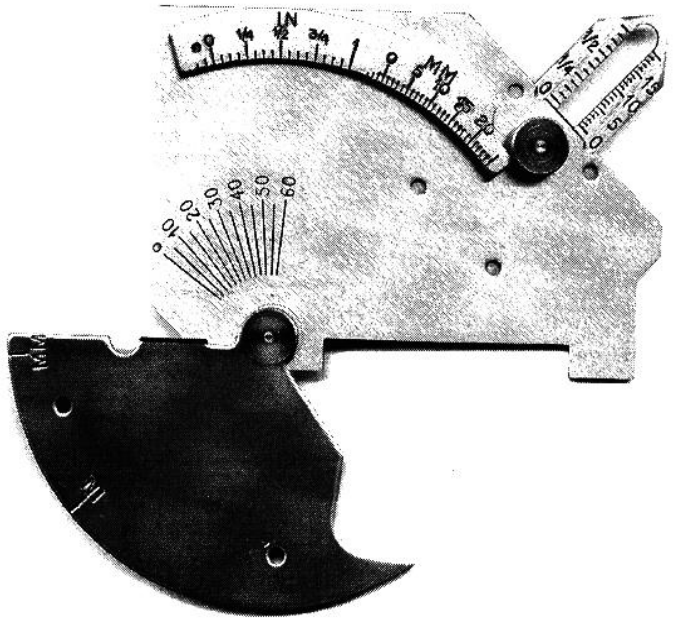
تجهیزات

انواع گیج های جوشکاری

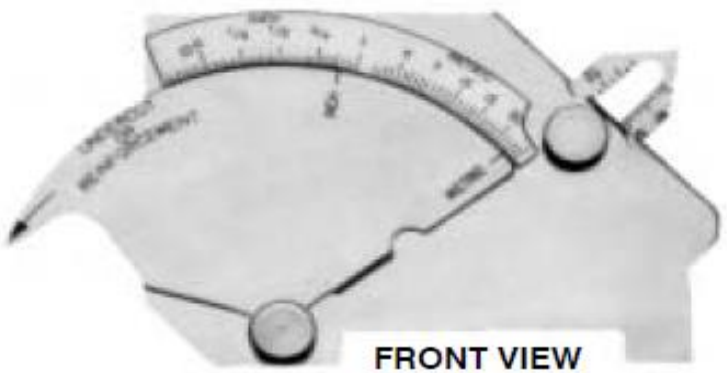
- گیج Cambridge

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

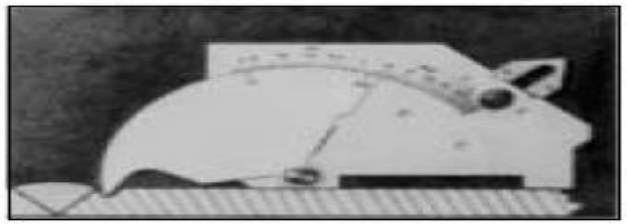


BRIDGE CAM GAUGE

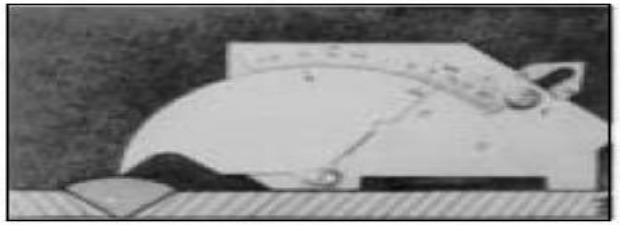


FRONT VIEW

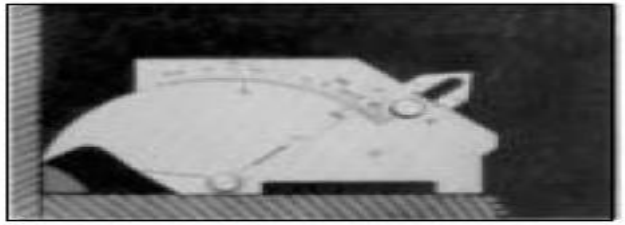
BACK VIEW



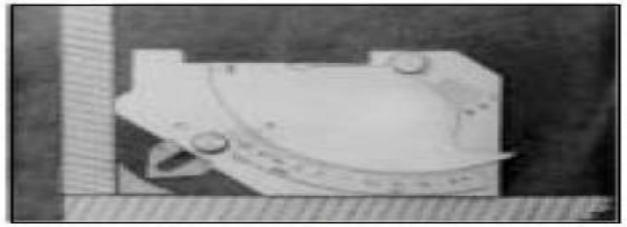
UNDERCUT



EXCESS WELD METAL



FILLET LEG LENGTH



FILLET WELD THROAT

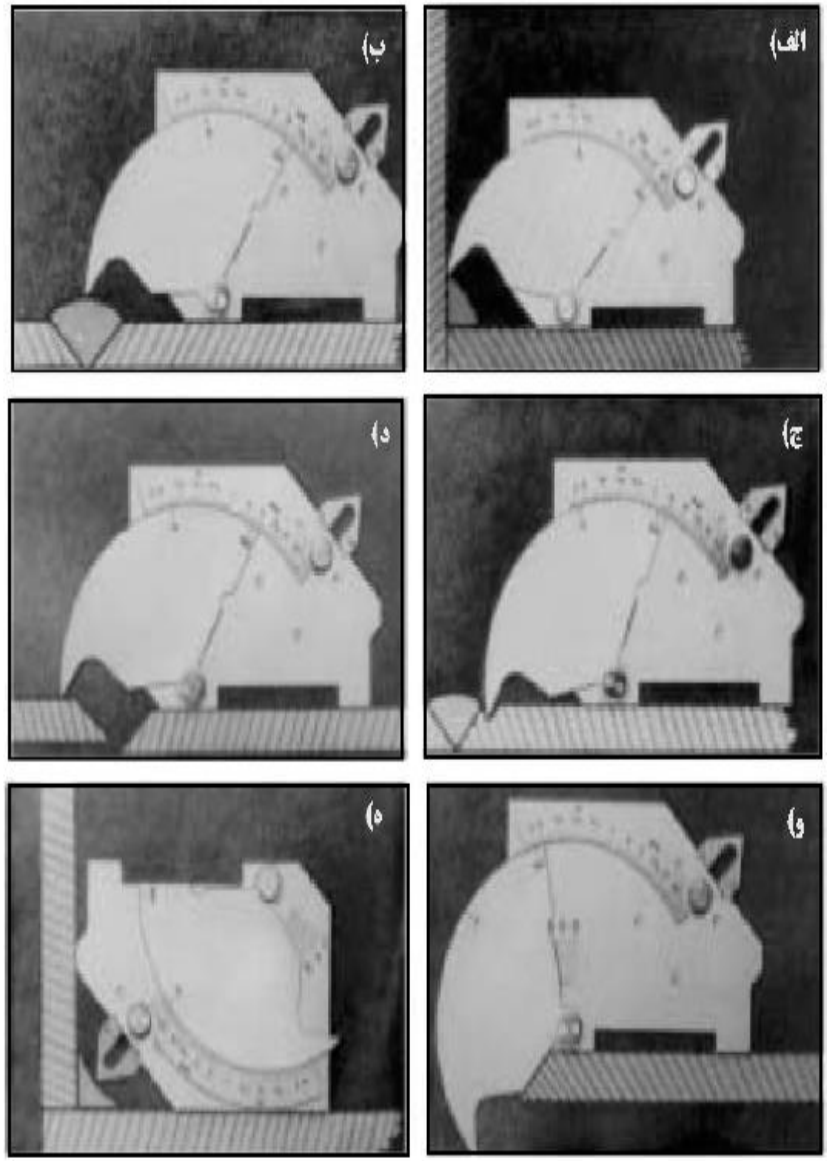
ANGLE OF PREPARATION

MISALIGNMENT

The following measurements are possible either in inches or millimetres.

Angle of preparation, 0° to 60°
Excess weld metal (capping size)
Depth of undercut
Depth of pitting
Fillet weld throat size
Fillet weld length
Misalignment (high-low)

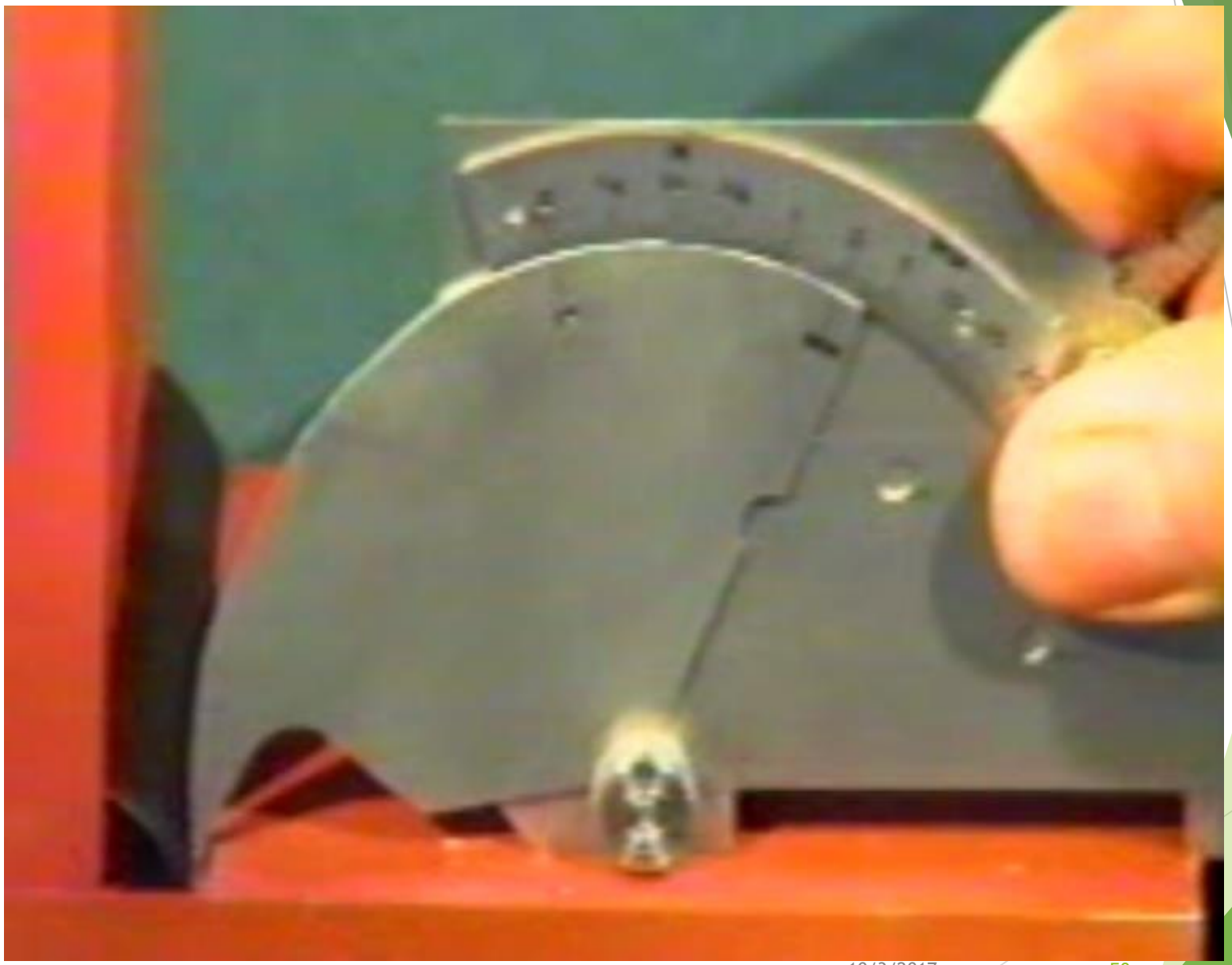
General linear measurements up to 60 mm or 2 inches.

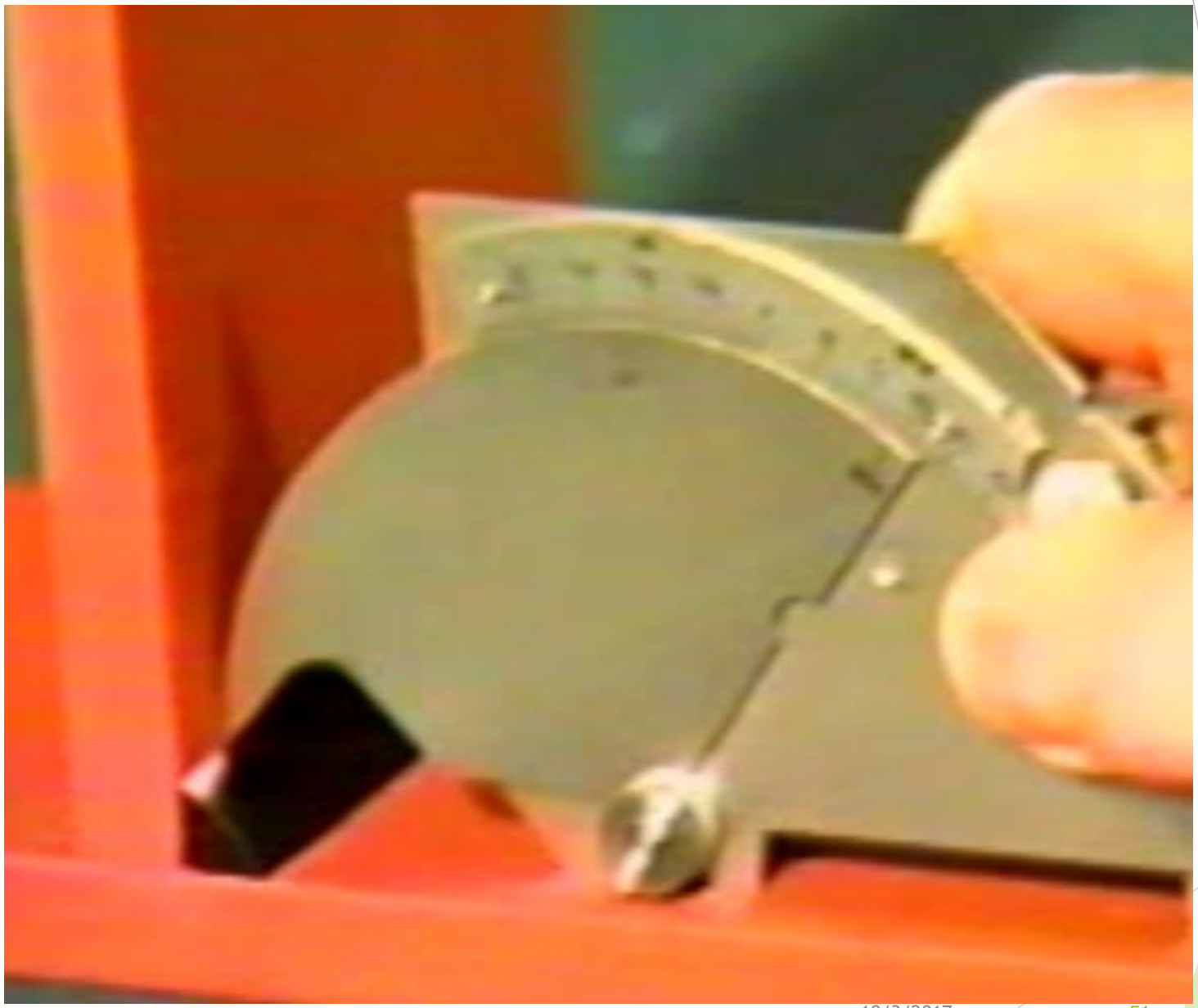


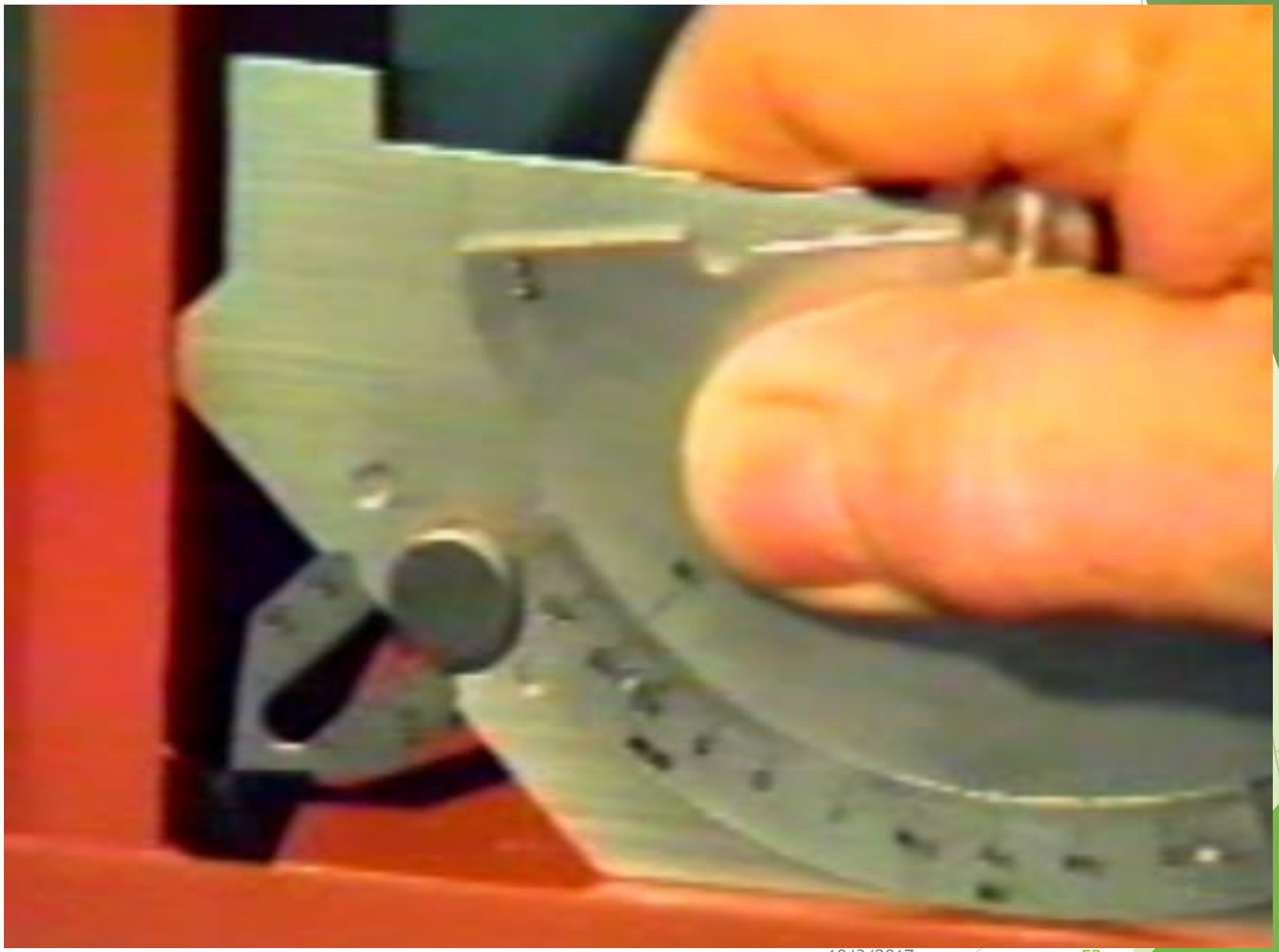
روش اندازه‌گیری الف) طول ساق جوش گوشه، ب) فلز جوش اضافی یا تحدب جوش، ج) بریدگی کناره یا سوختگی کناره، د) عدم انطباق یا همترازی اجزای اتصال، و) زاویه آماده سازی شده، و) ضخامت گلویی جوش گوشه

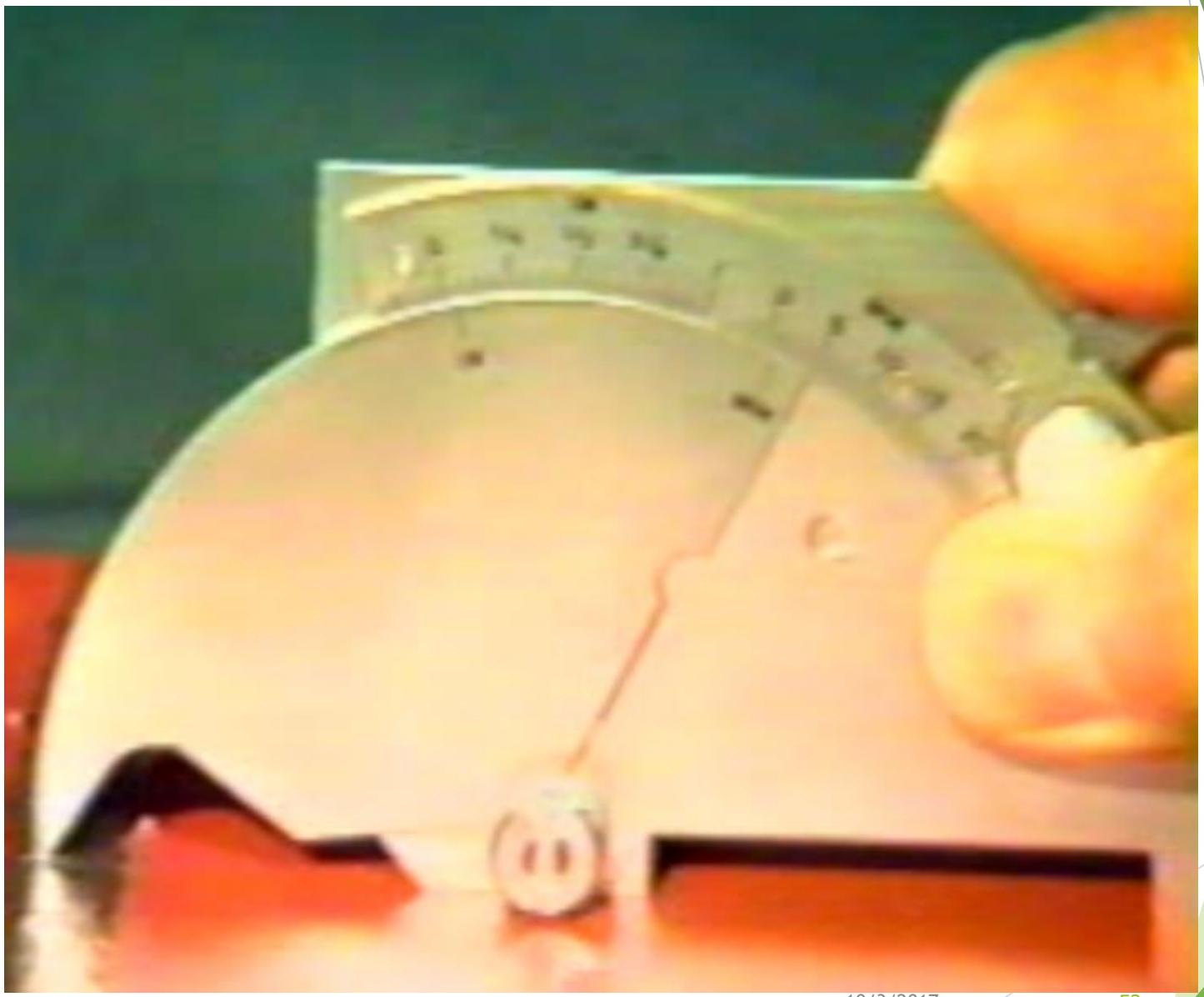
این ابزار نیز از جنس فولادهای زنگ نزن و دارای دقت اندازه‌گیری تا ۱/۳۲ اینچ برای بریدگی‌های کناره جوش و یا تحدب و ارتفاع گرده جوش است. می‌توان گفت که این ابزار اندازه‌گیری بدلیل کارآیی‌های گوناگون دارای کاربرد فراوان در صنعت جوش و فعالیت‌های مرتبط با بازرسی جوش است. اندازه‌گیری‌های زیر را می‌توان در مقیاس اینچ یا به میلیمتر انجام داد:

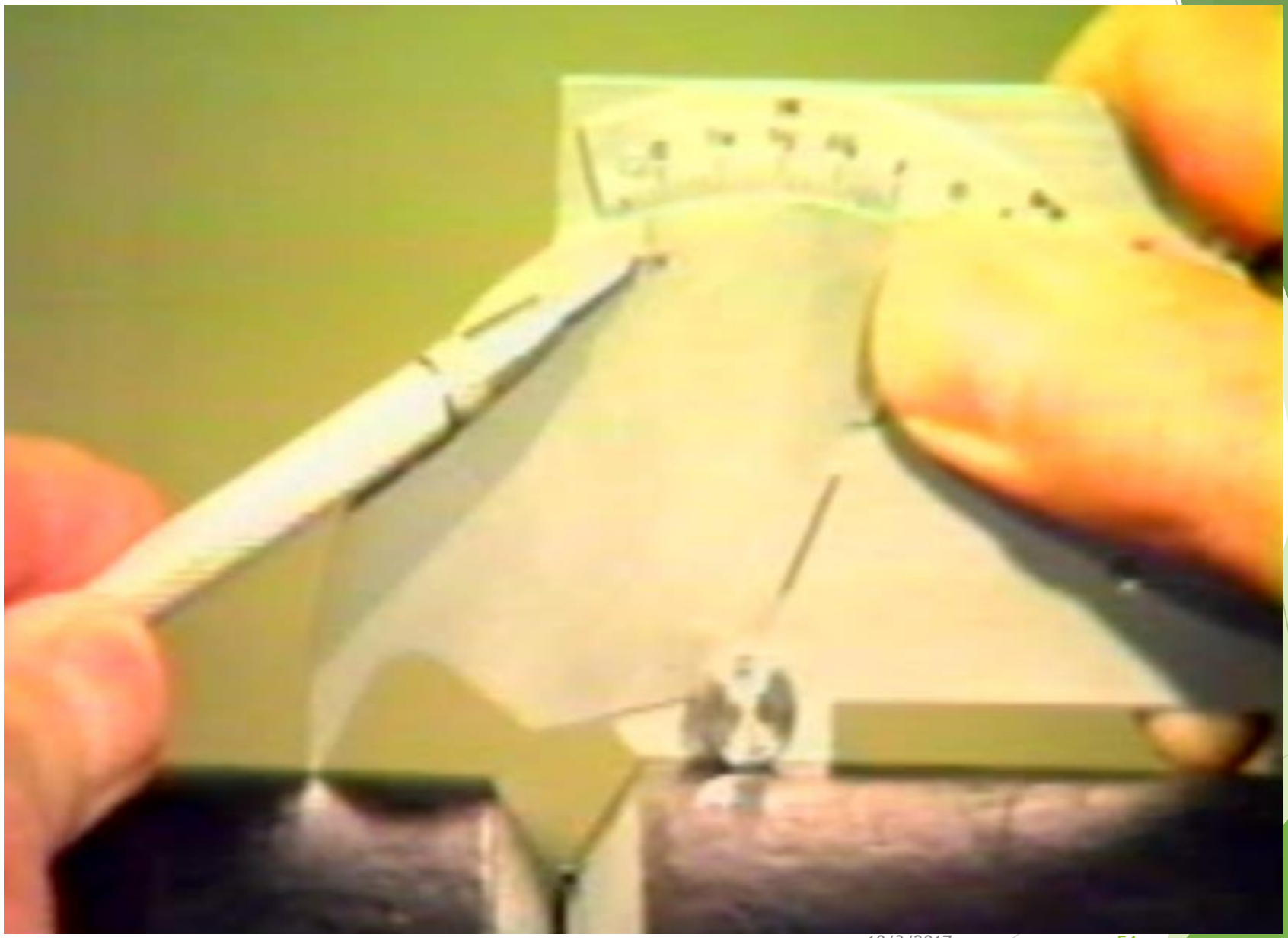
- زاویه اتصال آماده شده از ۰° تا ۶۰°
- فلز جوش اضافی (گرده یا تحدب جوش)
- عمق بریدگی یا سوختگی کناره جوش
- عمق سوراخ با حفرات
- اندازه گلویی جوش‌های گوشه
- اندازه ساق جوش‌های گوشه
- میزان عدم انطباق‌ها یا ناهمترازی‌ها (High-Low)

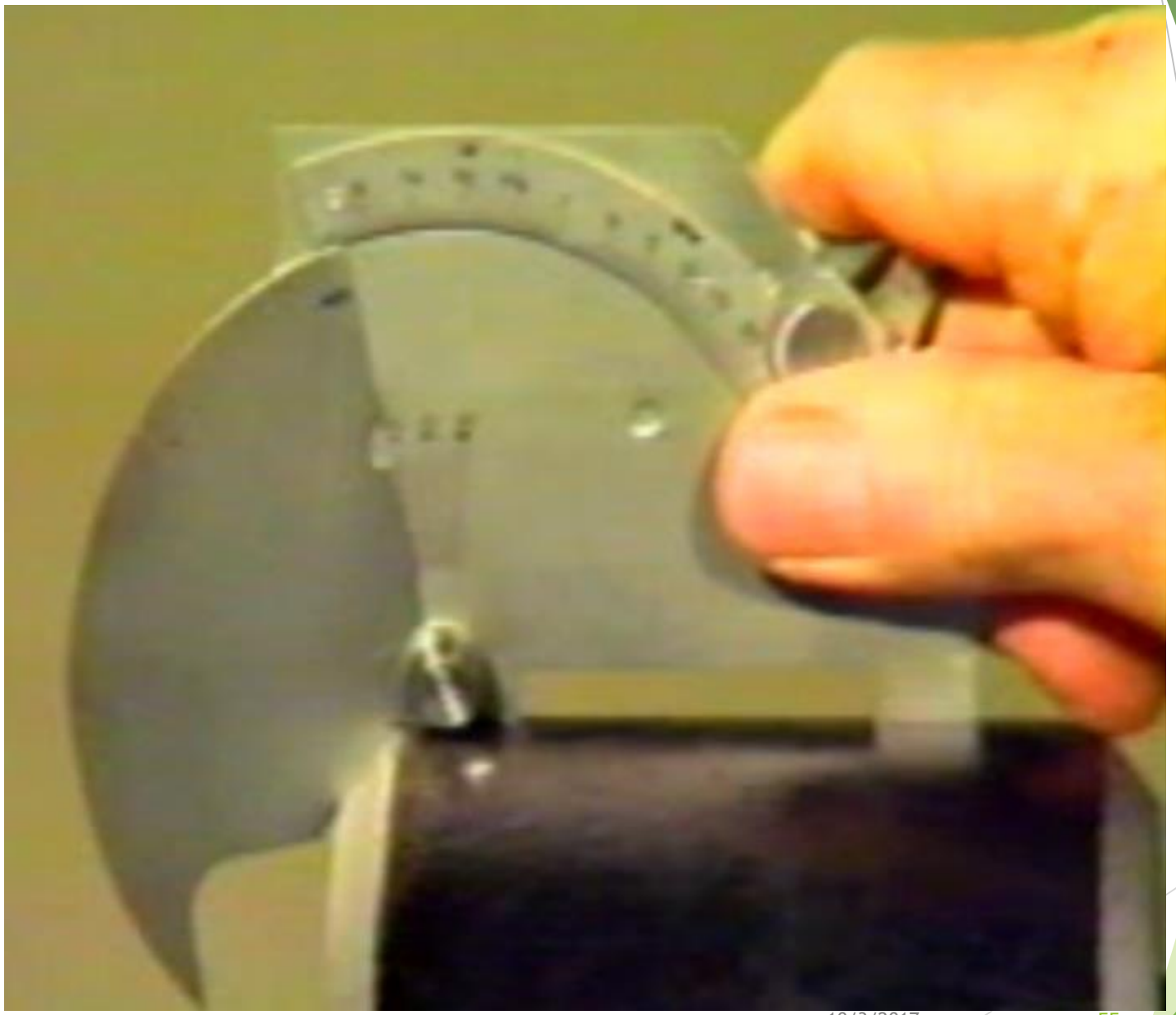






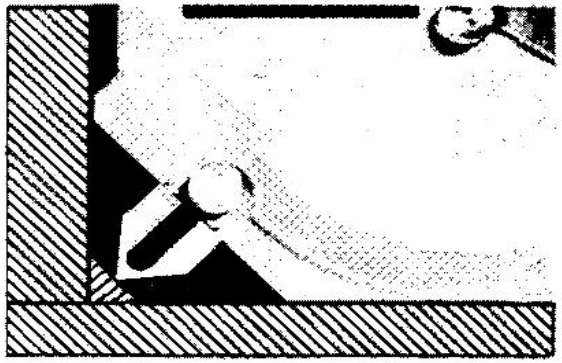




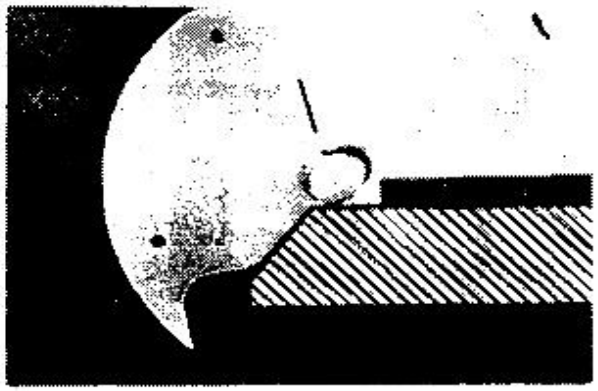


گیج
Cambridge

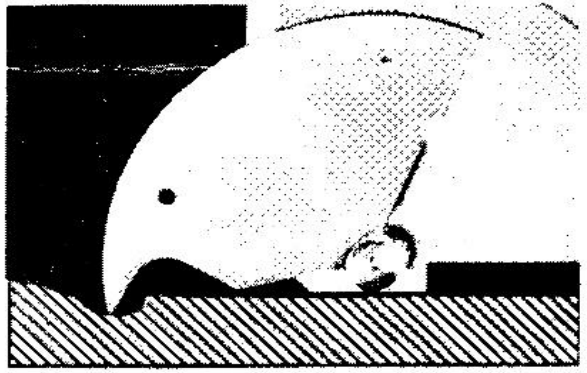
FILLET WELD THROAT



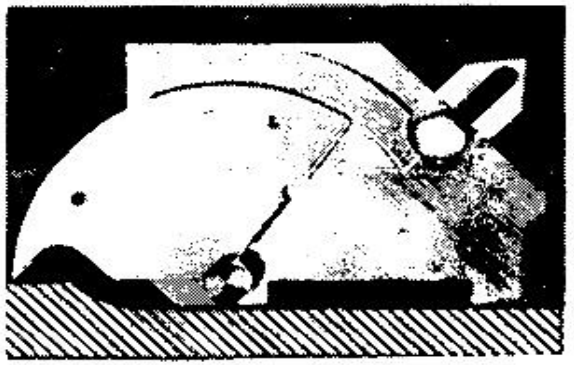
ANGLE OF PREPARATION



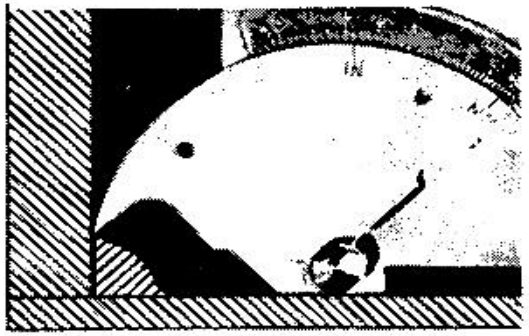
UNDERCUT



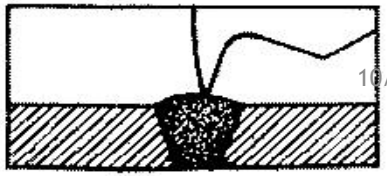
MISALIGNMENT



FILLET WELD LEG LENGTH/EXCESS WELD METAL

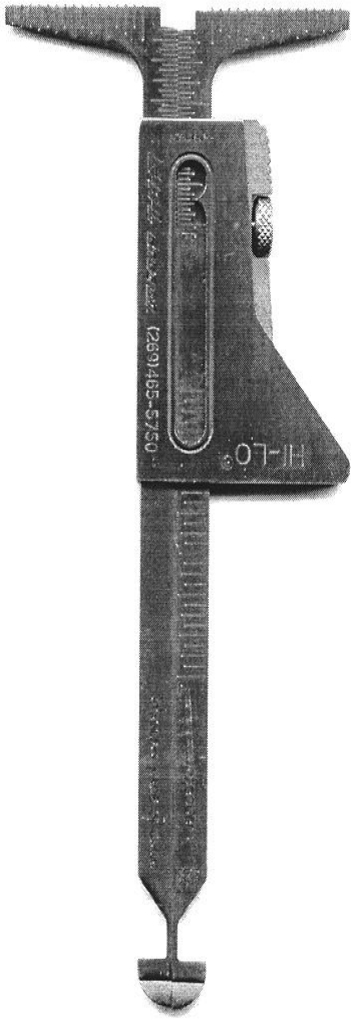


The scale is used to read off these dimensions up to a maximum of 25mm and 1in.



تجهیزات

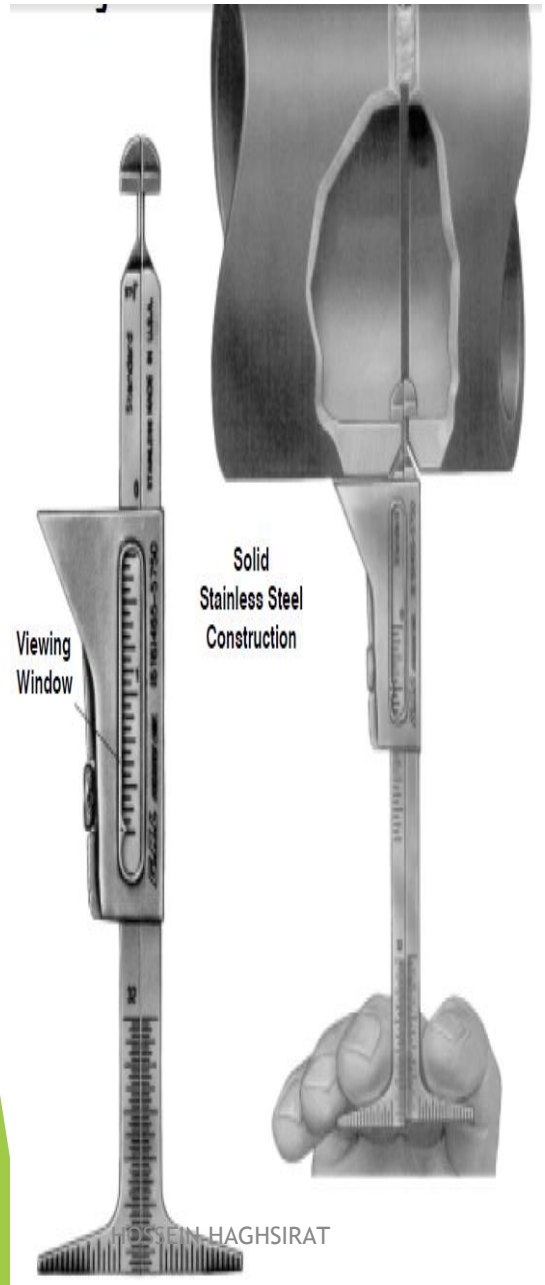
انواع گیج های جوشکاری



- 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



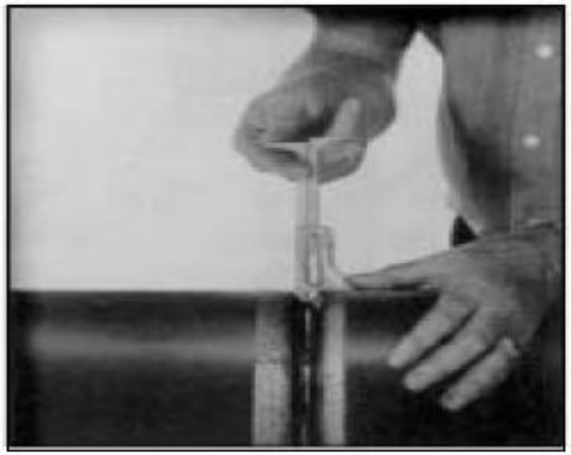
HI-LO WELDING GAGE

MEASURES INTERNAL ALIGNMENT

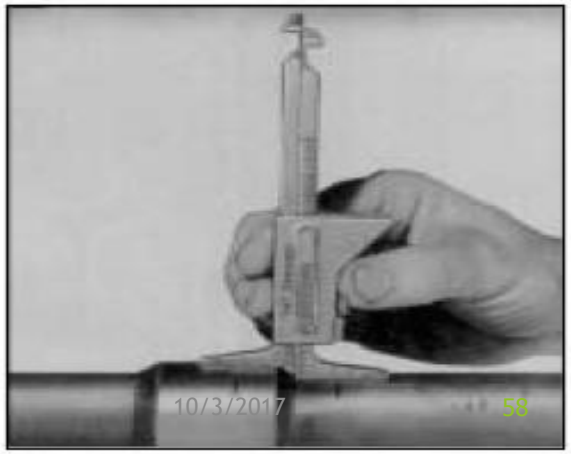
of pipe after fit-up / alignment, cuts radiographic rejects.

Measures internal misalignment of pipe before and after tacking.

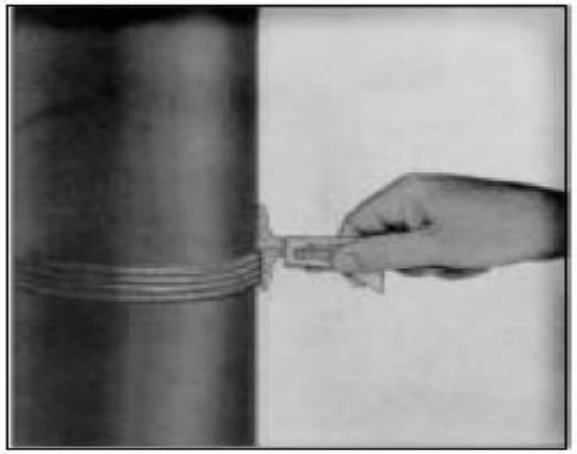
Measurements read in standard one side, and metric on the opposite side.



Measure internal mismatch, pipe wall.

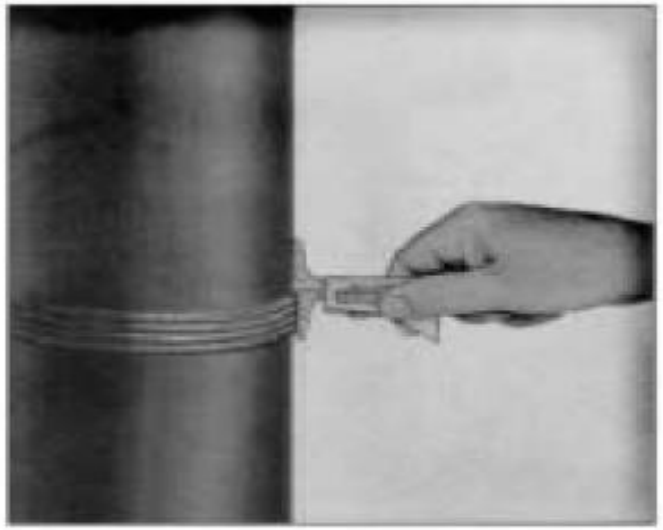


Measure scribe lines, weld fillet.



Measure crown height.

- قابلیت تغییر از سیستم استاندارد به سیستم متریک، کاربری آسان و قابلیت چرخش ابزار در داخل اتصال
- قابلیت اندازه‌گیری عدم همترازی‌های داخل قطعه که امکان مشاهده چشمی ندارند
- قابلیت اندازه‌گیری فاصله ریشه اتصال مونتاژ شده
- قابلیت اندازه‌گیری سطح اریب و پخ خورده آماده شده
- قابلیت اندازه‌گیری ارتفاع تاج و یا میزان تحدب گرده جوش
- قابلیت اندازه‌گیری جوش گوشه
- قابلیت اندازه‌گیری میزان تغییرات در هم‌راستایی سطح اتصال
- ابزاری مورد تأیید استانداردهای مختلفی مثل ASME، ANSI، API و اکثر استانداردهای نظامی برای کنترل و اطمینان از مونتاژ رضایت‌بخش اتصالات



اندازه‌گیری تحدب گرده جوش

اندازه‌گیری ارتفاع گرده جوش‌های لب بلب

پیچ قفل کننده را شل کنید. انتهای تخت یکی از پایه‌ها را روی قطعه (لوله یا ورق) و پایه دیگر را روی گرده جوش قرار دهید. حال می‌توان ارتفاع گرده را از روی مقاس‌های محور عمودی خواند.

اندازه‌گیری ضخامت دیواره لوله‌ها

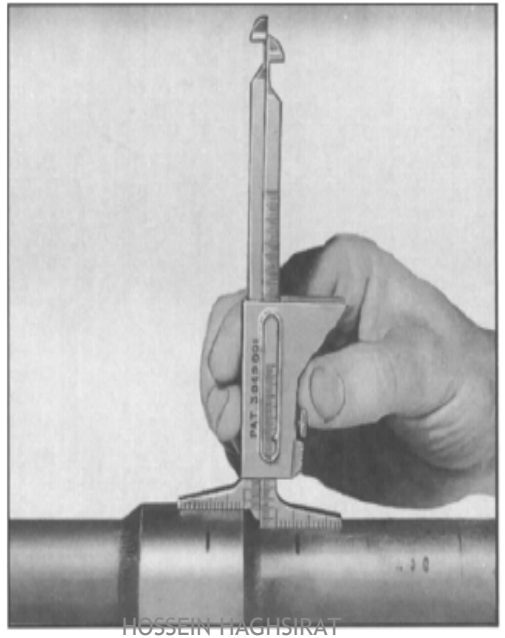
پیچ قفل کننده را شل کنید. متوقف کننده‌ها را از داخل اتصال وارد قطعه کنید و به قطر داخلی لوله تماس دهید، در این هنگام بدنه لغزنده گیج در مقابل قطر خارجی لوله قرار خواهد گرفت. پیچ قفل کننده را سفت کرده و آن‌را از اتصال خارج کنید. حال می‌توان ضخامت قطعه را با کمک شاخص اندازه‌گیری ضخامت مواد بدست آورد.

اندازه‌گیری فاصله مونتاژ

متوقف کننده‌های این گیج دارای دقت مناسبی برای اندازه‌گیری فاصله بین لوله‌های مونتاژ شده دارد. بدین منظور گیج را از پهلو چرخانده و در فاصله بین لوله‌ها قرار دهید. متوقف کننده‌ها قادر به اندازه‌گیری ۱/۱۶ اینچ (۱/۶mm) در بالا و ۳/۳۲ اینچ (۲/۳mm) در پایین هستند. اگر گیج نتواند در فضای بین لوله‌ها قرار گیرد، از ۱/۶ mm کمتر است. اما اگر بخشی از فضای مونتاژ را اشغال کند، فاصله بین لوله‌ها بین ۱/۶ mm تا ۲/۳ mm است و اگر بتواند آزادانه به فاصله لوله‌ها وارد و از آن خارج شود، فاصله مونتاژ از ۲/۳ mm بیشتر است.

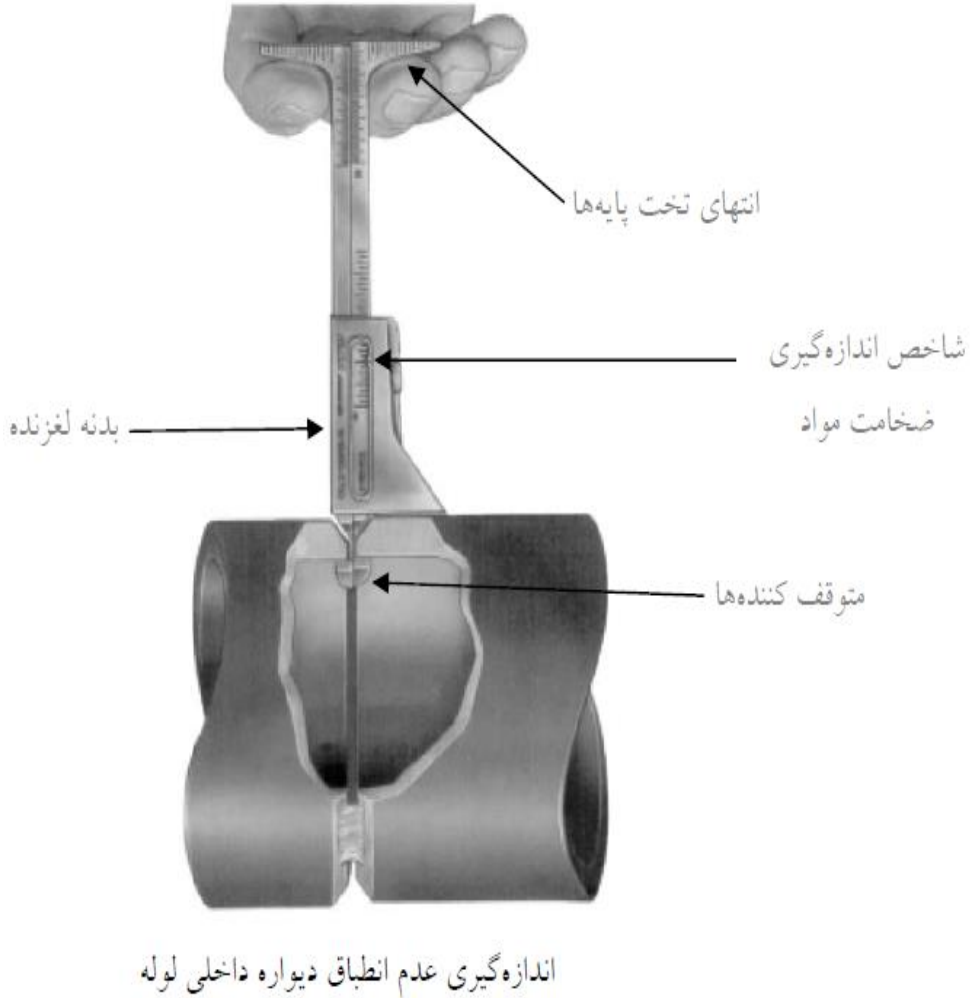
اندازه‌گیری عدم همترازی و عدم انطباق داخلی اتصال

پیچ قفل‌کننده را شل کنید. گیج را از پهلو وارد اتصال کرده و سپس آنرا ۹۰ درجه چرخانده و به سمت قطعه بکشید. انگشتان خود را بالای پایه‌های گیج قرار داده و آنها را تا جاییکه متوقف‌کننده‌ها با لبه‌های داخلی اتصال مماس شوند، بسمت پایین هدایت کنید. پیچ قفل‌کننده را ببندید و گیج را با ۹۰ درجه چرخش از اتصال خارج کنید. مقادیر عدم همترازی را از روی مقیاس عمودی ۳۲nds به میلیمتر بخوانید.



اندازه‌گیری ساق جوش‌های گوشه

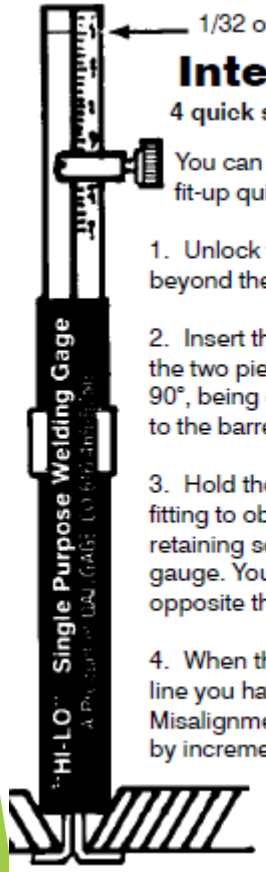
هنگامی‌که ساق‌های یک جوش گوشه مساوی هستند، برای تعیین اندازه ساق جوش‌ها ابتدا بایستی بعد از باز کردن پیچ قفل‌کننده، یکی از پایه‌ها را کاملاً مماس با سطح قطعه قرار دهید. با کمک انگشتان دست، پایه دیگر را جابجا کنید تا لبه آن، لبه بالای جوش گوشه را لمس کند. حال می‌توان از روی مقیاس موجود بر پایه عمودی ۳۲nds و افقی ۱۶ths خواند.



اندازه‌گیری عدم انطباق دیواره داخلی لوله

Play (Space)

SINGLE PURPOSE HI-LO WELDING GAUGE



Internal HI-LO Gauge

4 quick steps check internal alignment

You can check the internal alignment of your fit-up quickly with the G.A.L. HI-LO gauge.

1. Unlock the retaining screw. Press the gauge legs beyond the barrel.

2. Insert the legs (wires) into the root gap space or the two pieces of pipe to be fitted. Turn the gauge 90°, being careful to apply a constant back pressure to the barrel.

3. Hold the gauge as square as possible with the fitting to obtain an accurate reading. Lock the retaining screw. Reverse the 90° turn and remove the gauge. You're now ready to read the increment opposite the red line.

4. When the red line aligns with the 1/32 increment line you have a good internal alignment and fit-up. Misalignment can be determined from the zero line by increment markings of 1/16 inch.

Rootweld Spacing Gauge

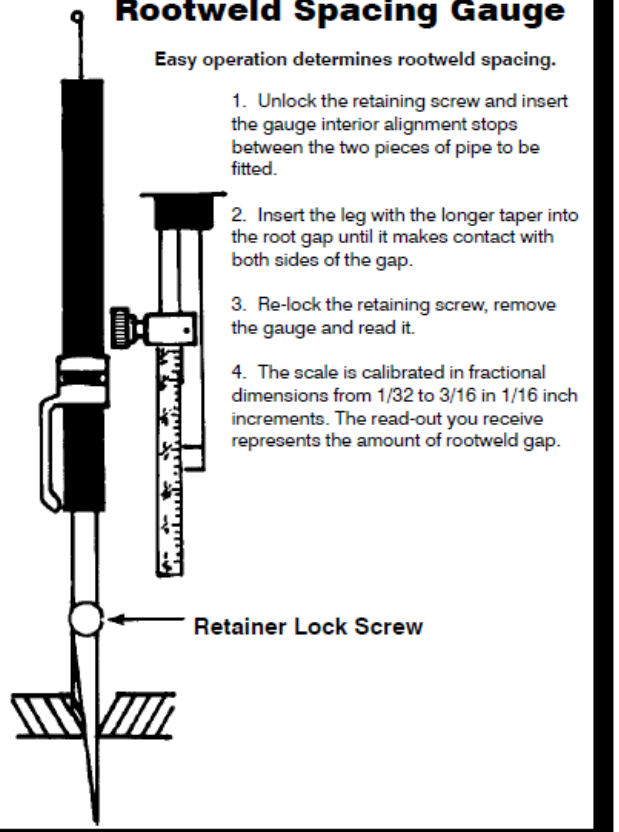
Easy operation determines rootweld spacing.

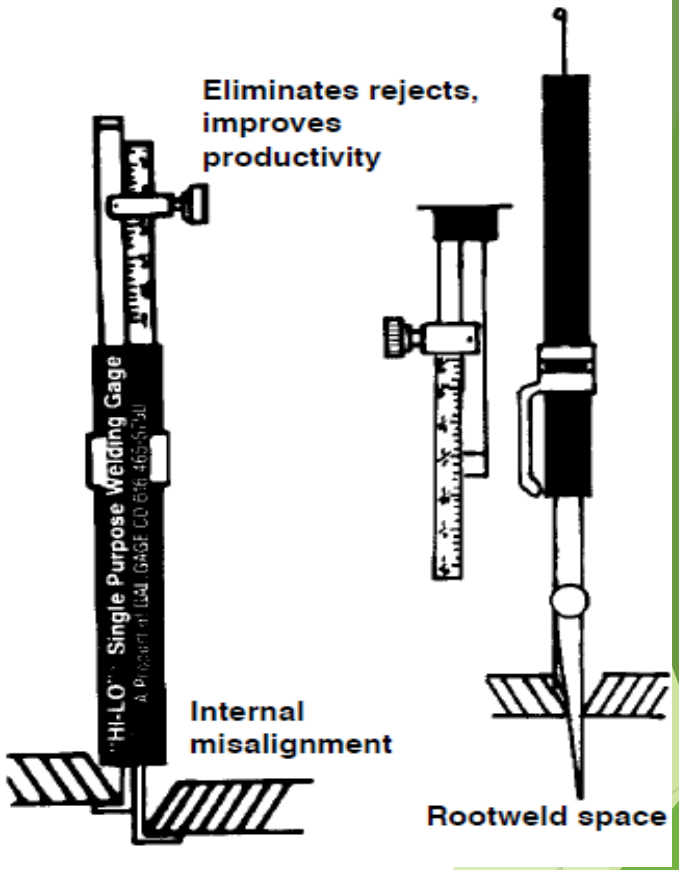
1. Unlock the retaining screw and insert the gauge interior alignment stops between the two pieces of pipe to be fitted.

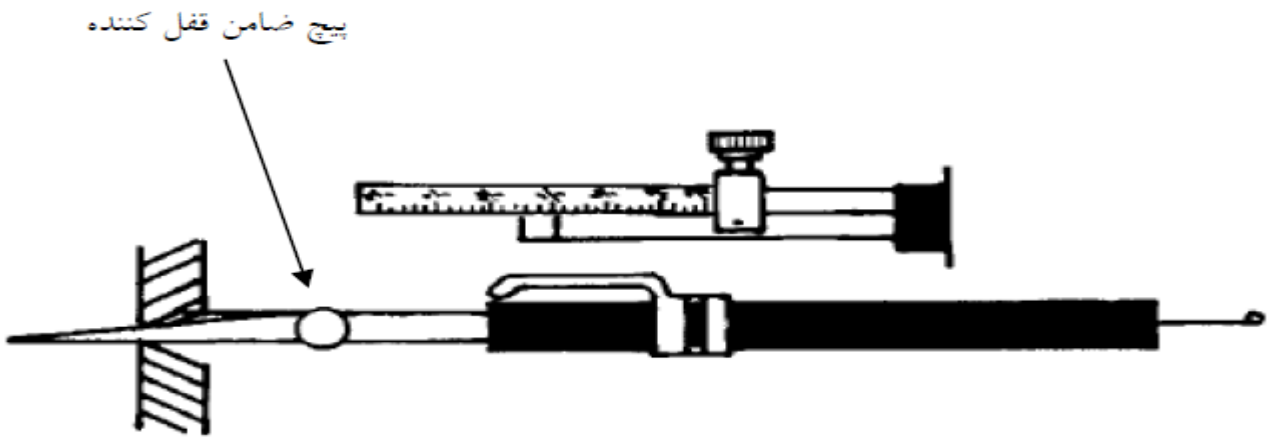
2. Insert the leg with the longer taper into the root gap until it makes contact with both sides of the gap.

3. Re-lock the retaining screw, remove the gauge and read it.

4. The scale is calibrated in fractional dimensions from 1/32 to 3/16 in 1/16 inch increments. The read-out you receive represents the amount of rootweld gap.





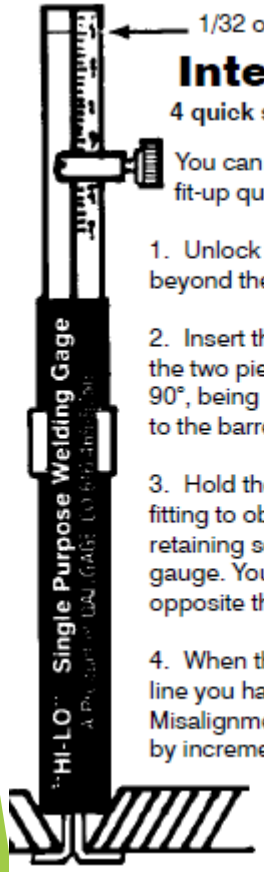


اندازه‌گیری فاصله ریشه جوش

نحوه استفاده:

- پیچ قفل نگهدانده را با چرخاندن باز کنید.
- ابزار را از جهت مشخص شده در شکل، روی اتصال ثابت کنید.
- پایه‌ای را که دارای نوک تیز و بلندتری است را به داخل فاصله ریشه و تا جایی که توسط هر دو طرف اتصال ثابت شود، وارد کنید.
- مجدداً پیچ قفل کننده را برای ثابت نگهداشتن پایه‌ها بچرخانید و ابزار را از اتصال خارج کنید.
- عدد تعیین شده توسط شاخص اندازه‌گیری را بخوانید.
- مقیاس اندازه‌گیری در ابعادی از ۱/۳۲ تا ۳/۱۶ اینچ افزایش می‌یابد. عدد بازخوانی شده از روی گیج، میزان فاصله ریشه جوش است.

SINGLE PURPOSE HI-LO WELDING GAUGE



Internal HI-LO Gauge

4 quick steps check internal alignment

You can check the internal alignment of your fit-up quickly with the G.A.L. HI-LO gauge.

1. Unlock the retaining screw. Press the gauge legs beyond the barrel.

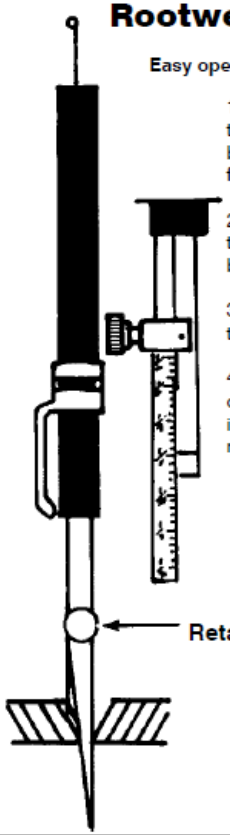
2. Insert the legs (wires) into the root gap space or the two pieces of pipe to be fitted. Turn the gauge 90°, being careful to apply a constant back pressure to the barrel.

3. Hold the gauge as square as possible with the fitting to obtain an accurate reading. Lock the retaining screw. Reverse the 90° turn and remove the gauge. You're now ready to read the increment opposite the red line.

4. When the red line aligns with the 1/32 increment line you have a good internal alignment and fit-up. Misalignment can be determined from the zero line by increment markings of 1/16 inch.

Rootweld Spacing Gauge

Easy operation determines rootweld spacing.

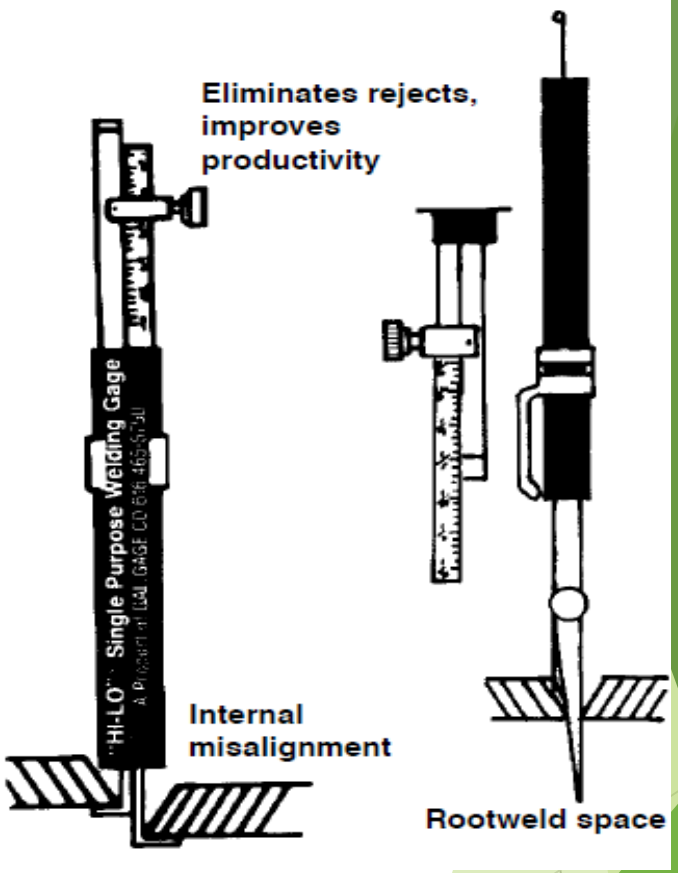


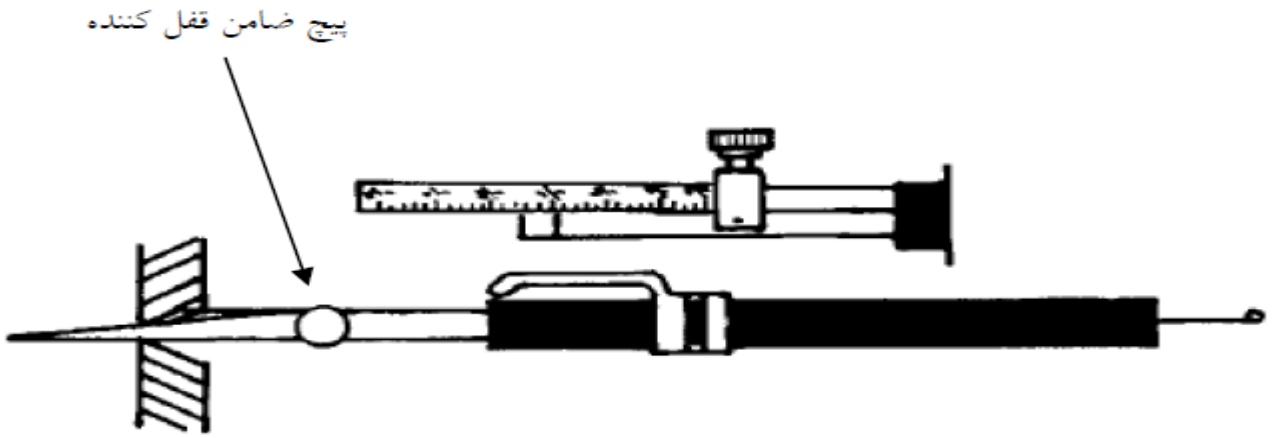
1. Unlock the retaining screw and insert the gauge interior alignment stops between the two pieces of pipe to be fitted.

2. Insert the leg with the longer taper into the root gap until it makes contact with both sides of the gap.

3. Re-lock the retaining screw, remove the gauge and read it.

4. The scale is calibrated in fractional dimensions from 1/32 to 3/16 in 1/16 inch increments. The read-out you receive represents the amount of rootweld gap.

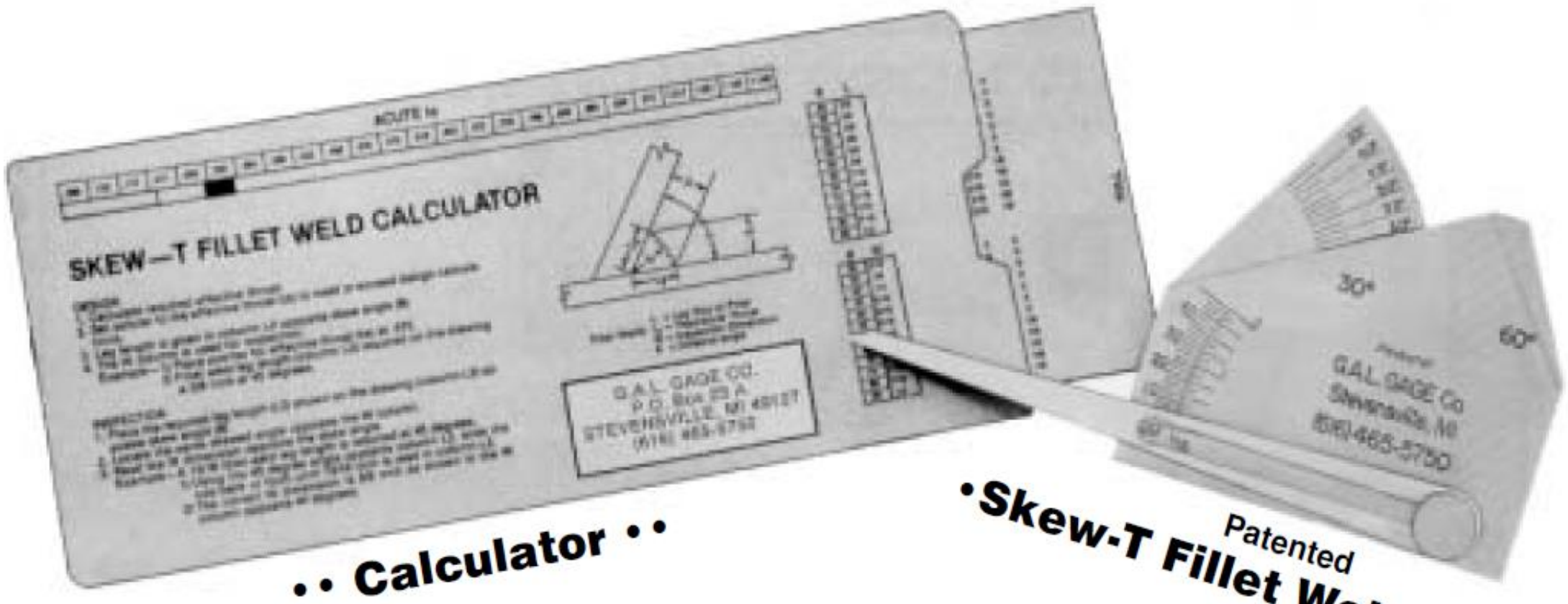




نحوه استفاده:

- پیچ قفل نگهدانده را با چرخاندن باز کنید.
- ابزار را از جهت مشخص شده در شکل، روی اتصال ثابت کنید.
- پایه‌ای را که دارای نوک تیز و بلندتری است را به داخل فاصله ریشه و تا جایی که توسط هر دو طرف اتصال ثابت شود، وارد کنید.
- مجدداً پیچ قفل کننده را برای ثابت نگهداشتن پایه‌ها بچرخانید و ابزار را از اتصال خارج کنید.
- عدد تعیین شده توسط شاخص اندازه‌گیری را بخوانید.
- مقیاس اندازه‌گیری در ابعادی از ۱/۳۲ تا ۳/۱۶ اینچ افزایش می‌یابد. عدد بازخوانی شده از روی گیج، میزان فاصله ریشه جوش است.

Weld Gauge / Calculator



•• Calculator ••

•Skew-T Fillet Weld Gauge•

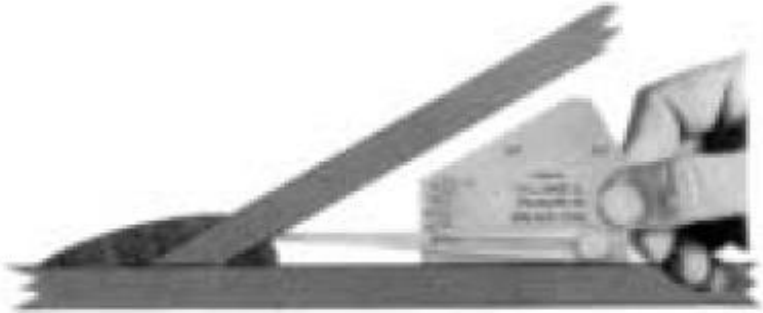
Patented

A handy compilation of mathematical relationships between leg length, throats, skew angles and inspection dimensions. A must for designers and inspectors. The perfect companion to the GAL Weld Gauge.

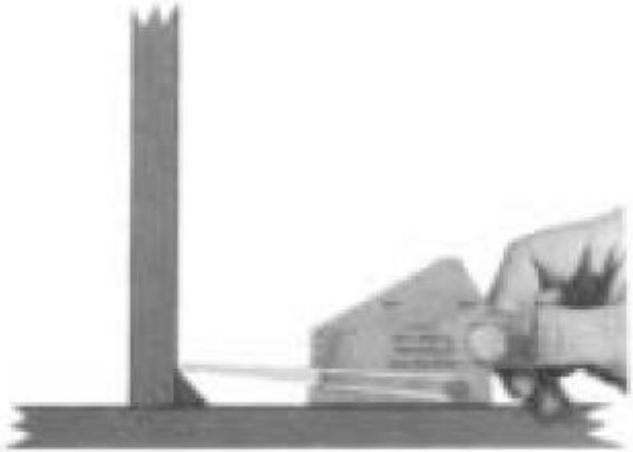
Gauge with Pointer Retracted

Checking Angle of Vertical Member

Gauge with Pointer Extended



Acute



90 Degrees

Obtuse

این ابزار علاوه بر ایجاد امکان اندازه‌گیری مشخصات ظاهری جوش، روابط ریاضی بین طول ساق‌ها، گلویی‌ها، زوایای اریب و ابعاد بازرسی نیز گردآوری و برای تسهیل استفاده توسط طراحان و بازرسان، روی آن منقوش گردیده‌اند.

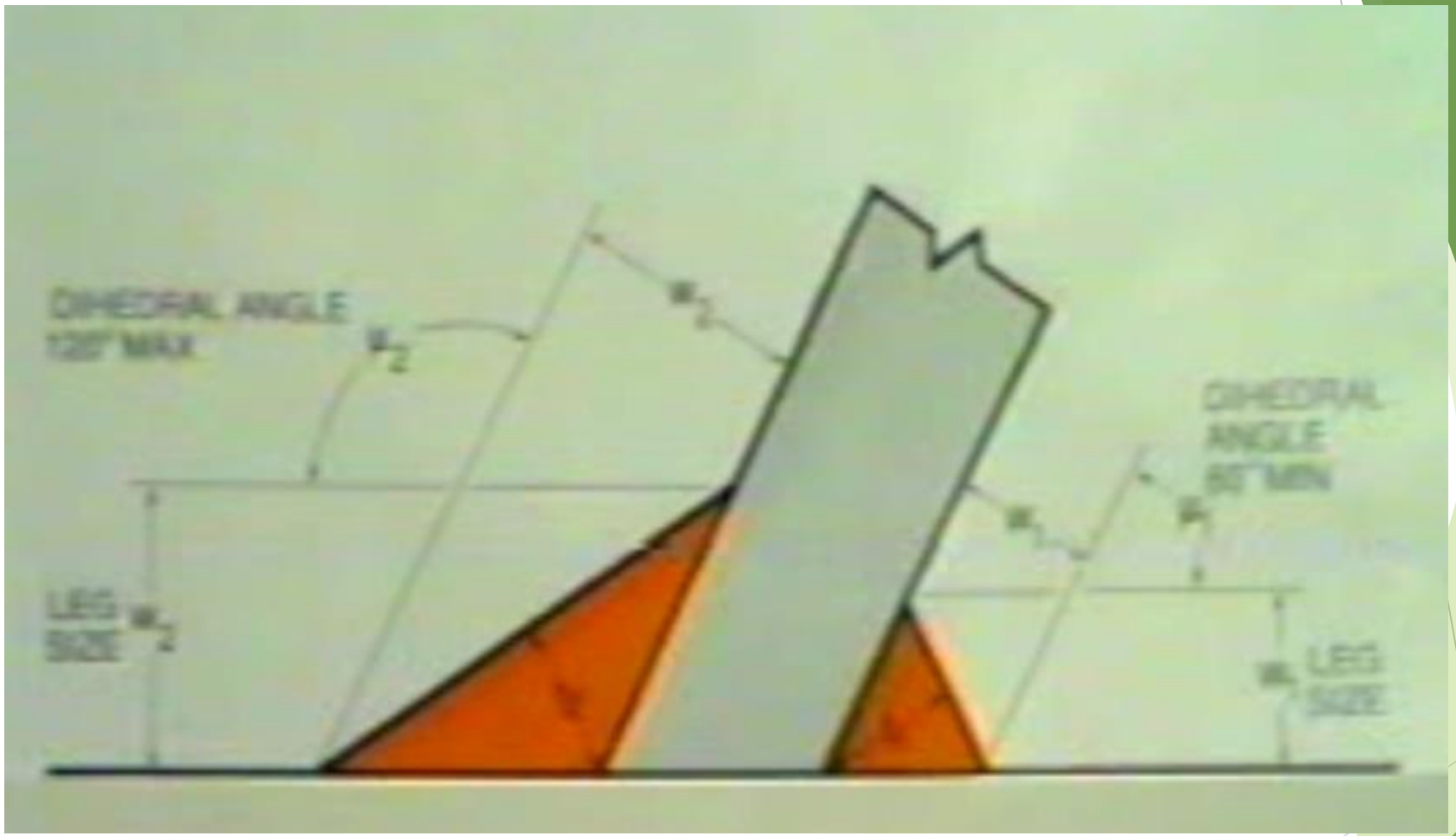
نمایی از گیج‌های جوشکاری در حالت‌هایی که شاخص اندازه‌گیری جمع شده و بیرون زده است.

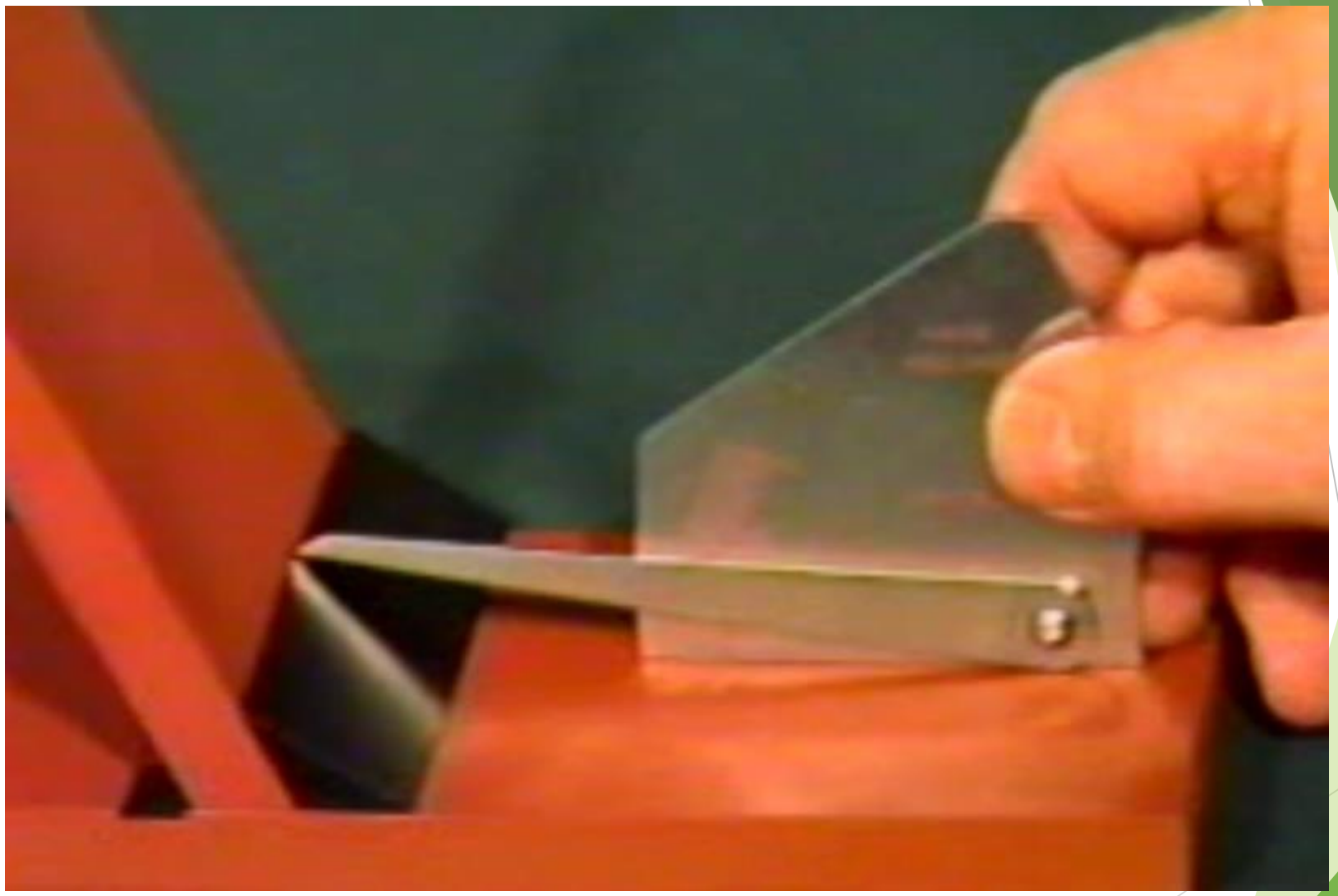
نحوه استفاده از گیج برای بررسی زاویه قطعات مورب و اعضای متقاطع یک اتصال

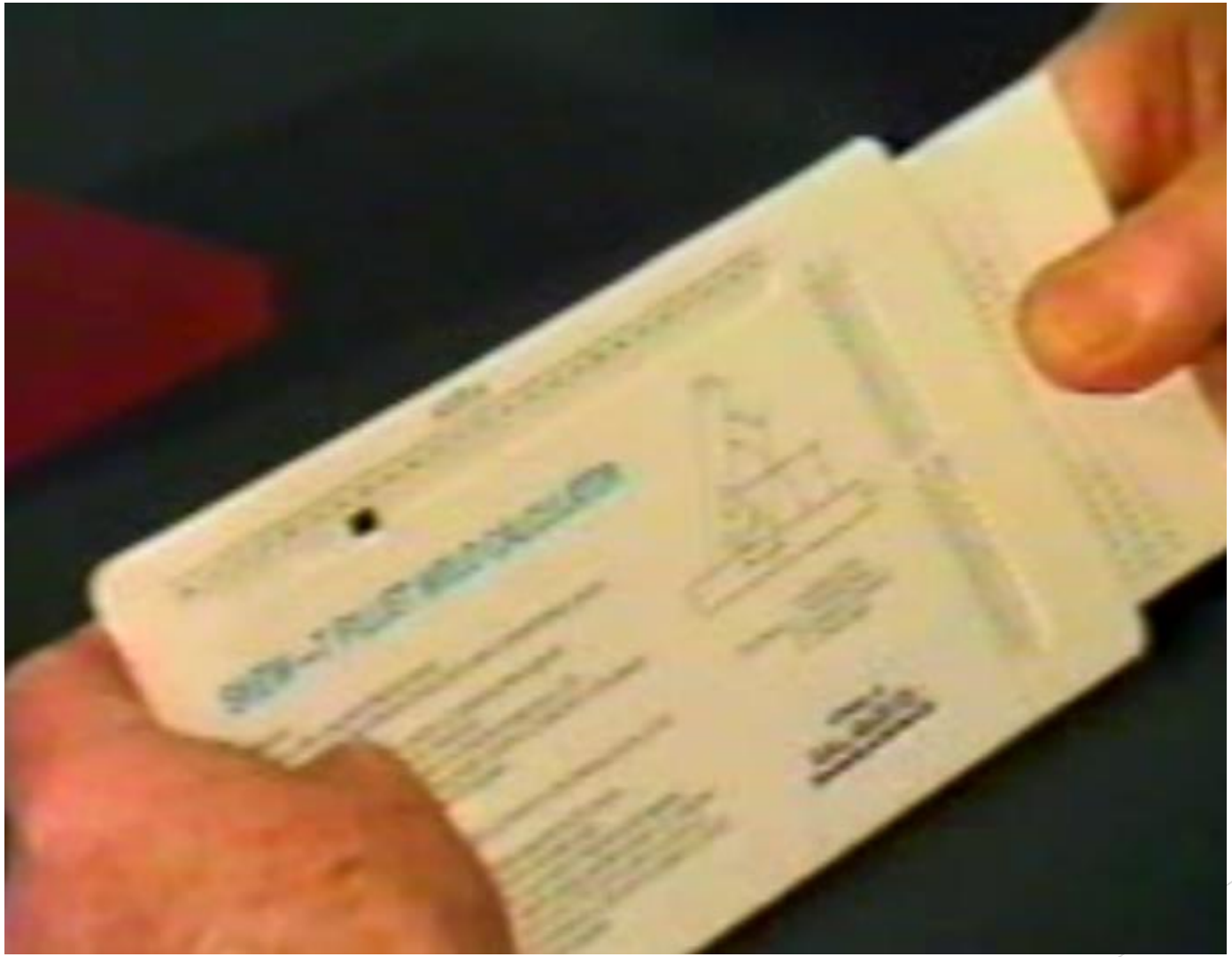
اندازه‌گیری ابعاد جوش موجود در زوایای حاد

اندازه‌گیری ابعاد جوش موجود در زوایای قائم

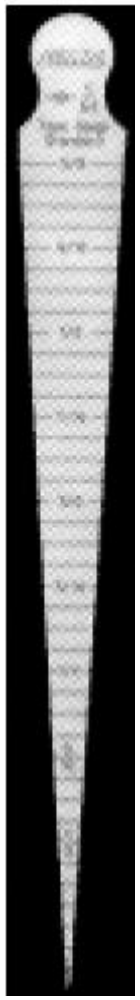
اندازه‌گیری ابعاد جوش موجود در زوایای منفرجه

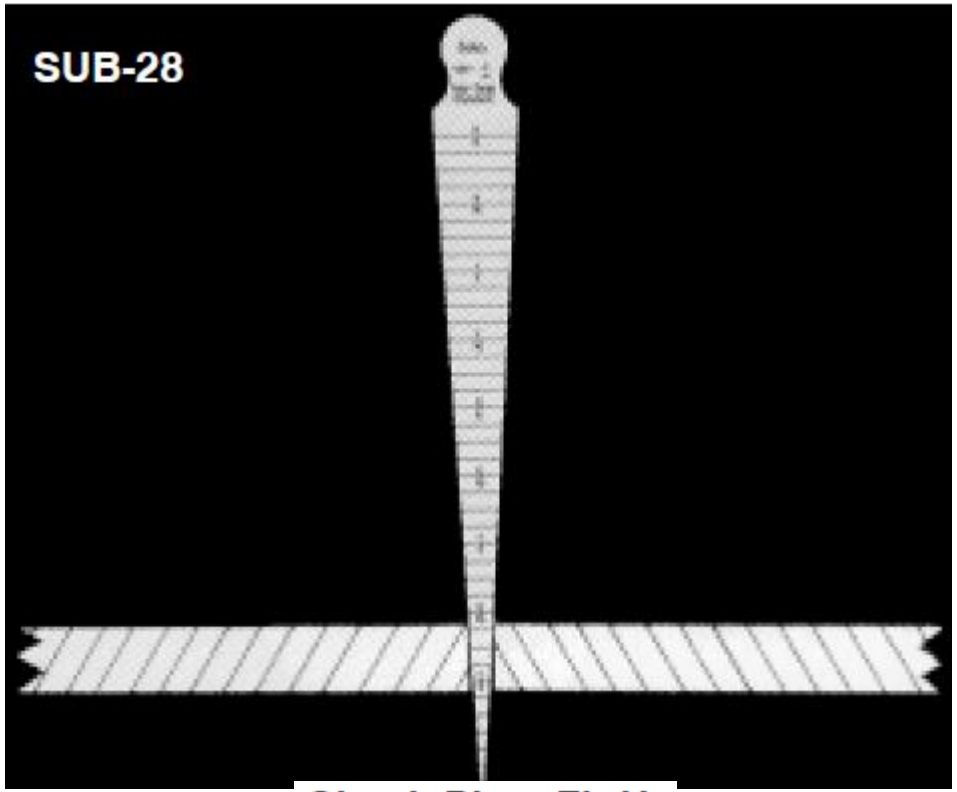

DIHEDRAL ANGLE
120° MAX
LEG SIZE
DIHEDRAL ANGLE
60° MIN
LEG SIZE



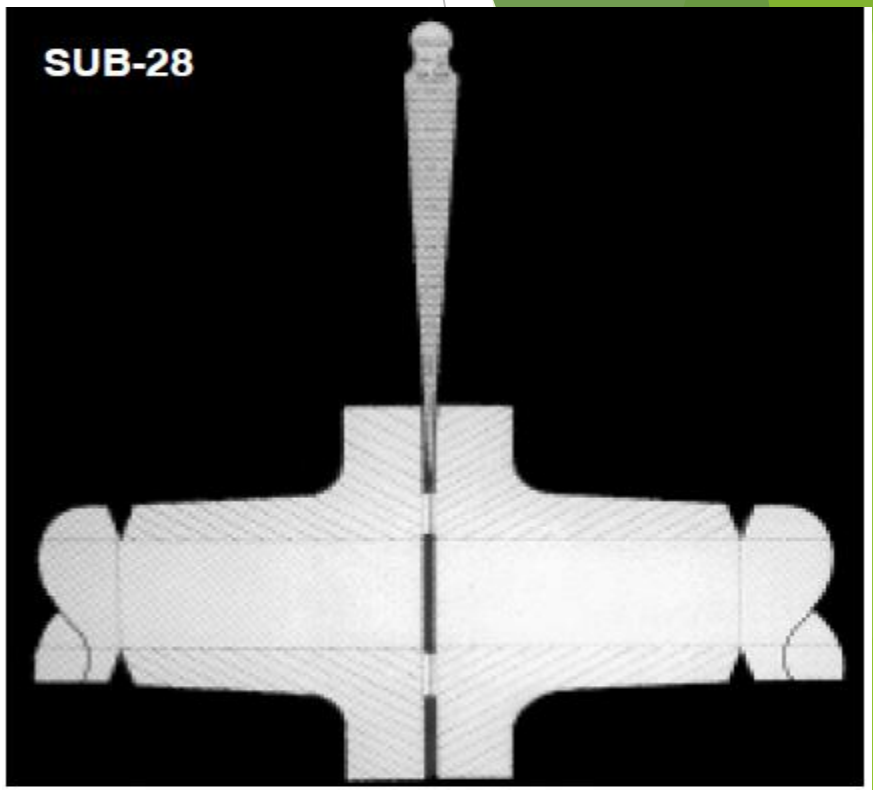


Taper Gauge





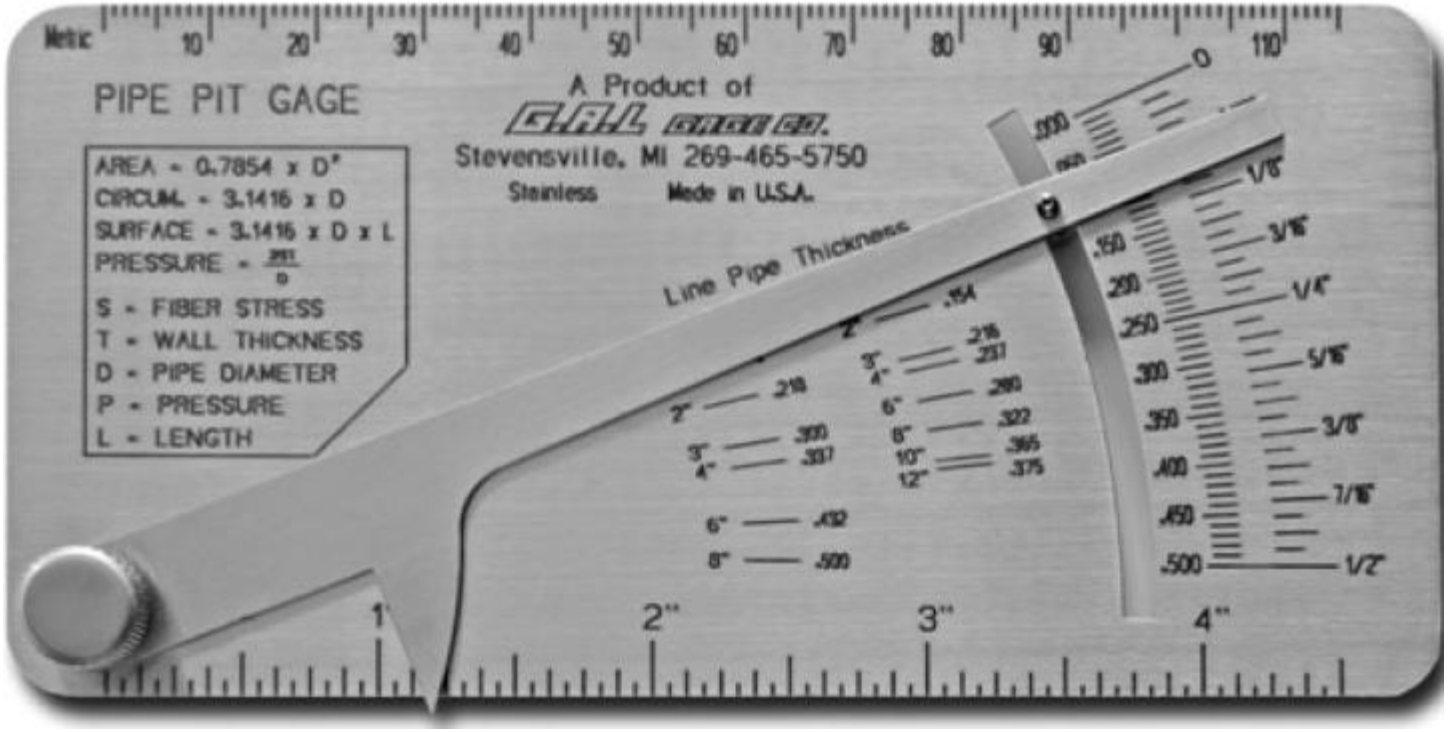
Check Plate Fit-Up



Check Flange Fit-Up

این گیج، ابزاری مناسب برای اندازه‌گیری فاصله ریشه جوش‌ها، بررسی مونتاژ ورق‌ها و یا کنترل مونتاژ فلنج‌ها هستند. ابعاد اندازه‌گیری شده با داخل کردن گیج در فاصله مونتاژ شده و خواندن عدد درج شده روی ابزار انجام می‌شود.

Pipe Pit Gauge



- ✓ ابزاری مناسب و با دقت بالا برای اندازه‌گیری عمق حفرات و تخلخل‌های بوجود آمده در قطعات
- ✓ دارای محدوده اندازه‌گیری از صفر تا ۱۲/۵ میلیمتر با دقت ۰/۰۴ میلیمتر
- ✓ بازوی متحرک را می‌توان در اندازه‌گیری‌ها در هر جایی قفل کرد
- ✓ باید از جنس فولاد زنگ‌نزن باشد
- ✓ فرمول‌های محاسباتی نیز برای دسترسی آسان‌تر روی گیج چاپ شده‌اند

DIGITAL WELDING GAUGE

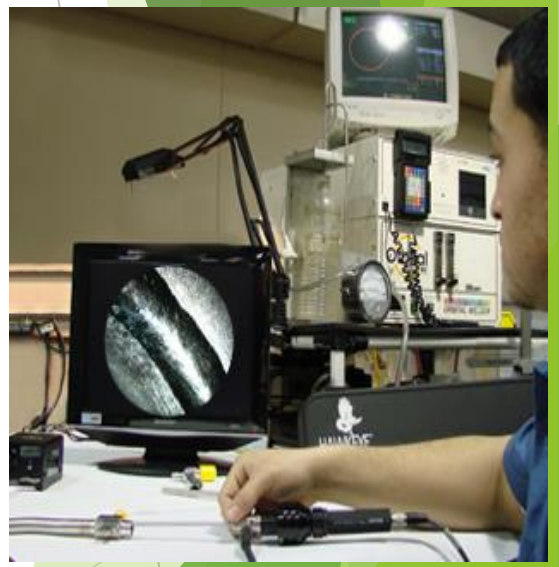
قابلیت‌ها:

- ✓ قابلیت اندازه‌گیری تمامی مقادیر در هر وضعیتی
- ✓ قابلیت انتقال داده‌های اندازه‌گیری شده به رایانه یا پرینتر
- ✓ علاوه بر استفاده از کلید ON/OFF، با جابجایی محور اصلی نیز بطور خودکار روشن می‌شود
- ✓ علاوه بر استفاده از کلید ON/OFF، در صورت عدم استفاده برای ۴ دقیقه نیز بطور خودکار خاموش می‌شود
- ✓ قابلیت اندازه‌گیری فلز جوش اضافی جوش‌های شیاری
- ✓ قابلیت اندازه‌گیری گلویی جوش‌های گوشه

تجهیزات

میکروسکوپ

- یک میکروسکوپ چشمی شامل ترکیبی از لنزها می باشد که برای بزرگ کردن تصویر یک جسم کوچک به کار می رود.
- ساده ترین میکروسکوپ دارای یک لنز است که اغلب آنرا با نام ذره بین می شناسیم
  - قابلیت بزرگنمایی یک ذره بین با توجه به رابطه M=25/f به دست می آید
  (۲۵: مقدار متوسط حداقل فاصله جسم با چشم غیر مسلح، f: فاصله کانونی عدسی)
  - میدان دید: فضایی که توسط ذره بین قابل رؤیت است که در یک ذره بین معمولی کمتر از فاصله کانونی آن می باشد.
  - عمق میدان: فاصله ای که عدسی می تواند بدون خراب شدن کیفیت تصویر جسم، از جسم دور یا به جسم نزدیک شود.عمق میدان با بزرگنمایی را نسبت معکوس دارد.



تجهیزات بورسکوپ

- بوروسکوپ: وسیله ای برای دیدن فضای داخلی لوله های باریک
- ابعاد بوروسکوپ: از قطر ۱۹ تا ۲۵ میلیمتر و در متراژهای مختلف
- انواع بوروسکوپ: امکان دریافت تصاویر به صورت مستقیم، عمود، معکوس و مایل انتخاب زاویه مناسب توسط نوع ومحل عیب مشخص می شود.
- میدان دید: دایره ای با قطر ۲۵ میلیمتر و در فاصله ۲۵ میلیمتر از جلوی بوروسکوپ

تجهیزات
اندوسکوپ

- اندوسکوپ وسیله ای شبیه بروسکوب اما با سیستم بصری بهتر و منبع نوری قویتر
- فاصله کانونی اندوسکوپ ثابت و ۴ میلیمتر است
- در زمانیکه فاصله جسم از نوک اندوسکوپ ۴ میلیمتر باشد، بزرگنمایی حدود ۱۰ برابر به دست می آید

WELDING INSPECTION

BEFORE WELDING

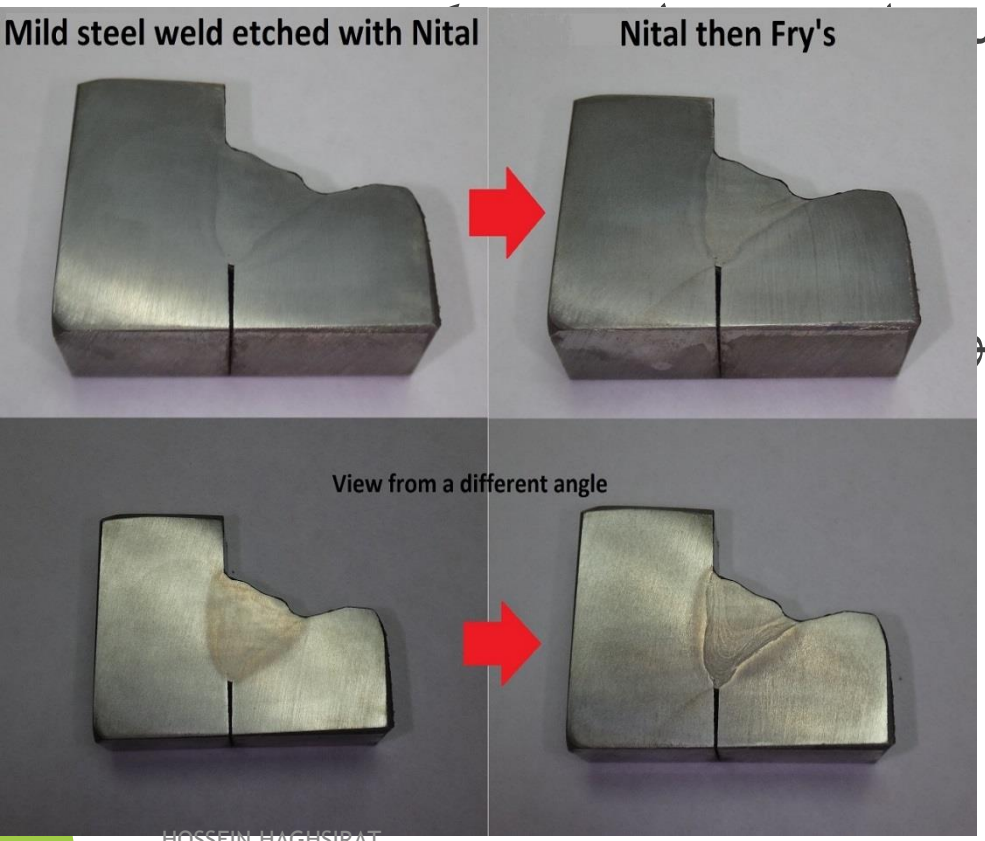
DURING WELDING

AFTER WELDING

مراحل بازرسی
بازرسی قبل از جوشکاری

- بازرسی فلز پایه قبل از انجام جوش می‌تواند شرایط منجر به ایجاد نقصها را مشخص کند.
- بعد از نصب قطعات در محل لازم برای جوشکاری، بازرس باید محل اتصال جوش را از نظر درز اتصال، آماده‌سازی لبه ها و دیگر مواردی که ممکن است کیفیت جوش را تحت تأثیر قرار دهند، بررسی کند.

مراحل بازرسی
بازرسی قبل از جوشکاری



- بازرس باید شرایط زیر را برای تطابق با مش

1. آماده سازی، ابعاد و تمیزی اتصال
2. صحت ابعاد تسمه های پشتیبان[1]، حلقه ها
3. جهت گیری و Fit up قطعاتی که باید جو
4. فرایند و مواد مصرفی جوشکاری
5. روش جوشکاری و تنظیمات دستگاهها
6. دمای پیش گرم مشخص شده
7. کیفیت مورد نظر جوش

WPS

مراحل بازرسی
بازرسی در حین جوشکاری

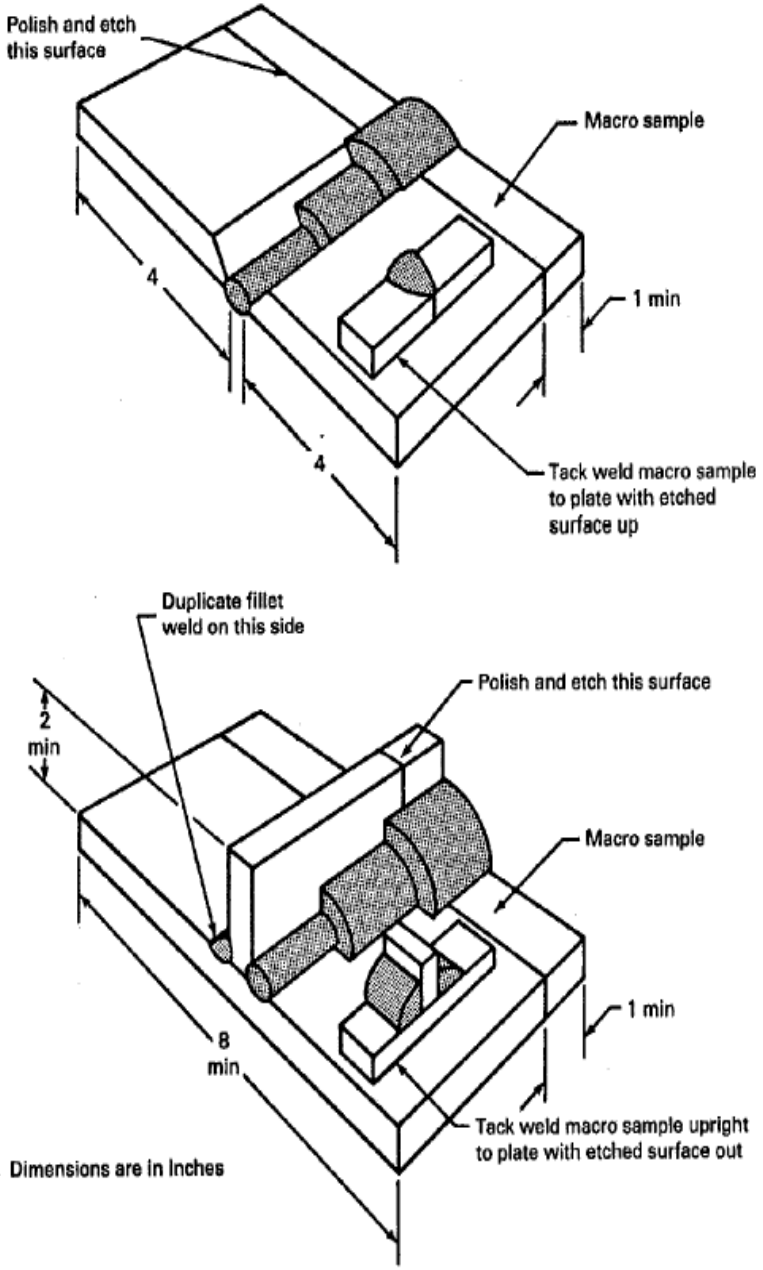
- در حین جوشکاری، بازرسی چشمی روش اولیه جهت کنترل کیفیت است.

مراحل بازرسی
بازرسی در حین جوشکاری

- برخی از مراحل تولید که می توان با این روش کنترل نمود عبارتند از:

1. عملیات روی خالجوش ها
2. کیفیت پاس ریشه و پاسهای بعدی جوش
3. دمای پیشگرم و دمای بین پاسی کافی
4. ترتیب جوشکاری
5. تمیز کردن بین پاسی
6. آماده سازی ریشه قبل از جوشکاری طرف دوم
7. هماهنگی با دستورالعمل بکار گرفته شده

مراحل بازرسی
بازرسی در حین جوشکاری



در بازرسی پاس های بعدی جوش، معمولاً روی شکل خط جوش و تمیزی بین پاسی تمرکز می‌شود. گاهی این کار با کمک استانداردهای کیفیت کاری انجام می شود.

مراحل بازرسی
بازرسی در حین جوشکاری

این استانداردها مقاطعی از اتصالات مشابه قطعات کار را نشان می دهند کـه در آن ها پاسهای مختلف مشخص شده‌اند.

هر پاس جوش مورد نظر را می توان با پاس مربوطه در استاندارد کیفیت کـاری مقایسه کرد.

یک نمونه کیفیت کاری فقط نشان دهنده شرایط ایـده آل اسـت و نمـی توانـد نشانگر شرایط واقعی کار باشد. به همـین دلیـل، بایـد ضـرایب خطـا بـرای تلرانس تولید در نظر گرفته شود.

مراحل بازرسی
بازرسی بعد از جوشکاری

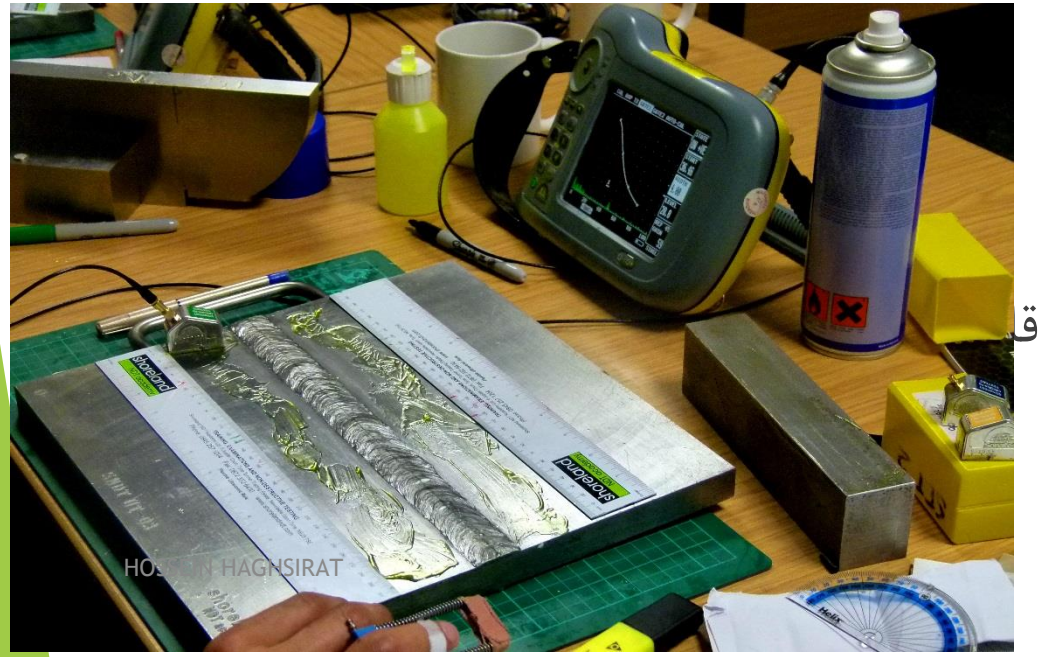
مواردی که بعد از جوشکاری، توسط بازرسی چشمی باید بررسی شوند عبارتند از:

1. ظاهر نهایی جوش
2. ابعاد نهایی جوش
3. مقدار جوش
4. دقت ابعادی
5. مقدار تغییر شکل
6. عملیات حرارتی بعد از جوش

مراحل بازرسی
بازرسی بعد از جوشکاری

در بیشتر کدها و مشخصات، نوع و اندازه ناپیوستگی های مورد انتظار جوش ارائه شده است.
بسیاری از ناپیوستگی‌های زیر روی سطح یک جوش توسط بازرسی چشمی قابل تشخیص هستند:

1. ترکها
2. Undercut
3. همپوشانی
4. ناخالصی های سرباره ای و تخلخلهای ق
5. پروفیل جوش غیرقابل قبول



مراحل بازرسی بعد از جوشکاری

برخی فولادها همچون ASTM A514 و A517 مستعد ترک خوردگی با تـأخیر هسـتند. کد مورد نظر این فولادها ممکن است قبل از بازرسی جوش در فولادهای حساس به ترک، یک تأخیر، توصیه کند.

وقتی عملیات حرارتی بعد از جوش توصیه شود، عملیات باید توسـط بـازرس بررسـی و ثبت شود. آیتم های مهم جهت ثبت در عملیات حرارتی به شرح زیرند:

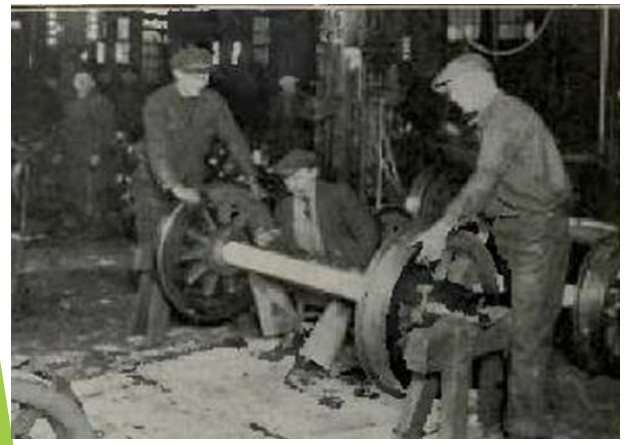
1. سطحی که باید حرارت داده شود
2. نرخ سرد و گرم کردن
3. زمان و دمای نگهداری
4. اندازه‌گیری دما و محل آن
5. کالیبراسیون تجهیزات

بازرسی با مایعات نافذ

LIQUID PENETRANT TESTING

از حدود نیمه قرن چهاردهم این روش مورد استفاده بوده است.

در صنعت راه آهن در بررسی چرخهای لوکوموتیو جهت پیدا کردن ترک استفاده می شده است



تاریخچه

پاکسازی چرخ ها

نگه داری در نفت سفید به مدت 30 دقیقه

تمیز کردن چرخ ها

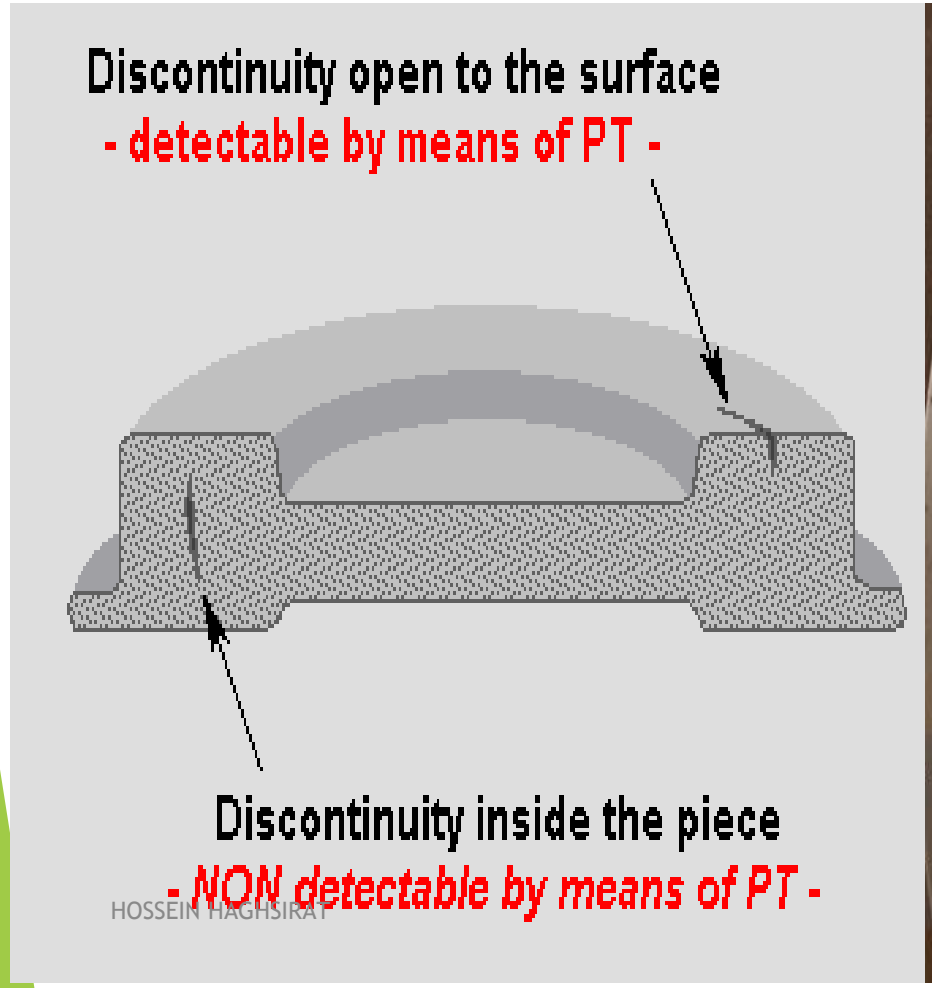
پوشش دادن سطح بیرونی توسط گچ

چرخاندن یا وارد کردن ضرباتی به چرخ

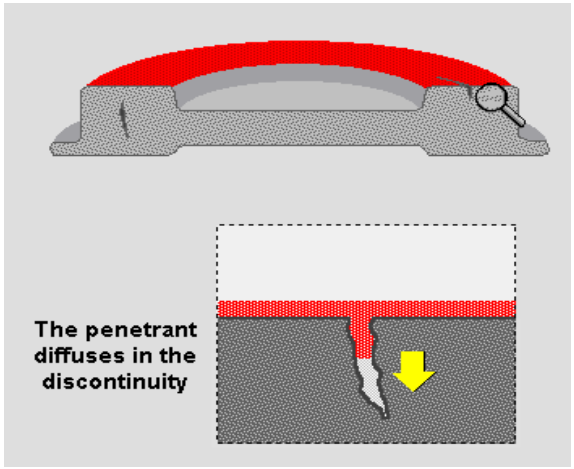
خروج نفت و تیره شدن لایه گچی

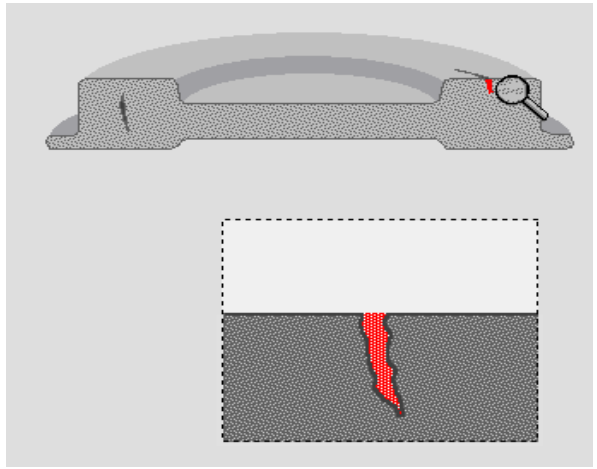
معرفی روش

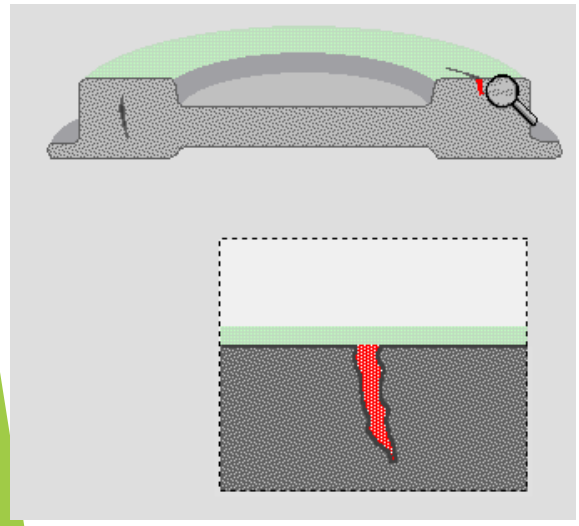
آزمون مایع نافذ (PT) روشی است که ناپیوستگی های باز (سطحی) را با نشان دادن یک مایع نافذ در مقابل یک آشکار ساز، روی زمینه ظاهر می کند

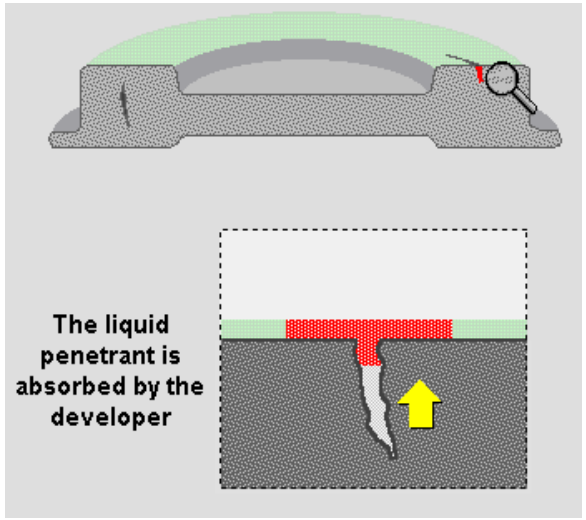


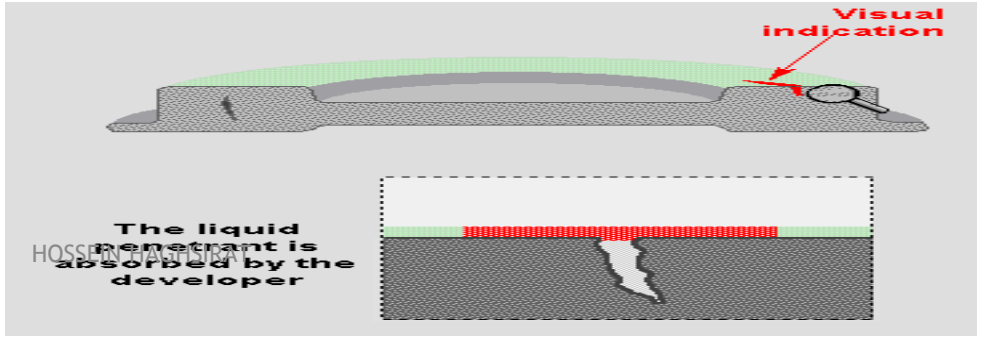
مراحل انجام بازرسی







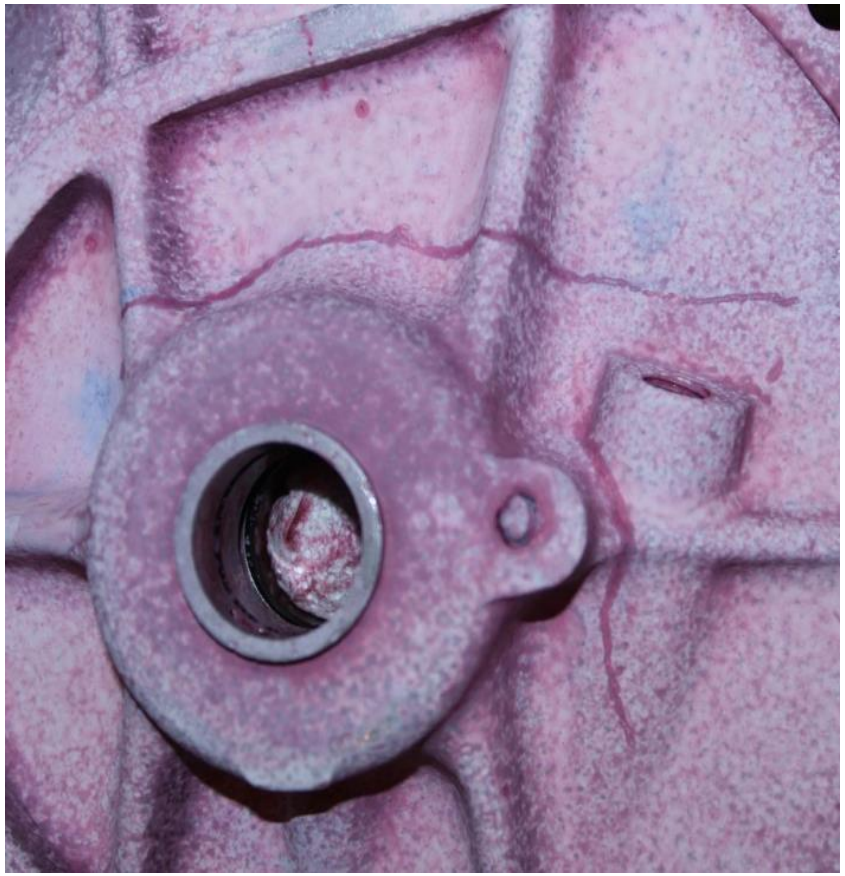




1. تمیز کردن سطح نمونه
2. اعمال مایع نافذ
3. منتظر بودن به اندازه زمان نفوذ (Dwell Time)
4. حذف مایع نافذ اضافی
5. اعمال آشکار ساز
6. بررسی سطح برای مشاهده و ثبت نتایج
7. تمیزکاری نهایی (در صورت لزوم)

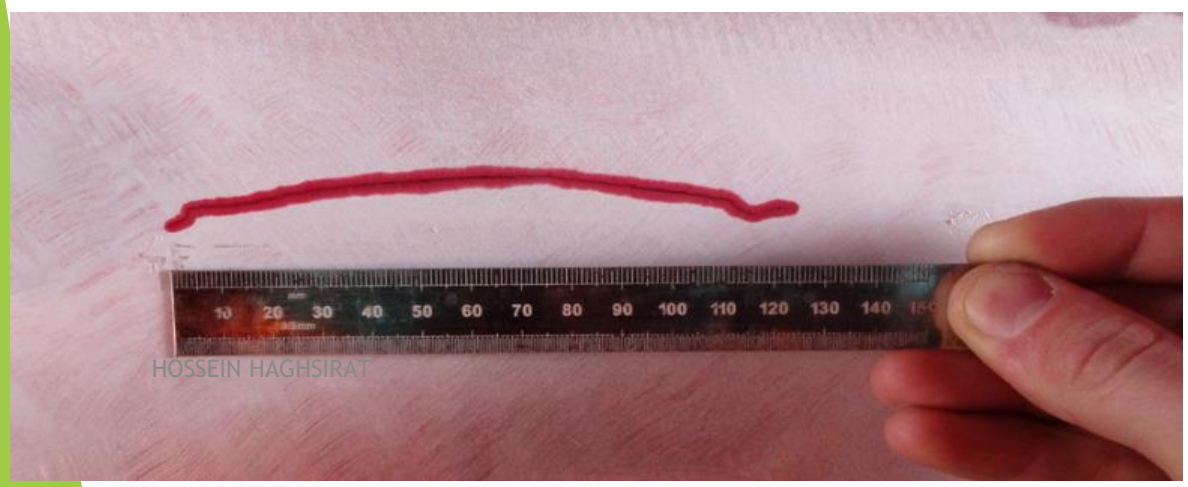
مزایای بازرسی به روش مایعات نافذ

1. روش نسبتا ساده ای است.
2. روش ارزانی است.
3. محدودیتی در جنس ماده وجود ندارد (به جز مواد متخلخل).
4. قادر به تعیین محل و اندازه تقریبی عیب است.
5. تجهیزات این روش قابل حمل و نقل است.



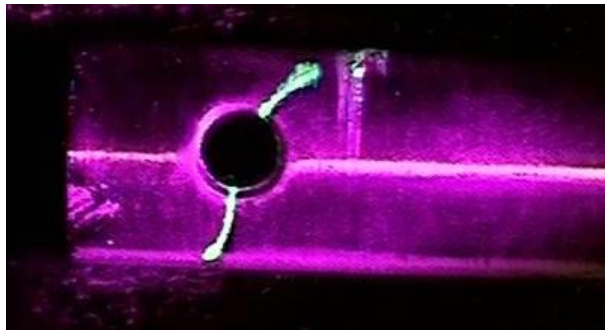
محدودیت های بازرسی به روش مایعات نافذ:

1. تنها عیوب و ناپیوستگی های سطحی قابل تشخیص هستند.
2. در قطعات متخلخل و با سطوح خشن کاربردی ندارد.
3. گاهی ترک های عریض و کم عمق تشخیص داده نمی شوند.
4. اندازه عیوب بزرگتر از اندازه واقعی تخمین زده می شود.



کاربردهای بازرسی به روش مایعات نافذ

1. صنایع فضایی برای کنترل مواد تولیدی
2. قطعات خودرو مانند قطعات ریخته گری و آهنگری آلومینیم
3. تعمیرات و سرویس های منظم قطعات لوکوموتیوهای قطار
4. یافتن ترک های خستگی مواد نورد شده
5. کنترل صحت و دقت نتایج به دست آمده از MT

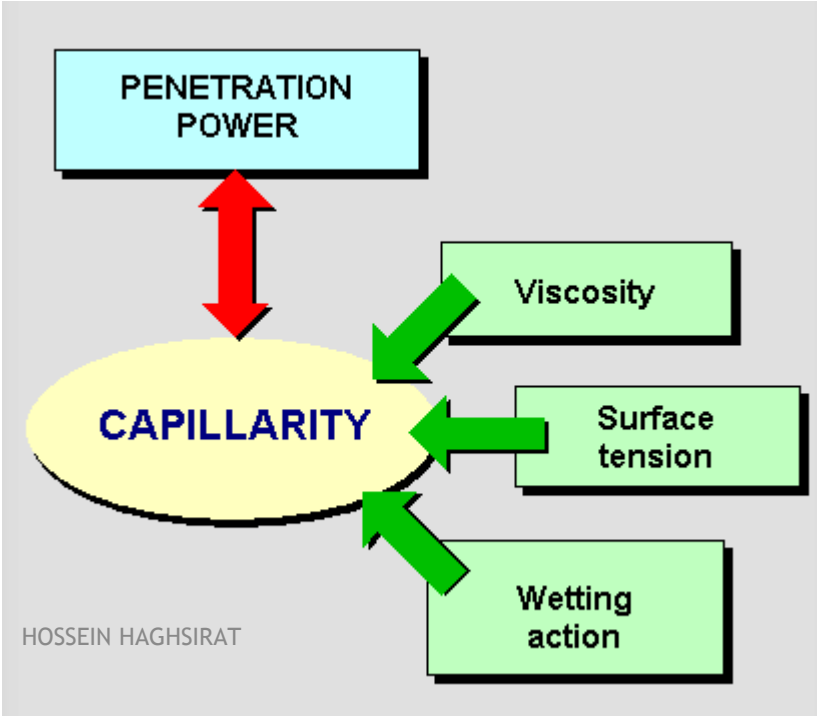


اصول فیزیکی

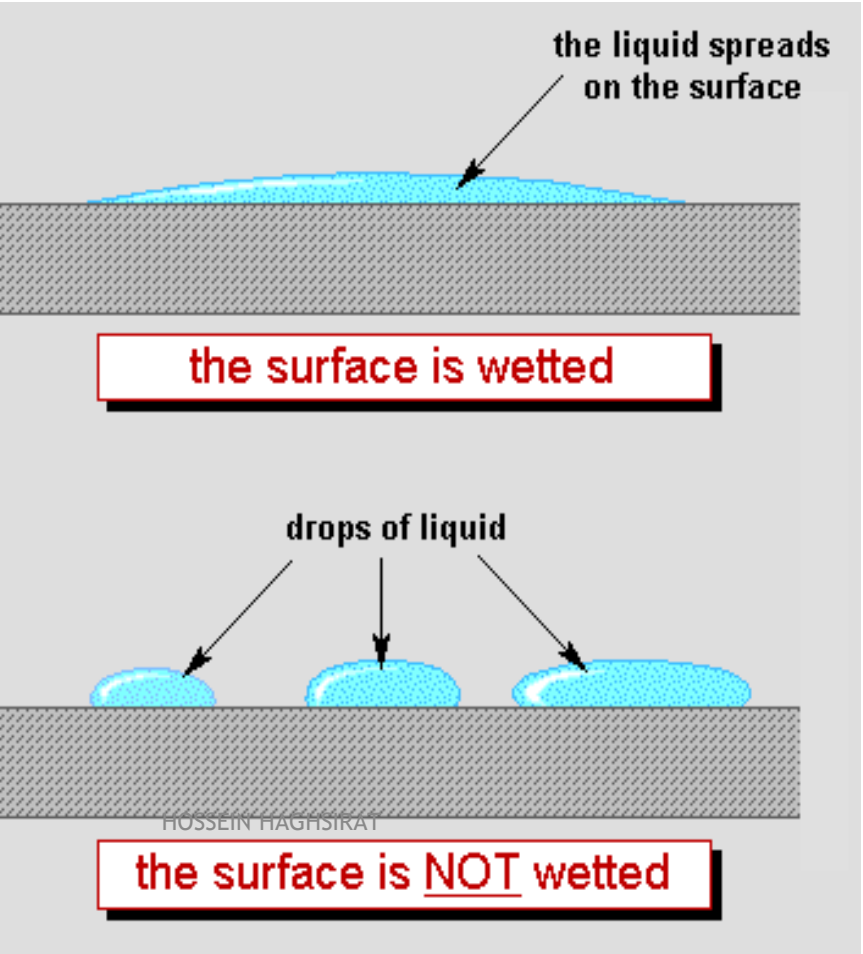
بازرسی با مایعات نافذ به طور عمده به تر شدن مؤثر یک نمونه یا قطعه کار جامد توسط یک عامل نفوذ کننده که روی سطح مذکور جریان می یابد، وابسته است.

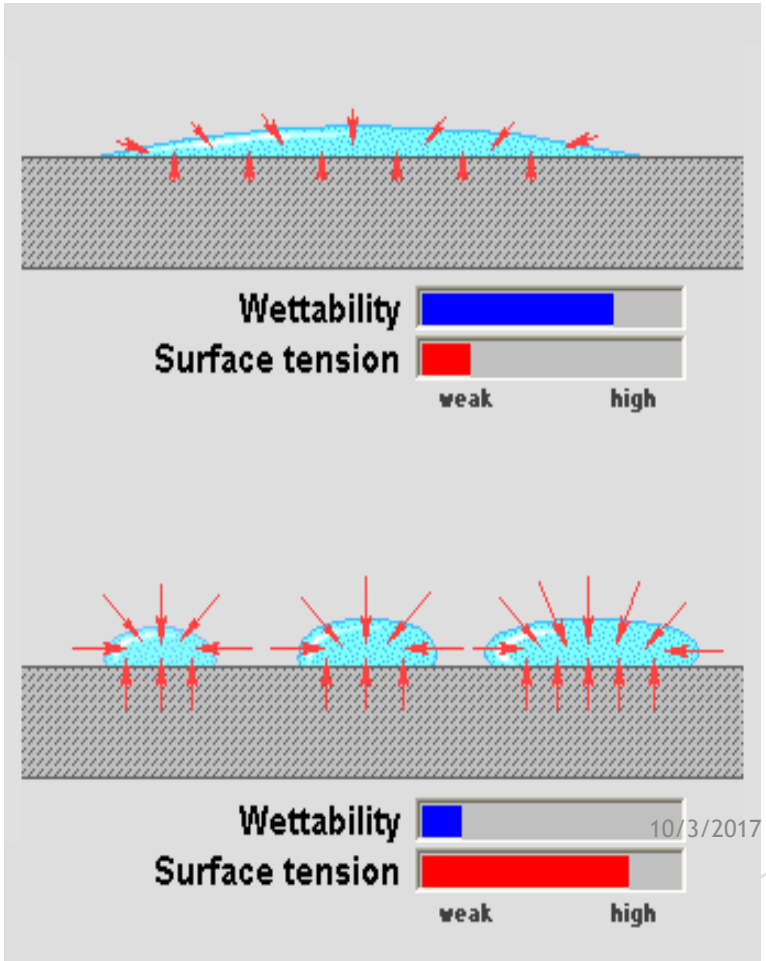
قابلیت یک مایع نافذ برای جریان یافتن روی سطح و ورود به حفره ها به طور عمده به موارد زیر بستگی دارد:

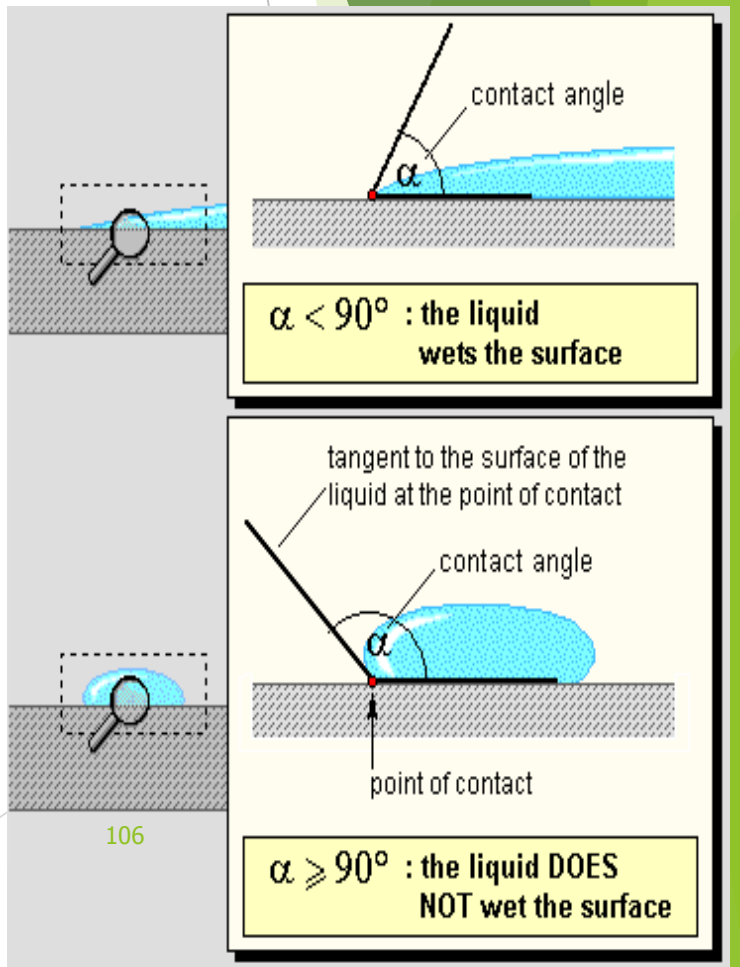
1. تمیزی سطح
2. پیکر بندی حفره
3. تمیزی حفره
4. اندازه گشودگی دهانه حفره
5. کشش سطحی مایع نافذ
6. توانایی مایع در تر کردن سطح



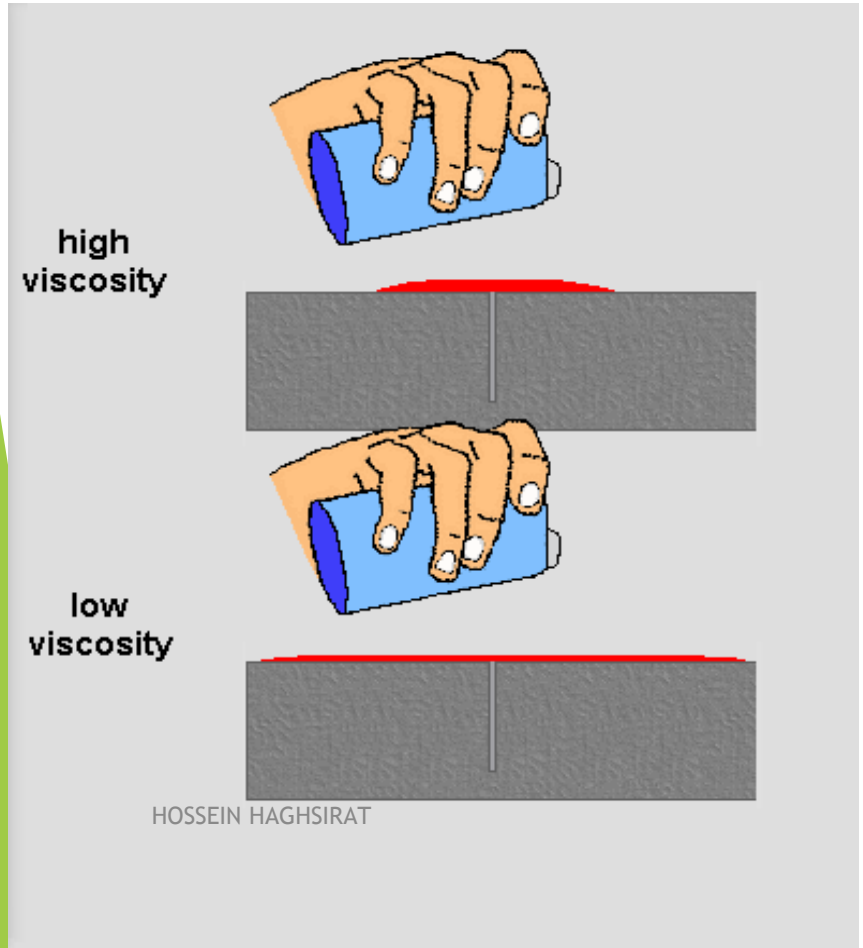
کشش سطحی و خاصیت تر کنندگی

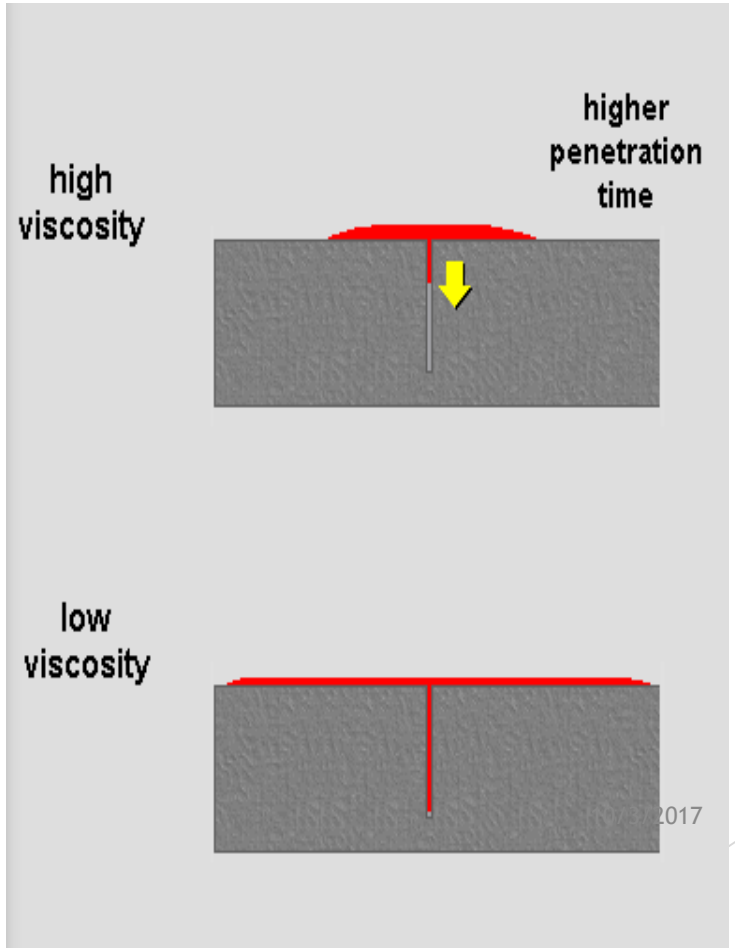


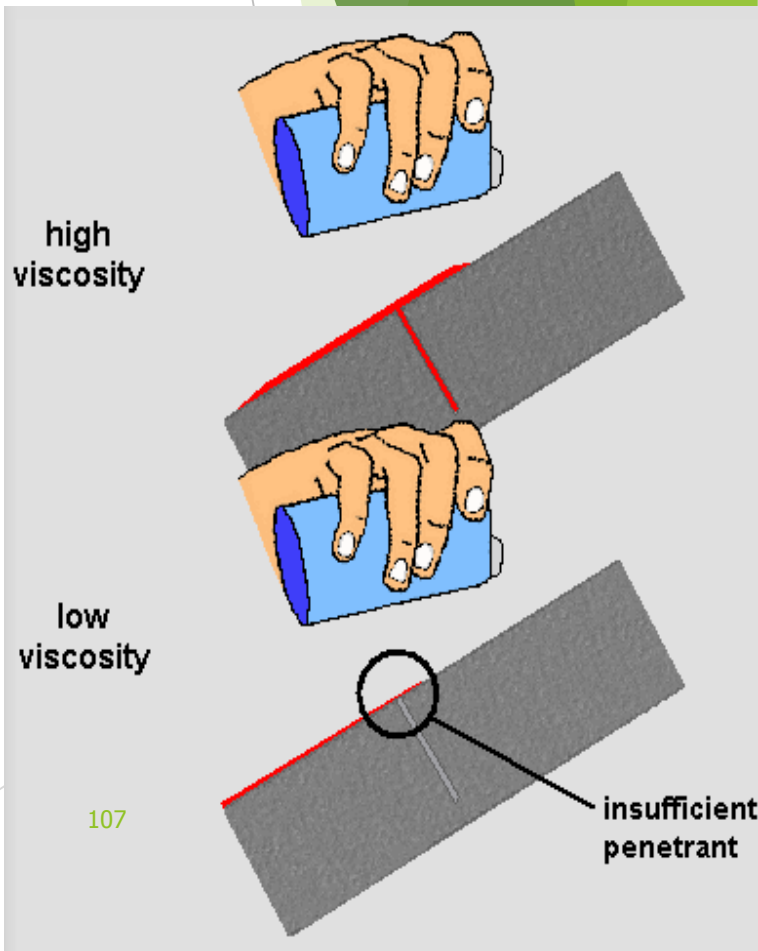




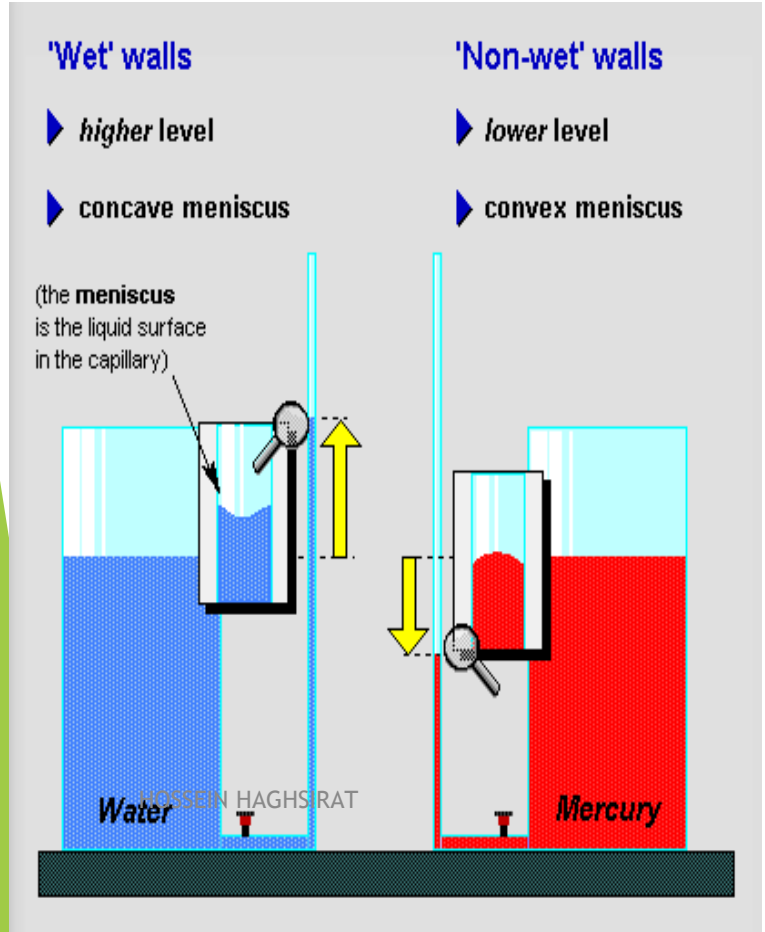
(چسبناکی):گرانروی یا ویسکوزیته

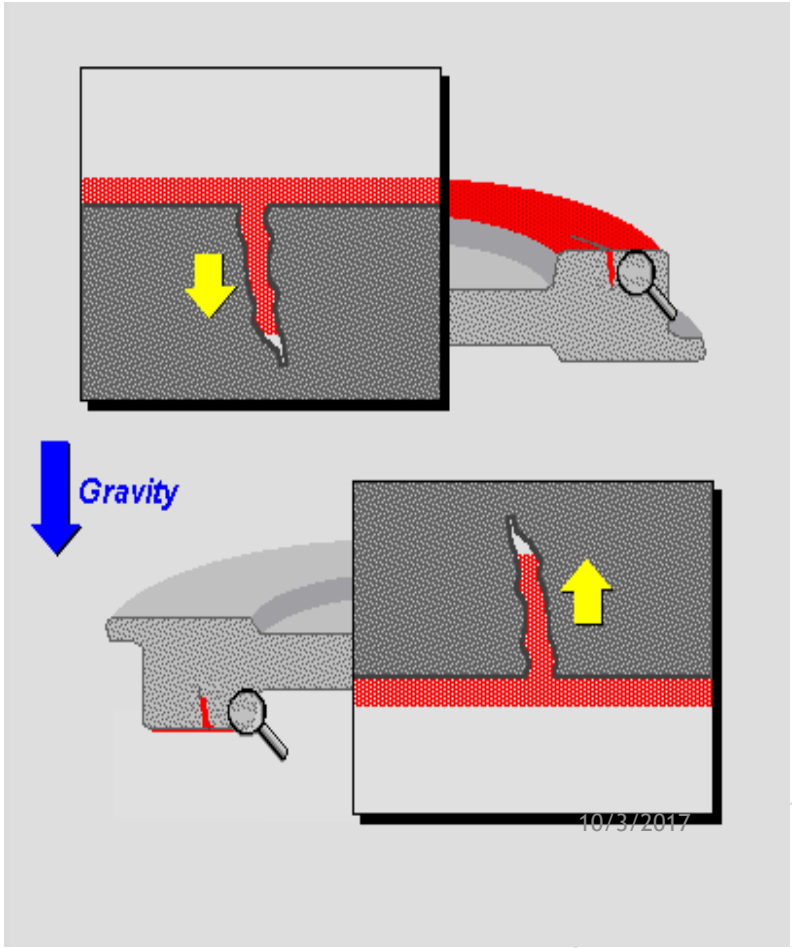


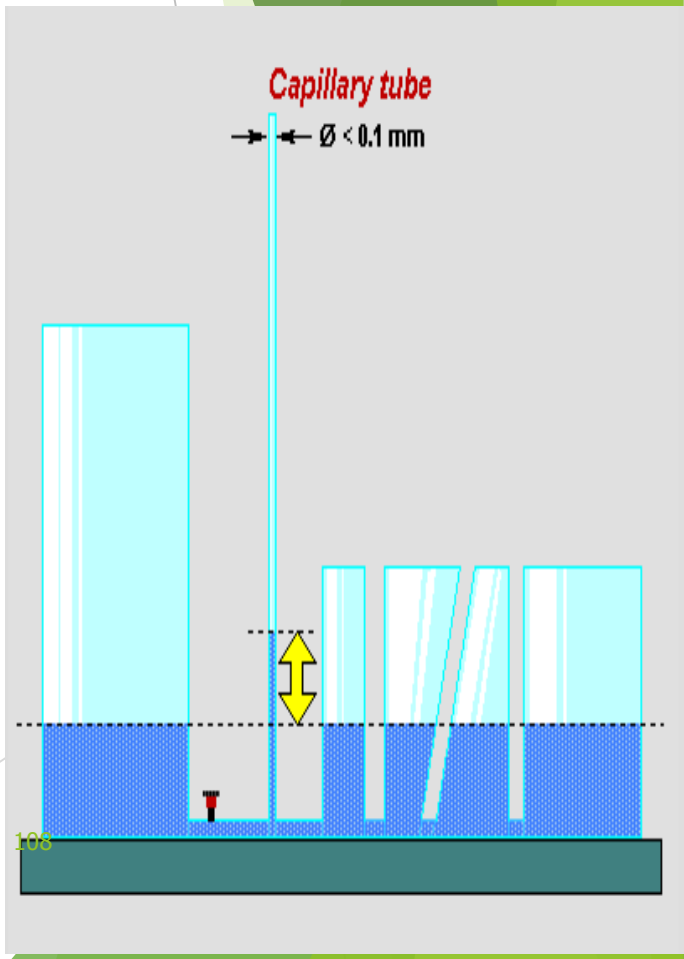




خاصیت مویینگی







خاصیت مویینگی

موئینگی

- **توانایی ماده برای داخل شدن به یک حفره**

$$\rho = \frac{2\ S\ \mathrm{Cos}\ \theta}{D}$$

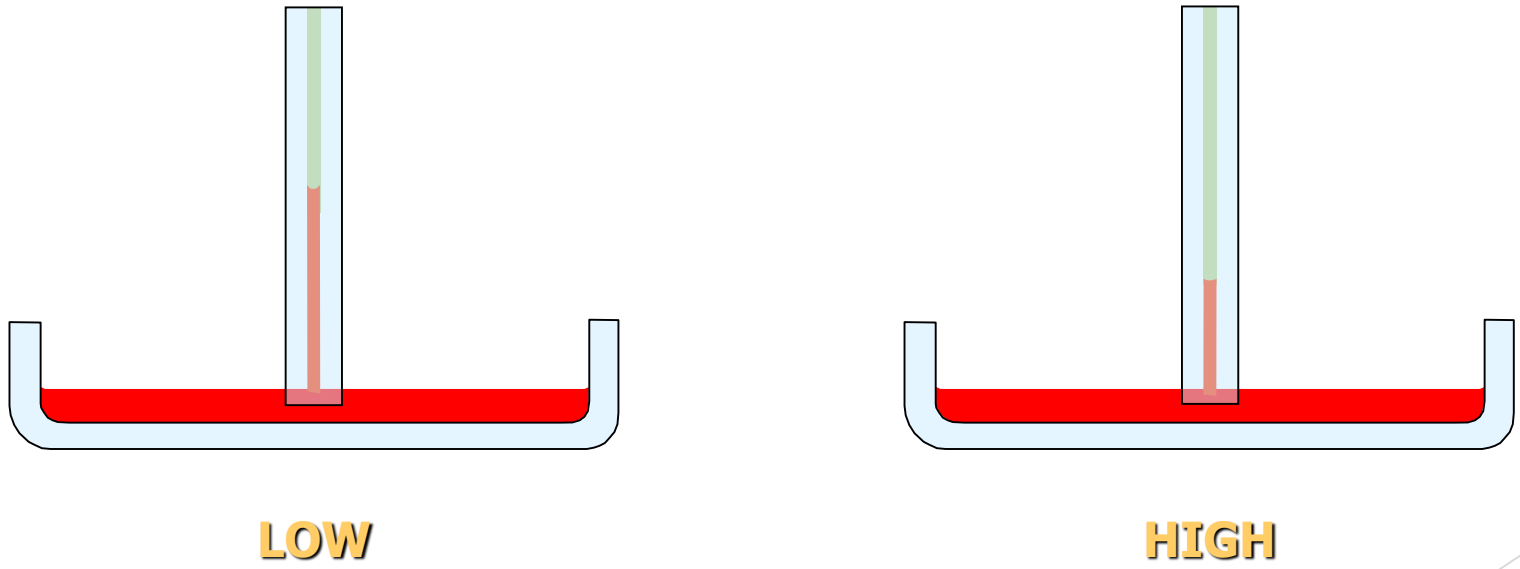
ρ = Capillary pressure
S = Surface Tension
θ = Contact Angle
D= Width of the crack

خاصیت مویینگی

مویینگی

- **توانایی ماده برای داخل شدن به یک حفره**

Contact Angle

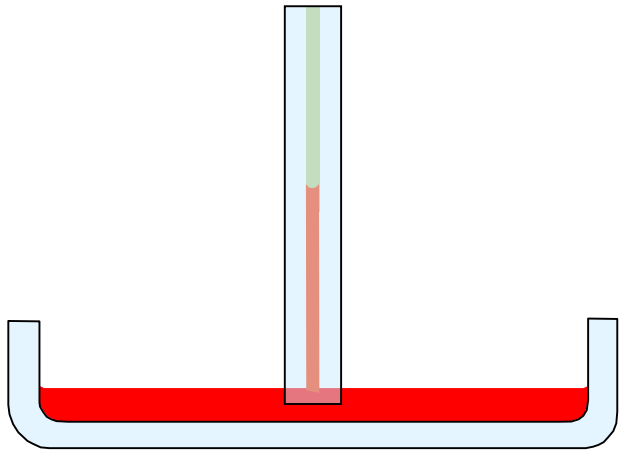


خاصیت مویینگی

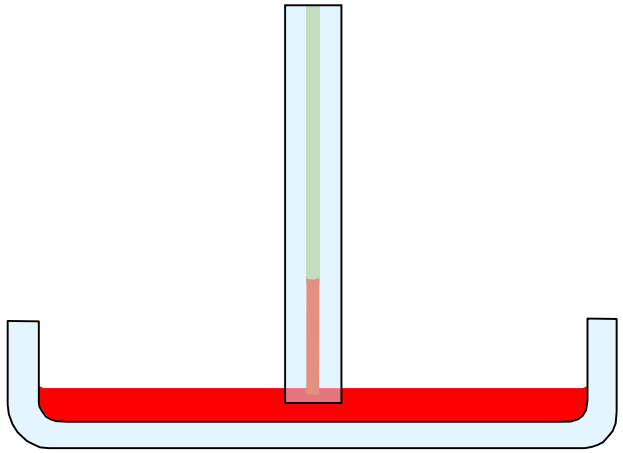
موئینگی

- **توانایی ماده برای داخل شدن به یک حفره**

Surface Tension



HIGH



LOW

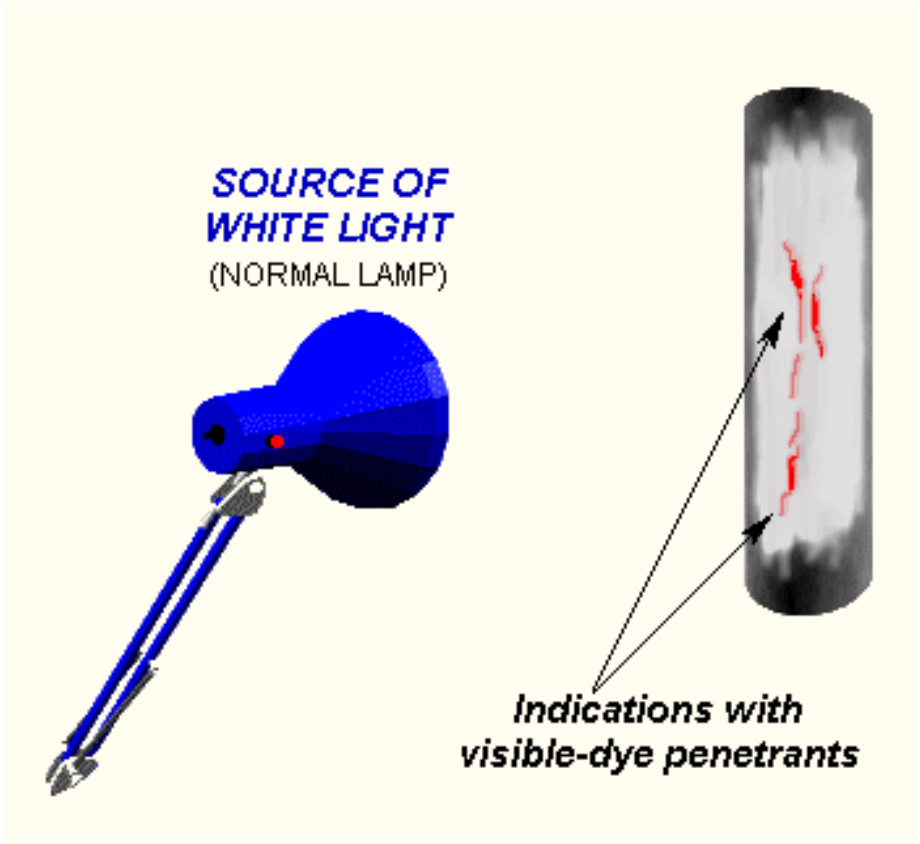
مواد و تجهیزات

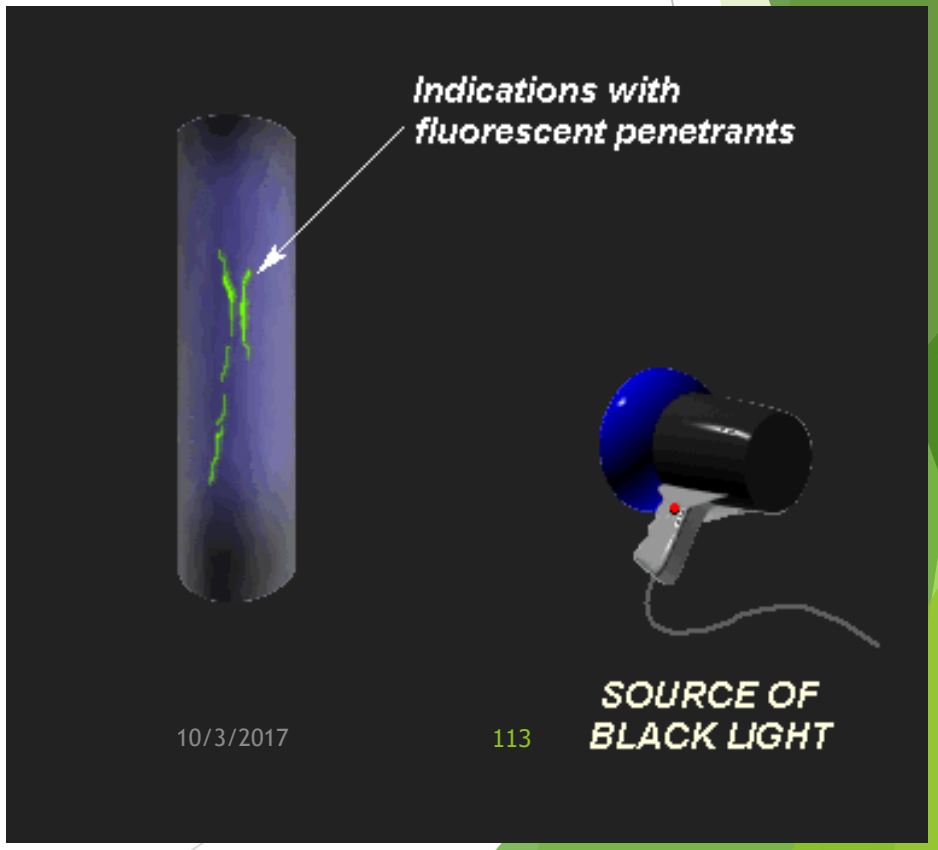
1. مواد نافذ
2. معلق کننده ها
3. حذف کننده ها
4. آشکار سازها

روش های تست مایعات نافذ

I تست مایع نافذ فلورسنت

II تست مایع نافذ مرئی





تفسیر مشاهدات

- ناپیوستگی های مورد ارزیابی به سه دسته کلی تقسیم می شوند:
  1. نشانه های خطی یا Linear (طول سه برابر عرض)
  2. نشانه های گرد یا Round (طول کمتر از سه برابر عرض)
  3. نشانه های پراکنده در قطعه

- گاهی ممکن است نشانه های نامربوط Non relevant نیز بر روی سطح قطعه نمایان شود.

تفسیر مشاهدات

متداول ترین نقص قابل مشاهده با این روش ترک سطحی است.

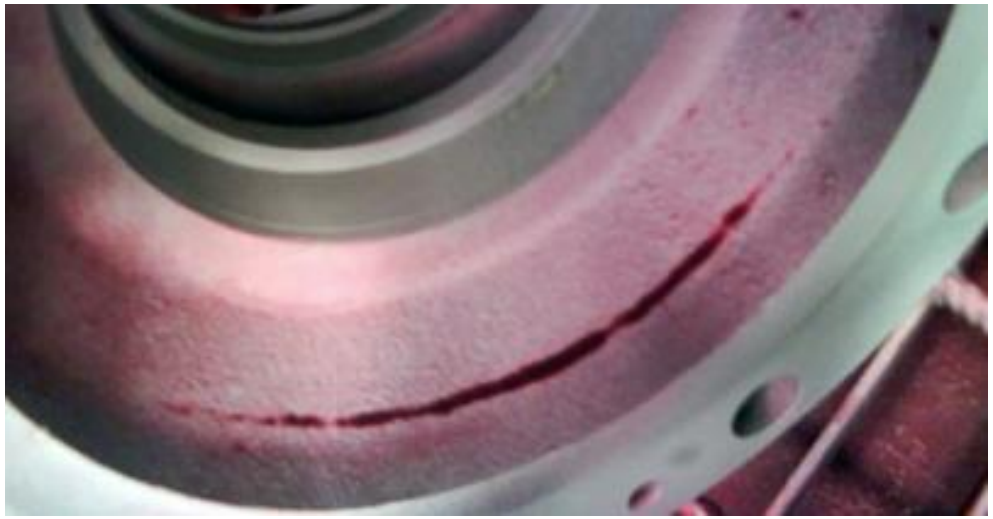
در تفسیر علائم ناشی از ترک عرض Bled out معیاری از عمق ترک است.

در یک ترک بسیار عمیق Bled out حتی پس از تمیزکاری و آشکارسازی مجدد نیز ظاهر می شود.

تخلخل سطحی، اکسیدهای فلزی، سرباره و نفوذ و ذوب ناقص نیز در صورتی که در سطح باشند، با این روش بازرسی تشخیص داده می شوند.

Under cut و همپوشانی به راحتی با این روش تشخیص داده نمی شوند.

تفسیر مشاهدات



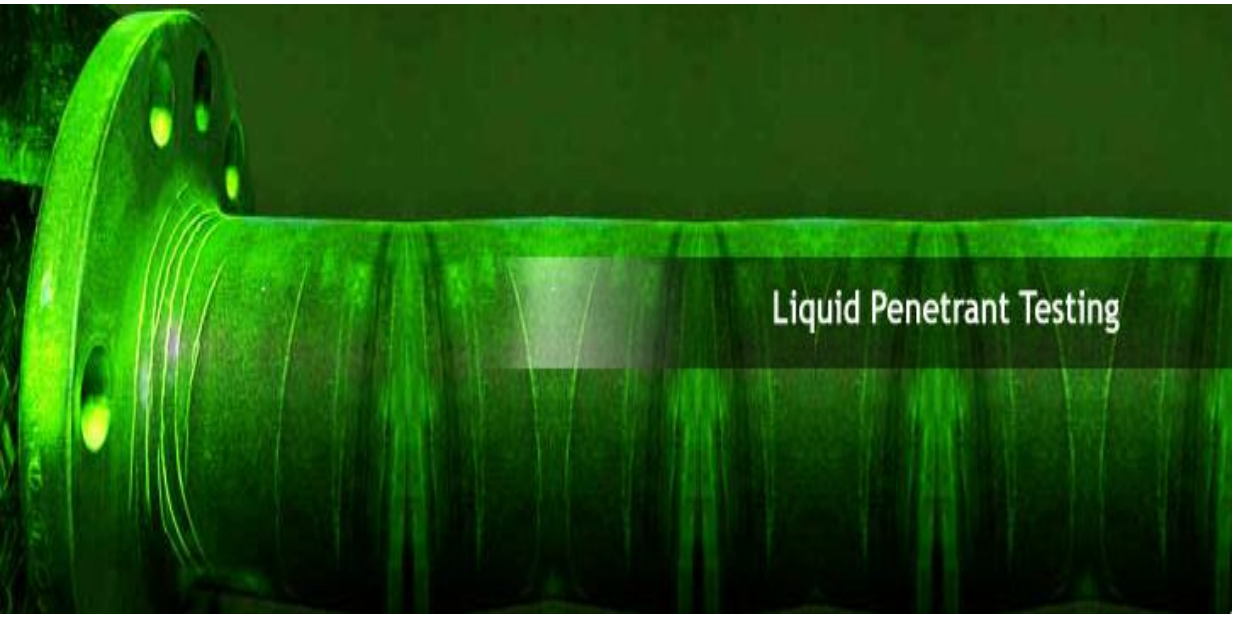
در برخی موارد نشانه های نادرست False Indication نیز بر روی سطح قطعه ایجاد می شود:

1. از روی دست اپراتور به سطح انتقال یابد.
2. در اثر آلودگی Developer ایجاد شود.
3. Bled out از یک قطعه بیرون آمده و به قطعه دیگر منتقل می شود.
4. به وسیله محلی که پس از غوطه وری قطعات روی آن چیده می شوند، به قطعه منتقل شود.
5. در اثر شستشوی نا مناسب قطعات ایچاد شود.

طبقه بندی روش های بازرسی مایعات نافذ

- عوامل اصلی در انتخاب روش PT:

1. شرایط سطحی قطعه کار مورد بازرسی
2. مشخصه های نقص مورد تشخیص
3. زمان و مکان بازرسی
4. اندازه قطعه کار
5. حساسیت مورد انتظار

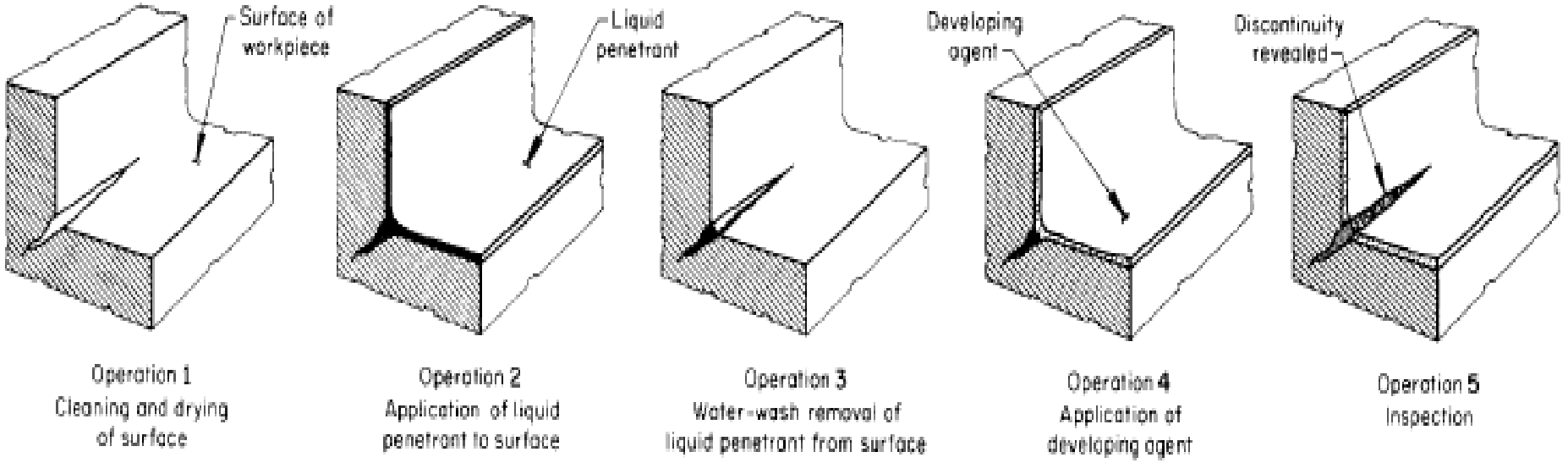


انواع مایع نفوذ کننده

1. از لحاظ دید
   1. Fluorescent
   2. Visible
   3. Dual

2. از لحاظ اعمال
   A. Water Washable
   B. Post Emulsifier-Lipophilic
   C. Solvent Removable
   D. Post Emulsifier-Hydrophilic

Aروش



عملیات ۱:
تمیزکاری و خشک کردن سطح

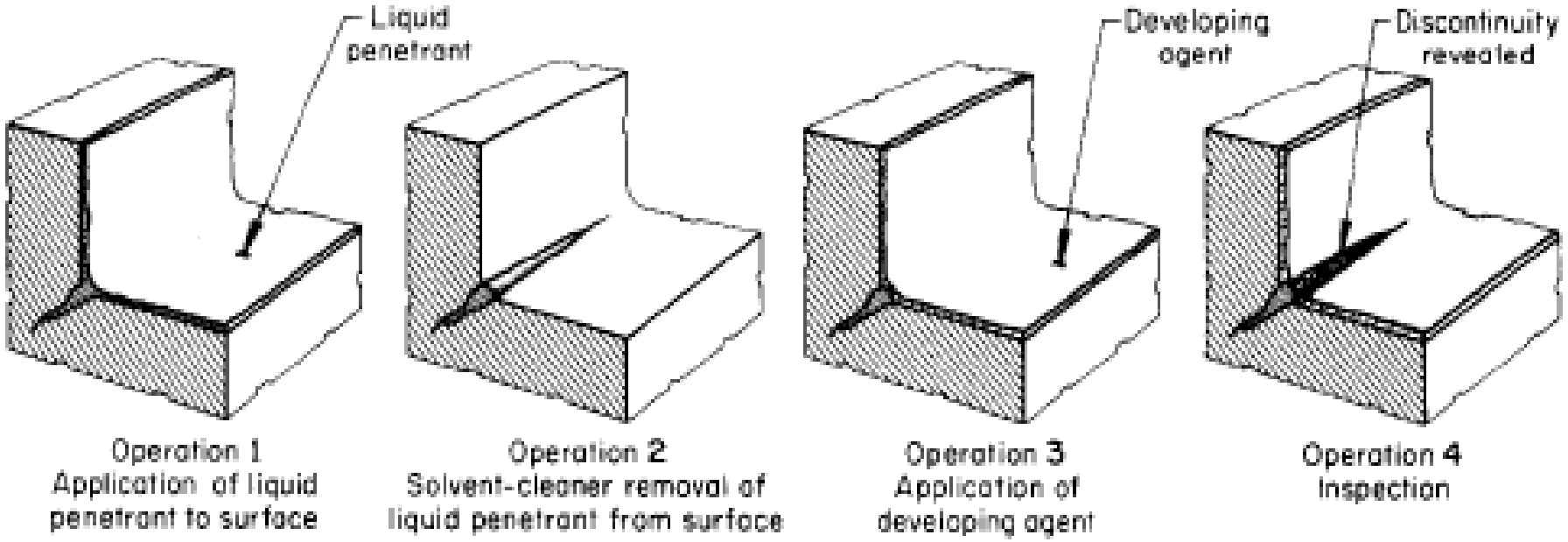
عملیات ۲:
اعمال مایع نافذ به سطح

عملیات ۳:
زدودن مایع نافذ از سطح
با شستشوی آبی

عملیات ۴:
اعمال آشکارساز

عملیات 5: بازرسی

Cروش



عملیات ۱:
تمیزکاری و خشک کردن سطح

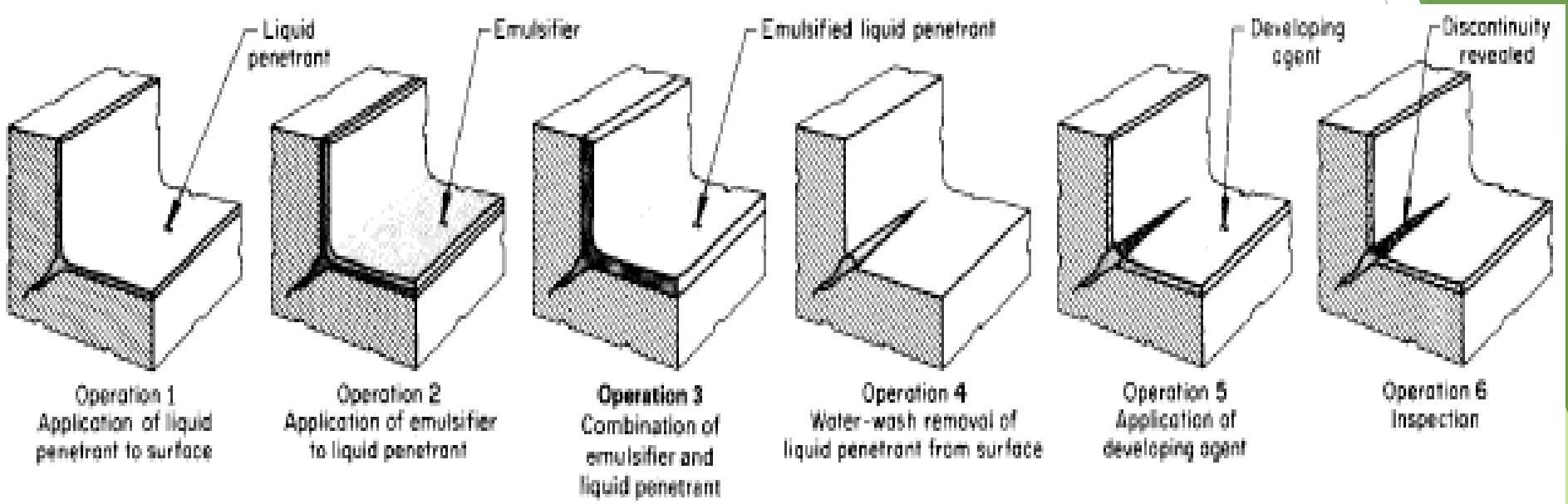
عملیات ۲:
اعمال مایع نافذ به سطح

عملیات ۳:
زدودن مایع نافذ از سطح
با پارچه آغشته با حلال

عملیات ۴:
اعمال آشکارساز

عملیات 5:
بازرسی

B مراحل روش



عملیات ۱:
اعمال مایع نافذ به سطح

عملیات ۲:
اعمال معلق کننده به مایع نافذ

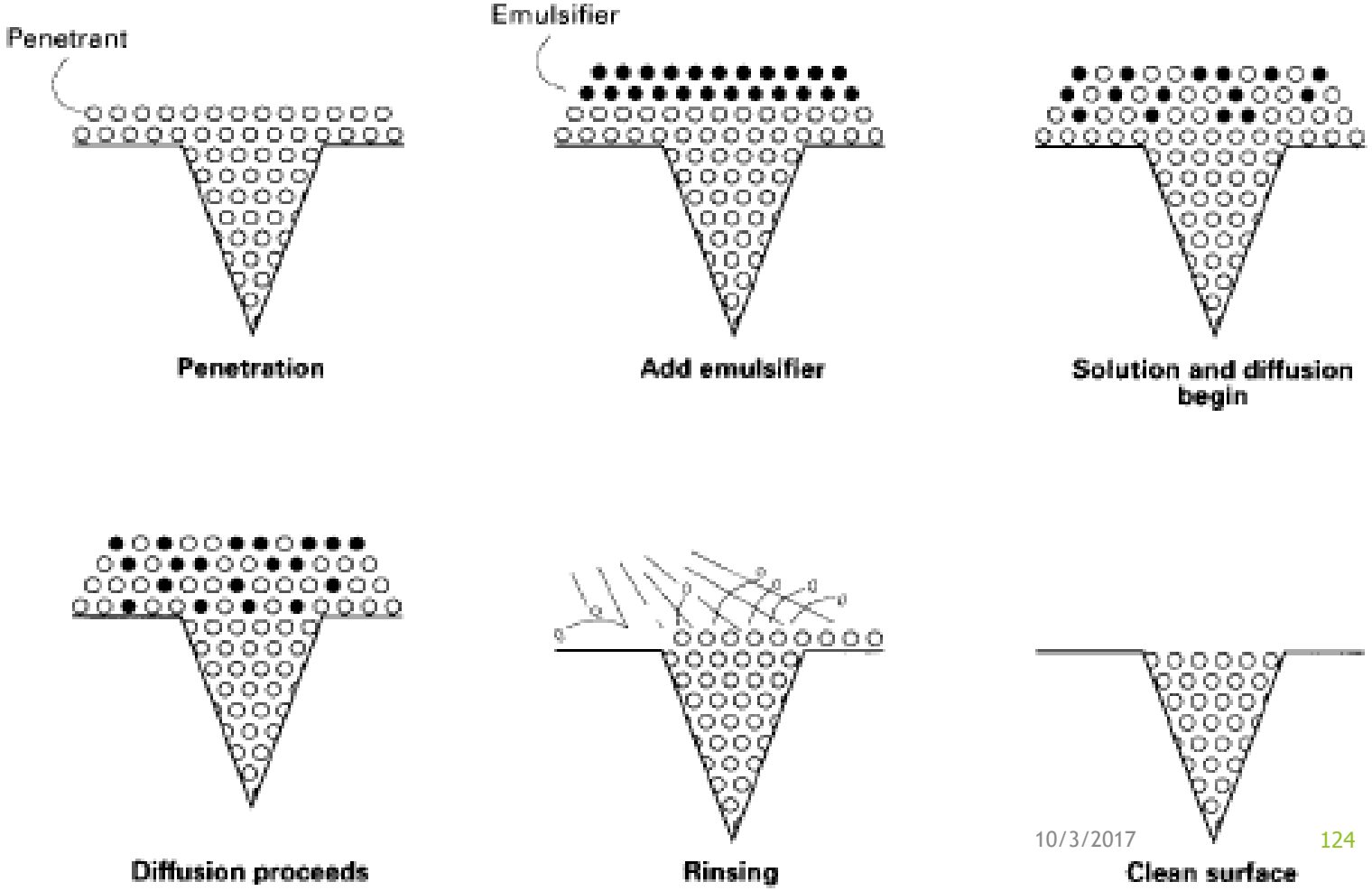
عملیات ۳:
ترکیب معلق کننده و مایع نافذ

عملیات ۴:
زدودن مایع نافذ از سطح
به طریق شستشو با آب

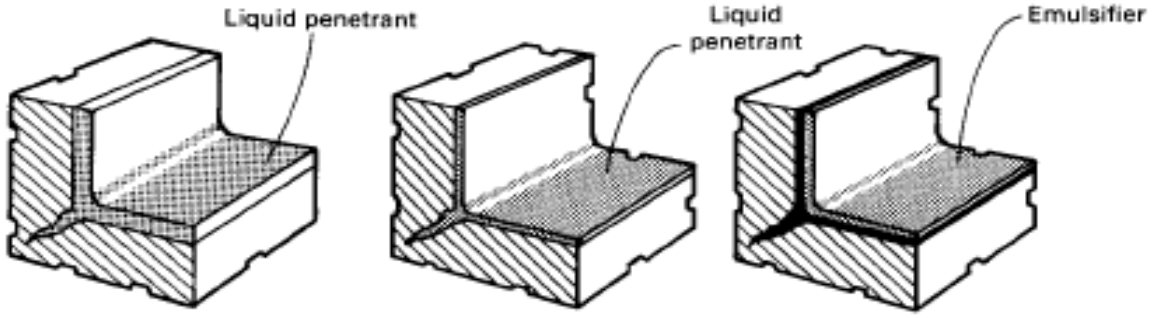
عملیات ۵:
اعمال عامل آشکارساز

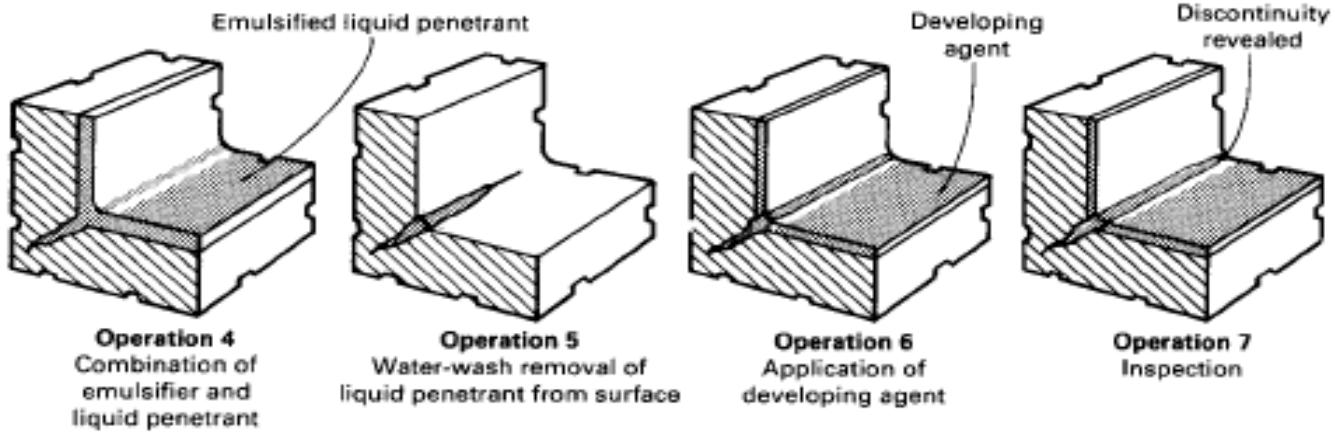
عملیات ۵:
بازرسی

معلق کننده ها
نوع B



D مراحل روش





عملیات ۱:
اعمال مایع نافذ به سطح

عملیات ۲:
شستشوی اولیه

عملیات ۳:
اعمال معلق کننده به مایع نافذ

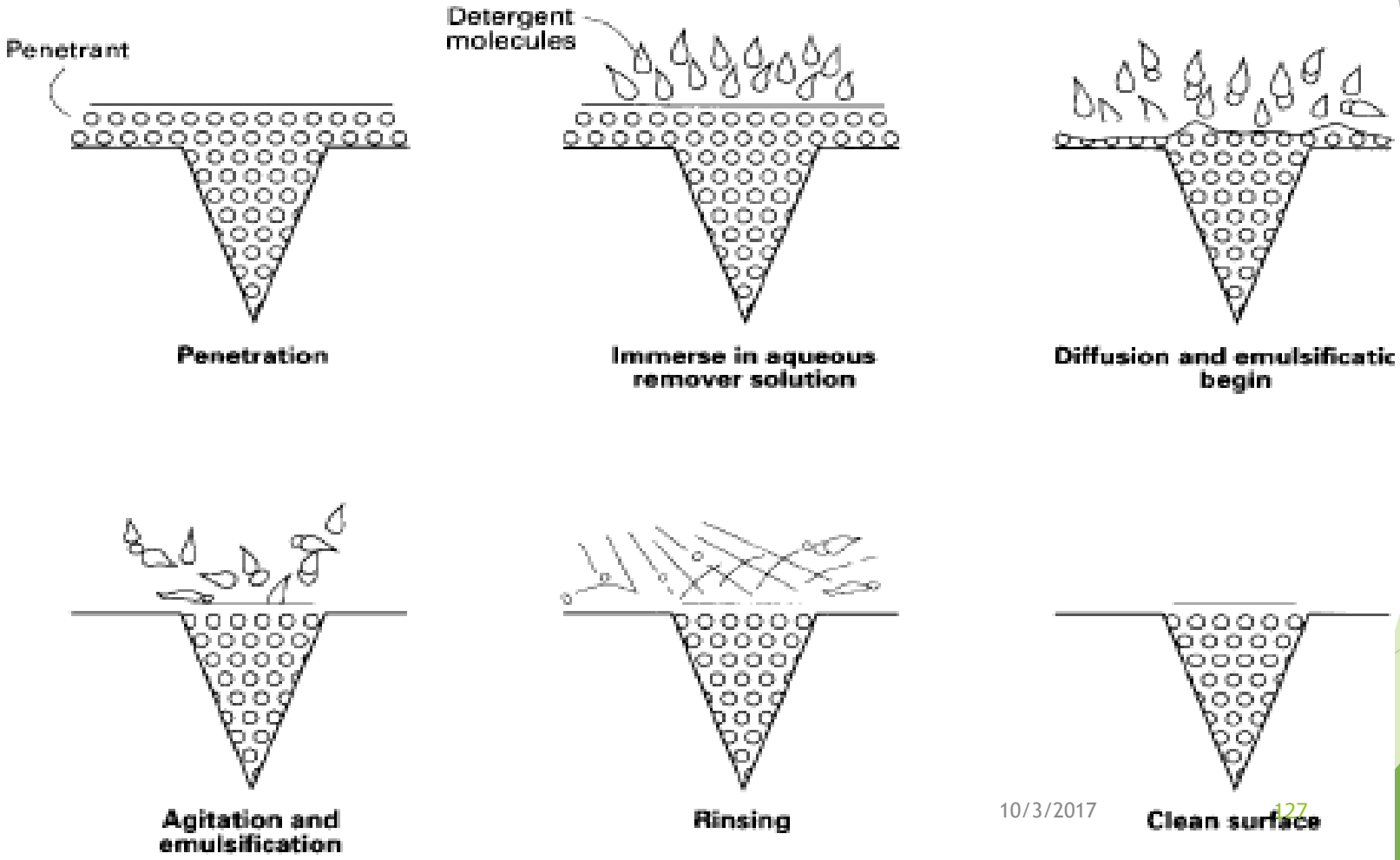
عملیات ۴:
ترکیب معلق کننده و مایع نافذ

عملیات ۵:
زدودن مایع نافذ از سطح
به طریق شستشو با آب

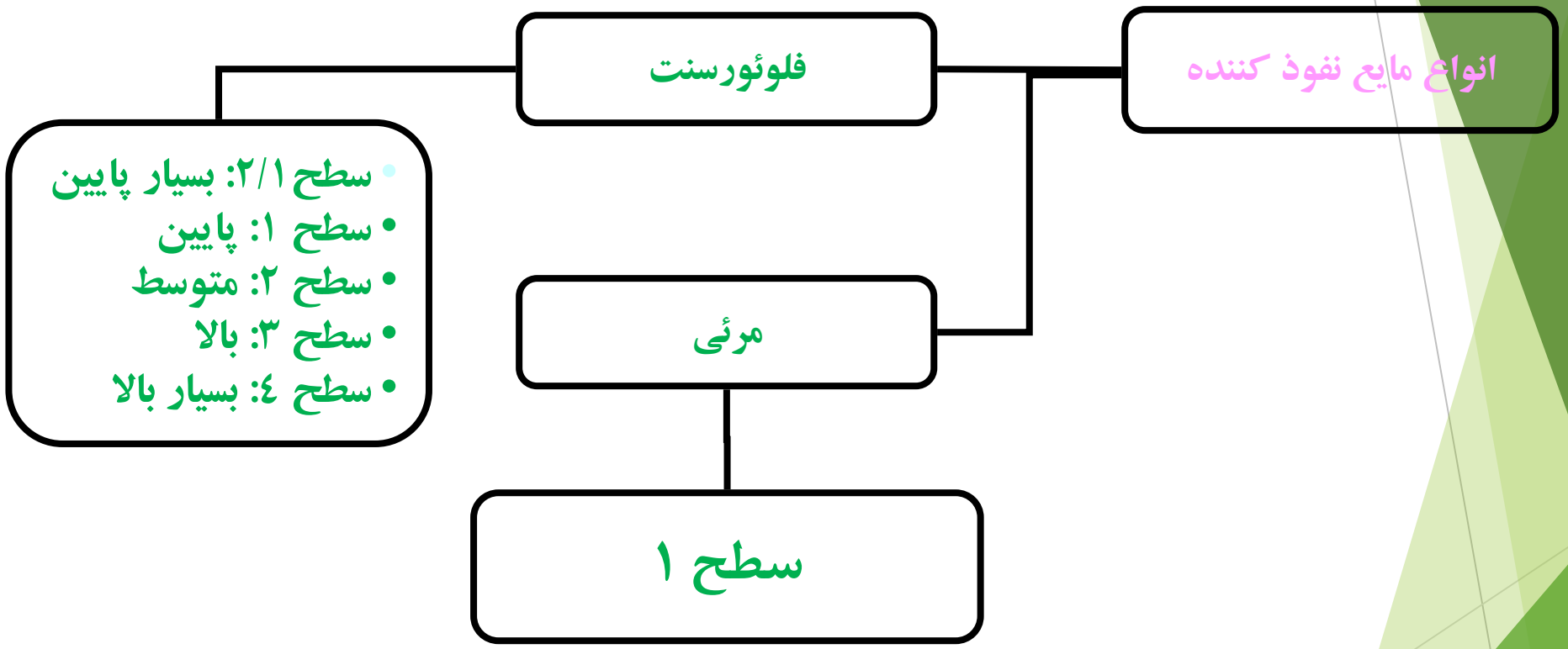
عملیات۶:
کاربرد عامل آشکار ساز

عملیات ۵:
بازرسی

معلق کننده ها
نوع D



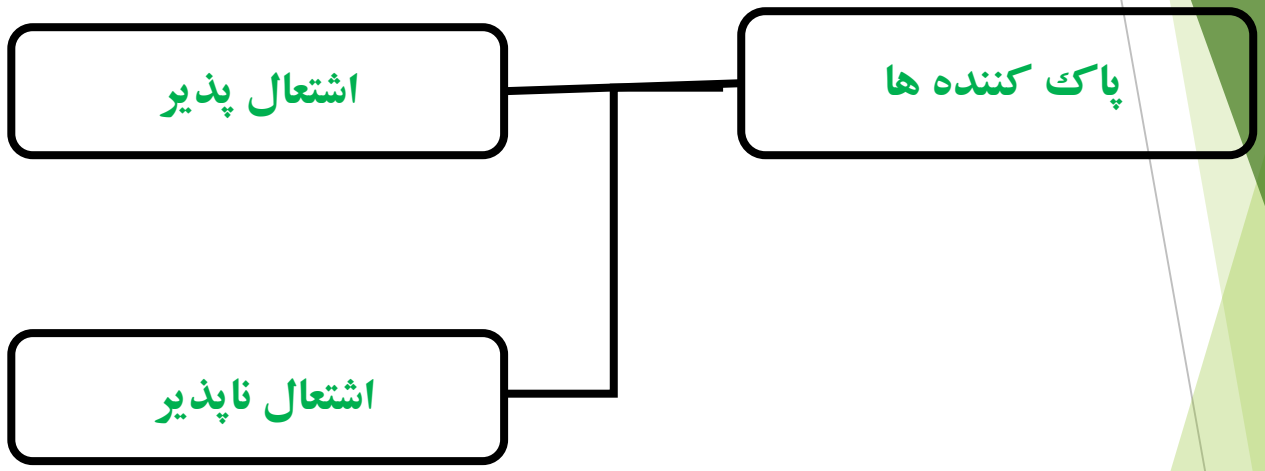
انواع مایع نفوذ کننده



مایع نافذ ویژگی های فیزیکی و شیمیایی

1. پایداری شیمیایی و تطابق یکنواخت فیزیکی
2. نقطهٔ اشتعال بالاتر از (200°F) 95°C؛ (نافذهایی که نقطه اشتعالی پایین‌تر از این میزان داشته باشند، دارای خطر بالقوه آتش سوزی هستند.)
3. درجهٔ بالای ترشوندگی
4. ویسکوزیتهٔ پایین به منظور ایجاد امکان پوشش بهتر و حداقل بیرون زدگی
5. قابلیت نفوذ سریع و کامل در ناپیوستگی‌ها
6. وضوح و دوام رنگ کافی
7. واکنش ناپذیری شیمیایی با مواد مورد بازرسی و محفظه‌های نگهداری
8. مسمومیت پایین به منظور ایمنی کارکنان
9. خصوصیات خشک شوندگی آهسته
10. سهولت زدایش
11. نداشتن بوی زننده
12. هزینه پایین
13. مقاومت در برابر نور ماوراء بنفش و محو شدن بر اثر حرارت

پاک کننده ها (زداینده های حلالی)



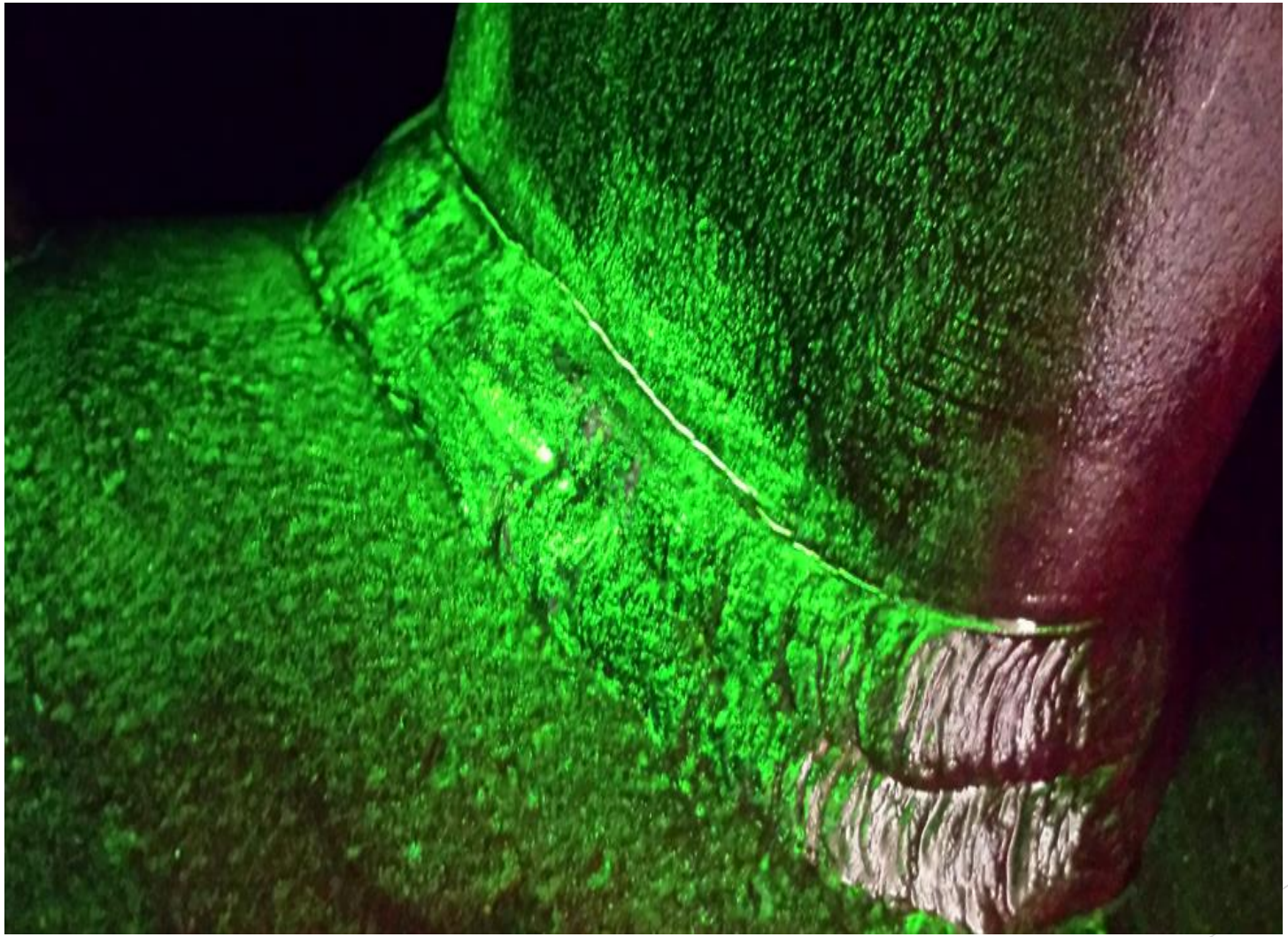
آشکارسازها

1. نوع A، پودر خشک
2. نوع B، قابل انحلال در آب Water Soluble
3. نوع C، قابل معلق شدن در آب Water Suspendible
4. نوع D، غیرآبی و قابل معلق شدن در حلال Nonaqveoos Solvent Suspendible

خواص مورد نیاز آشکارسازها

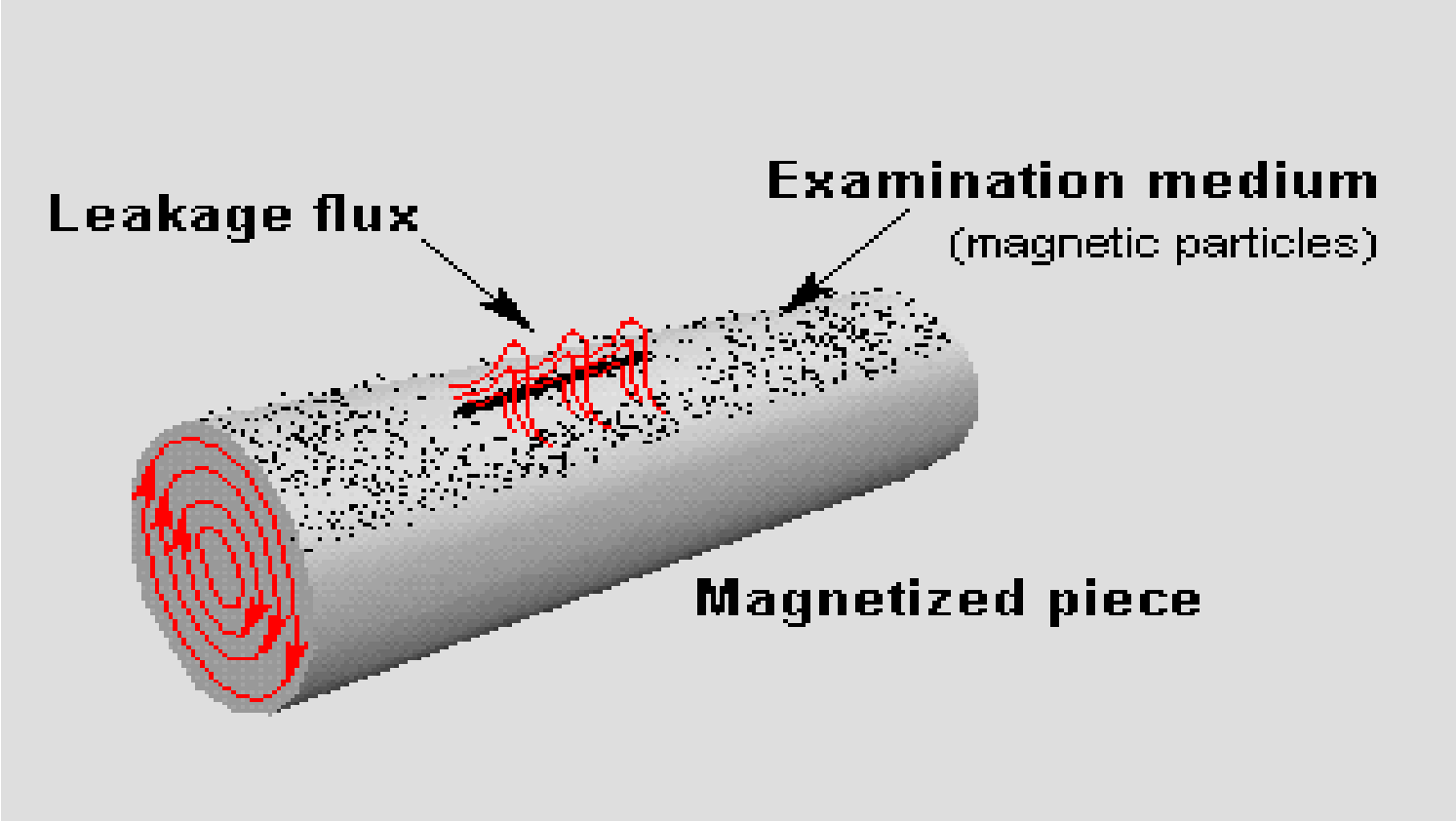
1. آشکارساز باید دارای خاصیت جذب سطحی باشد تا کارکرد لکه سازی آن به حداکثر میزان ممکن برسد.
2. باید از اندازه دانه کوچک و شکل ذرات ظریف برخوردار باشد تا به خوبی پراکنده شده و در معرض نافذ موجود در نقائص قرار گرفته و بدین طریق منجر به شکل گیری نشانه هایی قوی و واضح از نقائص گردد.
3. در صورت استفاده از نافذ رنگی، مادهٔ آشکارساز باید قادر به تأمین کنتراست با زمینه برای نشانه ها باشد.
4. اعمال آن باید آسان باشد.
5. باید پوششی نازک و یکنواخت روی سطح ایجاد نماید.
6. باید به سادگی توسط نافذ موجود در نقائص تر گردد (باید امکان پخش شدن مایع در سطح ذرات فراهم باشد)
7. در صورت استفاده از نافذهای فلوئورسنت، آشکارساز نیز باید فلوئورسنت باشد.
8. پس از بازرسی باید به آسانی قابل زدایش باشد.
9. نباید محتوی اجزایی باشد که ضرری را متوجه قطعات مورد بازرسی یا تجهیزات مورد استفاده در عملیات بازرسی می نمایند.
10. نباید حاوی اجزای سمی یا مضر برای اپراتور باشد.

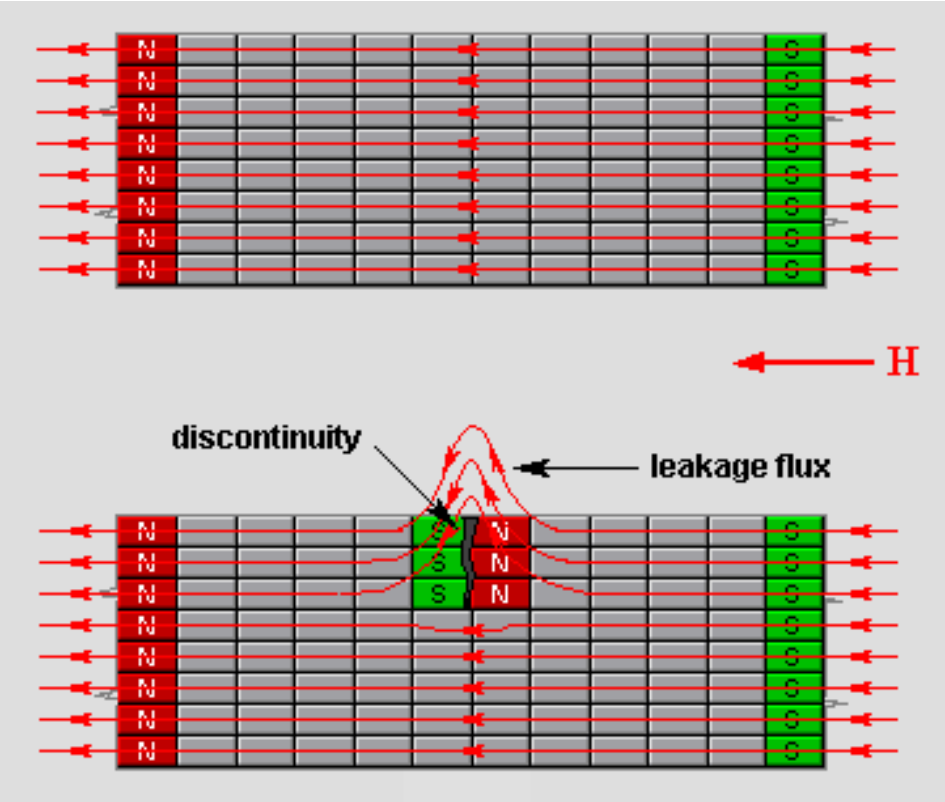
بازرسی با ذرات مغناطیسی



معرفی روش

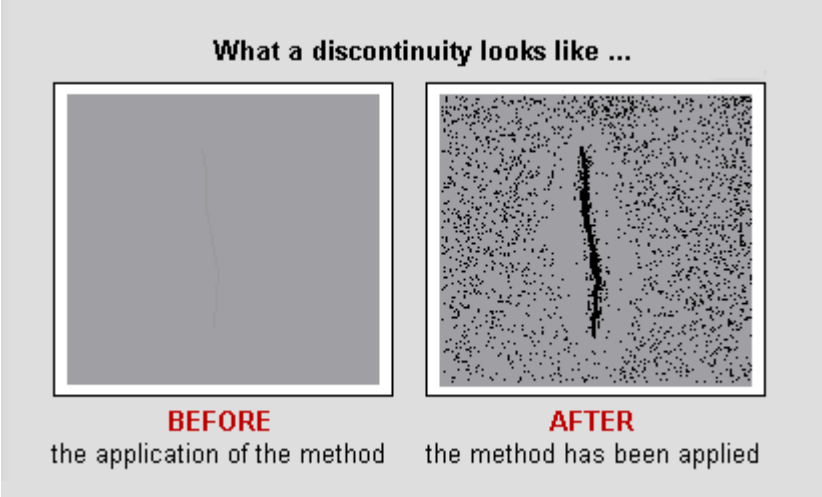
بازرسی ذرات مغناطیسی (MT) یک روش غیرمخرب برای تشخیص ناپیوستگی های سطحی یا نزدیک به سطح در مواد مغناطیسی می باشد



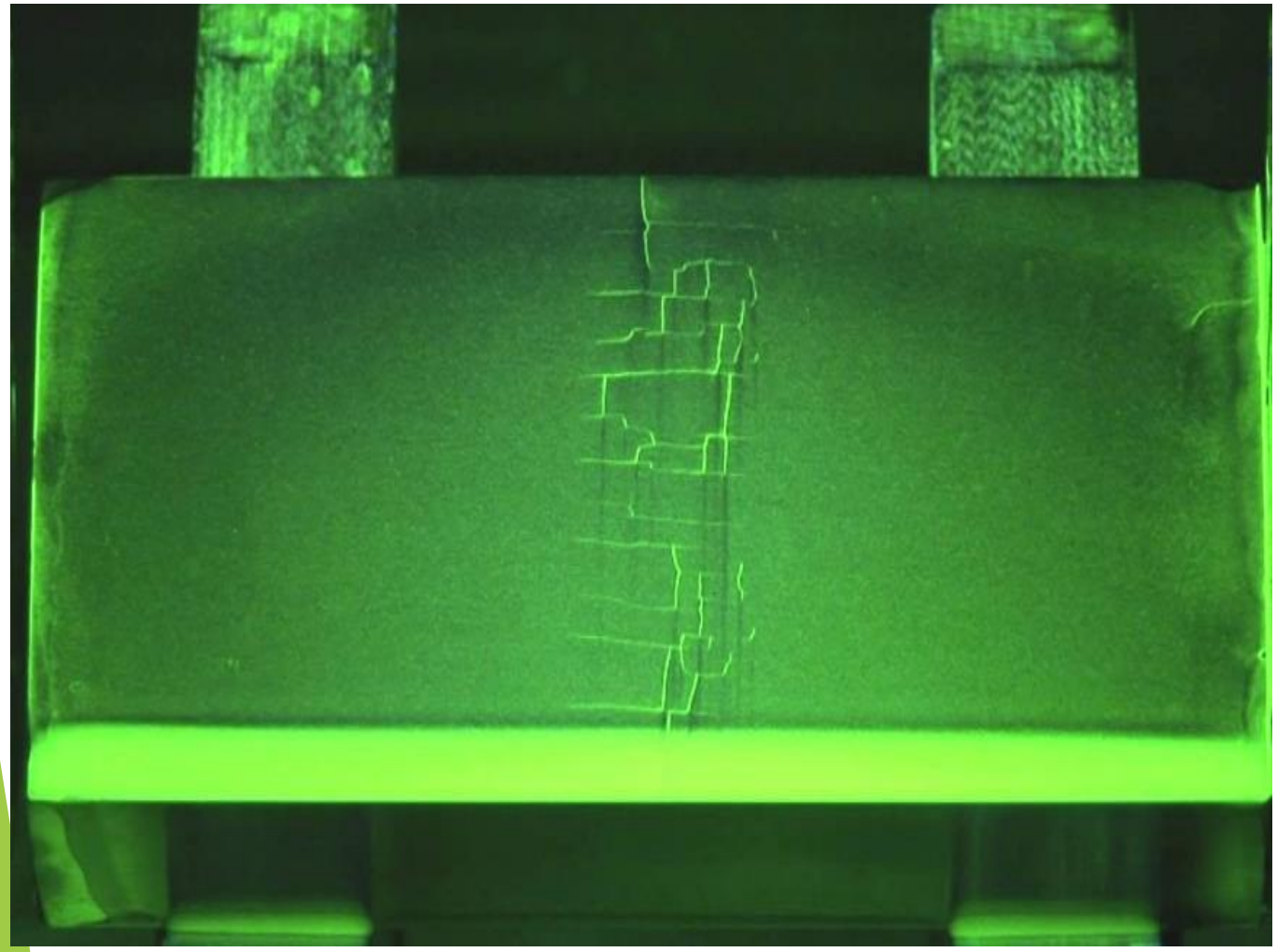


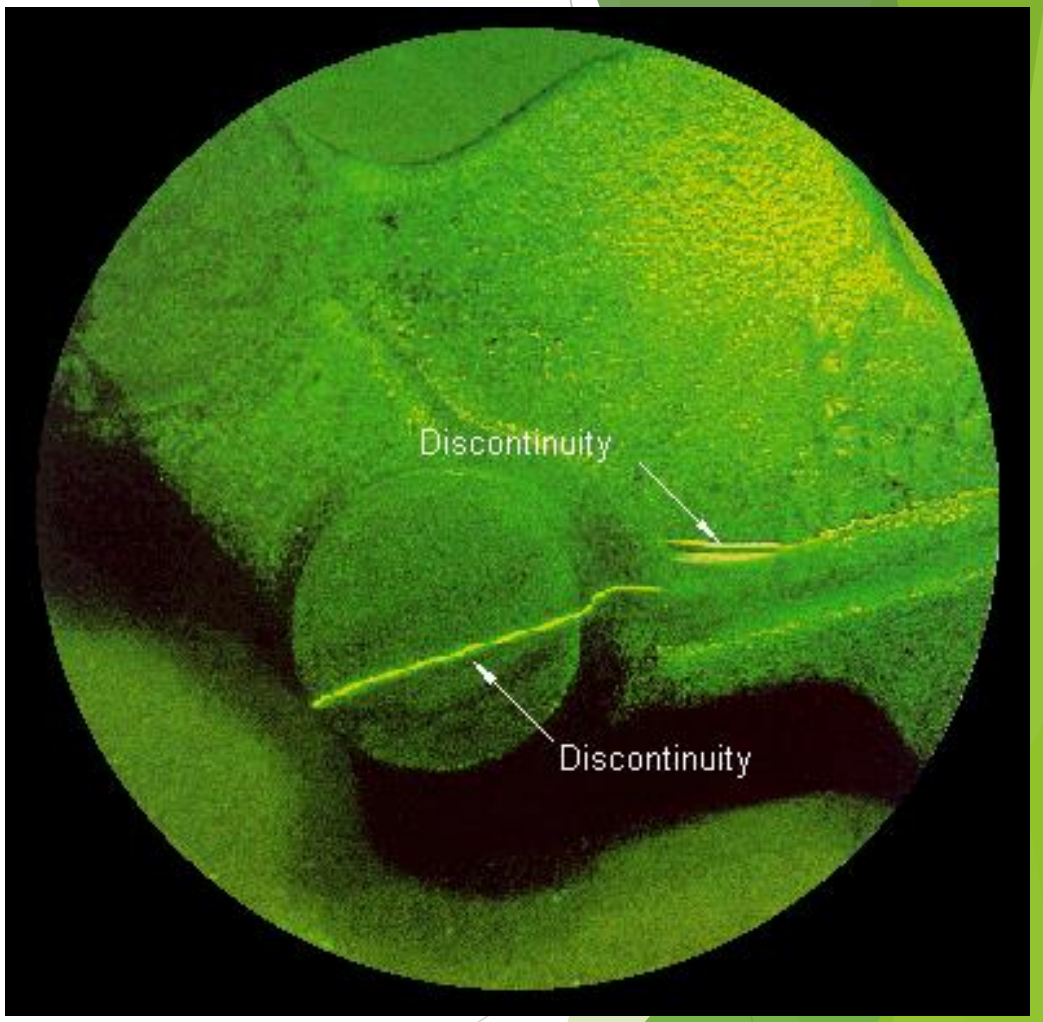
معرفی روش

خطوط مغناطيسي نيرو در مواد فرومغناطيسي، توسط ناپيوستگي هاي موجود در ماده تغيير شكل مي دهند. اگر يك ناپيوستگي در يك ماده مغناطيسي روي سطح يا نزديكي آن وجود داشته باشد، خطوط شار مغناطيسي روي سطح تغيير شكل مي يابند، كه به آن نشتي شار مغناطيسي گفته مي شود.



تجمع ذرات تحت شرایط نوری مناسب قابل مشاهده خواهد بود





معرفی روش

سه شرط اصلي براي انجام اين روش وجود دارد كه عبارتند از:

1. قطعه بايد مغناطيسي شود.

- یک ماده فرومغناطیس را می توان با ایجاد یک جریان الکتریکی در ماده یا قرار دادن ماده در یک میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط یک منبع خارجی، مغناطیسی کرد.

magnetic suszeptibility χ_m

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
H (-2,5)																	He (-1,1)
Li 24	Be -23											B -19	C -22	N (-6,3)	O 7,9	F	Ne (-4,0)
Na 8,1	Mg 5,7											Al 21	Si -3,4	P -23	S -12	Cl (-22)	Ar (-11)
K 5,7	Ca 21	Sc 264	Ti 181	V 383	Cr 267	Mn 828	Fe 2,16	Co 1,76	Ni 0,61	Cu -9,7	Zn -12	Ga -23	Ge -7,3	As -5,4	Se -18	Br -16	Kr (-16)
Rb 4,4	Sr 36	Y 122	Zr 109	Nb 236	Mo 119	Tc 373	Ru 66	Rh 170	Pd 783	Ag -25	Cd -19	In -8,2	Sn 2,4	Sb -67	Te -24	I -22	Xe (-24)
Cs 5,3	Ba 6,7	La 63	Hf 71	Ta 175	W 78	Re 96	Os 15	Ir 37	Pt 264	Au -34	Hg -28	Tl -36	Pb -16	Bi -153	Po	At	Rn

all values given for a temperature of 300 K
in case of ferromagnetic materials: saturation polarization

diamagnetic | paramagnetic | ferromagnetic

numbers without ():·10^{-6}
numbers with (): ·10^{-9}

معرفی روش

- 2.ذرات مغناطیسي باید وقتي اعمال شوند که قطعه مغناطیسي است.

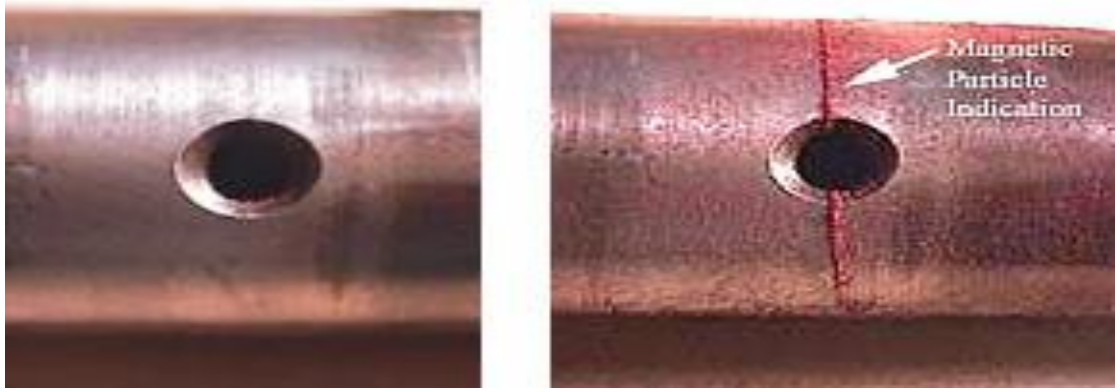
معرفی روش

3.هر گونه تجمع مواد مغناطيسي بايد مشاهده و تفسير شود.

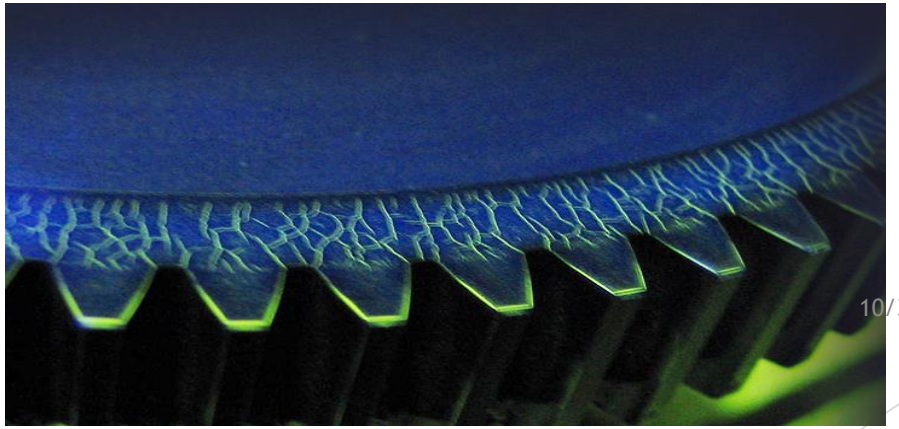
- اگر جهتگيري يك ناپيوستگي موازي خطوط نيرو باشد، غيرقابل تشخيص خواهد بود.

مزایای بازرسی به روش ذرات مغناطیسی

- روش ذرات مغناطیسی وسیله ای حساس برای یافتن ترک های کوچک و کم عمق سطحی در مواد فرومغناطیسی است. روش ارزانی است.



- نشانه های ذرات مغناطیسی، مستقیماً روی سطح قطعه ایجاد می شوند و محل عیب به راحتی تشخیص داده می شود.

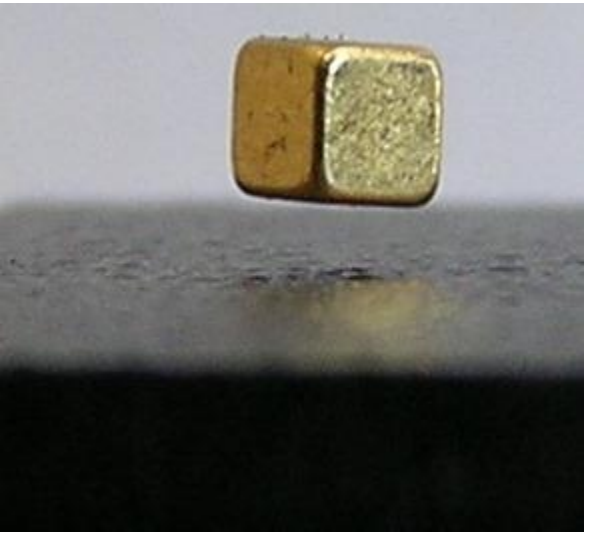


مزایای بازرسی به روش ذرات مغناطیسی

- نیاز به مداربندی الکتریکی یا ابزار بازخوانی الکترونیکی که کالیبره شده باشد، وجود ندارد.
- تخمین عمق ترک به صورت تقریبی امکان پذیر است.
- اندازه یا شکل قطعات قابل بازرسی به این روش از محدودیت بسیار کمی برخوردار بوده و یا محدودیتی ندارند.

- نیازی به تمیزکاری مبسوط اولیه وجود ندارد و ترک هایی که توسط مواد خارجی پر شده اند، قابل تشخیص می باشند

محدودیت های بازرسی به روش ذرات مغناطیسی

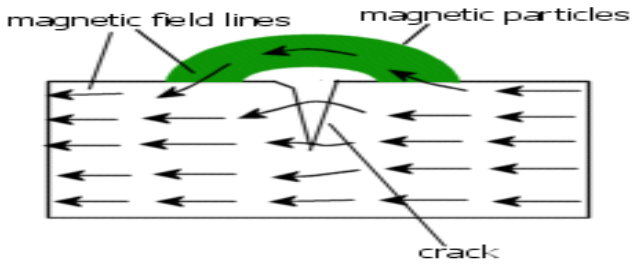


- این روش صرفاً برای مواد فرومغناطیسی قابل استفاده است.

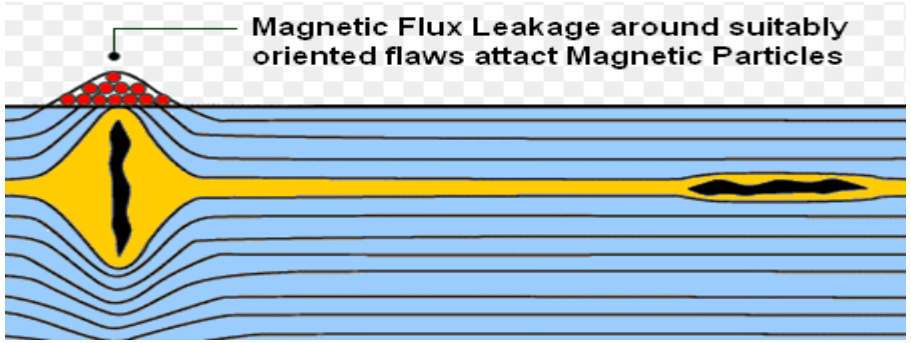
- پوششهای نازک رنگ و سایر پوشش های غیرمغناطیسی، مانند روکش های آبکاری، اثر مخربی بر حساسیت بازرسی با ذرات مغناطیسی دارند

محدودیت های بازرسی به روش ذرات مغناطیسی

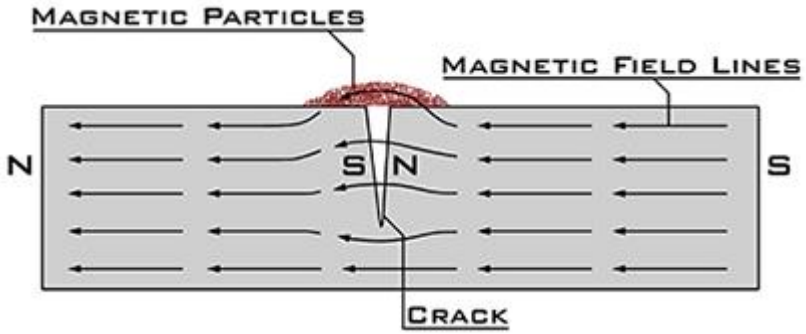
- حساسیت با کاهش اندازهٔ ناپیوستگی و همچنین با افزایش عمق عیب نسبت به سطح کاهش می یابد.



- یک ناپیوستگی باید به اندازهٔ کافی بزرگ باشد تا میدان مغناطیسی را قطع کرده یا در آن تغییر ایجاد کند و نشتی خارجی ایجاد شود.



- شرایط سطحی نیز بر حساسیت فرایند بازرسی مؤثرند.



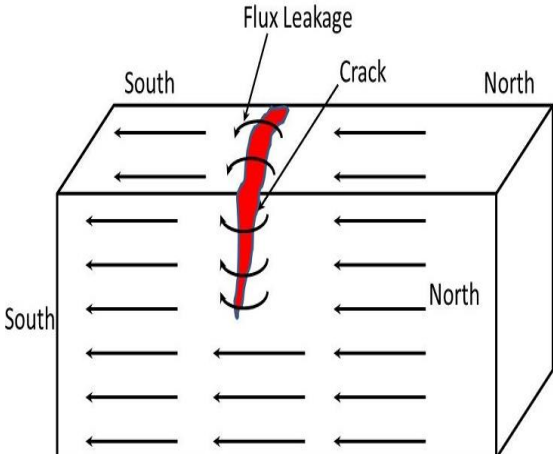
اصول فیزیکی

میدان مغناطیسی

درون و پیرامون یک قطعه مغناطیس و پیرامون رسانایی که جریان برق از آن می گذرد، یک میدان مغناطیسی وجود دارد. میدان مغناطیسی پیرامون یک میله مغناطیس، دارای دو قطب می باشد، ولی میدان مغناطیسی پیرامون یک رسانا، قطبی (قطبیده) نیست.

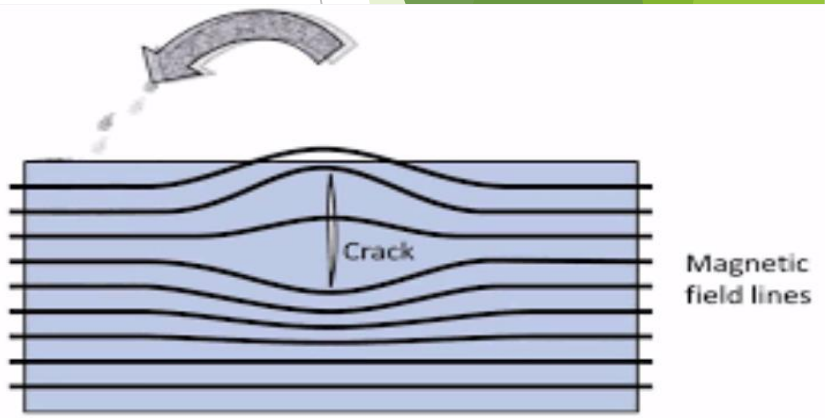
جهتگیری میدان مغناطیسی

جهتگیری میدان مغناطیسی اثر زیادی بر اعتبار و عملکرد تست دارد. اگر تست روی یک قطعه جوش با استفاده از یک جهتگیری میدان مغناطیسی انجام پذیرد، ممکن است بعضی از ناپیوستگی ها که هم جهت با جهت شار هستند، قابل تشخیص نباشند. . بهترین نتایج وقتی بدست می آیند که میدان مغناطیسی عمود بر طول ناپیوستگی های موجود باشد

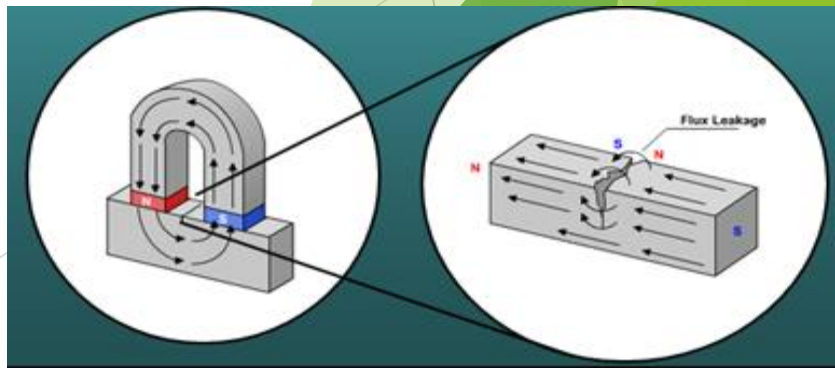


اصول فیزیکی

- **اثر جهت شار**



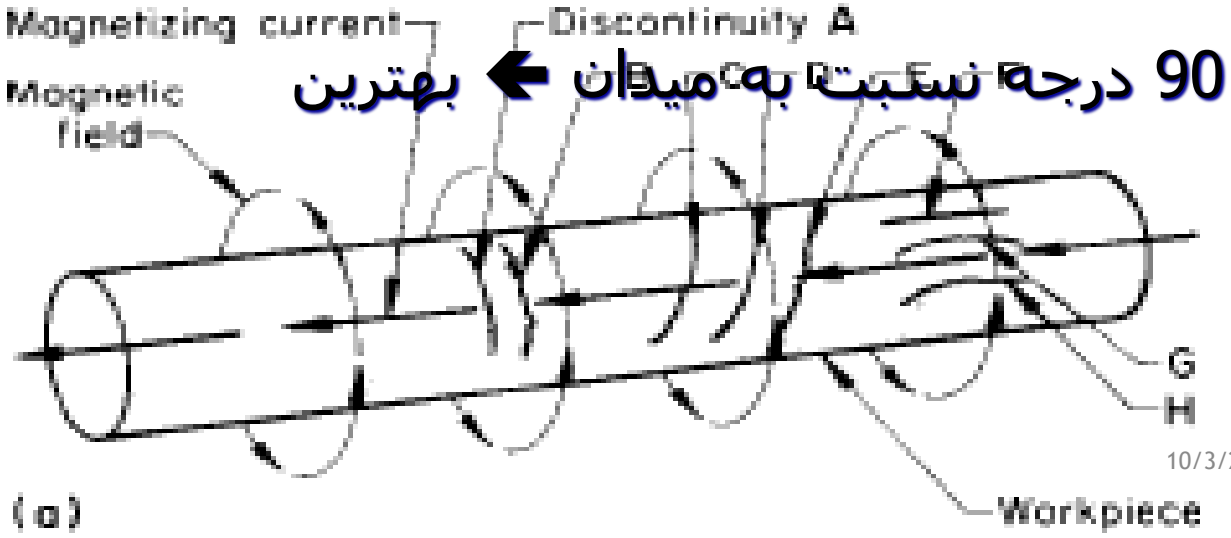
جهت شکل گیری یک نشانه، زاویهٔ برخورد میدان مغناطیسی با ناپیوستگی باید تا آن حد بزرگ باشد که سبب شود خطوط میدان مغناطیسی از قطعه خارج شده و پس از پل زدن از روی ناپیوستگی به قطعه بازگردند. جهت حصول بهترین نتایج، زاویهٔ برخورد نزدیک به ۹۰ درجه مطلوب می باشد.



بنابراین: جهت، اندازه و شکل ناپیوستگی حائز اهمیت هستند. علاوه بر این موارد، جهت میدان مغناطیسی و نیز شدت میدان در منطقهٔ ناپیوستگی مهم می باشند

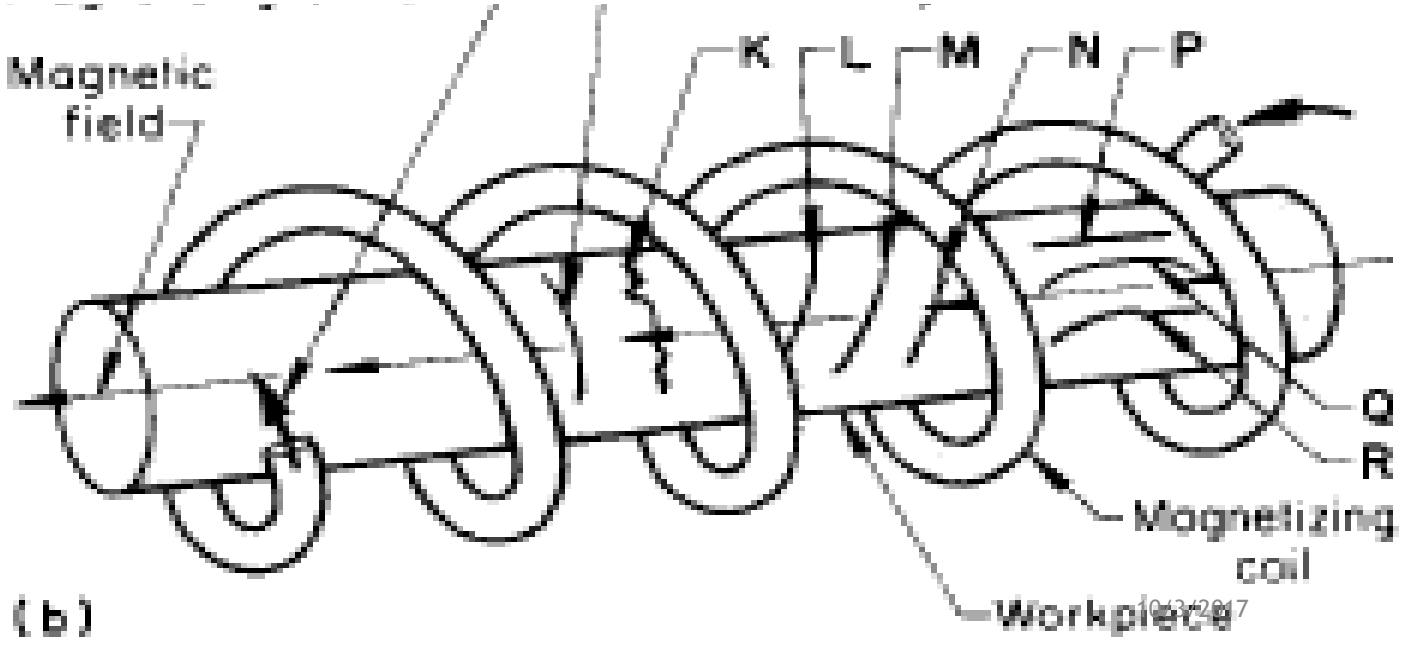
اصول فیزیکی

- ناپیوستگی A: شکل منظم و موازی میدان ← هیچ نشانه ای ایجاد نمی کند.
- ناپیوستگی B: شکل نا منظم و همچنان موازی میدان ← نشانه ضعیفی ایجاد می کند.
- ناپیوستگی C، D و E: زاویه 45 درجه نسبت به میدان ← نشانه خوبی ایجاد می کند.
- ناپیوستگی F، G و H: زاویه 90 درجه نسبت به میدان ← بهترین نشانه ایجاد می شود.



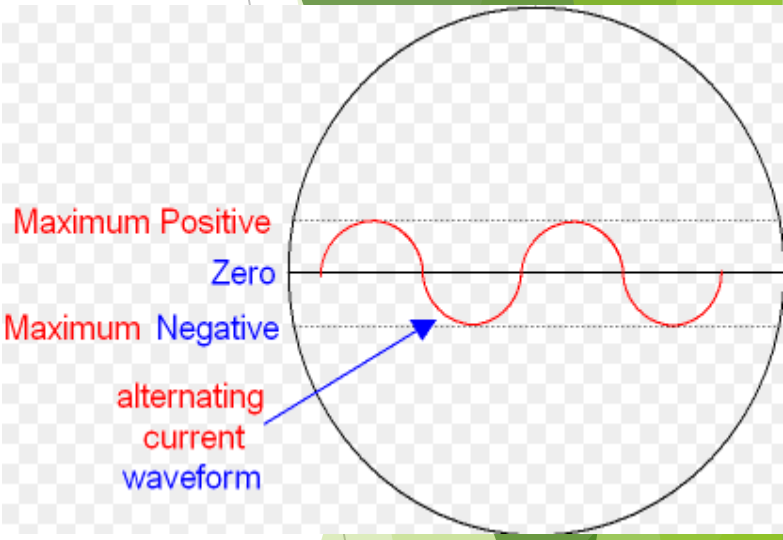
اصول فیزیکی

- ناپیوستگی L، M و N: زاویه 45 درجه نسبت به میدان ← نشانه قابل تشخیص ایجاد می کند.
- ناپیوستگی J و K: نشانه خوبی ایجاد می کند.
- ناپیوستگی P، Q و R: نشانه ضعیفی ایجاد می کند.

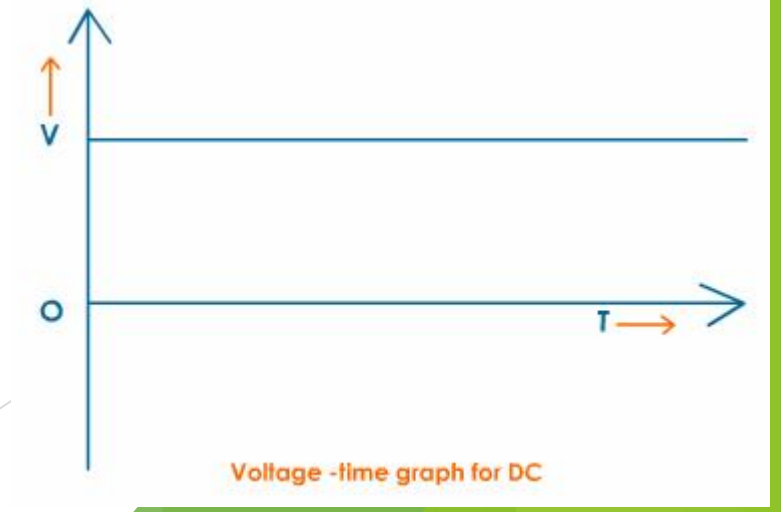


جریان مغناطیس کردن

- **جریان متناوب :** فقط سطح فلز توسط جریان متناوب مغناطیسی می شود. (skin effect) این روش برای تعیین محل ناپیوستگی هایی که روی سطح گسترش یافته اند مانند ترکها مناسب است، اما ناپیوستگی های عمیق تر یا ذوب ناقص تشخیص داده نمی شوند. این روش را برای بازرسی جوش هایی که در آن ارزیابی زیر سطح مورد نیاز نیست بکار می برند.



- **جریان مستقیم** : میدان مغناطیسی تولید شده توسط این جریان در قطعه نفوذ می کند و در نتیجه بیشتر از جریان متناوب قادر به تشخیص ناپیوستگی های زیر سطح خواهد بود.



جریان مغناطیس کردن

- جریان باید قدرت کافی جهت تشخیص تمام نواقصی که ممکن است برعملکرد جوش در حین کار تأثیر بگذارند را داشته باشد.
- جریان زیادی مغناطیسی کردن باعث ایجاد الگوهای نامربوط می شود.

۱- مغناطیسی کردن طولی: ۳۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ آمپر- دور (بسته به نسبت قطر کویل به قطر قطعه)

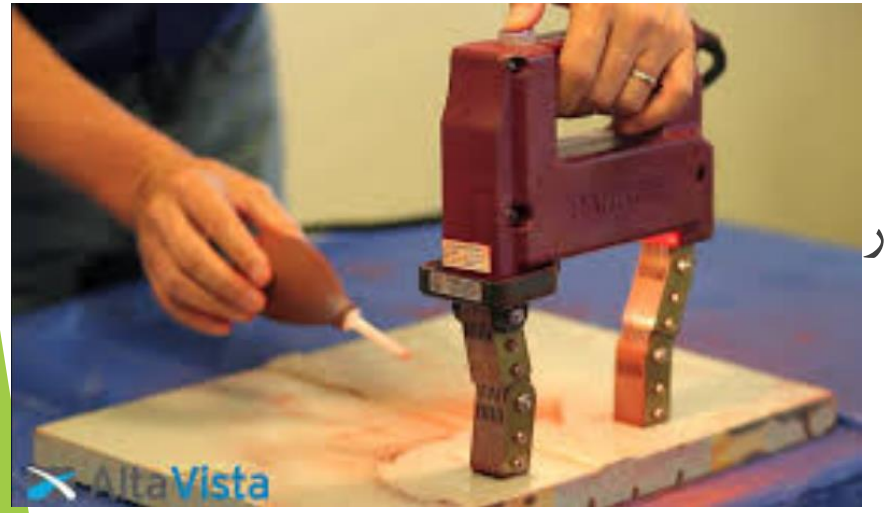
۲- مغناطیسی کردن دایره ای: ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ آمپر در هر اینچ از قطر نمونه

۳- مغناطیسی کردن پراد: ۹۰ تا ۱۲۵ آمپر در هر اینچ فاصله پراد، بسته به ضخامت فلز

۴- مغناطیسی کردن یوک: جریان مغناطیسی کردن باید برای بلند کردن lb40 با مغناطش DC و lb10 با AC کافی باشد.

تجهیزات

عوامل موثر بر انتخاب نوع تجهیزات جهت انجام یک نوع خاص تست:



۱- نوع جریان مغناطیسی کردن

۲- اندازه قطعه یا جوش

۳- هدف مشخصه تست یا نوع عیوب مورد انتظار

۴- محیط مورد نظر برای انجام تست

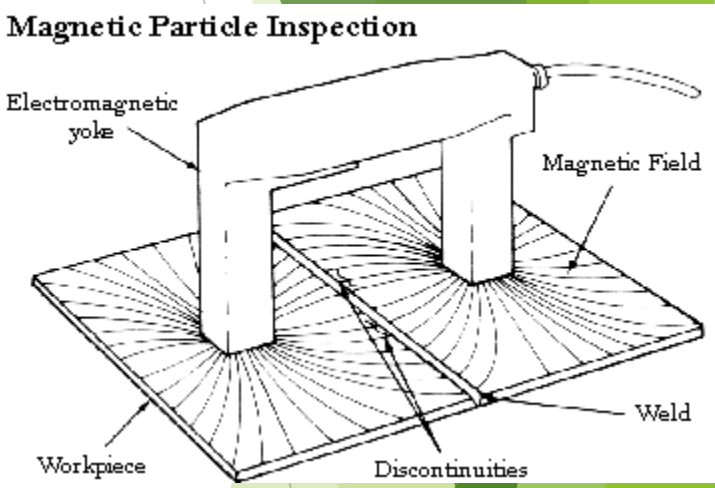
۵- تجهیزات متحرک یا ثابت

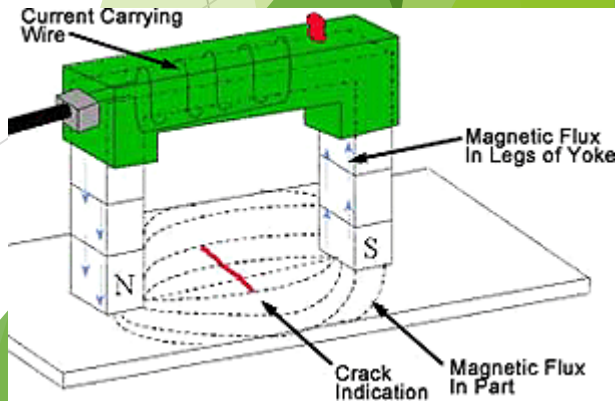
۶- مساحت قسمت مورد آزمایش و موقعیت آن روی قطعه

۷- تعداد قطعات مورد آزمایش

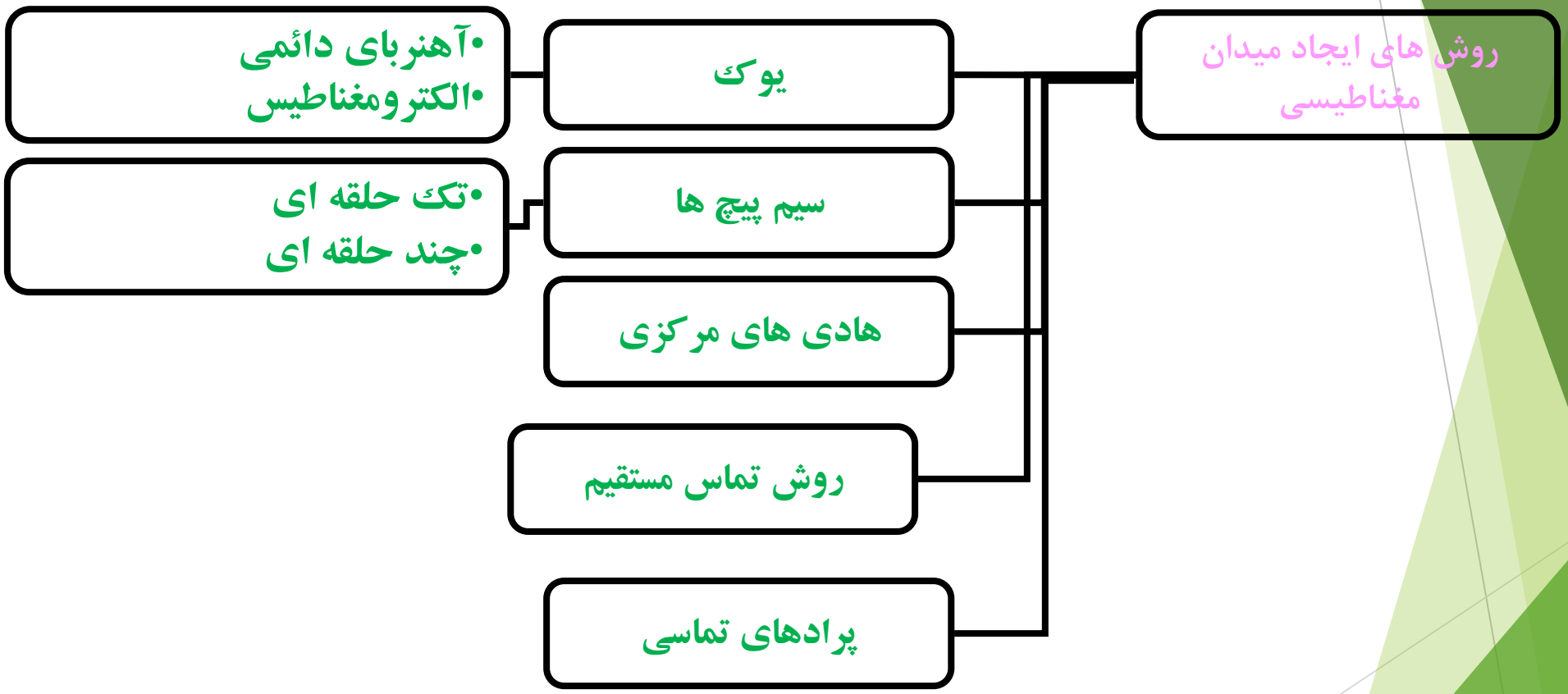
روش های ایجاد میدان مغناطیسی

یکی از الزامات اساسی بازرسی با ذرات مغناطیسی این است که قطعهٔ تحت بازرسی به درستی مغناطیسی گردد، به گونه ای که میدان های نشتی ایجاد شده توسط ناپیوستگی ها قادر به جذب ذرات مغناطیسی باشند. در این راستا، آهنرباهای دائمی از مزایایی برخوردار می باشند، اما مغناطیسی کردن به طور کلی توسط آهنرباهای الکتریکی صورت می پذیرد که در آن ها میدان مغناطیسی در ارتباط با جریان یافتن جریان الکتریکی ایجاد می گردد. اساساً مغناطیسی شدن، ناشی از میدان مغناطیسی مدوری است که بر اثر جاری شدن جریان الکتریکی درون یک هادی ایجاد می گردد. جهت این میدان، وابسته به جهت جریان خواهد بود که با استفاده از قانون دست راست قابل تعیین می باشد.



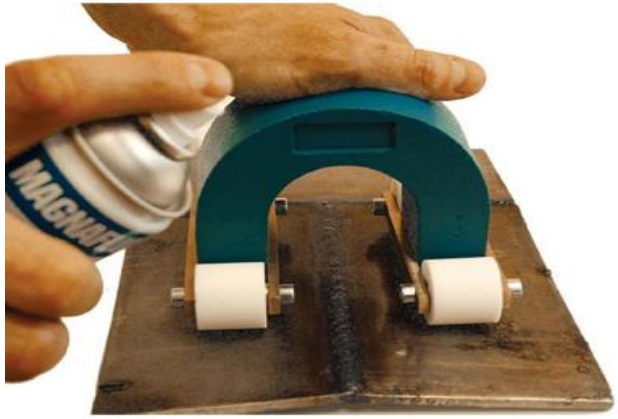


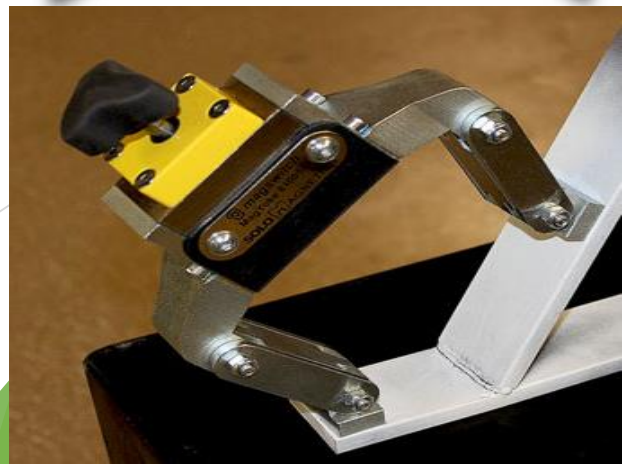
روش های ایجاد میدان مغناطیسی



یوک های آهنربای دائمی

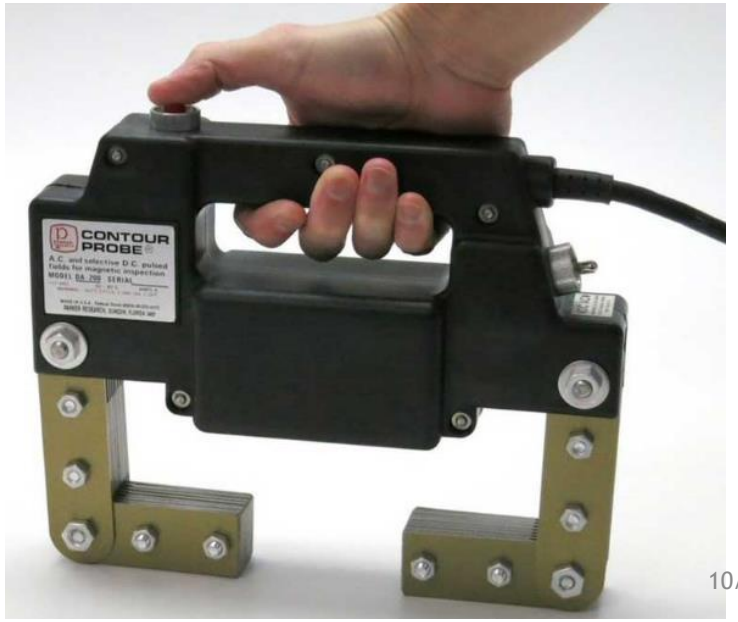
- برای کاربردهایی مورد استفاده قرار می گیرند که در آنها منبع توان الکتریکی در دسترس نبوده و یا قوس زنی مجاز نمی باشد (به عنوان مثال در اتمسفر انفجاری).
- محدودیت های یوک های آهنربای دائمی شامل موارد ذیل می باشد:
  - نواحی یا اجسام بزرگ را نمی‌توان با استحکام کافی لازم جهت حصول نشانه‌های رضایت‌بخش از ترک ها، مغناطیسی نمود.
  - دانسیتهٔ شار نمی تواند عمداً تغییر داده شود.
  - در صورتی که آهنربا بسیار قوی باشد، ممکن است جدا کردن آن از قطعات مشکل باشد.
  - ذرات ممکن است به آهنربا بچسبند و احیاناً موجب نامشخص شدن نشانه ها گردند.

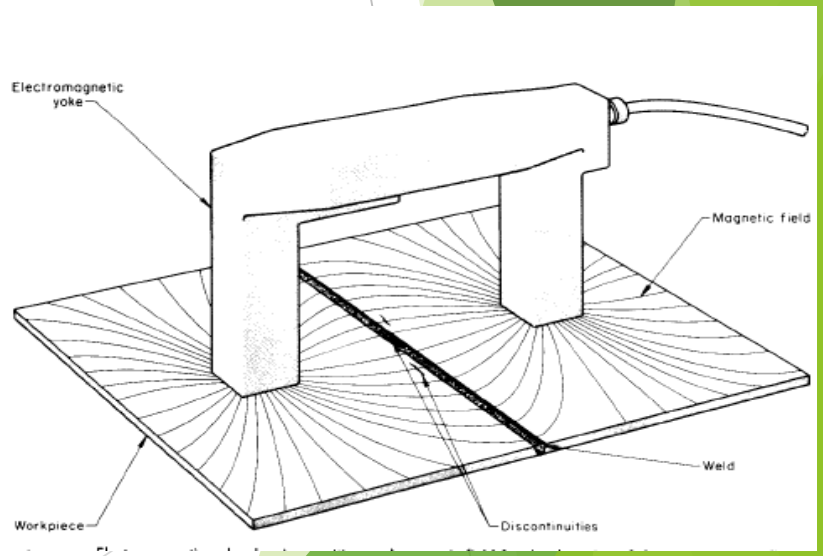


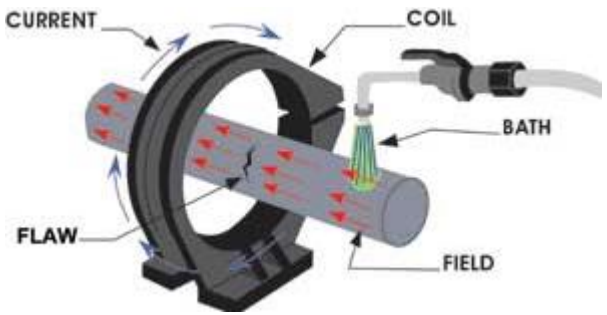


یوک های الکترومغناطیسی

- پایه های قابل تنظیم امکان تغییر فاصلهٔ تماس و زاویهٔ تماس نسبی را به منظور جای گرفتن در قطعات دارای شکل نامنظم فراهم می آورند.
- برخلاف یوک های آهنربای دائمی، یوک های الکترومغناطیسی به سهولت می توانند خاموش یا روشن بشوند. این ویژگی سبب تسهیل اتصال و برداشتن یوک از قطعه مورد آزمایش می شود



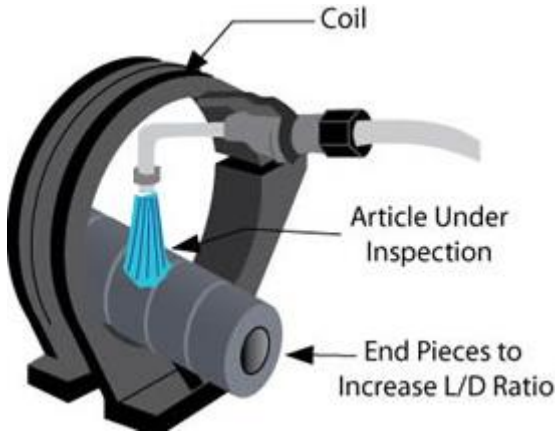


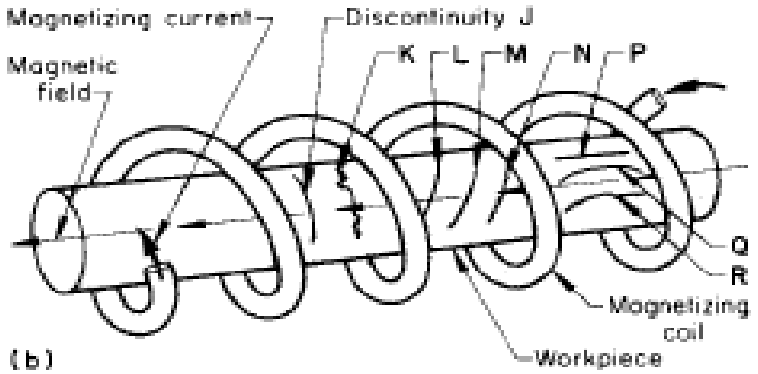


سیم پیچ ها

سیم پیچ های تک حلقه ای و چند حلقه ای برای مغناطیسی کردن طولی قطعات مورد استفاده قرار می گیرند.

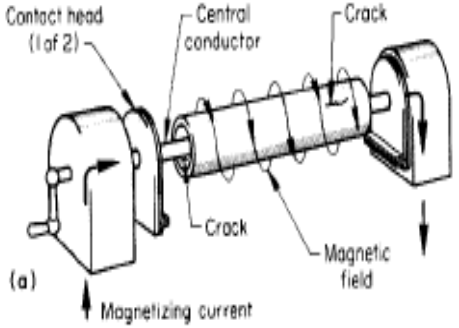
در خصوص قطعات بزرگ، سیم پیچ را می توان با پیچیدن چندین دور از یک سیم قابل انعطاف به حول قطعه، تولید نمود، اما باید دقت لازم صورت گیرد که هیچ نشانه ای، در زیر کابل، پنهان نشود.

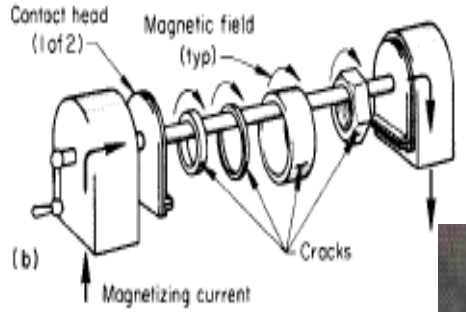


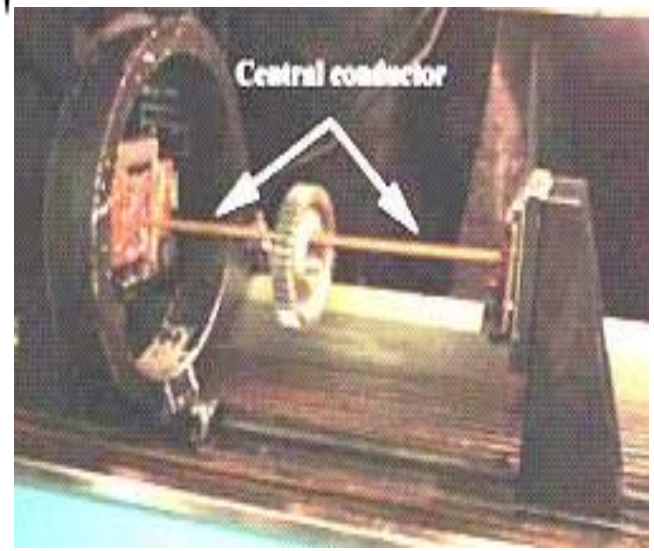


هادی های مرکزی

- در خصوص بسیاری از قطعات حلقه ای شکل، بهتر آن است که به جای خود قطعه، از هادی مجزایی جهت حمل جریان مغناطیسی کننده استفاده گردد.
- قوانین پایهٔ حاکم بر میدان های مغناطیسی حول هادی مدوری که حامل جریان مستقیم باشد، به شرح زیر بیان می شوند:
  - میدان مغناطیسی در خارج یک هادی دارای سطح مقطع یکنواخت، در طول هادی یکنواخت خواهد بود.
  - میدان مغناطیسی با مسیر جریان داخل هادی، زاویه ۹۰ درجه می سازد.
  - دانسیتهٔ شار در خارج هادی با عکس فاصلهٔ شعاعی از مرکز هادی تغییر می نماید







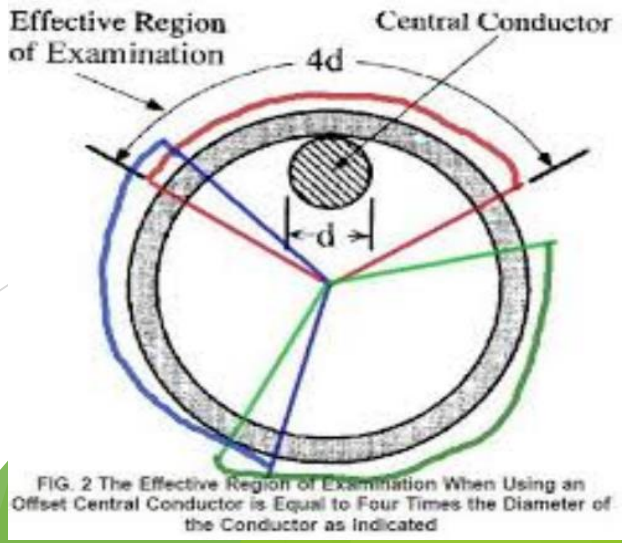
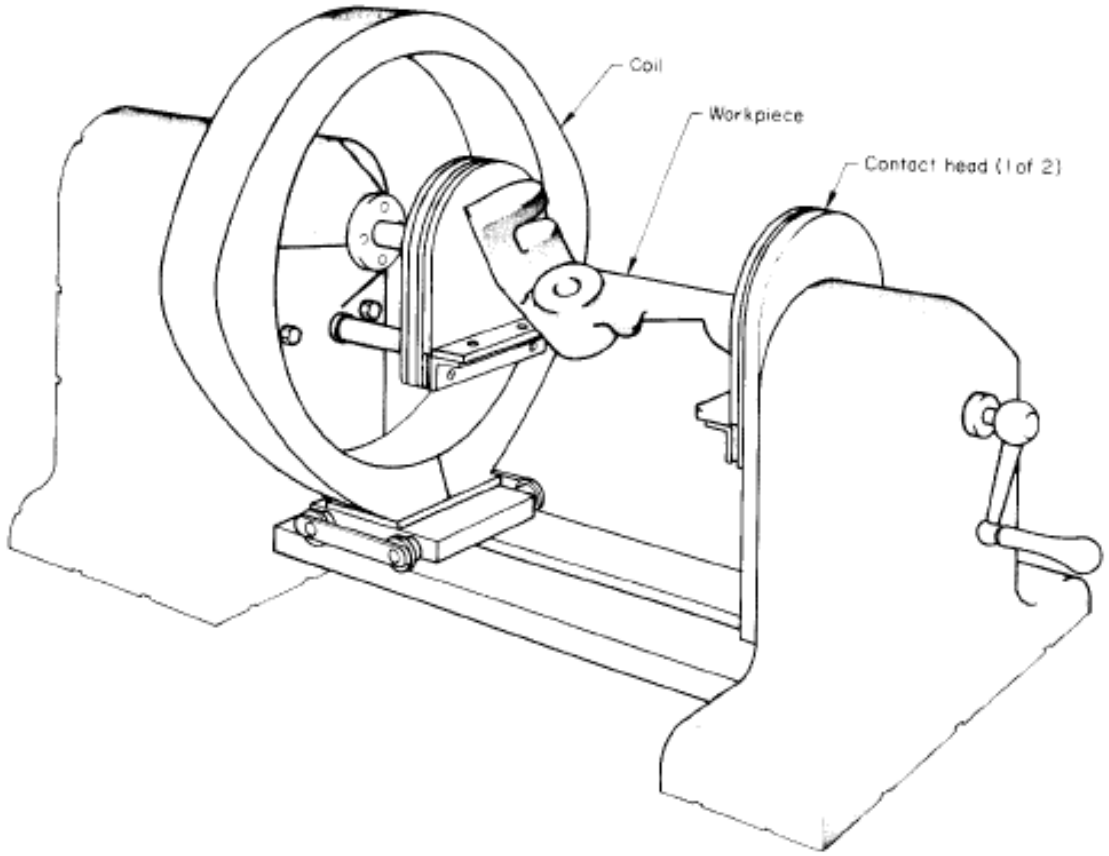


FIG. 2 The Effective Region of Examination When Using an Offset Central Conductor is Equal to Four Times the Diameter of the Conductor as Indicated

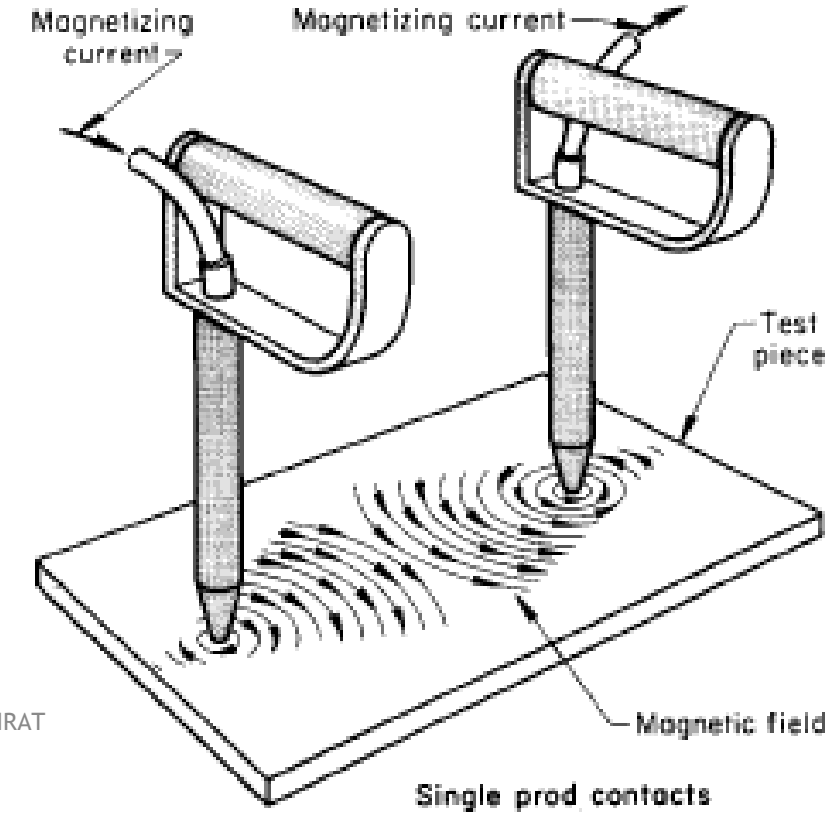
روش تماس مستقیم



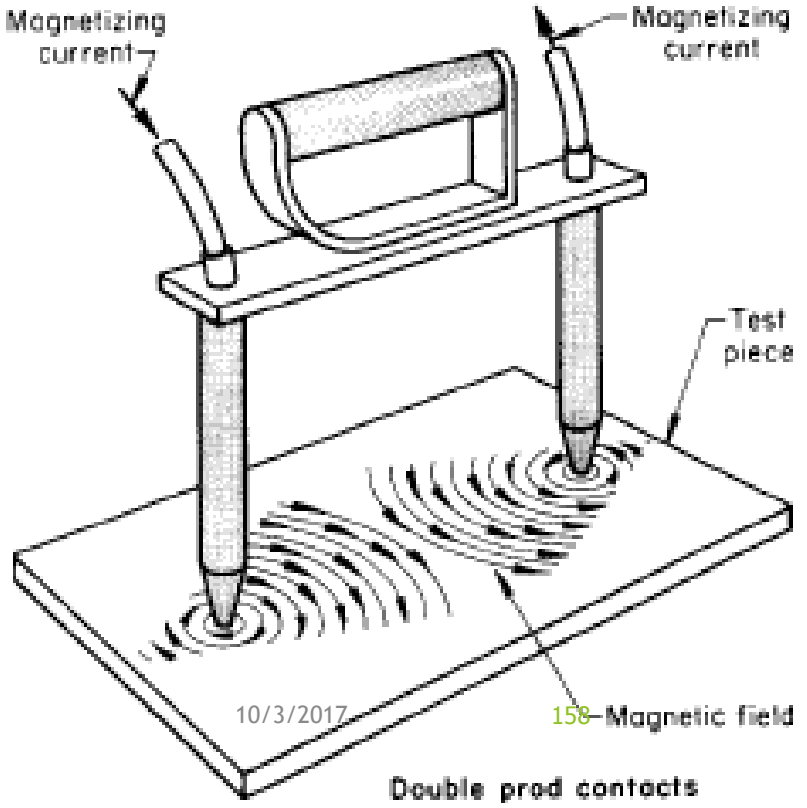
در خصوص قطعات کوچک بدون هیچ گونه فضای باز در داخل قطعه، میدان های مغناطیسی مدور، از طریق تماس مستقیم با قطعه ایجاد می گردند.

پرادهای تماسی

برای بازرسی قطعات بزرگ و سنگین که برای قرار گرفتن در واحدهای دارای سرهای تماسی بست، بیش از حد بزرگ محسوب شوند، مغناطیسی شدن غالباً با استفاده از پرادهای تماسی انجام می گیرد .



Single prod contacts



Double prod contacts

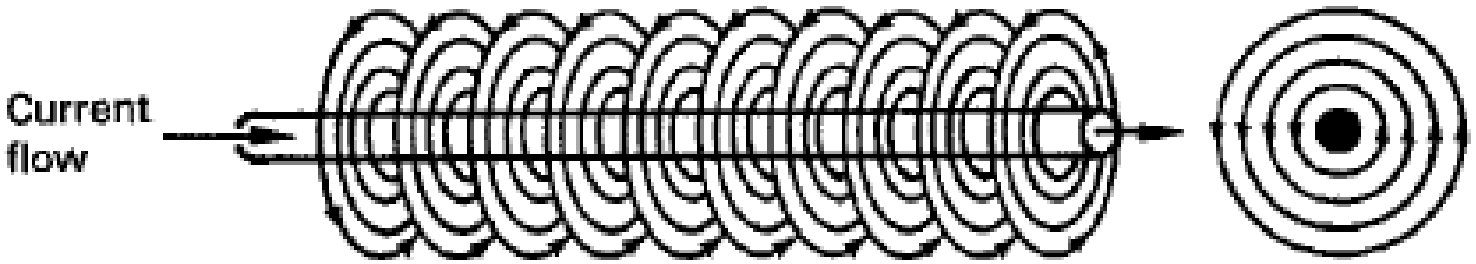
روشهای مغناطیسی کردن

- دایره ای(Circular Magnetization)
- طولی(Longitudinal or Bipolar Magnetization)
- موضعی(Localized Magnetization)

روشهای مغناطیسی کردن

- دایره ای

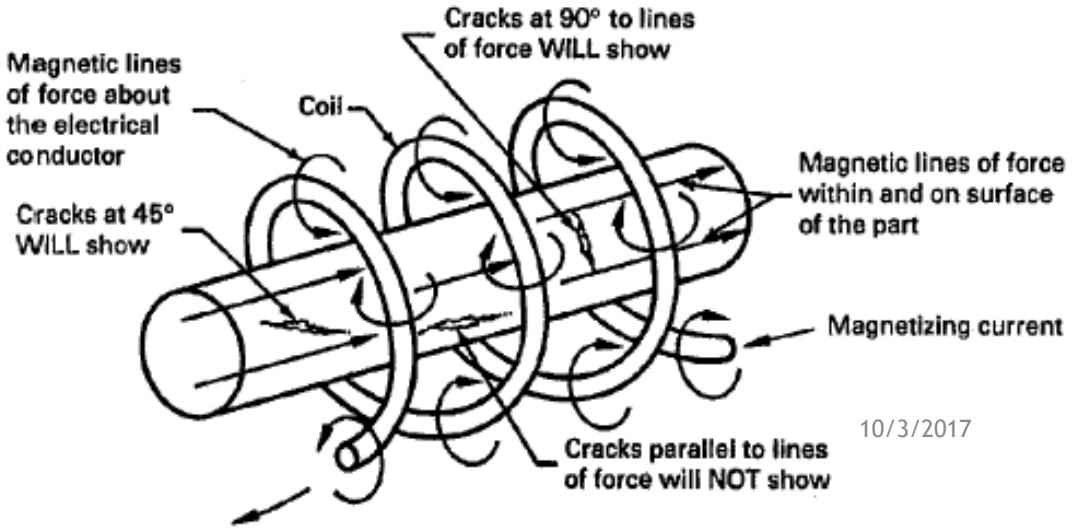
یک میدان مغناطیسی را می توان با عبور جریان الکتریکی از یک هادی ایجاد کرد به این روش، مغناطیسی کردن دایره ای گفته می شود.



روشهای مغناطیسی کردن

- طولی

گاهی جهتگیری ناپیوستگی ها موازی شار مغناطیس دایره ای در قطعه فولادی است. تشخیص چنین ناپیوستگی هایی از طریق روش کم و بیش متفاوتی انجام می گیرد. در این روش هادی بصورت کویل درآمده و قطعه مورد آزمایش بصورتی در کویل قرار می گیرد که بصورت هستهٔ سلنوئید عمل کند، به این ترتیب میدان مغناطیسی در خط محور کویل و دو یا چند قطب معمولا در انتهای قطعه ایجاد می شوند.



روشهای مغناطیسی کردن

- موضعی

در قطعات بزرگ، دو نوع اصلی تجهیزات جهت ایجاد میدان مغناطیسی موضعی در آنها، وجود دارد. که هر دو را می توان به عنوان روش قابل حمل بکار برد بصورتی که تجهیزات را می توان به کنار قطعه مورد بازرسی در محل حمل نمود.

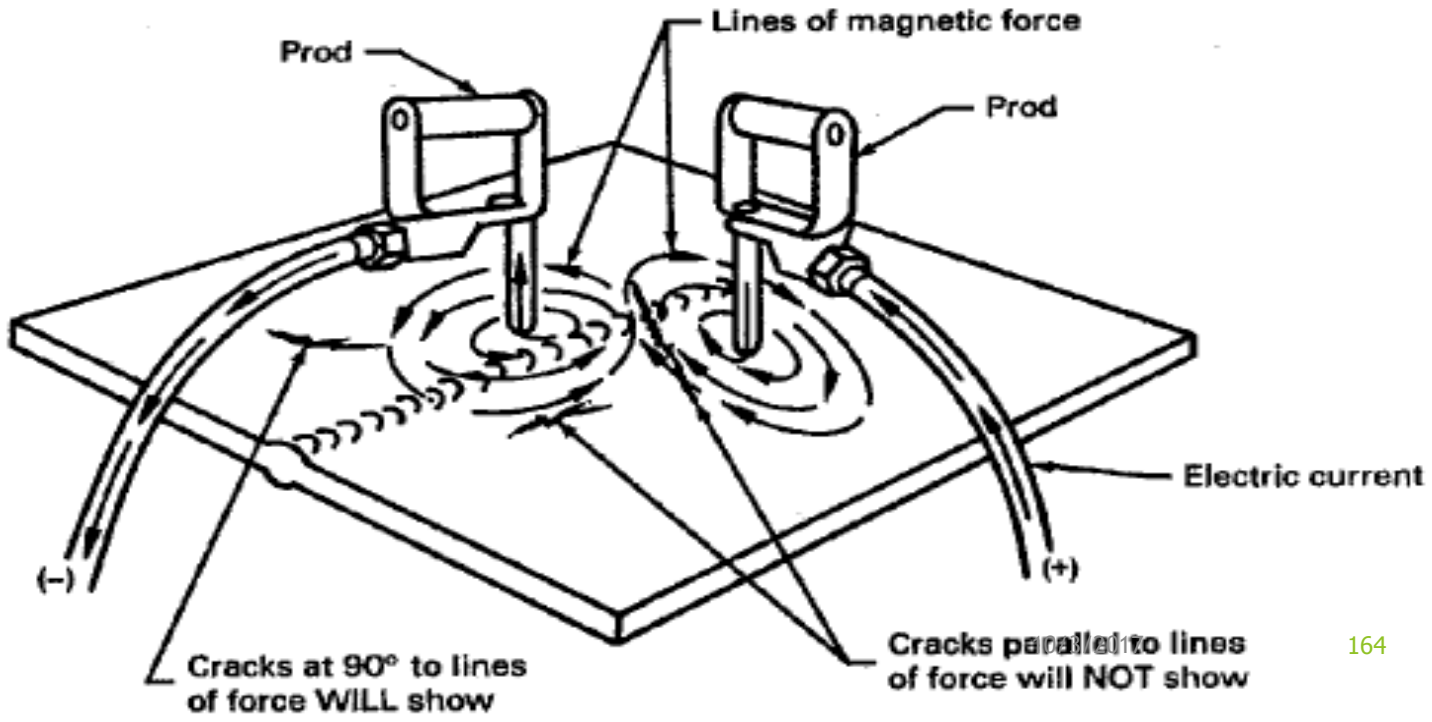
روشهای مغناطیسی کردن

- مغناطیس سازی با پراد(Prod Magnetization)
- روش یوک(Yoke)

روشهای مغناطیسی کردن

- مغناطیس سازی با پراد(Prod Magnetization)

با استفاده از این روش، می توان یک محل موضعی را با عبور جریان از قطعه به روش اتصالات یا پرادهای دستی مغناطیسی کرد.



روشهای مغناطیسی کردن

- روش یوک(Yoke)

تجهیزات آن نسبتاً کوچک و سبک هستند. همچنین جنبهٔ مطلوب دیگر این روش این است که جریان الکتریکی مثل روش پراد به قطعه منتقل نمی شود، در نتیجه امکان ایجاد قوس یا سوختن قطعه وجود ندارد.

ترتیب عملیات

ترتیب انجام عملیات در بازرسی ذرات مغناطیسی به زمان، اعمال ذرات و جریان مغناطیسی کردن مربوط می شود.

- مغناطیسی کردن پیوسته(Continuous Magnetization)
- مغناطیسی کردن پسماند(Residual Magnetization)

ترتیب عملیات

- مغناطیسی کردن پیوسته(Continuous Magnetization)

این روش عملیات با ذرات تر یا خشک در بیشتر کاربردها بکار گرفته می شود. ترتیب عملیات در روشهای مغناطیس کردن پیوسته تر و خشک با هم متفاوت است.

ترتیب عملیات

- مغناطیسی کردن پسماند(Residual Magnetization)

در این روش، محیط بازرسی بعد از قطع جریان مغناطیس کننده اعمال می شود. این روش تنها زمانی قابل بکارگیری است که قطعه جوش مورد آزمایش دارای پایداری مغناطیسی نسبتاً بالا باشد تا میدان مغناطیسی باقیمانده، قدرت کافی برای تولید و حفظ آثار را داشته باشد.

ذرات مغناطیسی و مایعات معلق کننده

ذرات مغناطیسی بر مبنای واسطه ای که برای انتقال ذرات به قطعه مورد استفاده قرار می گیرد، تقسیم بندی می شوند. این واسطه می تواند هوا (روش ذرات خشک) یا یک مایع باشد.

نورهای ماوراء بنفش

یک لامپ قوس جیوه، منبع مناسبی برای نور ماوراء بنفش است این نوع لامپ، نوری ساطع می کند که طیف آن دارای چندین پیک شدت در طول محدوده وسیعی از طول موج ها است. هنگام استفاده برای اهداف مشخص، نور ساطع شده از فیلتر مناسبی عبور داده می شود به طوری که تنها نور باریکی از طول موج های ماوراء بنفش در دسترس قرار بگیرند. به عنوان مثال نواری از طیف ماوراء بنفش با طول موج بالا برای بازرسی فلوئورسنت نفوذکننده مایع یا ذرات مغناطیسی مورد استفاده قرار می گیرد.

ناپیوستگی های قابل تشخیص

ترکهای سطحی: آثار ایجاد شده توسط یک ترک سطحی کاملاً مشخص بوده و توسط تجمع شدید پودرها قابل تشخیص است. مقدار تجمع پودر معیاری نسبی برای عمق ترک است.

ترکهای زیرسطحی: ترکهایی که به سطح نرسیده اند آثاری متفاوت با آثار ترکهای سطحی برجای می گذارند. تجمع پودر گسترده تر و با وضوح کمتری قابل تشخیص است.

ناخالصی های سرباره و تخلخل: آثار بسیار نامشخص است گه مقدار آنها بسیار زیاد باشد. تجمع پودر به خوبی قابل تشخیص نیست اما می توان آنرا از آثار سطحی تمیز داد.

نفوذ ناقص در اتصال: وقتی شرایط بازرسی اجازه دهد، نفوذ ناقص در اتصال را نیز می توان توسط تست ذرات مغناطیسی تشخیص داد. آثار پودر، عریض و آشفته، مثل ترک زیر سطح است، اما الگوی آن یک خط مستقیم است.

تورق: وقتی لبه های ورق بازرسی می شوند، بخصوص در موارد آماده سازی جوش قبل از جوشکاری، می توان تورقهای مربوط به نورد ورق را تشخیص داد. این آثار قابل توجه و منسجم هستند و ممکن است پیوسته یا گسسته باشند.

نشانه های غیر مرتبط

- در زمان اجرای بازرسی با ذرات مغناطیسی، برخی شرایط انجام تست موجب ایجاد آثار نامربوط یا غلط می شود. نشانه های غیر مرتبط به الگوهایی واقعی اطلاق می شود که بر اثر میدان های نشتی که ناشی از حضور نقائص نباشند، ایجاد می گردد .
- منابع نشانه ها
- پرداخت سطحی
- تفاوت در خواص مغناطیسی
- میدان مغناطیس پسماند
- چسبندگی ذرات به واسطه نیروی مغناطیسی بیش از حد
- منابع دیگر

تشخیص نشانه های مرتبط از غیر مرتبط

- بازرسی چشمی دقیق سطح در ناحیه ناپیوستگی و استفاده از بزرگنمایی.
- مطالعه طرح یا نقشه قطعه مورد آزمایش.
- مغناطیس زدایی و آزمایش مجدد.
- آنالیز دقیق الگوی ذرات.
- استفاده از یک روش دیگر بازرسی غیرمخرب.

مغناطیس زدایی

- فولادهای فرومغناطیسی درجات مختلفی از مغناطیس باقیمانده از خود نشان می دهند. در برخی شرایط وجود یک میدان مغناطیسی باقیمانده در قطعه در حین کار موجب صدمه زدن به آن می شود. بنابراین در این موارد مغناطیس زدایی ضروری است.

دلایل مغناطیس زدایی

- قطعه در محلی به کار گرفته خواهد شد که میدان مغناطیسی پسماند با عملکرد تجهیزاتی که به میدان های مغناطیسی حساس هستند، تداخل پیدا کرده یا سبب کاهش دقت ابزارآلات مورد استفاده در مجموعه ای که قطعه مغناطیسی کننده در آن قرار می گیرد، خواهد گردید.
- در حین ماشین کاری بعدی ممکن است تراشه ها به سطح چسبیده و در عملیات بعدی از قبیل رنگ آمیزی یا آب کاری اخلال ایجاد کنند.
- ممکن است ذرات ساینده جذب قطعات مغناطیسی از قبیل سطوح بلبرینگ، جداره یاتاقان یا دندانه چرخ دنده شده و منجر به سایش، خراش یا مسدود شدن حفره ها و شکاف های روغن شوند.
- در حین برخی انواع عملیات جوشکاری قوس الکتریکی، میدان های مغناطیسی قوی ممکن است منجر به انحراف قوس از نقطه مورد هدف شوند.
- وجود میدان مغناطیسی پسماند در قطعه ممکن است سبب اخلال در مغناطیسی کردن مجدد قطعه در شدت میدان هایی گردد که برای غلبه بر میدان باقی مانده در قطعه قدرت کافی ندارند.

دلایل عدم مغناطیس زدایی

مغناطیس زدایی ممکن است ضروری نباشد اگر:

- قطعات از فولاد نرم از لحاظ مغناطیسی و دارای نگهداری مغناطیسی پایین ساخته شده باشند، چنین قطعاتی معمولاً بلافاصله پس از خروج از منبع مغناطیسی کننده به طور خود به خود مغناطیس زدایی می شوند.
- قطعات قرار است بعداً در دمایی بالای نقطه کوری خود حرارت داده شوند و در نتیجه خواص مغناطیسی خود را از دست بدهند.
- میدان مغناطیسی به گونه ای است که کارکرد قطعه را در سرویس تحت تاثیر قرار نمی دهد.
- قطعه باید مجدداً برای بازرسی بیشتر به روش ذرات مغناطیسی یا برای عملیات ثانویه دیگری که طی آن ممکن است از یک صفحه یا گیره مغناطیسی برای نگه داشتن قطعه استفاده شود، تحت عملیات مغناطیسی شدن قرار گیرد.

بازرسی به روش اولتراسونیک

محدودیت ها

محدویت های اصلی UT عبارتند از:

۱- کار و انجام عملیات نیازمند تکنسین های آموزش دیده و با تجربه است.

۲- قطعات جوش زبر، با شکل بی نظم، بسیار کوچک یا نازک را نمی توان تشخیص داد، که شامل جوشهای گوشه نیز می شود.

۳- ناپیوستگی های سطحی ممکن است تشخیص داده نشوند.

۴- اعمال کوپلنت بین ترنسدیوسر و جوش برای انتقال انرژی موج صوتی ضروری است.

۵- استانداردهای مرجع برای کالیبره کردن تجهیزات و ارزیابی اندازه عیب لازم هستند.

کاربردها

آزمون اولتراسونیک را می توان برای تشخیص ترک، تورق، حفرات انقباضی، تخلخل، ناخالصیهای سرباره ای، ذوب ناقص، نفوذ ناکافی اتصال، و دیگر ناپیوستگی ها در قطعات جوش یا لحیم بکار برد. با استفاده از روشهای مناسب، محل و عمق تقریبی ناپیوستگی را می توان تعیین کرد و در برخی موارد، اندازه آنرا نیز بطور تقریبی میتوان مشخص نمود.

تجهیزات الکترونیک:

تمامی واحدهای دارای منظور عمومی از اجزاء اصلی زیر متشکلند:

۱- تولید کننده سیگنال الکترونیکی (پالس دهنده) که ولتاژ متغیر تولید کند

۲- ترنسدیوسر فرستنده که یک موج اولتراسونیک در هنگام اعمال ولتاژ آزاد کند.

۳- کوپلنت برای عبور انرژی اولتراسونیک از ترنسدیوسر به قطعه و برعکس

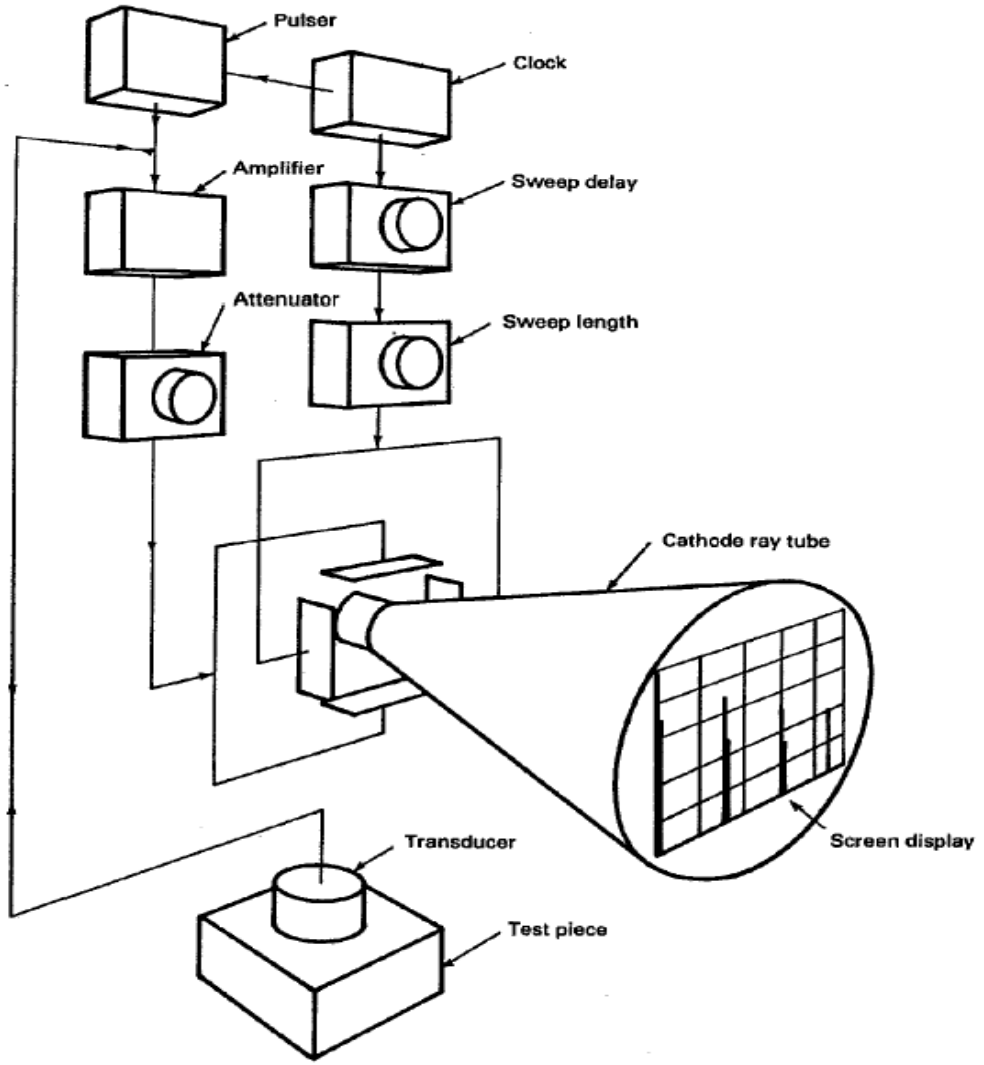
۴- ترنسدیوسر دریافت کننده برای تبدیل امواج صوتی به ولتاژ متغیر.

۵- دستگاه الکترونیکی برای تقویت و یکسو کردن یا تغییر سیگنال از ترنسدیوسر دریافت کننده.

۶- نشانگر یا صفحه برای ثبت یا تشخیص خروجی بدست آمده از قطعه

۷- تایمر الکترونیک برای کنترل عملیات

اجزاء اصلی یک دستگاه پالس اکو



خواص عمومی امواج آلتراسونیک

امواج آلتراسونیک امواجی مکانیکی هستند (در مقایسه با مثلاً نور یا اشعه X که امواج آلکترومغناطیسی هستند) که از نوسان یا ارتعاش ذرات اتمی یا مولکولی یک ماده، حول موقعیت های تعادلی این ذرات، متشکل می شوند. امواج آلتراسونیک اساساً شبیه به امواج صوتی شنیداری رفتار می کنند. این امواج می توانند در یک محیط الاستیک که ممکن است جامد، مایع یا گاز باشد، انتشار پیدا کنند ولی امکان اشاعهٔ آنها در خلأ وجود ندارد.

خواص عمومی امواج آلتراسونیک

شباهت با امواج آب. مشخصه های عمومی امواج صوتی و مافوق صوت به سهولت با تشبیه آنها به رفتار امواجی که در یک ظرف آب، زمانی که سنگی در آن انداخته شود، ایجاد می شوند، قابل تشریح هستند.

در ادامهٔ این تشبیه، فاصلهٔ بین دو پستی یا بلندی متوالی، **طول موج**، (λ) می باشد.

نزول از یک بلندی به یک پستی و صعود مجدد تا بلندی بعدی (که در طول این فاصله اجام میگیرد)، یک **سیکل [دوره]** را تشکیل می دهد.

تعداد سیکل ها در یک واحد زمانی مشخص، **فرکانس (f)** مربوط به موج است.

ارتفاع یک بلندی یا عمق یک پستی نسبت به سطح در حال تعادل، **دامنهٔ امواج** است.

سرعت یک موج و نرخی که با آن دامنه و انرژی موج در طی اشاعهٔ آن کاهش می یابد، مشخصه های محیطی که موج در آن انتشار می یابد می باشند.

دامنه و انرژی امواج صوتی در محیط الاستیک، بستگی به مقدار انرژی تأمین شده خواهد داشت. سرعت و میرایی (کاهش دامنه و انرژی) امواج صوتی، بستگی به خواص محیطی دارد که در آن انتشار پیدا میکنند.

شکل موج

سه حالت اصلی انتشار امواج صوتی در فلزات وجود دارد:

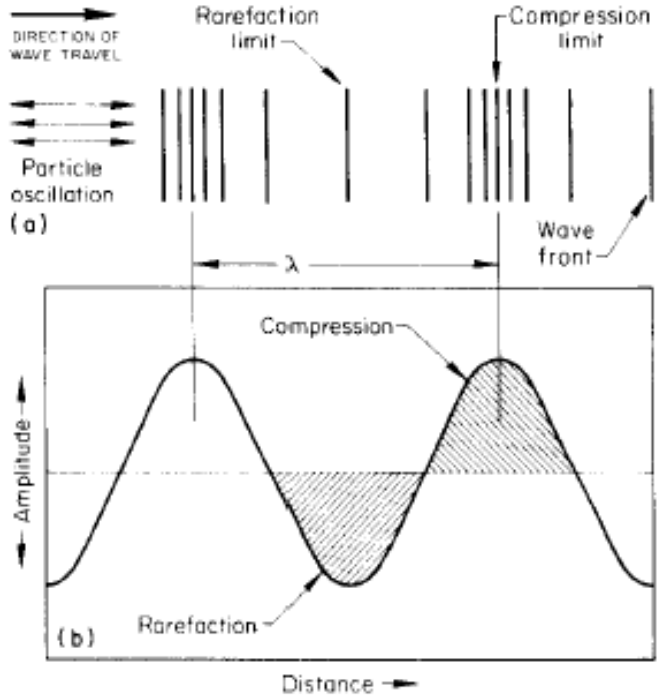
۱- طولی

۲- عرضی

۳- سطحی .

شکل موج

- امواج طولی که گاهی به آنها مستقیم یا Compressional نیز گفته می شود، نشان دهنده ساده ترین نوع موج هستند. این موج وقتی بوجود می آید که حرکت ذرات موازی جهت انتشار موج باشند.



شکل موج

- امواج عرضی

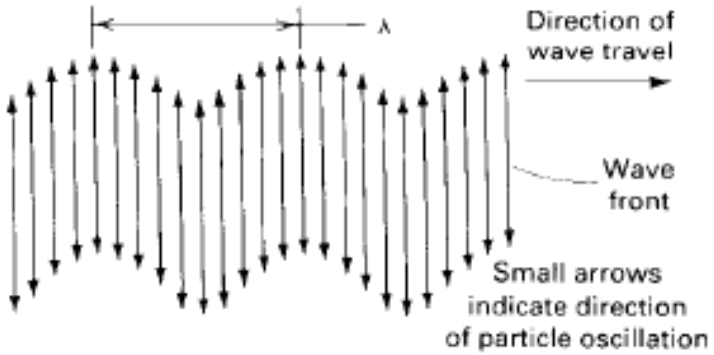
حالت دیگر،موج عرضی است که به آن موج برشی نیز گفته می شود و در آن ذرات دارای حرکتی عمود بر جهت انتشار صوت هستند. سرعت این موجها حدوداً نصف امواج طولی است.

مزیت این نوع امواج عبارت است از:

۱- سرعت کمتر زمان بندی الکترونیکی را تسهیل می کند.

۲- حساسیت بیشتر به علائم کوچکتر.

از سوی دیگر، این امواج راحت تر پخش می شوند و نمی توانند در محیط مایع (آب) منتشر شوند



$V = f\lambda$

انتشار موج

- دامنه، شیوه ارتعاش و سرعت امواج، در جامدات، مایعات و گازها متفاوت است، دلیل این امر، اختلاف زیاد فاصلهٔ متوسط مابین ذرات در این حالت های ماده می باشد.

مفاهیم طول موج، سیکل، فرکانس، دامنه، سرعت و میرایی به طور عمومی در خصوص امواج آلتراسونیک و سایر امواج صوتی صادق هستند.

ارتباط سرعت با فرکانس و طول موج، توسط رابطهٔ زیر بیان می گردد:

$$V = f\lambda$$

v سرعت (برحسب متر بر ثانیه)

f فرکانس (برحسب هرتز)

طول موج (برحسب متر به ازای هر سیکل)

متغیرهای اصلی در بازرسی آلتراسونیک

متغیرهای اصلی که باید در بازرسی آلتراسونیک مورد نظر قرار گیرند، هم در برگیرندۀ مشخصه های امواج آلتراسونیک مورد استفاده و هم شامل مشخصه های قطعات مورد بازرسی است نوع و قابلیت های دستگاه با این متغیرها تعامل پیدا می کند؛ اغلب اوقات انواع متفاوتی از تجهیزات باید برای به انجام رساندن اهداف متفاوت بازرسی مورد استفاده قرار گیرند.

متغیرهای اصلی در بازرسی آلتراسونیک

فرکانس

فرکانس امواج آلتراسونیک مورد استفاده، قابلیت های بازرسی را از جهات مختلف تحت تأثیر قرار می دهد.

فرکانسهای موج صوتی بکار رفته در بازرسی جوش بین ۱ تا MHz6 هستند که فراتر از قدرت شنوایی انسان است. بیشتر بازرسی های جوشکاری در MHz 25/2 انجام می شوند. فرکانسهای بالاتر یعنی MHz5 برای تولید امواج کوتاه و تیز صوتی بکار می رود که برای تعیین محل و ارزیابی ناپیوستگی ها در جوشهای دیواره نازک بکار می روند.

متغیرهای اصلی در بازرسی آلتراسونیک

امپدانس آکوستیک

امواج صوتی بعلت اختلاف امپدانس صوتی در مرز مشترک دو محیط منعکس می شوند. میزان انرژی که از مرز مشترک منعکس می شود با داشتن امپدانس دو محیط قابل محاسبه می باشد. امپدانس صوتی برابر است با حاصل ضرب سرعت صوت در جسم و داکتیلیته آن یعنی:

$$Z = \beta \times V$$

Z= امپدانس صوتی

β = دانسیته

V= سرعت

متغیرهای اصلی در بازرسی آلتراسونیک

اگر موج صوتی در داخل جسمی با امپدانس صوتی Z1 حرکت کند و به صورت قائم به سطح جسم دیگری با امپدانس Z2 برخورد کند دو ضریب زیر را می توان تعریف نمود:

ضریب انعکاس : $R = (\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2})^2$

ضریب انتقال : $T = \frac{2ZZ_2}{Z_1 + Z_2}$

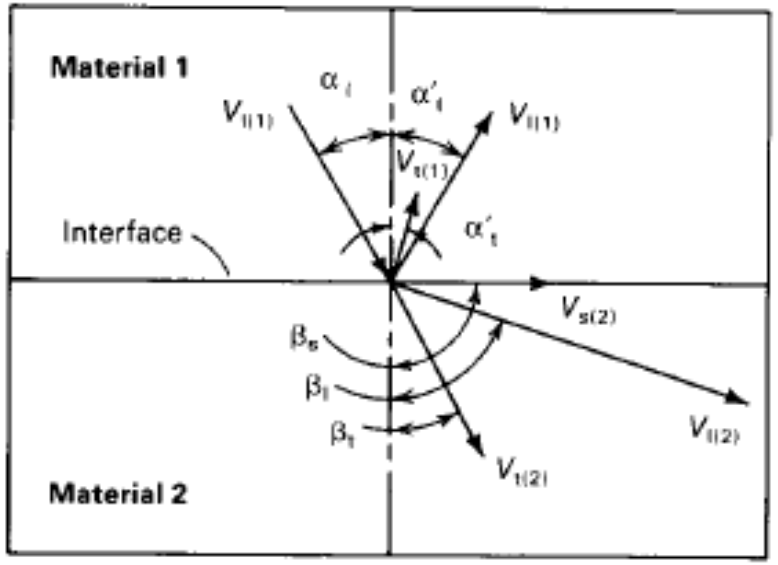
متغیرهای اصلی در بازرسی آلتراسونیک

ضریب انعکاس نسبت فشار صوت منعکس شده را بدست می دهد و ضریب انتقال نسبت فشار صوت منتقل شده را بدست می دهد. R می تواند مثبت و یا منفی باشد. در حالی که T می تواند بسته به آنکه Z2 و یا Z1 بزرگتر باشد، بزرگتر و یا کوچکتر از یک باشد.

اگر امپدانس صوتی دو محیط برابر باشد (Z1=Z2) هیچگونه انعکاسی رخ نخواهد داد (R=0) و صوت از سطح مشترک دو جسم بدون مانعی عبور می کند (T=1). لازم به اشاره است که مقادیر T و R به فشار صوت بستگی داشته و به انرژی صوتی وابسته نمی باشند.

زاویهٔ برخورد:

تنها زمانی که موج آلتراسونیک با زاویهٔ قائمه به فصل مشترک دو ماده برخورد کند (برخورد نرمال؛ یعنی زاویهٔ برخورد= صفر درجه)، عبور و انعکاس در فصل مشترک بدون هیچگونه تغییری در جهت باریکه رخ خواهد داد. در هر زاویهٔ برخورد دیگری، پدیده های تبدیل مد (mode conversion)(تغییر در ماهیت حرکت موج) و شکست (تغییر در جهت انتشار موج) باید مدنظر قرار گیرند.



این پدیده ها ممکن است تمامي باریکه یا تنها بخشي از آن را تحت تأثیر قرار دهند و مجموع کل تغییراتي که در فصل مشترك رخ مي دهد، بستگي به زاویه برخورد و سرعت امواج آلتراسونیکي دارد که نقطه برخورد را روي فصل مشترك ترك مي کنند.

زاویهٔ برخورد

قانون کلی که رفتار موج را در فصل مشترک تشریح می کند، تحت عنوان قانون اِسنل (Snell's law) شناخته می شود. که براین اساس، نسبت سینوسی زاویهٔ برخورد به سینوس زاویهٔ انعکاس یا انکسار، برابر است با نسبت سرعت های امواج. از نظر ریاضی، قانون اِسنل را می توان به صورت زیر بیان نمود:

$$\sin \alpha / \sin \beta = V_1 / V_2$$

α: زاویه برخورد

B: زاویه انعکاس یا انکسار

V_1 و V_2 سرعتهاي امواج برخوردي و انعکاسي يا انکساري (هر دو نسبت به خط عمود بر فصل مشترك اندازه گيري مي شوند)

زوایای بحرانی

در صورتی که زاویهٔ برخورد کوچک باشد، امواج صوتی در حال انتشار در یک محیط مفروض ممکن است در محل مرز دچار تبدیل مد شده و در نتیجه در محیط دوم انتشار امواج طولی و عرضی (برشی) به طور همزمان اتفاق بیفتد. در صورتی که زاویه افزایش یابد، جهت موج انکساری طولی به صفحهٔ مرزی خواهد رسید . در یک مقدار مشخصیα و β ، دقیقاً برابر ۹۰ درجه خواهد شد که بالاتر از این مقدار، موج انکساری طولی، دیگر در ماده انتشار نیافته و تنها موج انکساری برشی (تبدیل مد یافته)، در محیط دوم انتشار پیدا می کند. این مقدار ، اولین زاویهٔ بحرانی نامیده می شود.

اگرα بیش از اولین زاویهٔ بحرانی افزایش پیدا کند، جهت موج انکساری برشی به صفحهٔ مرز خواهد رسید . در دومین مقدار ویژه α و β ، دقیقاً برابر ۹۰ درجه می گردد که بالاتر از آن موج انکساری عرضی، دیگر در ماده انتشار پیدا نمی کند. این دومین مقدار دومین زاویهٔ بحرانی نامیده می شود.

اثرات میدان نزدیک و میدان دور

سطح یک کریستال آلتراسونیک- ترنسدیوسر، تحت اثر ولتاژ الکتریکی اعمالی، به طور یکنواخت نوسان نمی¬کند. بلکه سطح کریستال به صورتی پیچیده نوسان خواهد داشت که به ساده ترین بیان می توان آن را به صورت موزاییکی از تعدادی کریستال کوچک و مجزا که همگی در یک جهت، ولی با قدری اختلاف فاز نسبت به همسایه های خود ارتعاش می کنند، در نظر گرفت. منطقه ای که این حداکثرها و حداقل های فشار اکوستیک در آن واقع می شوند، میدان نزدیک یا میدان Fresnel باریکهٔ صوتی نامیده می شود.

طول میدان نزدیک می تواند به صورت زیر محاسبه شود:

$$N = \frac{D^2}{4\lambda} = \frac{A}{\pi\lambda}$$

A مساحت سطح کریستال

اثرات میدان نزدیک و میدان دور

در فواصل بزرگ تر از N، که به عنوان میدان دور باریکهٔ آلتراسونیک نامیده می شود، اثرات تداخل وجود نخواهد داشت.

واگرایی باریکه

در میدان دور یک باریکهٔ آلتراسونیک، جبههٔ موج با افزایش فاصله از ساطع کننده، گسترش می یابد. زاویهٔ واگرایی از محور مرکزی باریکه از یک ساطع کننده دایره ای مطابق زیر از طول موج آلتراسونیک و اندازهٔ ساطع کنندهٔ قابل محاسبه است:

$$\gamma = 2\sin^{-1}(0.5\frac{\lambda}{D})$$

γ زاویهٔ واگرایی برحسب درجه

λ طول موج آلتراسونیک

D قطر ساطع کنندهٔ دایره ای

تجهیزات

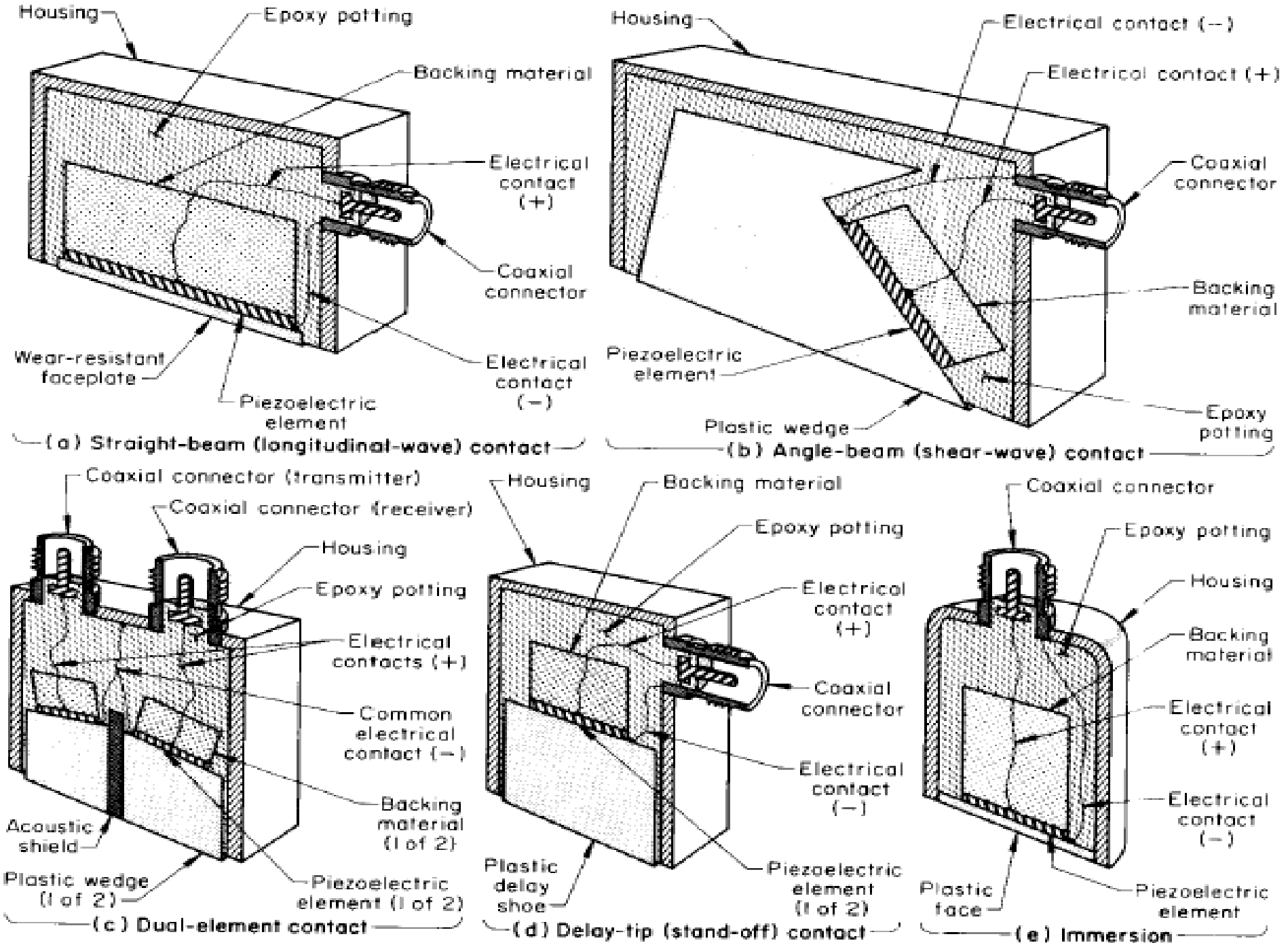
۱-پراب

ترنسدیوسر بخشی اساسی هر پراب است. ولتاژ به ترنسدیوسر فرستنده اعمال می گردد و در عکس العمل به ولتاژ اعمالی به صورت مکانیکی به ارتعاش در می آید. بنابراین ترنسدیوسر در صورتی که با یک محیط الاستیک چفت شود، قادر به تولید امواج آلتراسونیک به درون مادۀ تحت بازرسی خواهد بود.ترنسدیوسر دریافت (کننده)، امواج آلتراسونیکی را که بدان برخورد می کنند، به ولتاژ متناوب متناظر با آن تبدیل می کند. در حالت Pitch-Catch، ترنسدیوسرهای عبوری و دریافتی، واحدهای مجزایی را تشکیل می دهند؛ در حالت پالس- اکو، یک ترنسدیوسر به تناوب هر دو نقش را ایفا می کند.

تجهیزات

چهار نوع پایهٔ پراب عبارت اند از:

1. نوع تماسی باریکهٔ مستقیم(Straight-Beam Contact)
2. نوع تماسی زاویه ای (Angle-Beam Contact)
3. نوع تماسی عنصر دوگانه (Dual-Element Type)
4. نوع غوطه وری(Immersion Type)


Housing
Epoxy potting
Backing material
Electrical contact (+)
Coaxial connector
Wear-resistant faceplate
Piezoelectric element
Electrical contact (−)
(a) Straight-beam (longitudinal-wave) contact
Housing
Electrical contact (−)
Electrical contact (+)
Coaxial connector
Backing material
Piezoelectric element
Plastic wedge
Epoxy potting
(b) Angle-beam (shear-wave) contact
Coaxial connector (transmitter)
Coaxial connector (receiver)
Housing
Epoxy potting
Electrical contacts (+)
Common electrical contact (−)
Backing material (1 of 2)
Acoustic shield
Plastic wedge (1 of 2)
Piezoelectric element (1 of 2)
(c) Dual-element contact
Housing
Backing material
Epoxy potting
Electrical contact (+)
Coaxial connector
Electrical contact (−)
Plastic delay shoe
Piezoelectric element (1 of 2)
(d) Delay-tip (stand-off) contact
Coaxial connector
Epoxy potting
Housing
Backing material
Electrical contact (+)
Electrical contact (−)
Plastic face
Piezoelectric element
(e) Immersion

تجهیزات

۲-اسیلوسکوپ

داده های دریافتی معمولاً روی یک اسیلوسکوپ، چه در حالت ویدئویی و چه در حالت فرکانس رادیویی نمایش داده می شوند. در نمایش حالت ویدیوئی، تنها شدت پیک، بر روی اثر قابل مشاهده است؛ درحالت RF، امکان مشاهدهٔ شکل موج ولتاژهای سیگنال وجود دارد.

تجهیزات

۳-کوپلنت ها

جهت ایجاد یک اتصال رضایت بخش بازرسی با ترنسدیوسرهای پیزوالکتریک، لازم است هوای موجود بین ترنسدیوسر قطعه تست توسط یک کوپلنت حذف شود.

یک مایع یا ماده هیدرولیک برای انتقال امواج اولتراسونیک به قطعهٔ تست بکار می رود.

تجهیزات

۳-بلوک های کالیبراسیون

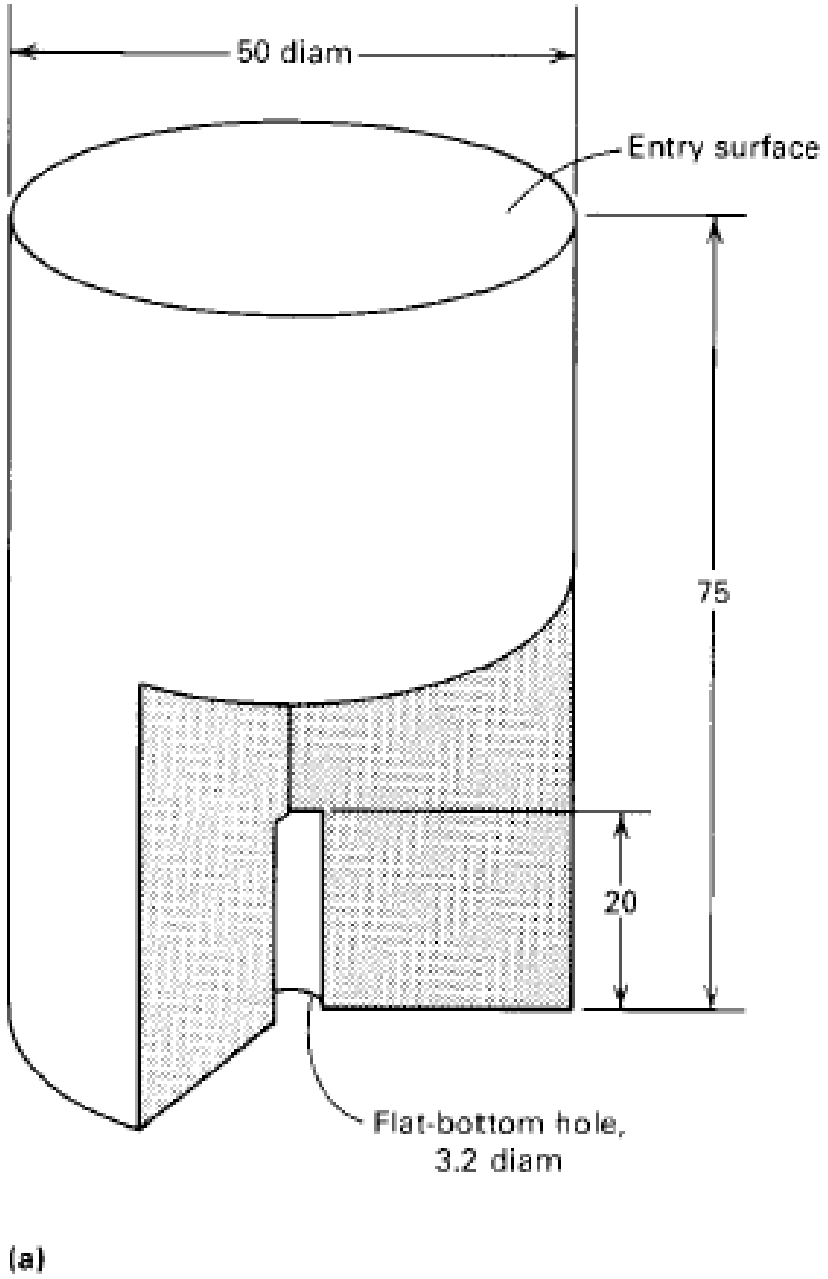
جهت تخمین اندازه های عیوب شناسایی شده وبه عنوان یک راهنما برای تنظیم ابزارهای کنترلگر جهت آشکارسازی عیوب مضر به کار می روند. همچنین این استانداردها، جهت تعیین نشانه هایی که از عیوب بی اهمیت ناشی می شوند، مورد استفاده قرار می گیرند که در نتیجه از انجام کار مجدد روی قطعهٔ مورد آزمایش جلوگیری می شود.

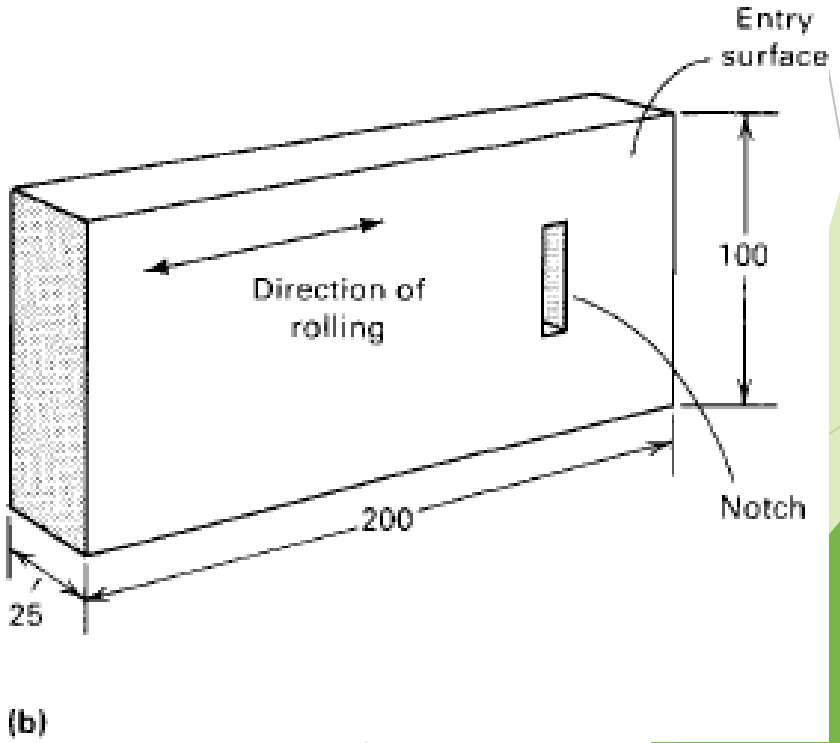
استانداردهای مرجع یا بازرسی برای آزمونهای پالس-اکو شامل بلوکهای تست حاوی عیوب ذاتی، بلوکهای تست حاوی عیوب مصنوعی و یک تکنیک جهت بررسی درصد انعکاس برگشتی می باشد. استانداردهای بازرسی برای آزمایشهای ضخامت سنجی می تواند ورقه هایی با ضخامتهای مشخص شده مختلف یا لبه های گوه ای شکل یا پله ای باشد.

تجهیزات

تست بلوک جهت بازرسی با پراب نرمال a

تست بلوک جهت بازرسی با پراب زاویه ای b

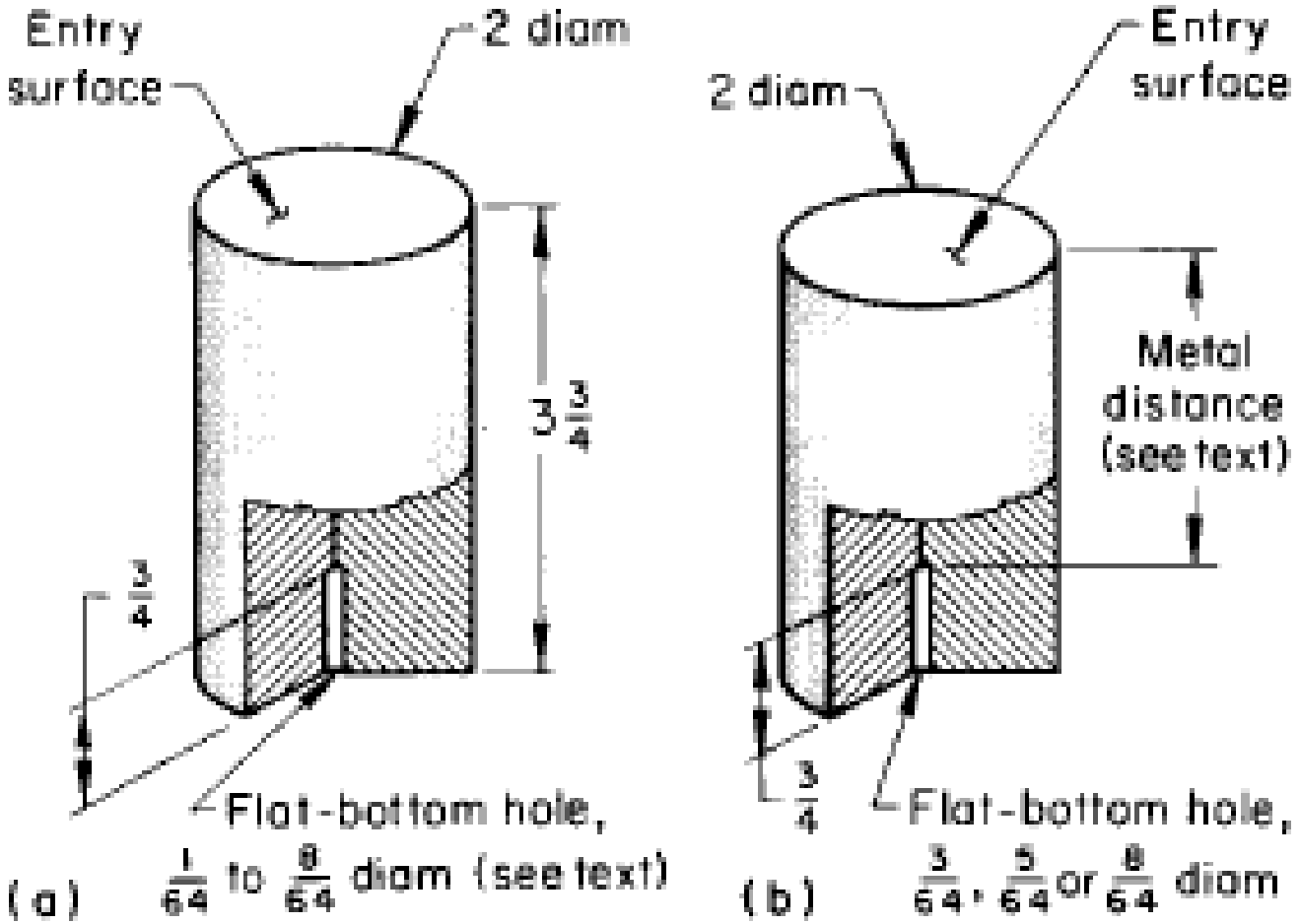




تجهیزات

a بلوک دامنه-مساحت

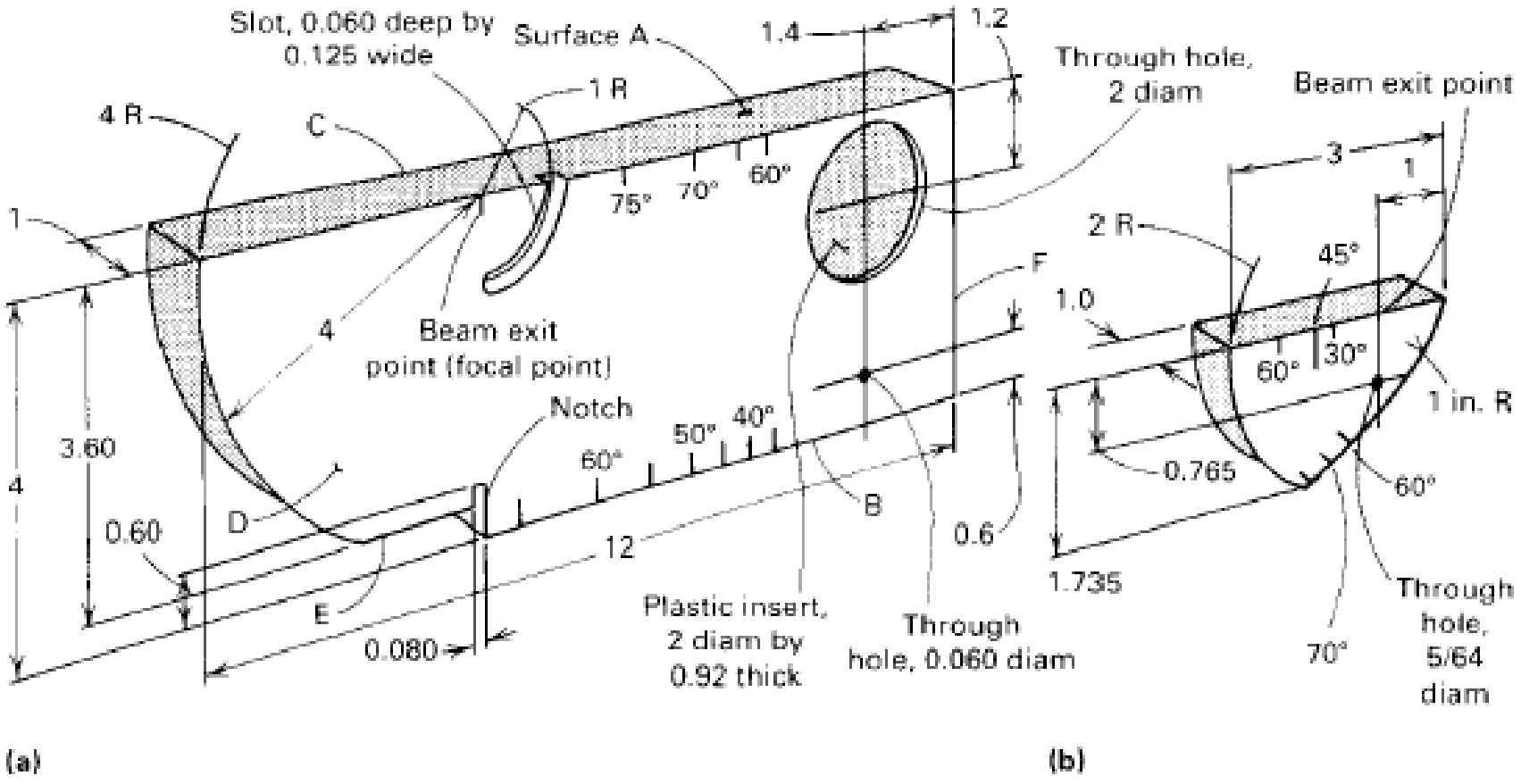
b بلوک دامنه- مسافت



تجهیزات

a IIW نوع I

b تست بلوک زاویه ای



روش های اصلی بازرسی با امواج آلتراسونیک

امواج آلتراسونیک بعد از برخورد به مرز مشترک دو محیط که دارای امپدانسهای آکوستیک مختلف هستند، تجزیه شده قسمتی از آن به محیط دوم انتقال می یابد و قسمتی دیگر انعکاس یافته و به محیط اول بر می گردد.

بر اساس اینکه موج انتقال یافته و یا موج برگشتی مورد ارزیابی قرار گیرد دو روش مختلف به شرح زیر جهت تست بکار می رود:

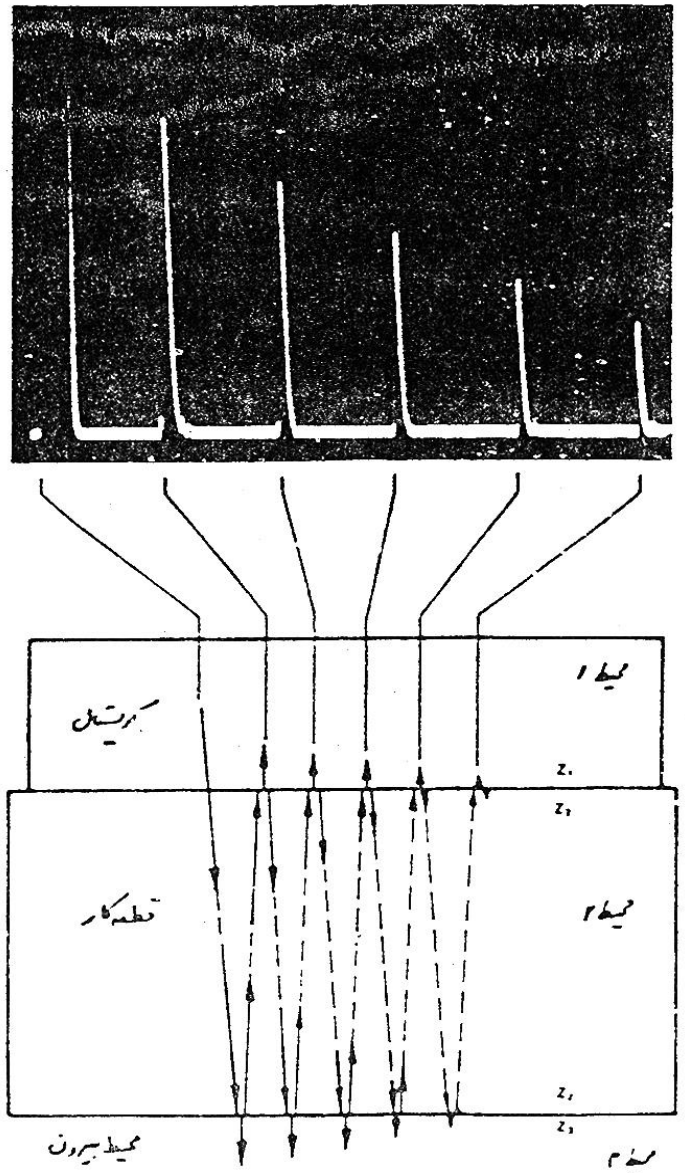
1. روش انعکاس امواج(Pulse echo technique)
2. روش عبور امواج(Transmission method)

روش انعکاس امواج

در این روش برای تشخیص عیب در قطعه کار از بخش انعکاس یافته امواج آلتراسونیک استفاده می شود.

در این روش بر خلاف روش انتقال امواج محل عیب امکان پذیر می گردد و به همین دلیل است که در اغلب موارد از این روش استفاده می شود و مزیت دیگر آن این است که تنها به یک سطح تماس نیاز می باشد. لذا روش تست تا حدود زیادی ساده شده و شرایط نسبتاً ثابتی در حین تست ایجاد می شود.

روش انعکاس امواج



دريافت پژواك هاي متوالي بر روي صفحه CRT

روش انعکاس امواج

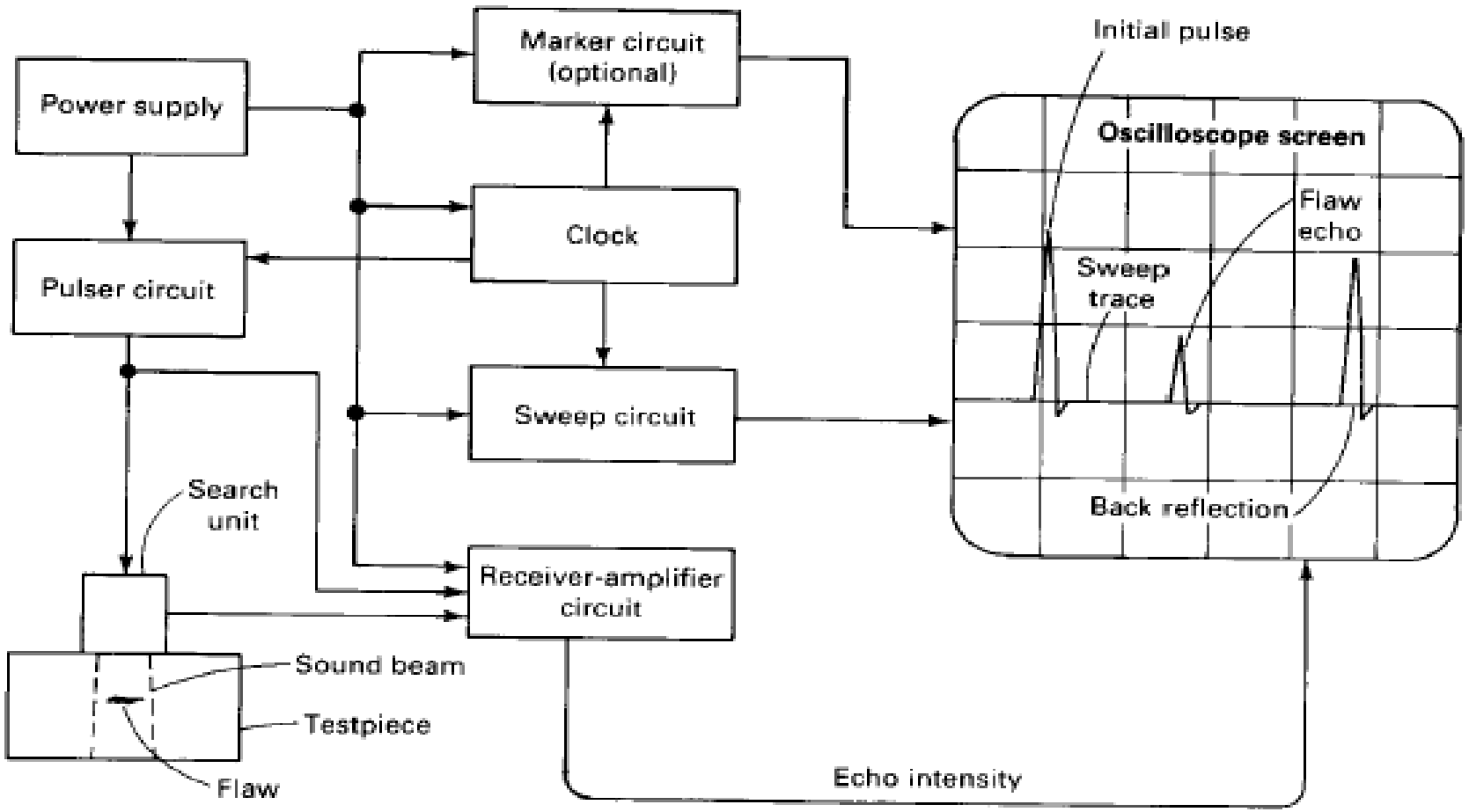
- نمایش A-Scan

اساساً ترسیمی است از دامنه برحسب زمان، که در آن خط مبنای افقی در صفحه اسیلوسکوپ، بیانگر زمان سپری شده بوده و انحرافات عمودی (که نشانه یا سیگنال نامیده می شوند)، بیانگر اکو می باشند (شکل و) اندازهٔ نقص را می توان به کمک مقایسهٔ دامنهٔ سیگنال ناپیوستگی با دامنه سیگنال ناشی از یک ناپیوستگی دارای اندازه و شکل معلوم، تخمین زد؛ سیگنال ناپیوستگی همچنین باید برای اتلافهای فاصله ای مورد تصحیح قرار گیرد.

مکان نقص (عمق) از موقعیت اکوی نقص روی صفحهٔ اسپکوسکوپ تعیین می گردد.

روش انعکاس امواج

نمایش A-Scan



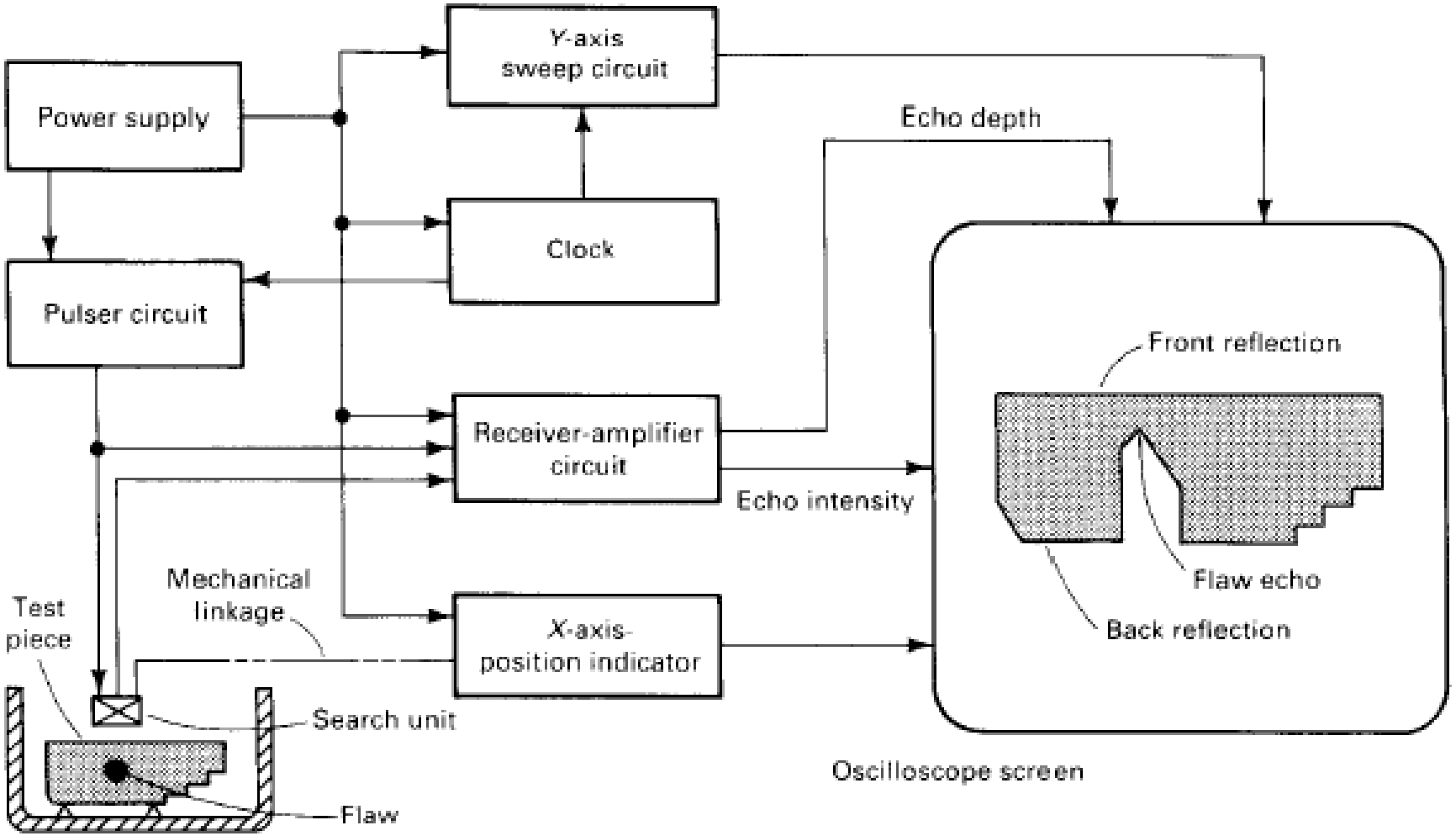
روش انعکاس امواج

- نمایش B-Scan

عبارت است از رسم زمان برحسب فاصله، که در آن یکی از محورهای متعامد روی صفحهٔ نمایش، مربوط به زمان سپری شده و محور دیگر نمایانگر موقعیت پراب در امتداد خطی روی سطح قطعه تست، نسبت به موقعیت پراب در بدو بازرسی می باشد.

روش انعکاس امواج

نمایش B-Scan



روش انعکاس امواج

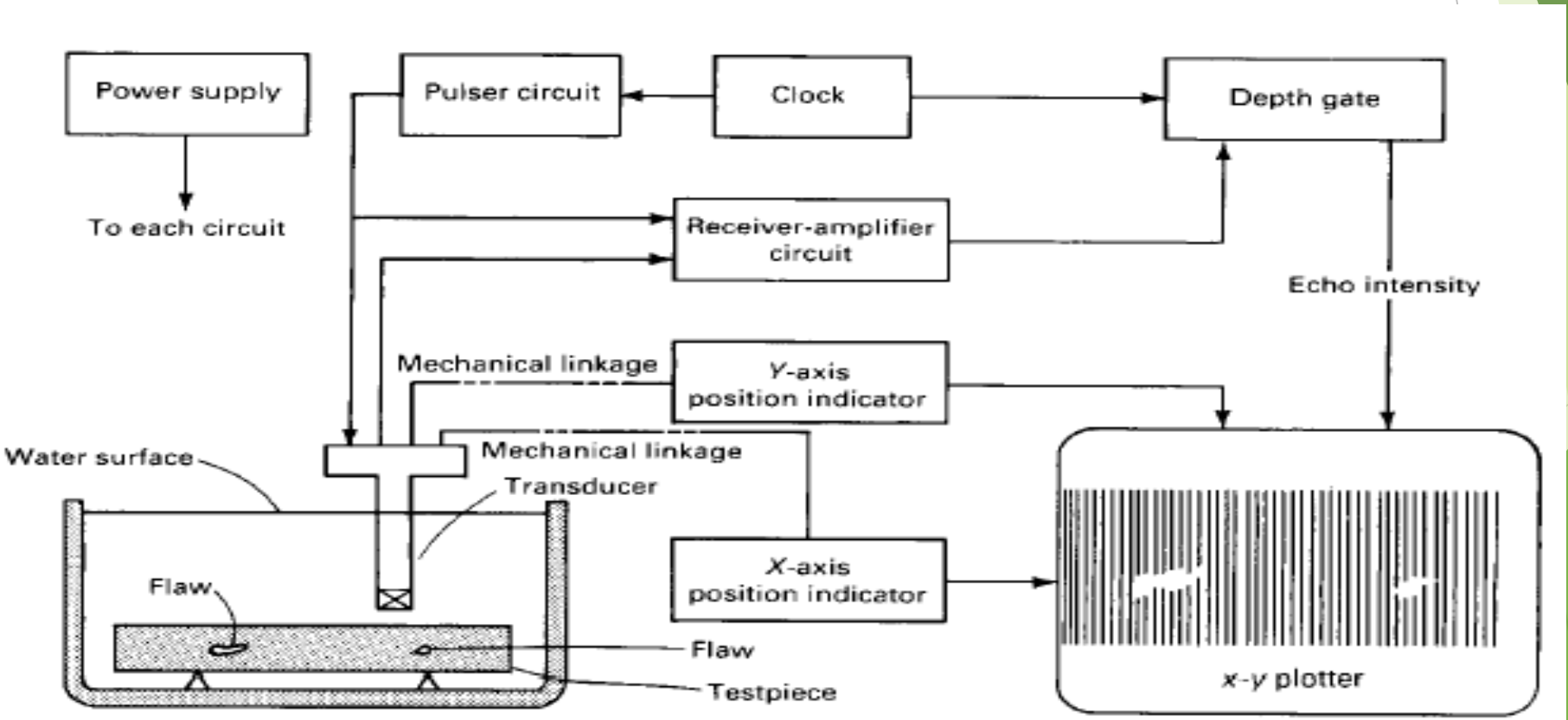
- نمایش C-Scan

اکوها را از بخش های داخلی قطعه کار و به صورت تابعی از موقعیت هر فصل مشترک منعکس کننده در محدودهٔ یک سطح، ثبت می نماید.

عمق نقص، معمولاً ثبت نمی گردد، اگرچه با محدود کردن گسترهٔ عمقهایی در قطعه تست که در هر اسکن پوشش داده می شوند، می توان آن را به صورت نیمه کمی اندازه گیری نمود.

روش انعکاس امواج

نمایش C-Scan



روش انعکاس امواج

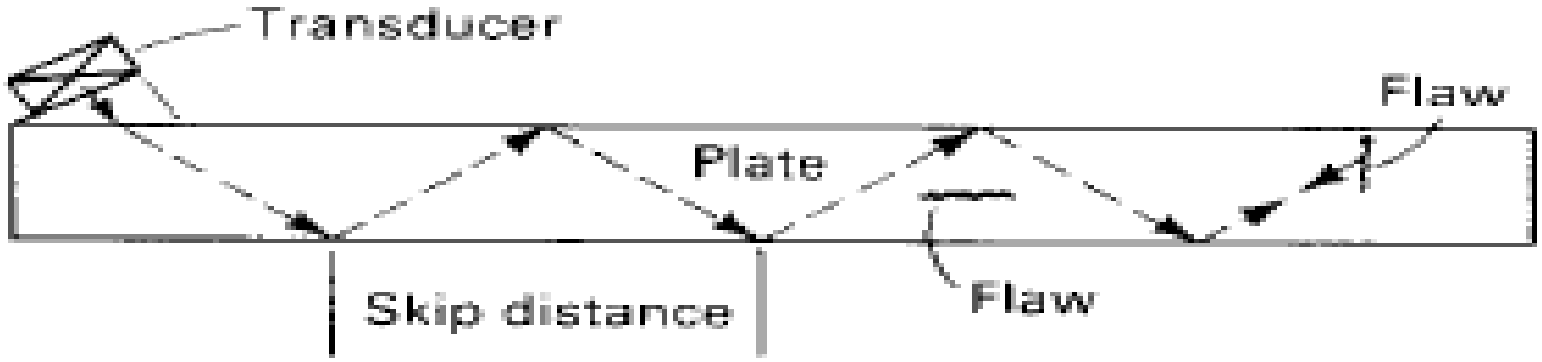
تکنیکهای زاویه ای

در تکنیکهای زاویه ای، پالس صوتی برخوردی، به جای زاویهٔ قائم با زاویه ای مورب وارد قطعه تست می شود. برخلاف آزمایشهای باریکهٔ مستقیم، این رویکرد سبب حذف اکوها از سطوح جلویی و عقبی می گردد و تنها انعکاسهای ناشی از ناپیوستگیهای عمود بر باریکهٔ برخوردی را نمایش می دهد. تنها در موارد نادری، سطح پشتی جهت ایجاد نشانه های انعکاس برگشتی، جهتگیری صحیحی به خود می گیرد.

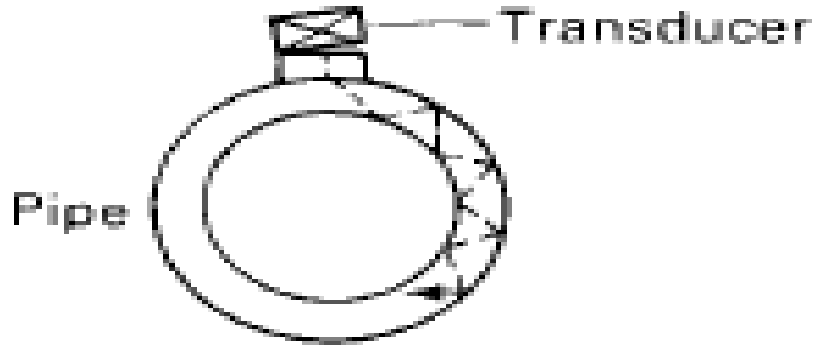
تکنیکهای زاویه ای به منظور آزمایش جوش، لوله ها، مواد ورقه ای و صفحه ای، نمونه های دارای شکل غیرمنظم که باریکه های مستقیم، قادر به تماس با همهٔ سطوح آنها نیستند، مورد استفاده قرار می گیرند.

روش انعکاس امواج

تکنیکهای زاویه ای

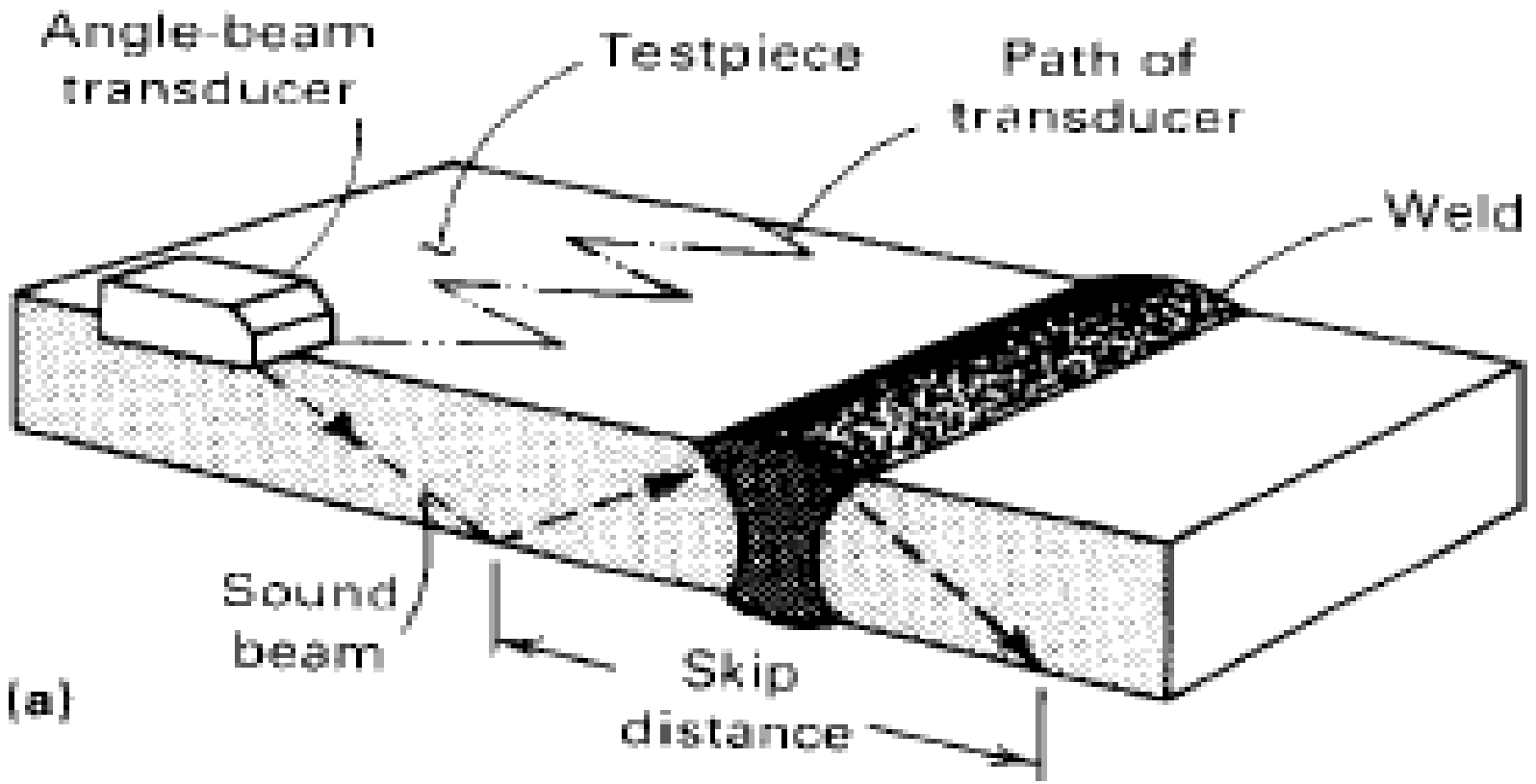


(a)



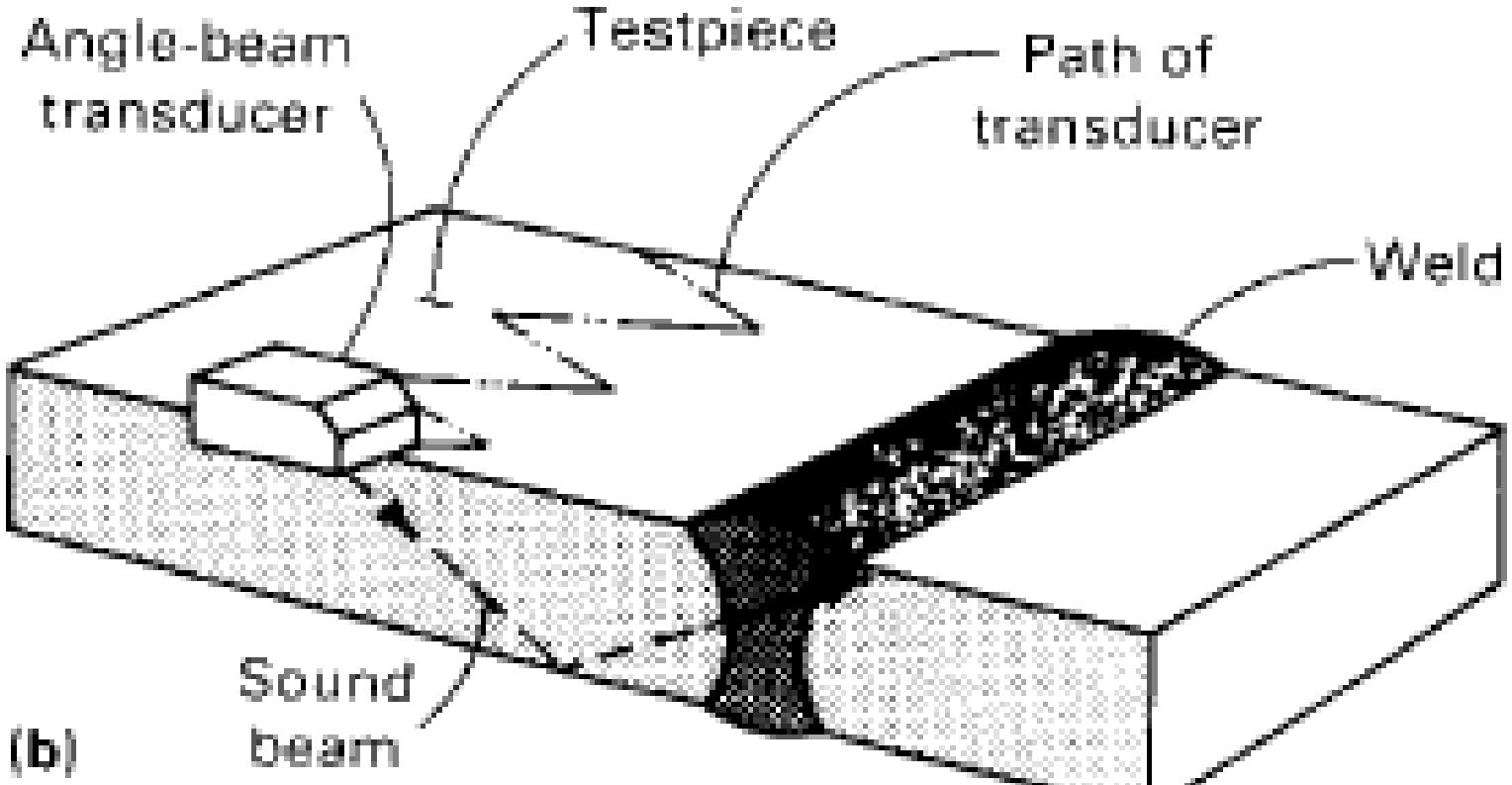
(b)

روش انعکاس امواج



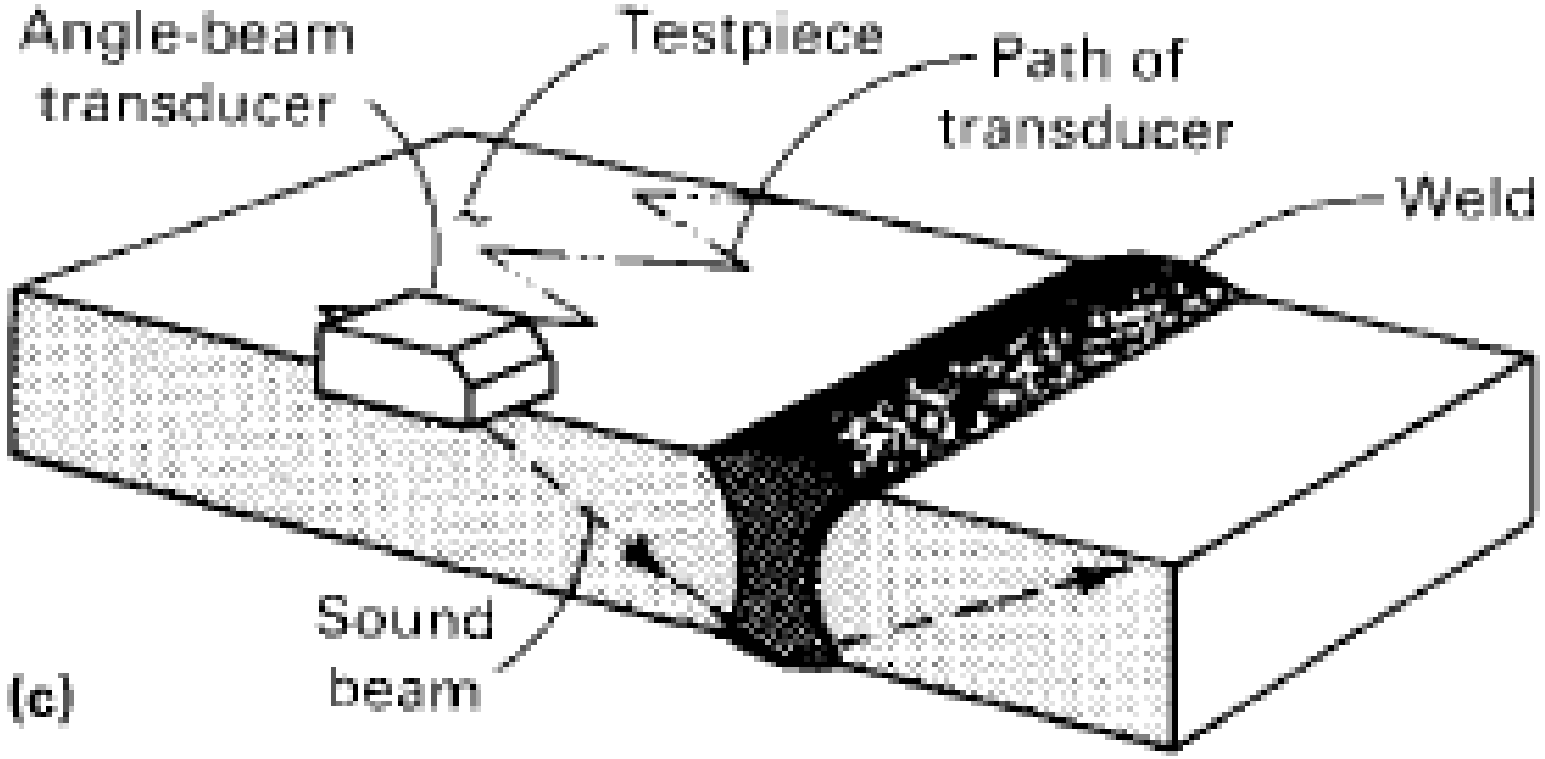
حرکت موج صوتی بر مقطع جوش از خط مرکزی ترنسدیوسر زمانی که مقطع جوش را از انتهای سمت چپ اسکن می کند.

روش انعکاس امواج



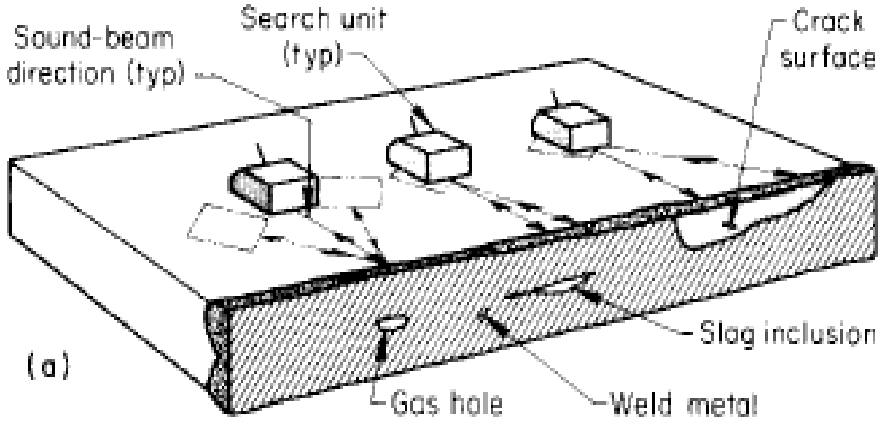
حرکت موج صوتی بر مقطع جوش از خط مرکزی ترنسدیوسر زمانی که مقطع جوش را از یک موقعیت میانی اسکن می کند.

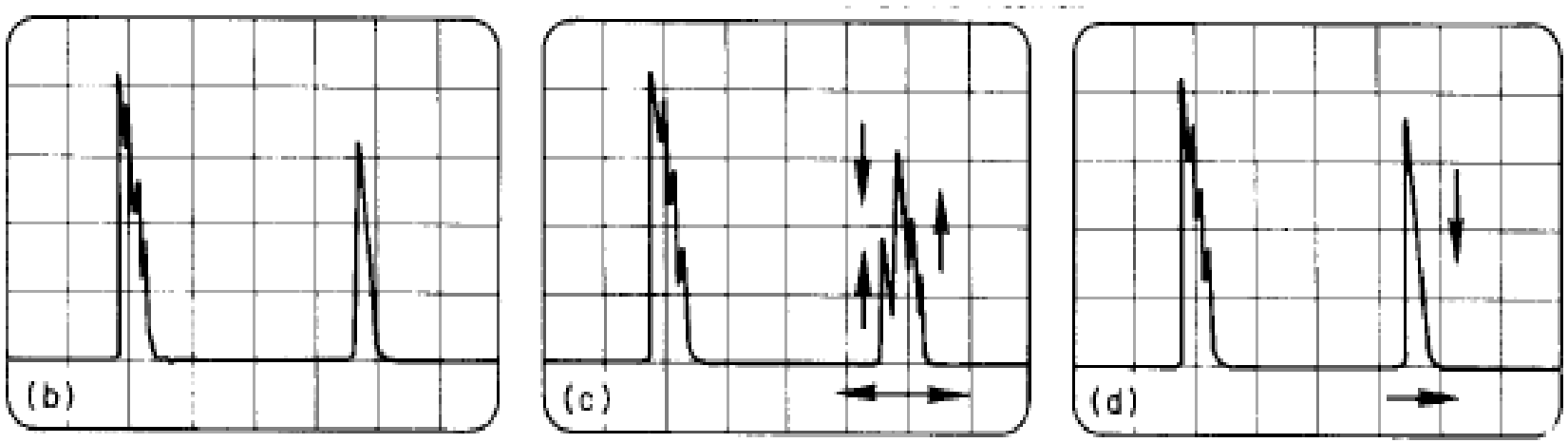
روش انعکاس امواج



حرکت موج صوتی بر مقطع جوش از خط مرکزی ترنسدیوسر زمانی که مقطع جوش را تا انتهای سمت راست اسکن می کند.

روش انعکاس امواج





بازرسی با تکنیک زاویه ای از یک قطعه جوشکاری شده ،.a)موقعیت پراب بر قطعه آزمون
b)الگوی ایجاد شده حاصل از یک حفره گازیc) الگوی ایجاد شده حاصل از یک ناخالصی سرباره ای d) الگوی ایجاد شده حاصل از یک ترک

روش انعکاس امواج

تکنیک های موج سطحی

برداشت خاصی از تکنیک زاویه ای منجر به انتشار یک موج سطحی می شود. امواج سطحی عمدتاً برای تشخیص ترکهای کم عمق سطحی و سایر نقائص مشابهی که درست در زیر سطح قطعه تست واقع هستند، به کار گرفته می شوند. این تکنیک بیشترین اثر بخشی را زمانی دارد که نقائص به احتمال زیادتری به سطح گسترش یافته یا در ناحیهٔ مرده سایر تکنیکها واقع شوند. شکل نمایش، مشابه آزمایش معمولی زاویه ای است، تنها، نشانه های نقائص روی محور گسترش یافته جاروب زمان نمایش داده می شوند.

روش عبور امواج

در این روش پروب فرستنده در یک سطح جسم و پروب گیرنده در سطح مقابل آن قرار داده می شود و بخش انتقال یافته امواج مورد بررسی قرار می گیرد. عیوب موجود در فاصله بین دو پروب فوق باعث انعکاس جزئی یا کامل موج شده در نتیجه موج دریافتی توسط پروب گیرنده تضعیف شده و یا به طور کامل محو می گردد. اصولاً در این روش انتخاب موج صوتی پیوسته یا ضربانی تفاوتی نمی کند چرا که فرستنده و گیرنده از نظر الکتریکی کاملاً مجزا از یکدیگر می باشند. البته با این روش تعیین عمق عیب امکان پذیر نیست. علاوه بر این هماهنگی دقیق فرستنده و گیرنده در محل های مربوطه از الزامات مسلم تست می باشد.

روش عبور امواج

آزمایش Pitch-Catch

می تواند هم با باریکه های مستقیم (از طریق آزمایش عبوری) و هم با باریکه های انعکاس یافته، با استفاده از دو ترنسدیوسر به انجام برسد.

ترنسدیوسرها را می توان در پرابهای مجزا- یک فرستنده و یک دریافت کننده- جای داد، یا این که آنها را در یک پراب ادغام کرد.

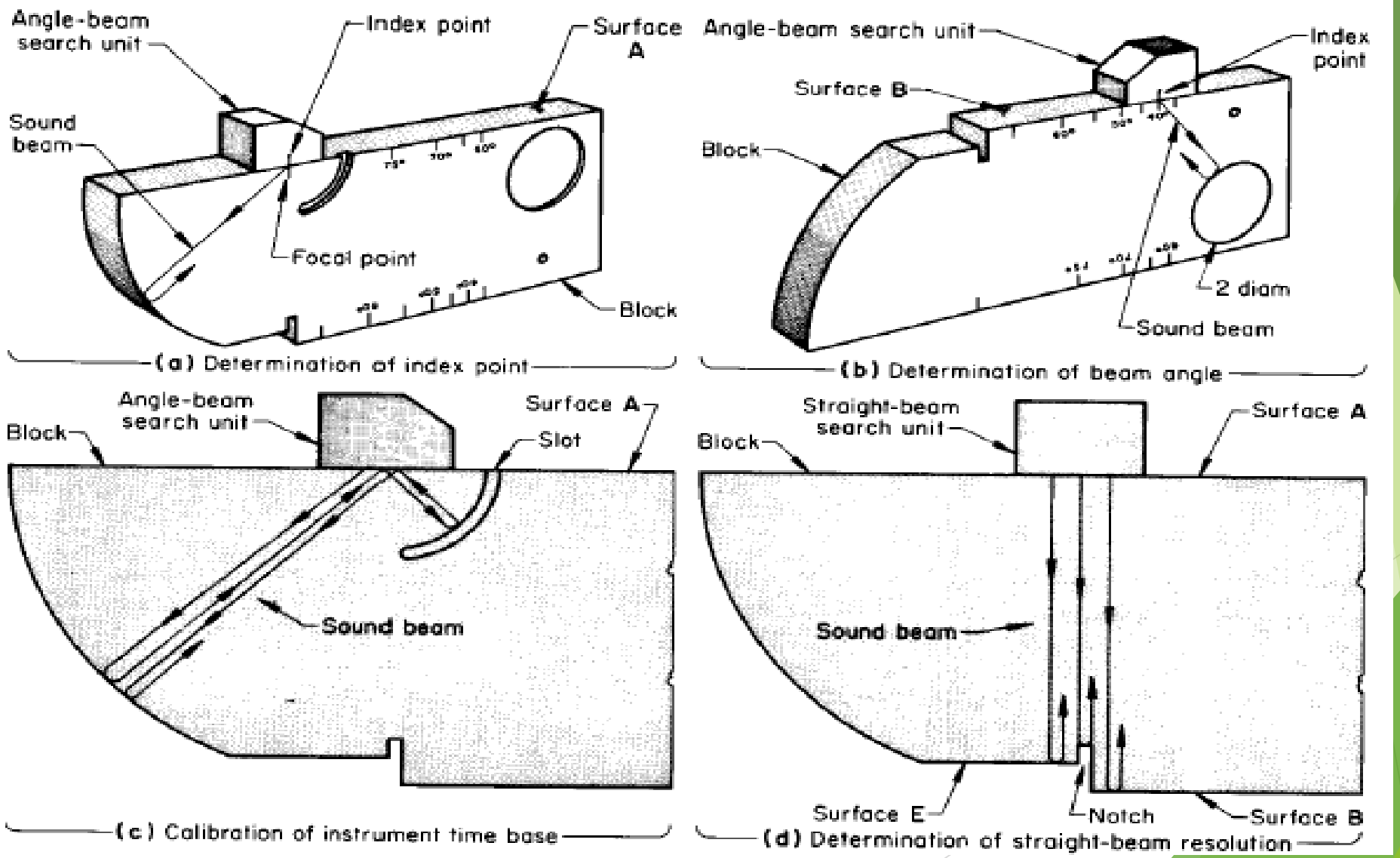
کالیبراسیون

تست اولتراسونیک اصولاً یک روش ارزیابی رقابتی است. ابعاد افقی (زمان) و عمودی (دامنه) روی صفحه CRT دستگاه UT به ترتیب به فاصله و اندازه بستگی دارد. لازم است که یک نقطه صفر شروع برای این متغیرها تعریف شود و دستگاه اولتراسونیک توسط یک استاندارد پایه قبل از استفاده ،کالیبره شود.

تست بلوک مؤسسه بین المللی جوش (IIW) برای کالیبراسیون تست اولتراسونیک جوش فولادها مصارف عمده ای دارد. این بلوکها و دیگر تست بلوکها برای کالیبراسیون یک دستگاه از نظر حساسیت، دقت، خطی بودن، زاویه انتشار صوت و فاصله و Gain بکار می روند.

یک سطح انحنای بزرگ (mm100 یا in4 شعاع) در یک انتهای بلوک جهت شناسایی محل شاخص پراب پرتو زاویه ای مورد استفاده قرار می گیرد.صرفنظر از زاویه پراب ماکزیمم اکو از سطح انحنادار زمانی دریافت می شود که محل شاخص پراب در محل خروج پرتو قرار گیرد.

IIWای برای کالیبراسیون توسط بلوک استاندارد نحوه قرارگیری پراب نرمال و زاویه



دستورالعمل تست

شود. اکثر آزمایشهای اولتراسونیک جوش مطابق با یک نظام نامه یا دستورالعمل مشخص انجام می

ای-فولاد آمده است. کد جوشکاری سازهAWS D1.1ای از این دستورالعمل ها در نمونه

روش استاندارد تست اولتراسونیک در جوش خاص آلیاژهای آهنی کارپذیر و ASTM E164 آلومینیم برای تشخیص ناپیوستگی¬ها است. دستورالعملهای پیشنهادی برای تست جوشهای شکل با ضخامتهای ۵/۰ تا ۸ اینچ ارائه شده است. Tسر به سر، گوشه و اتصالات دستورالعملهای کالیبراسیون تجهیزات و بلوکهای کالیبراسیون مناسب نیز ارائه شده است. دیگر شامل دستورالعملهای آزمایشی با روشهای بازرسی اولتراسونیک ASTMاستانداردهای مختلف برای بازرسی لوله و تیوپها می¬باشد.

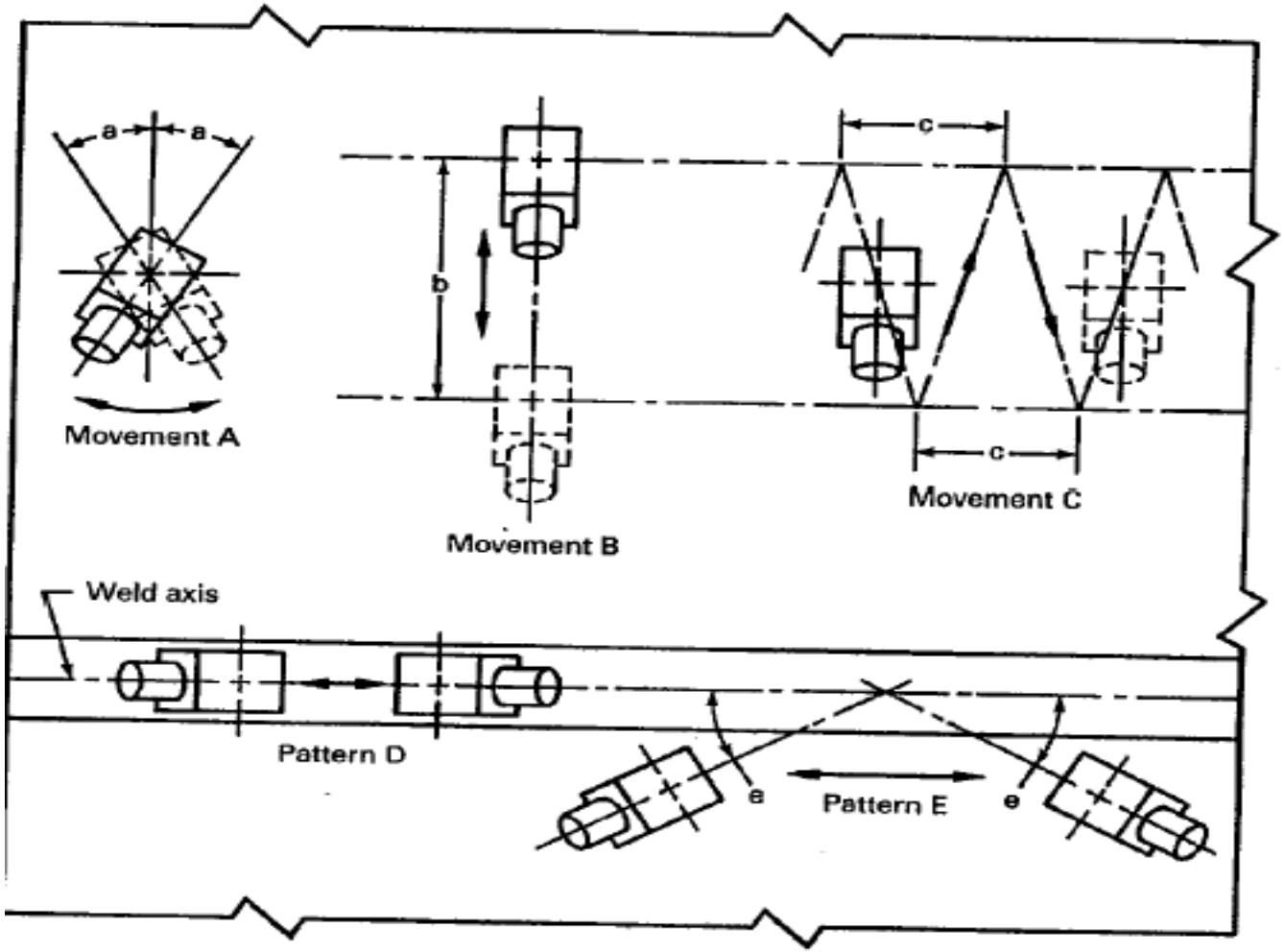
کد بویلر و محفظه فشار، بخش ۵، ASMEدستورالعملهای اولتراسونیک بویلرها و محفظه فشار در تست غیرمخرب آمده است.

دستورالعمل تست

برای تست اولتراسونیک مناسب یک اتصال جوش داده شده، و پراب باید در یک یا چند الگوی مشخص بکار گرفته شود تا بطور کامل طول و ضخامت اتصال، مورد بازرسی قرار گیرد. در بیشتر موارد، اتصال باید از دو یا چند جهت مورد بررسی قرار گیرد تا اطمینان حاصل شود که اشعه به تمام ناپیوستگی¬های موجود در اتصال رسیده است.

دستورالعمل تست

الگوهای تست اولتراسونیک معمولی برای بازرسی اتصالات جوش سر به سر



دستورالعمل تست

الگوهای تست اولتراسونیک معمولی برای بازرسی اتصالات جوش سر یه سر

الگوهای بررسی

ناپیوستگیهای طولی

حرکات A، B و C با هم بصورت یک الگوی بررسی ترکیب می شوند.

حرکت A، زاویه چرخش a=10

حرکت B، فاصله اسکن b باید بصورتی باشد که مقطع جوش مورد آزمایش پوشش داده شود.

حرکت C: پیشرفت فاصله C باید حدود نصف عرض ترنسدیوسر باشد.

ناپیوستگی های عرضی

الگوی بررسی D (وقتی جوش Ground Flush است)

الگوی بررسی E (وقتی گرده جوش Ground Flush نیست)

زاویه بررسی e: حداکثر 15

یادداشت:

۱- الگوهای آزمایش حول محور جوش متقارن هستند به استثنای الگوی D که مستقیماً روی محور جوش انجام می شود.

۲- آزمایش روی هر دو طرف محور جوش باید هر جا که از نظر مکانیکی مقدور باشد صورت گیرد

بازرسی به روش رادیوگرافی

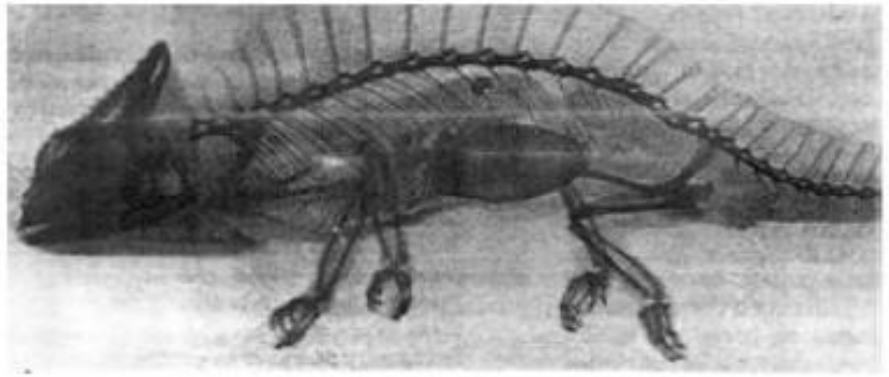
معرفی روش

در تست رادیوگرافی قطعات جوش یا لحیم، یا هر دو برای γ یا Xهای از اشعه نفوذ در قطعه و تشخیص ناپیوستگیها یا از روی تصویر روی یک ثبات مونیتور استفاده میشود. این ثبات میتواند از یک فیلم عکاسی، ورق حساس شده، صفحهٔ فلورسنت یا یک دیتکتور اشعه الکترونیکی باشد. فیلم عکاسی معمولا برای ثبت دائمی نتایج تست بکار میرود.

اولین پرتونگاشت ها

The first radiograph –

Mrs. Roentgen's hand



An African Chamelon – Feb. 1896

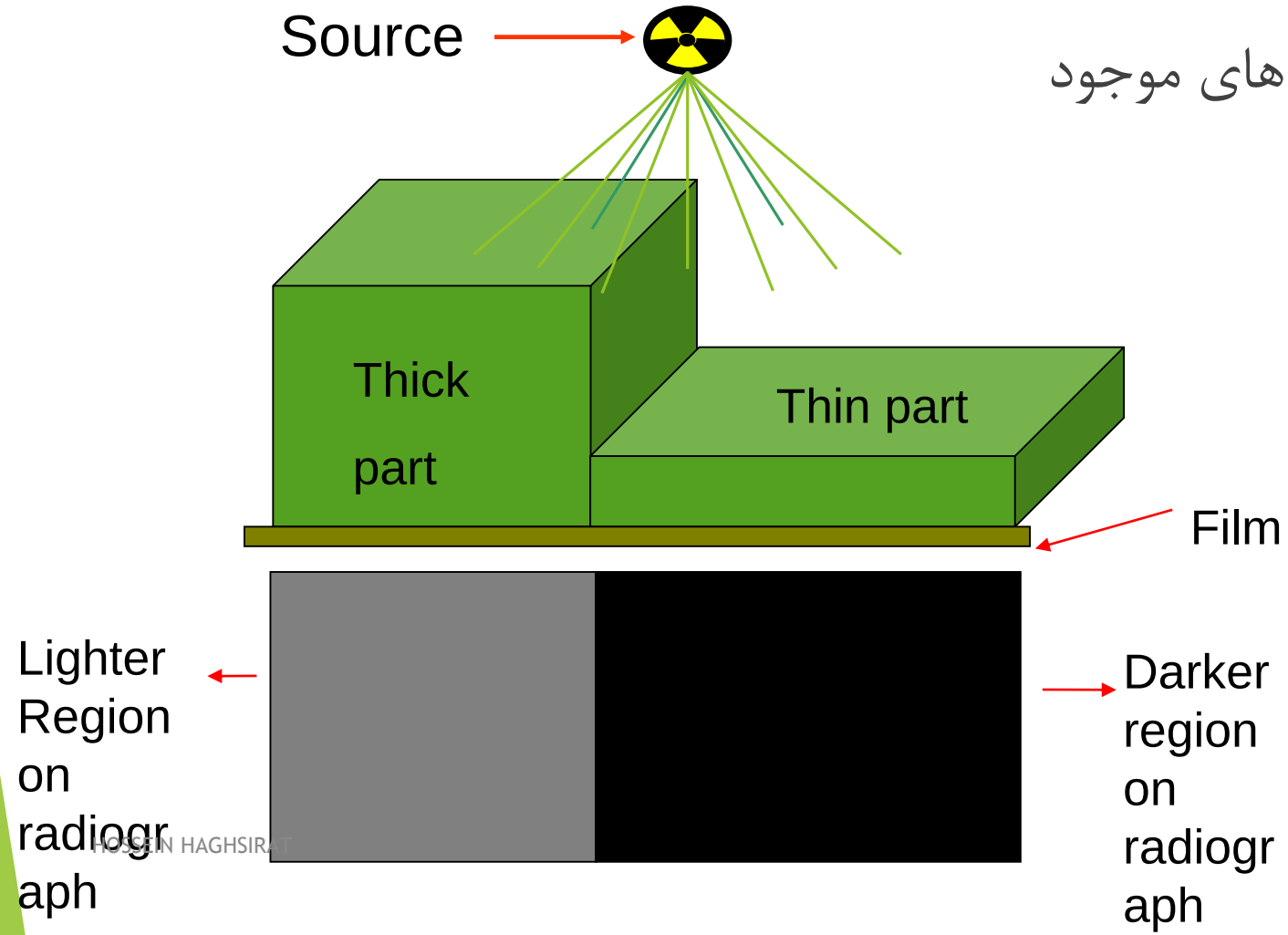
معرفی روش

مقدار اشعه عبوری از جوش به موارد زیر بستگی دارد:

۱- چگالی نسبی فلز و ناخالصی های موجود

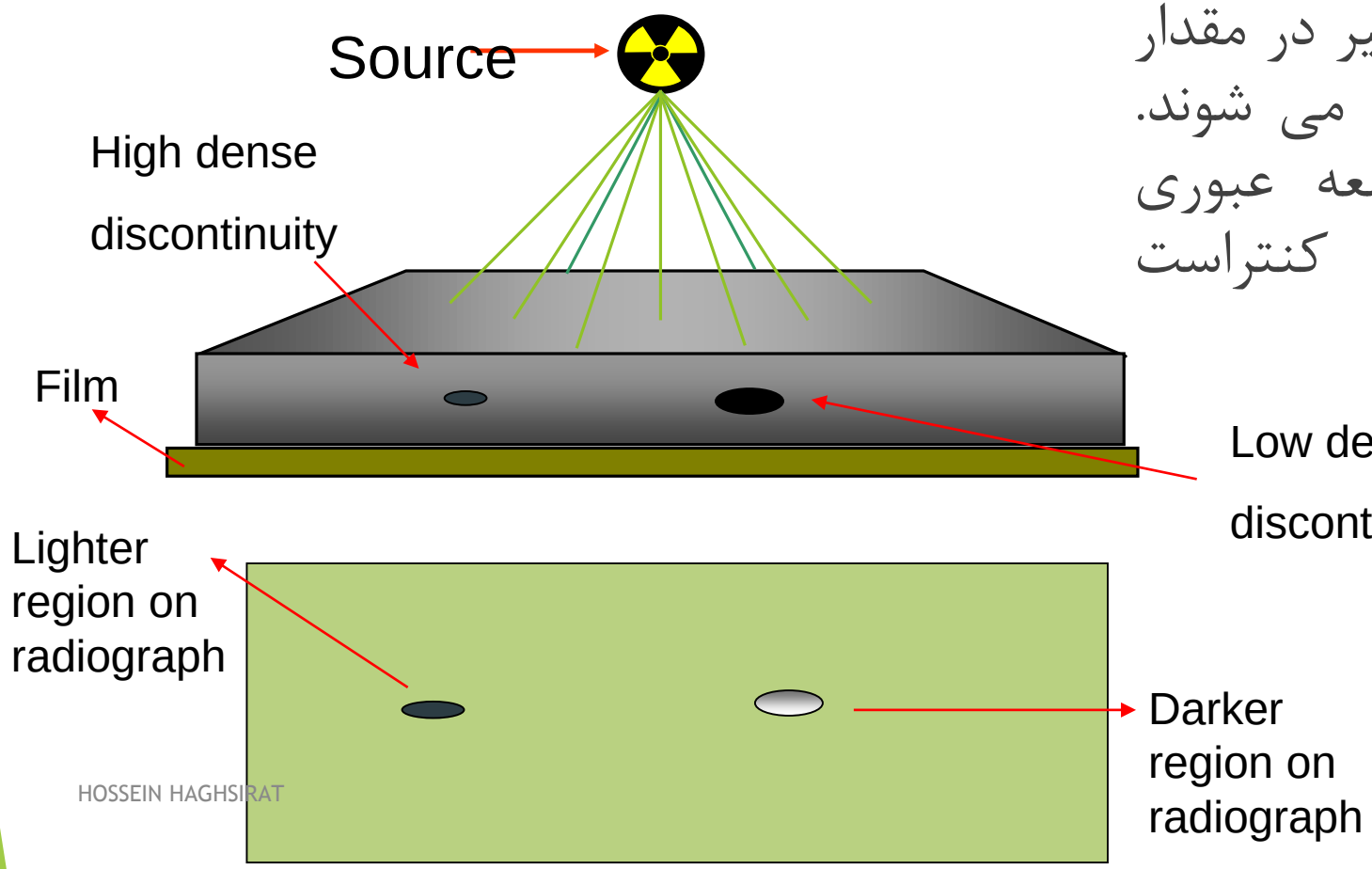
۲- تغییرات ضخامت قطعه

۳- خواص خود اشعه



معرفی روش

ناخالصی های غیرفلزی، حفرات، ترکهای جهت دار و دیگر ناپیوستگیها موجب تغییر در مقدار اشعه عبوری ثبت شده می شوند. تغییرات در مقدار اشعه عبوری موجب مناطق دارای کنتراست روی ثبات می شود.



معرفی روش

عناصر اصلی در آزمون رادیوگرافی عبارتند از:

۱- منبع تولید اشعه نافذ، مثل دستگاه اشعه X یا یک ایزوتوپ رادیواکتیو

۲- جسم رادیوگراف شونده، مثل قطعه جوش

۳- یک وسیله مشاهده یا ثبت، معمولا فیلم (اشعه X) عکاسی متصل به یک نگهدارندهٔ

۴- یک رادیوگراف با صلاحیت و آموزش دیده برای تولید اشعه به شکل مطلوب

۵- وسیله ای برای خواندن فیلم یا دیگر ثبات ها

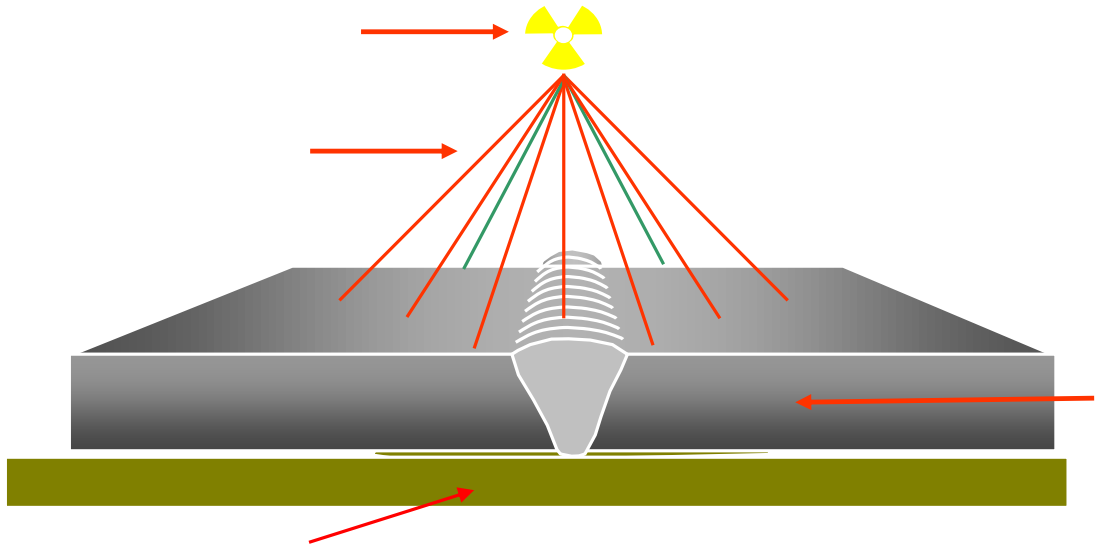
۶- فرد ماهر در تفسیر رادیوگراف

محدودیت ها

1. در مقایسه با دیگر روش های بازرسی غیرمخرب، رادیوگرافی گرانقیمت می باشد.
2. بازرسی مقاطع ضخیم را می توان بعنوان یک فرآیند زمانبر در نظر گرفت
3. نیازمند محافظت شدید پرسنل است
4. انواع مشخصی از عیوب به راحتی توسط رادیوگرافی ثبت نمی شوند

اصول رادیوگرافی

سه قسمت اصلی رادیوگرافی شامل منبع تشعشع، قطعه کار یا جسم مورد ارزیابی و ماده حسگر می شود.



منابع تشعشع

- دو نوع تشعشع الکترومغناطیسی (اشعه X و اشعه γ)در بازرسی رادیوگرافی مورد استفاده قرار می گیرند.
- اشعه X و γ نسبت به انواع دیگر امواج الکترومغناطیسی (مثل نور مرئی، امواج لیزر و امواج رادیویی) فقط در طول موج تفاوت دارند
- اشعه های X و به دلیل طول موج کوتاهشان (انرژی زیاد) دارای قابلیت نفوذ در مواد و نشان دادن عیوب درونی را دارند

منابع ایکس

- اشعه های X مناسب برای بازرسی جوش توسط دستگاههای اشعه X ولتاژ بالا تولید می شوند.
- ولتاژهای بالاتر اشعه X با طول موج کوتاه تر و شدت بیشتر ایجاد میکند که موجب توانایی بیشتر نفوذ می شود
- خواص جذب اشعهٔ X معمولا به دانسیته فلز مرتبط است.

محدوده تقریبی ضخامت فولاد در دستگاه X:

Max voltage, kVp	Approx. max thickness, in.
100	0.33
150	0.75
200	1
250	2
400	3
1000	5
2000	8

پرتوهای ایکس

۱ـ نامرئی هستند.

۲ـ مستقیم و با سرعت نور حرکت می‌کنند.

۳ـ پرتوهای X را نمی‌توان بوسیله منشور یا عدسی و یا میدانهای مغناطیسی یا الکتریکی تغییر مسیر داد.

۴ـ پرتوهای X از مواد عبور می‌کنند و در هنگام عبور بخشی از آنها جذب ماده می‌گردند. میزان نفوذ پرتوها بستگی به نوع آن ماده و انرژی پرتوهای X تابشی دارد.

۵ـ پرتوهای تابشی X یونیزه کننده هستند.

۶ـ پرتوهای X می‌توانند سبب آسیب دیدن و انهدام سلولهای زنده پوست و خون گردند.

۷ـ بر روی ماده امولسیون فیلم اثر فتوگرافی دارند و در بعضی مواد اثر فلورسنت ایجاد می‌کنند.

۸ـ از قانون عکس مربع‌ها پیروی می‌کنند.

۹ـ پرتوهای X در هنگام عبور از بدن اثری بر روی حواس انسان نمی‌گذارند.

۱۰ـ پرتوهای X ممکن است با پدیده‌های پراکنش ، بازتابش ، شکست و پراش روبرو گردند

منابع گاما

اشعه های از هسته مواد رادیواکتیو که به آن رادیوایزوتوپ گفته می شود، ساطع می شود

سه رادیوایزوتوپ متداول مورد استفاده به ترتیب انرژی عبارتند از کبالت ۶۰، سزیم ۱۳۷ و ایریدیوم ۱۹۲

کبالت ۶۰ و ایریدیوم ۱۹۲ مصارف بیشتری نسبت به سزیم ۱۳۷ دارند

Radioisotope	Approx. equivalent x-ray machine kVp	Useful thickness range, in.
Iridium-192	800	0.5 – 2.5
Cesium-137	1000	0.5 – 3.5
Cobalt-60	2000	2 – 8

محدوده تقریبی ضخامت فولاد در رادیوایزوتوپها

پرتوهای گاما

- پرتوهای گاما دقیقاً خواص فیزیکی مشابهی با پرتوهای X دارند و از تابش‌های الکترومغناطیس هستند.
- با این تفاوت که این نوع پرتوها به وسیله دستگاههای الکتریکی تولید نمی‌شوند بلکه از واپاشی هسته‌های اتم‌های موجود در مواد رادیواکتیو حاصل می‌گردند.
- انرژی پرتوهای گاما انتشار یافته از یک ماده خالص رادیو اکتیو را نمی‌توان کنترل نمود (چرا که به نوع ماده رادیواکتیو بستگی دارد) و از آنجایی که نمی‌توان سرعت واپاشی یک ماده رادیواکتیو را تغییر داد نمی‌توان شدت آن را کنترل کرد.

جسم مورد آزمون

- تست رادیوگرافی به مقدار متفاوت اشعه در هنگام عبور از جسم مورد آزمایش بستگی دارد

- نرخ جذب به عوامل زیر بستگی دارد:
- ۱- قدرت نفوذ منبع
- ۲- دانسیته مواد فراگیرنده در مقابل اشعه
- ۳- ضخامت نسبی مواد در مسیر اشعه.
- ناپیوستگی¬های مختلفی که در جوش وجود دارند، می¬توانند اشعه کمتر یا بیشتری نسبت به فلز اطراف خود جذب کنند، که به دانسیته ناپیوستگی و ضخامت آن در موازات اشعه بستگی دارد.

تبدیل تصویر

- مهمترین فرآیند در رادیوگرافی، تبدیل تشعشع به شکل مناسب جهت مشاهده یا پردازش بیشتر سیگنال می باشد. این تبدیل با یک محیط ثبت (معمولاً فیلم) یا محیط تصویر واقعی با زمان (فلوئورسنت یا کریستال) همراه است.

تبدیل تصویر

وسائل ثبت یا مشاهده:

- محیط ثبت
- محیط تصویرسازی واقعی با زمان
- صفحات تشدید کننده و فیلتر کننده

متداولترین وسیله ثبت، فیلم رادیوگرافی است که مخصوص همین هدف ساخته شده است. یک فیلم رادیوگرافی صنعتی، یک صفحه پلاستیکی نازک شفاف انعطاف پذیر است که یک پوشش ژلاتینی حاوی کریستالهای میکروسکوپی برمید نقره روی آن رسوب داده شده است.

تبدیل تصویر

- محیط ثبت

یک تصویر دائمی از تغییرات شدت تشعشع های جذب نشده و متناسب با زمان را فراهم می سازد. در محیط ثبت مثل فیلم، یک تصویر پنهانی و نامرئی در محیطی که تحت تشعشع قرار گرفته است تشکیل می شود. این قسمت بعد از فرآیند کردن فیلم (ظهور، شستشو و خشک کردن) بصورت تار می شود و مقدار تیرگی (دانسیته عکاسی) به میزان تشعشع بستگی دارد. سپس فیلم بر روی یک صفحه نورانی قرار داده می شود و تغییرات دانسیته مشاهده می شود که از روی آن می توان بررسی و تفسیر را انجام داد.

تبدیل تصویر

محیط تصویرسازی واقعی با زمان

یک تصویر فوری از دانسیته تشعشع عبوری از قطعه کار را نمایش می دهد. با استفاده از صفحات فلوئورسنت نور مرئی متناسب با شدت اشعه X یا عبور داده می شود. این نور انتقالی را می توان مستقیماً مشاهده کرد و یا تقویت نموده و یا به سیگنال های ویدیویی جهت ماینتور کردن در تلوزیون تبدیل کرد.

تبدیل تصویر

صفحات تشدید کننده و فیلتر کننده

جهت بهبود کنتراست تصویر ،بخصوص هنگامیکه شدت تشعشع کم و یا انرژی تشعشع زیاد باشد بکار می رود. صفحات در انرژیهای بالاتر مفیدتر است زیرا در انرژیهای بالاتر حساسیت فیلم و صفحات فلوئورسنت کاهش می یابد.

تبدیل تصویر

- مهمترین فرآیند در رادیوگرافی، تبدیل تشعشع به شکل مناسب جهت مشاهده یا پردازش بیشتر سیگنال می¬باشد. این تبدیل با یک محیط ثبت (معمولاً فیلم) یا محیط تصویر واقعی با زمان (فلوئورسنت یا کریستال) همراه است.

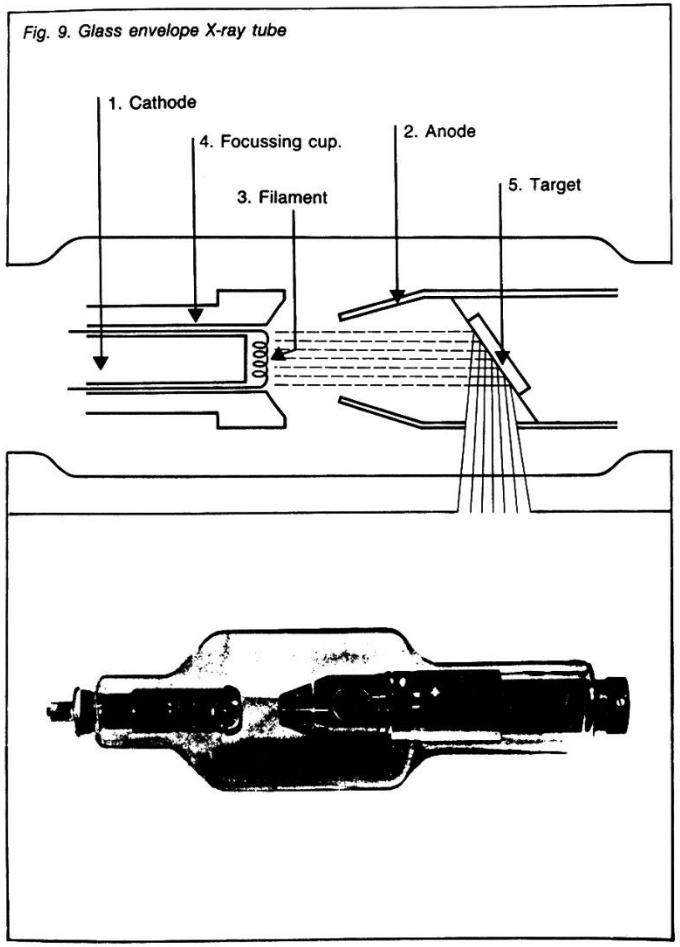
تولید اشعه ایکس

برای تولید اشعه ایکس ایجاد سه عامل زیر ضروری می‌باشند:

- منبع تولید الکترونها.
- به حرکت درآوردن الکترونها با سرعت بسیار زیاد.
- متوقف ساختن الکترونها در سرعت زیاد.

درون محفظه تولید اشعه ایکس الکترونهای آزاد شده در کاتد، بوسیله ایجاد اختلاف پتانسیل بین کاتد و آند، با سرعت بطرف آند حرکت می‌نمایند و هنگام رسیدن به آند دارای انرژی جنبشی فراوانی می‌باشند که در زمان برخورد با آند، این انرژی جنبشی به حرارت، "اشعه ایکس ذاتی " و طیف مداومی از اشعه ایکس تبدیل می‌گردد.

Xمنابع پرتو



دستگاه معمولی پرتو X از یک محفظه شیشه‌ای تحت خلاء بالا که آند، کاتد و متعلقات مربوطه در درون آن جا گرفته است تشکیل شده است.

چشمه‌های رادیواکتیو

رادیواکتیویته

رادیواکتیویته به خاصیتی از عناصر اتلاق می‌شود که از خود پرتوهای γ، α ، β ساطع می‌کنند.

پرتوهایα و β عبارتند از ذراتی که با خود بار الکتریکی حمل می‌کنند در صورتی که پرتوهای طبیعت امواج الکترومغناطیس را دارند.

ایزوتوپ‌های رادیواکتیو مصنوعی که پرتوهای γ ساطع می‌کنند برای آزمایش‌های غیرمخرب بر روی مواد مناسب هستند.

چشمه‌های رادیواکتیو طبیعی

عناصری از این دسته که در رادیوگرافی صنعتی بکار برده شده‌اند عبارتند از رادیم ، رادن و مزوتوریم .

این عناصر تابش خیلی سخت از خود ساطع می‌کنند و از اینرو برای بررسی قطعات خیلی ضخیم مناسب می‌باشند.

یکی از مزایای رادیم ،نیمه عمر خیلی طولانی آن است (۱۶۲۲ سال). عیب چنین چشمه‌هایی آن است که غیرممکن است بتوان آنها را با ابعاد به اندازه کافی کوچک که بتوانند شدت کافی داشته باشند تولید نمود و همچنین از قیمت خیلی بالایی برخوردارند.

چشمه‌های رادیواکتیو مصنوعی

مواد رادیواکتیو مصنوعی از طریق شکافت یا تابش دهی در یک راکتور هسته‌ای بدست می‌آیند، بدین طریق تهیه مقادیر نسبتاً زیادی ایزوتوپ با درجه خلوص مناسب امکان‌پذیر است. از میان فاکتورهای تعیین کننده، ارزش چنین موادی برای آزمایش‌های غیرمخرب به طول موج و شدت تابش آنها، نیمه عمر و اکتیویته ویژه آنها بستگی دارد. درحقیقت از چندین رادیوایزوتوپ مصنوعی موجود فقط تعداد محدودی از آنها برای پرتونگاری مناسب می‌باشند

نیمه عمر یک چشمه رادیواکتیو

نیمه عمر یک چشمه رادیواکتیو عبارتست از مدت زمانی که شدت تابش انتشار یافته از آن به نصف مقدار اولیه آن می‌رسد.

نیمه عمر ایریدیم ۱۹۲ هفتاد و چهار روز

سزیم ۱۳۷ سی سال

کبالت ۶۰ پنج و سه دهم سال

ایتربیم ۱۶۹ سی و یک روز

اکتیویته (قدرت چشمه)

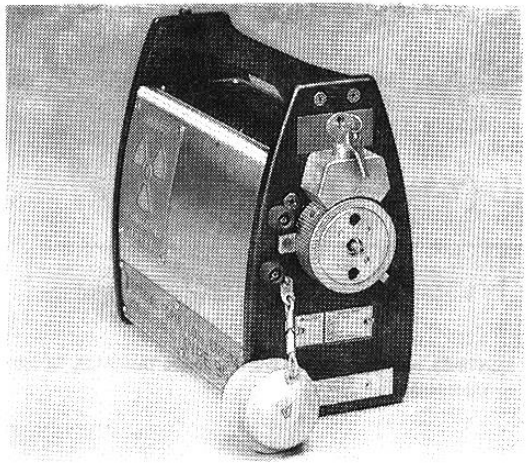
اکتیویته یک ماده رادیواکتیو عبارتست از تعداد اتمهایی از ماده رادیواکتیو که در یک زمان معین واپاشی می‌کنند.

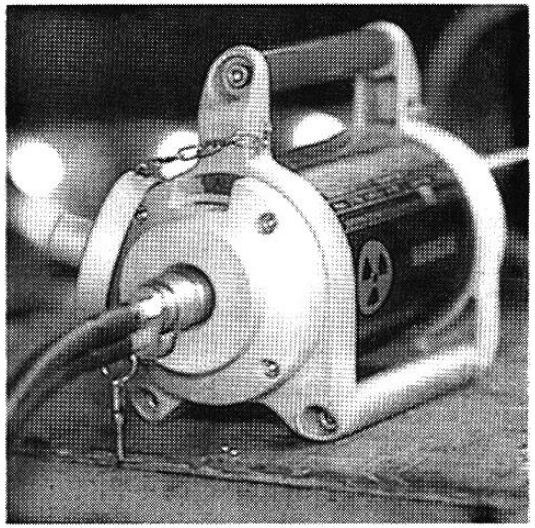
اکتیویته برحسب بکرل (Bq) اندازه‌گیری می‌شود. بکرل عبارت است از اکتیویته مقداری از ماده رادیواکتیو که در آن یک واپاشی در ثانیه انجام شود ($Bq=1/S$۱). واحد قدیمی‌تر قدرت چشمه عبارت است از کوری (Ci) که بطور وسیعی بکار گرفته می‌شود.

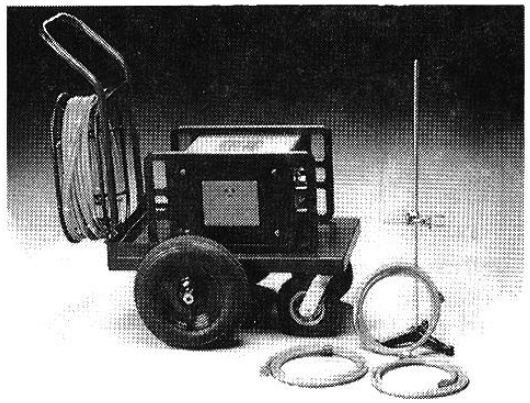
نشر پرتو گاما ویژه

یک واحد داخلی مفید در پرتونگاری عبارت است از راندمان تابش برحسب کوری که در یک فاصله مشخص اندازه‌گیری شود. برای چشمه‌های رادیوایزوتوپ معمولاً واحد R.h.m (رونتگن در ساعت در فاصله یک متری) بکار می‌رود.

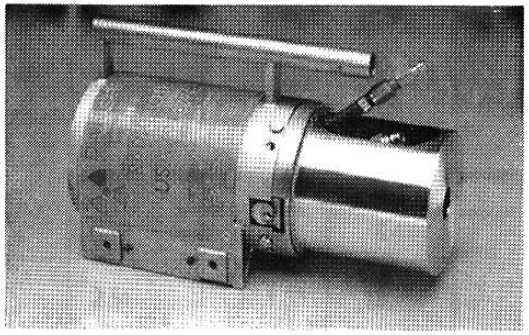
چشمه‌های رادیواکتیو







SENTINEL Co-60 source projector system with reel type control code TEN68464 and cart, code TEN706

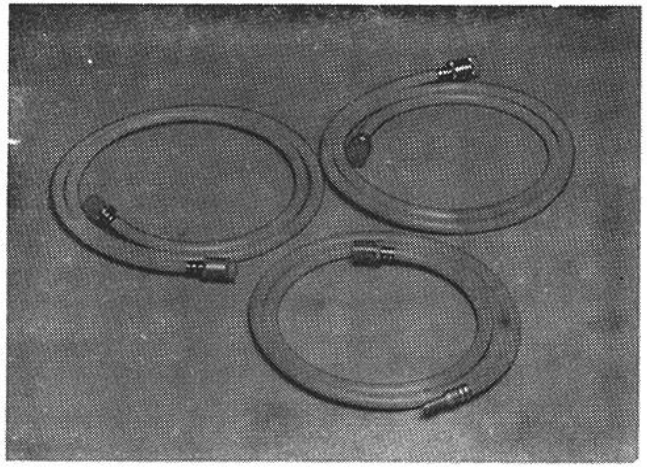


SENTINEL 865 source projector

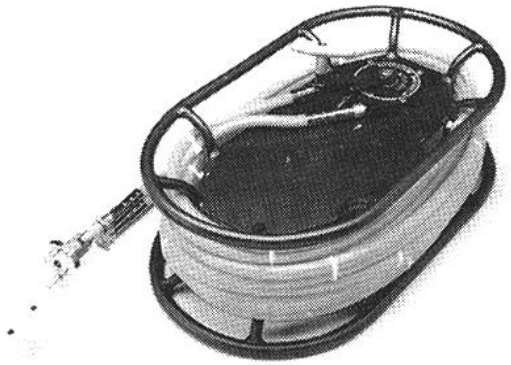
انواع پرتوافکن‌ها و تجهیزات پرتونگاری برای چشمه‌های Co-60 , Ir-192

چشمه‌های رادیواکتیو

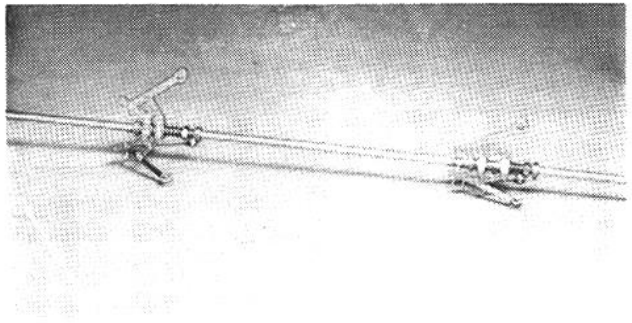
انواع تجهیزات پرتونگاری مختلف



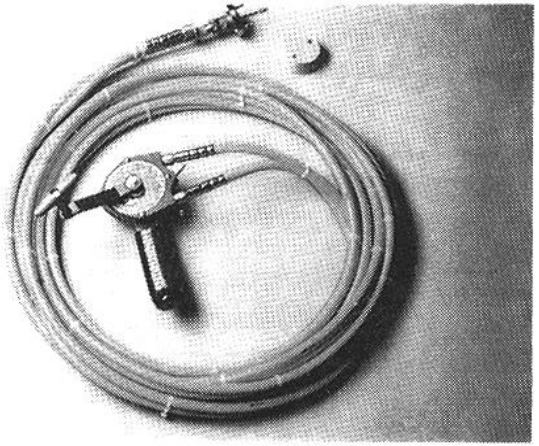
SENTINEL source guide tubes



SENTINEL reel type control system, codes TAN66425, TAN66435 or TAN66450



Spring loaded wheel type source centering devices, codes TAN731, TAN732 and TAN733



SENTINEL pistol grip control system, code TAN69325

مزایای استفاده از پرتوهای گاما بجای پرتوهای X در پرتونگاری

۱ـ پرتوهای گاما به منبع تولید الکتریسیته، سیستم خنک کننده و غیره نیاز ندارند لذا براحتی می‌توان آن را در محوطه‌های کارگاهی بکار گرفت.

۲ـ پرتوهای گاما در محدوده اقطار چشمه تولید می‌شوند و از اینرو چنانچه لازم باشد در فاصله‌های کوتاهی از چشمه تا فیلم می‌توان از چشمه با قطر کوچک استفاده نمود.

۳ـ بعضی از رادیو ایزوتوپ‌ها از قدرت نفوذ زیادی برخوردار هستند و جهت قطعات خیلی ضخیم فلزی مناسبند.

۴ـ دستگاه‌های پرتونگاری با پرتوگاما اصولاً از دستگاههای پرتو x ارزانتر هستند.

۵ـ بخاطر اینکه پرتو گاما دارای قدرت نفوذ بیشتری می‌باشد لذا از پراکنش کمتری برخوردار است (برحسب این که چشمه رادیواکتیو چه نوعی باشد قدرت نفوذ پرتو گاما معادل قدرت نفوذ پرتو x با انرژی 200 kV تا 500 kV می‌باشد)

۶ـ دستگاههای پرتوافکنی گاما معمولاً کوچک‌تر، سبک‌تر و قابل حمل‌تر بوده و برای نقاط غیرقابل دسترس مناسب‌تر هستند.

معایب بکارگیری پرتوهای گاما

۱ـ بیشتر چشمه‌های رادیوایزوتوپ مورد استفاده (Co-60 , Ir-192) تباین تصویری کمتری نسبت به تصاویر تهیه شده با پرتو X با انرژی مناسب بوجود می‌آورند که علت آن انرژی تابشی زیاد پرتوهای مذکور می‌باشد. این موضوع سبب مشکل شدن کار تفسیر فیلم می‌گردد.

۲ـ تنها چشمه پرتو گاما که پرتونگاشت‌های خوبی از قطعات فولادی نازک می‌دهد Yb-169 می‌باشد که نیمه عمر نسبتاً کوتاهی دارد.

۳ـ نیاز به حفاظ گذاری

۴ـ انرژی تابشی ناشی از یک چشمه رادیواکتیو را نمی‌توان بدلخواه تنظیم نمود.

۵ـ هرچند وقت یکبار در اثر ضعیف شدن باید چشمه را در فواصل زمانی معینی جایگزین نمود.

۶ـ بعلت راندمان کم پرتو باید SFD کوچکتری انتخاب نمود. از اینرو ناآشکاری هندسی بیشتری بوجود خواهد آمد.

۷ـ در هنگامی که چشمه ضعیف است زمان پرتوافکنی طولانی می‌شود.

ناآشکاری هندسی

دستگاههای تولید پرتو X و چشمه‌های رادیواکتیو به علت ابعاد نقطهٔ کانونی یا اندازه چشمه همواره پرتونگاشت‌هایی با مقداری معین حاشیه تیره تولید می‌کنند که به آن ناآشکاری هندسی می گویند. ناآشکاری هندسی یکی از فاکتورهای کنترل کننده وضوح تصویر بوده که اغلب در ایالات متحده آنرا Penumbral می‌گویند. درحقیقت این عامل گویای وضوح مرز اطراف تصویر قطعه یا عیب می‌باشد.

مقدار این ناآشکاری:

$$Ug = \frac{S \cdot a}{F - a}$$

S قطر مؤثر چشمه تابش

F فاصله چشمه تا فیلم (S.F.d)

a فاصله عیب تا فیلم

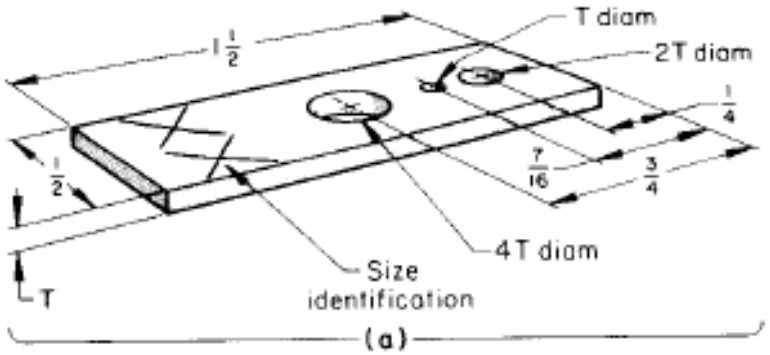
ناآشکاری هندسی

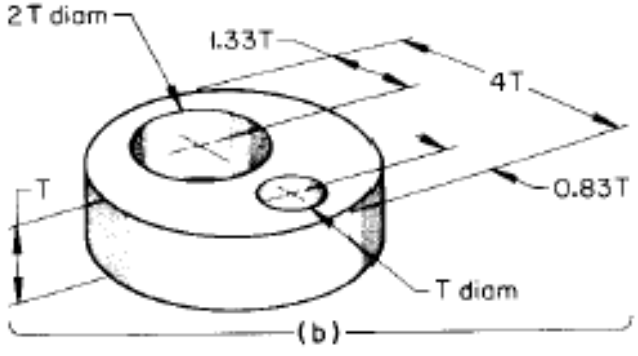
درنتیجه Ug را می‌توان با افزایش فاصله چشمه تا فیلم به اندازه دلخواه کاهش داد. اما نمی‌توان این فاصله را بیش از اندازه بدون این که از افزایش زیاد زمان پرتوافکنی اجتناب شود، افزایش داد.

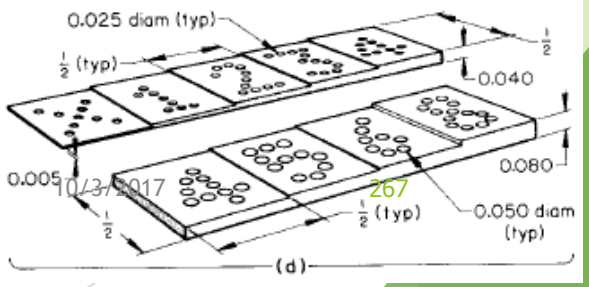
هرچه فاصله بین عیب تا فیلم افزایش یابد مقدار ناآشکاری هندسی بیش از پیش افزایش می‌یابد و بدین دلیل در عمل تمامی تلاش برای به حداقل رساندن این فاصله انجام می‌گیرد، لذا جسم طوری قرار می‌گیرد که موقعیت عیب مورد ظن تا حد امکان به فیلم نزدیک باشد.

نفوذ سنج ها

ابزار مورد نظر برای نشان دادن صحت روش رادیوگرافی، دستگاه نشانگر کیفیت تصویر (IQI) یا نفوذسنج است. این دستگاهها شامل یک قطعه فلز با شکل هندسی ساده هستند که دارای خواص جذبی مشابه قطعه جوش مورد آزمایش است.

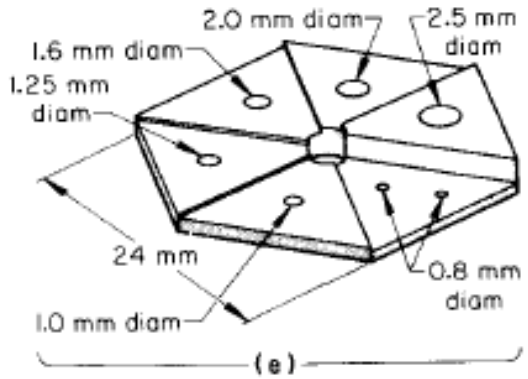


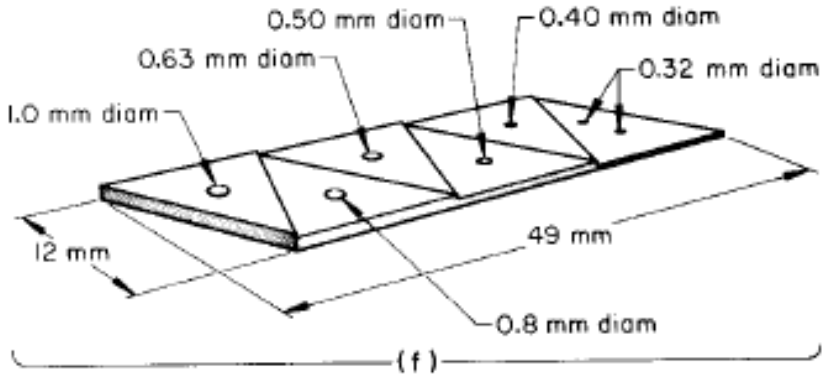


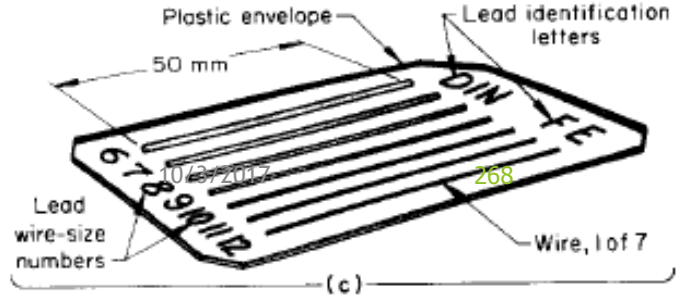


نفوذ سنج ها

نفوذ سنج ها یا شاخص های کیفیت تصویر دارای اندازه و شکل مشخصی هستند و دارای همان ماهیت تضعیف مثل نمونه می باشند. شاخص ها بر روی قطعه کار یا بلوک قرار می گیرند و با قطعه بطور همزمان رادیوگرافی می شوند.







نفوذ سنج ها

ترجیحاً، نفوذ سنج ها در محل هایی از قطعه که بیشترین ضخامت را دارند و دارای بیشترین مسافت قطعه کار به ثبات و نزدیک به لبه خارجی پرتو مرکزی تشعشع هستند قرار می گیرند. بدلیل این جاگیری، مقدار وضوح یا مرئی بودن آنها در تصویر نهایی، نشاندهنده کیفیت تصویر می باشند. از روی تصویر نفوذسنج ها که بر روی فیلم رادیوگرافی قرار دارد و در حین تفسیر مقدار حساسیت ارزیابی می شود و کنتراست تصویر حاصل می شود.

انواع روشهای پرتونگاری

اساس آزمایشات پرتونگاری چه در مورد پرتونگاری از ورق‌ها، ظروف تحت فشار و یا لوله‌ها مشابه یکدیگر می‌باشند، تنها روش اجرائی آزمایشات است که با یکدیگر متفاوتند.

سه روش مهم و اصلی جهت بازرسی مقاطع توخالی وجود دارد:

- تکنیک دو دیواره و دو تصویر
- تکنیک دو دیواره یک تصویر
- تکنیک یک دیواره یک تصویر

روش یک دیواره و یک تصویر

- فیلم درون لوله و منبع اشعه خارج از لوله

در پرتونگاری عملی این روش چندان قابل اجرا نمی‌باشد، زیرا در اغلب موارد لوله‌ها از داخل قابل دسترسی نیستند. این روش اغلب جهت پرتونگاری لوله‌های بسیار ضخیم با قطر زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- فیلم خارج از لوله و منبع اشعه داخل لوله

در هر موردی که امکان‌پذیر باشد، این روش پرتونگاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. زیرا مدت زمان تابش اشعه در اثر کوتاه بودن فاصله منبع اشعه تا فیلم و همچنین نیاز به نفوذ اشعه فقط از یک جداره لوله بسیار کاهش می‌یابد.

در این روش آزمایش منبع اشعه در مرکز لوله قرار گرفته، و فیلم پرتونگاری در سرتاسر پیرامون لوله نصب می‌گردد، درنتیجه با یکبار تابش اشعه، جوش محیطی لوله پرتونگاری می‌گردد.

این نوع پرتونگاری به روش پاناروميک معروف است و فقط در لوله‌های قطورتر از ۲۰ اینچ و درصورتی که شعاع مقطع لوله از حداقل فاصله لازم برای پرتونگاری بیشتر باشد قابل اجراست.

فیلم خارج از لوله و منبع اشعه خارج از لوله

معمولاً این روش پرتونگاری بیشتر از سایر روشها مورد استفاده قرار می‌گیرد، از اشکالات عمده این روش پرتونگاری، کاهش حساسیت تصویر پرتونگاری و طولانی‌تر شدن مدت زمان تابش اشعه. جهت نفوذ، از دو جداره لوله می‌باشد.

اجرای این روش پرتونگاری به دو بخش تقسیم می‌گردد:

- دو دیواره و دو تصویر

این روش در مورد لوله‌های با قطر کوچک، معمولاً تا قطر خارجی ۲ ½ اینچ بکار گرفته می‌شود، در این روش، فیلم پرتونگاری بصورت صاف و مستقیم قرار گرفته و تصویر جوش لوله بصورت بیضوی شکل بر روی فیلم ظاهر می‌گردد.

- دوجداره و یک تصویر

این روش در مورد لوله‌های با قطر خارجی ۴ اینچ و بالاتر بکار برده می‌شود و فیلم پرتونگاری بر روی انحنای پیرامون لوله قرار می‌گیرد و فقط تصویر یک جداره از لوله بر روی فیلم ثبت می‌گردد.

هنگام پرتونگاری لوله‌های قطر زیاد، منبع اشعه بر روی جدار لوله قرار گرفته، درنتیجه فاصله آن تا فیلم کوتاهتر می‌گردد و از مدت زمان تابش اشعه کاسته می‌شود.

Radiographic Techniques

- Single Wall Single Image (SWSI)

  - film inside, source outside

- Single Wall Single Image (SWSI) panoramic

  - film outside, source inside (internal exposure)

- Double Wall Single Image (DWSI)

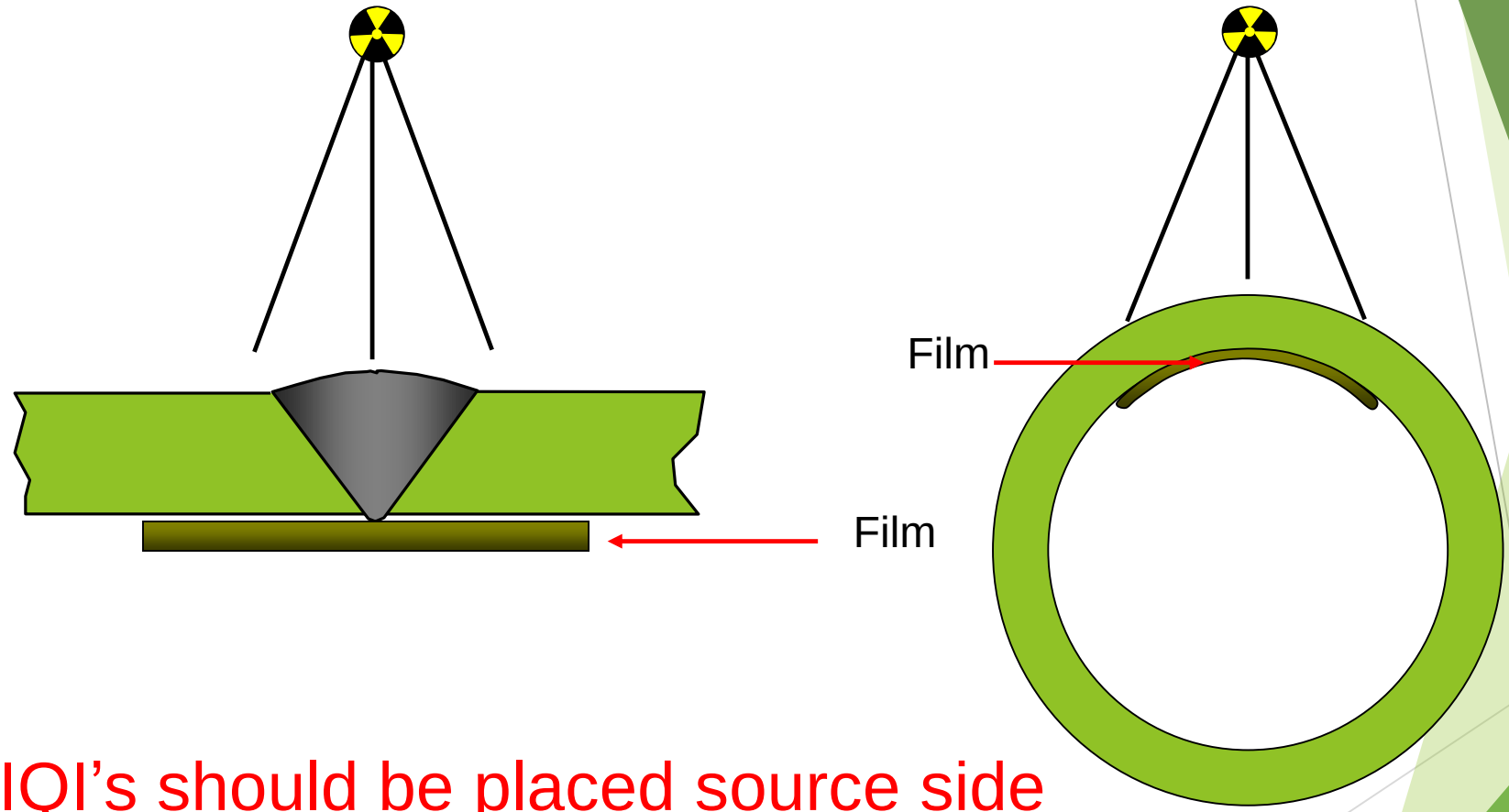
  - film outside, source outside (external exposure)

- Double Wall Double Image (DWDI)

  - film outside, source outside (elliptical exposure)

Single Wall Single Image

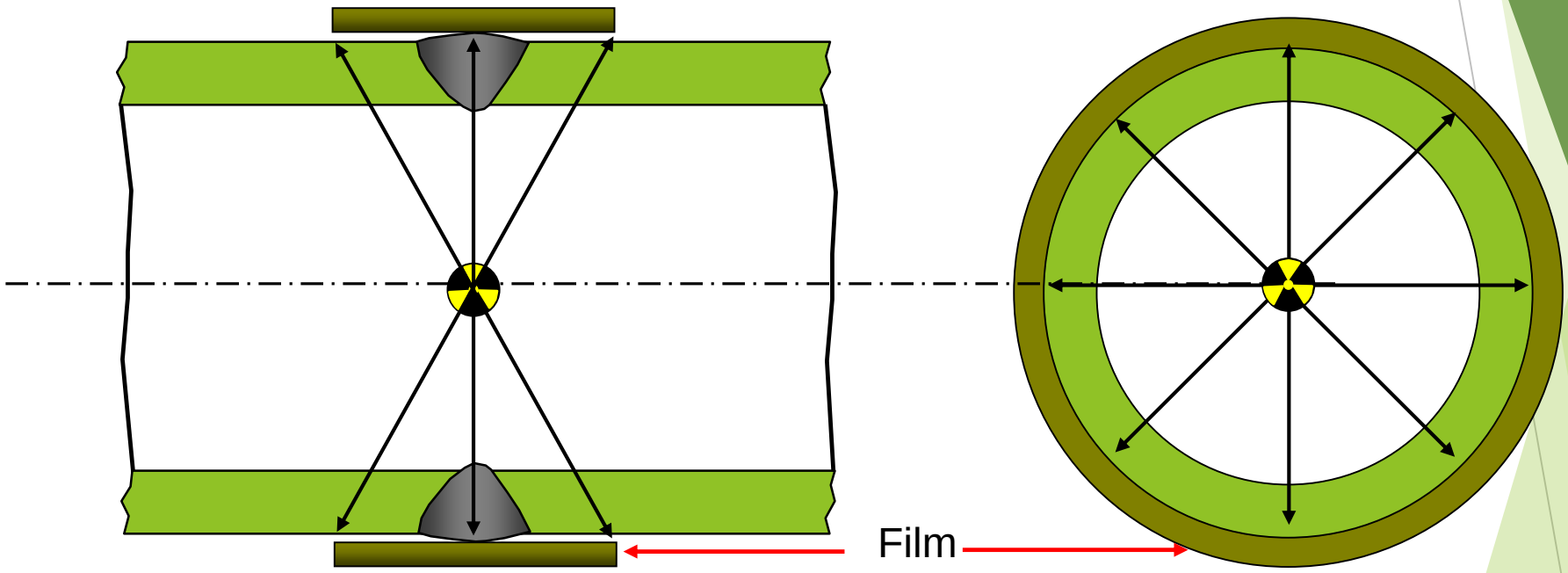
SWSI



IQI’s should be placed source side

Single Wall Single Image Panoramic

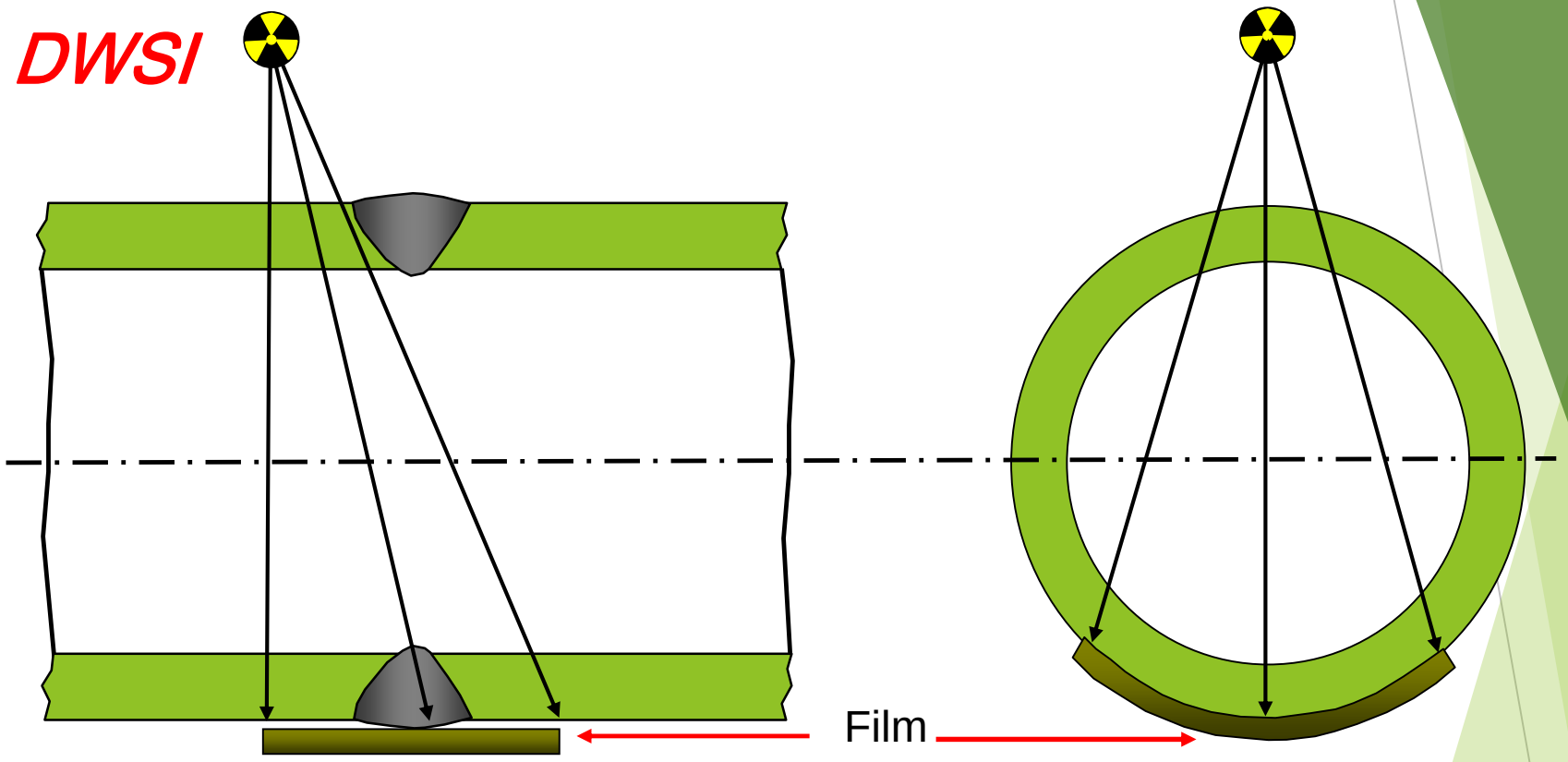
SWSI panoramic



- IQI’s are placed on the film side
- Source inside film outside (single exposure)

Double Wall single Image

DWSI

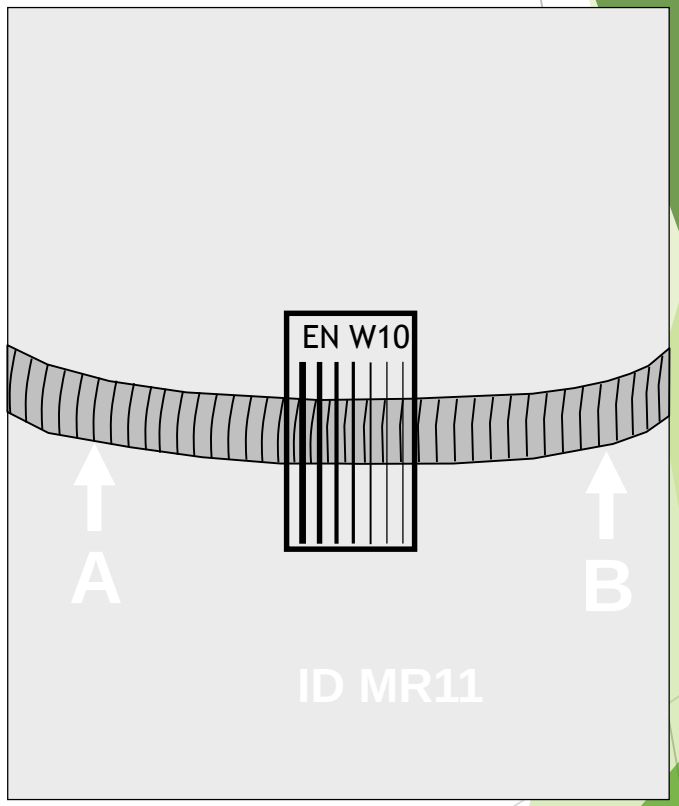


- IQI's are placed on the film side
- Source outside film outside (multiple exposure)
- This technique is intended for pipe diameters over 100mm

Double Wall single Image

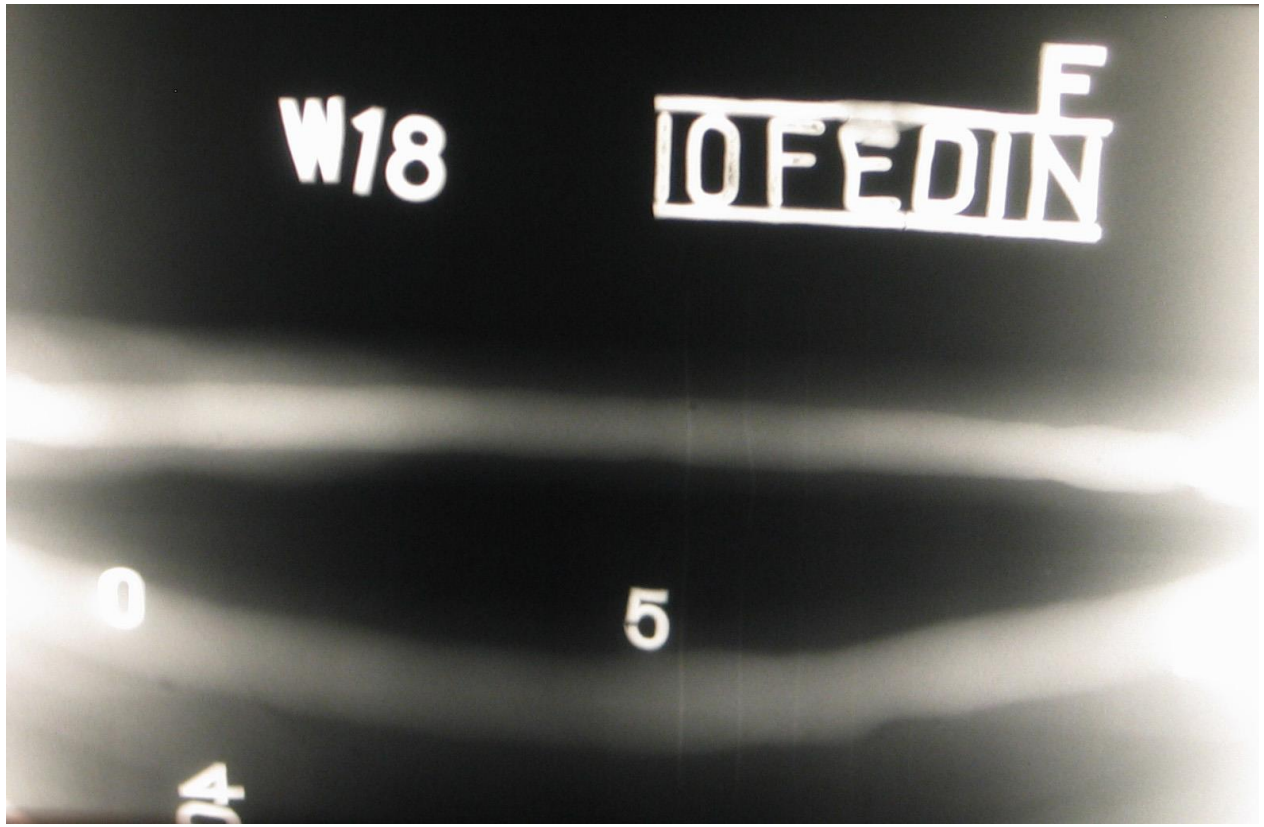
Identification

- Unique identification
- IQI placing
- Pitch marks indicating readable film length



Radiograph

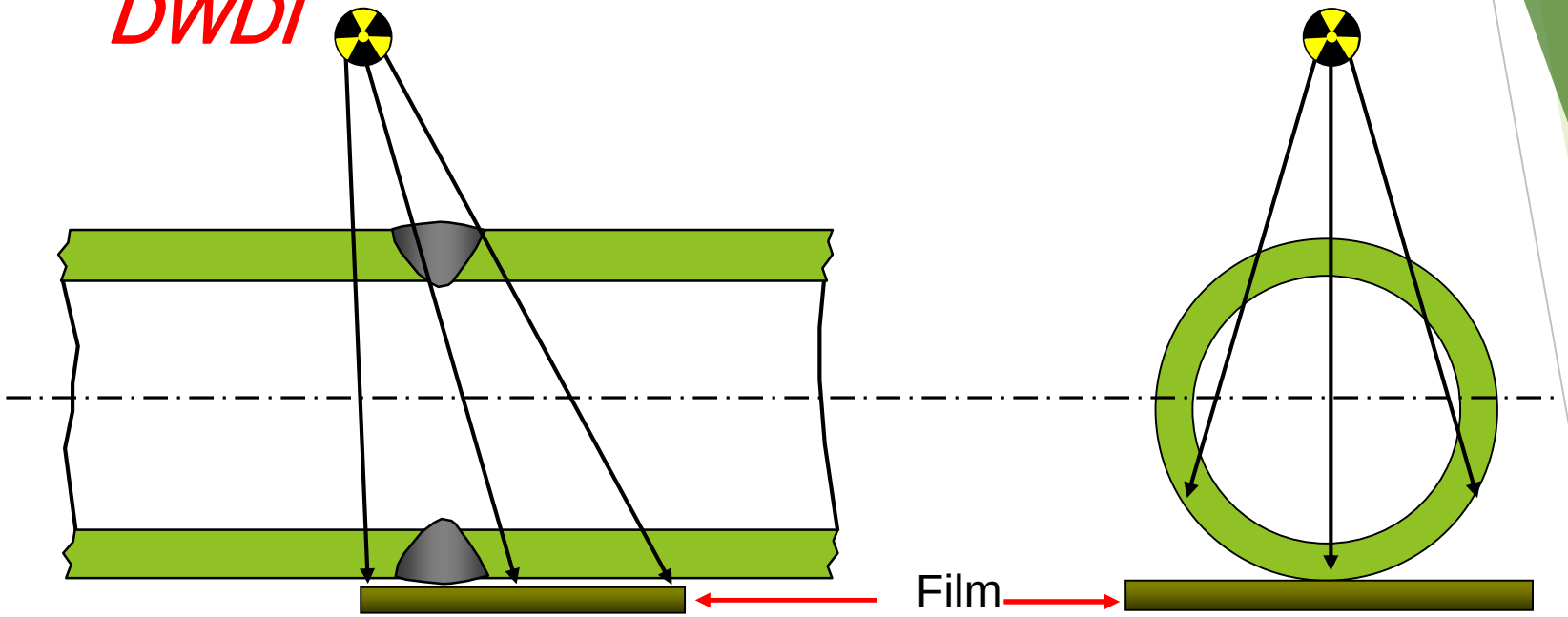
Double Wall single Image



Radiograph

Double Wall Double Image

DWDI

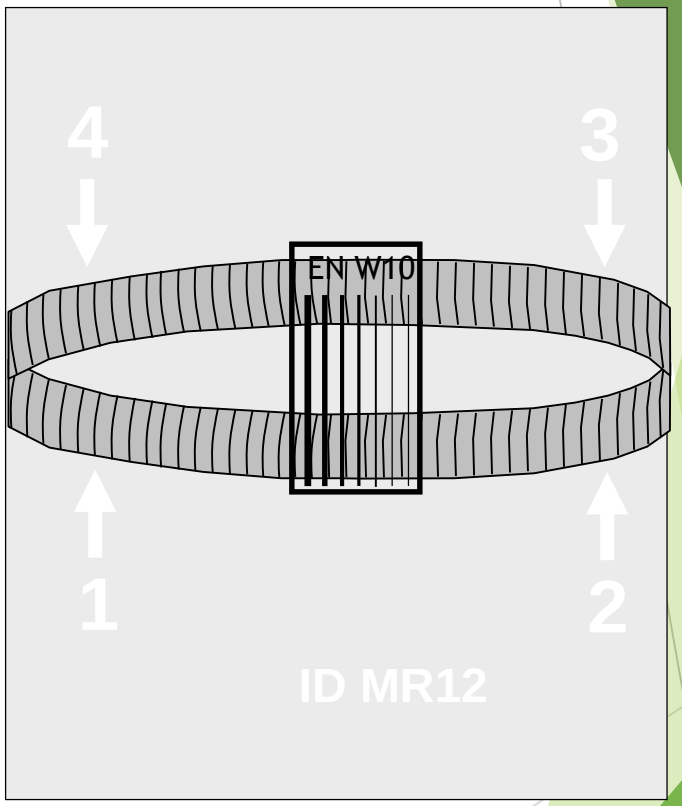


- IQI’s are placed on the source or film side
- Source outside film outside (multiple exposure)
- A minimum of two exposures
- This technique is intended for pipe diameters less than 100mm

Double Wall Double Image

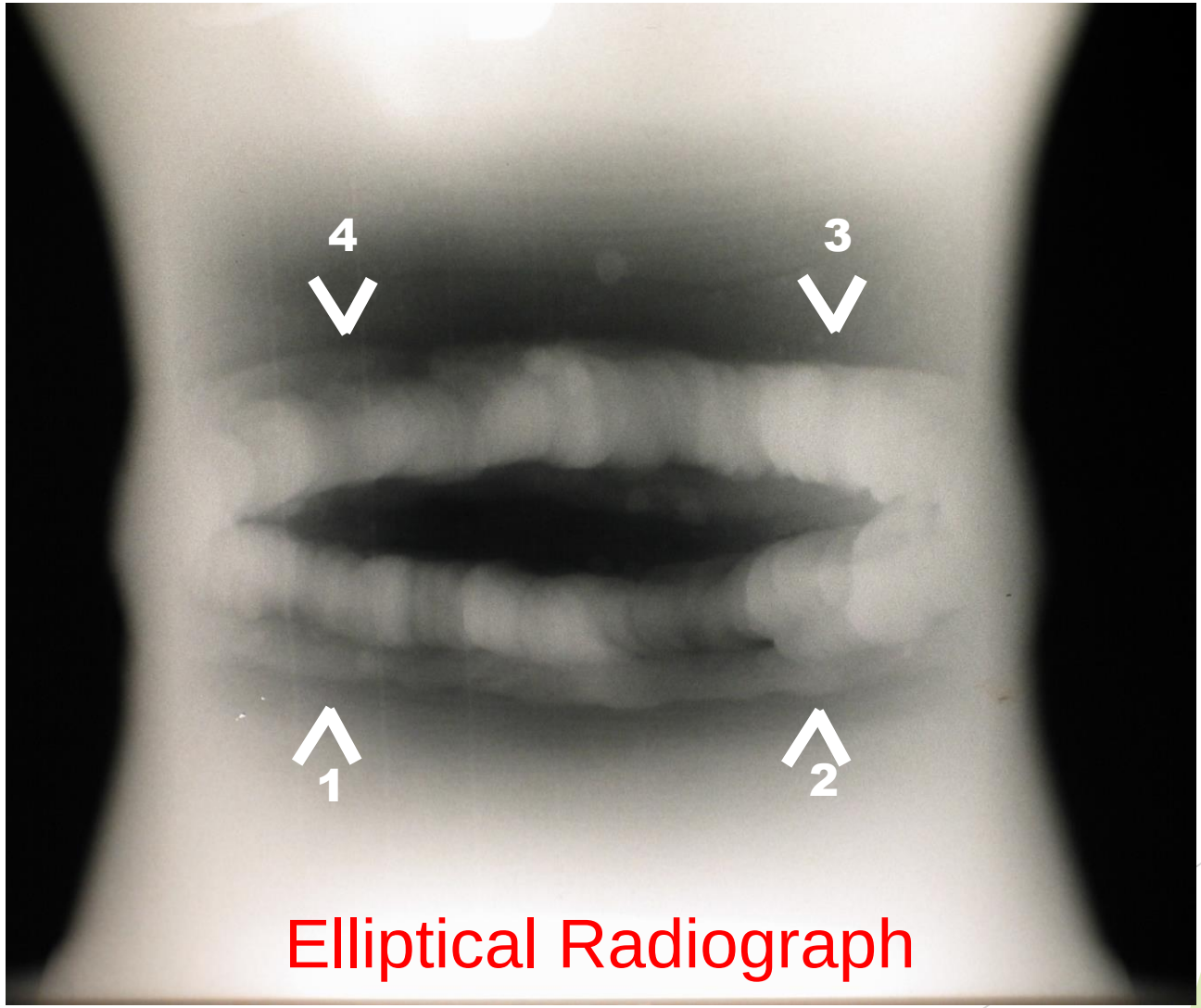
Identification

- Unique identification
- IQI placing
- Pitch marks indicating readable film length



Shot A Radiograph

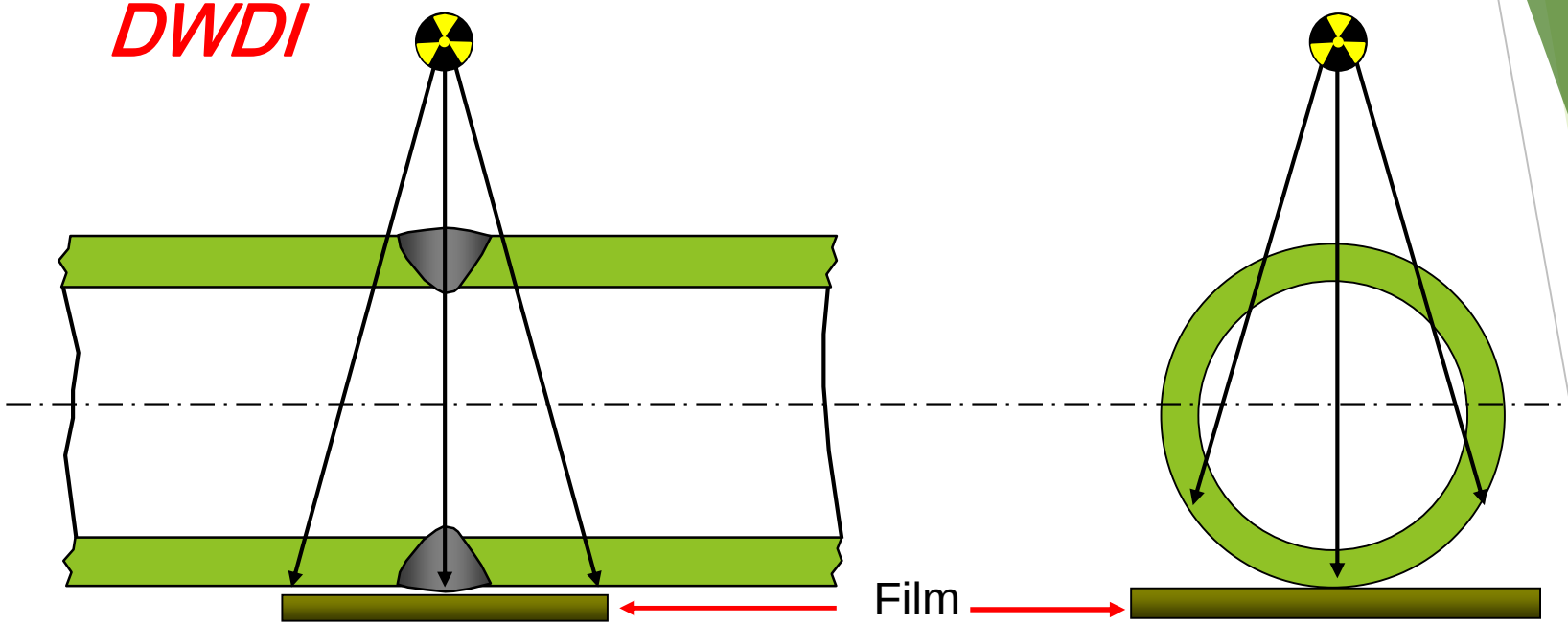
Double Wall Double Image



Elliptical Radiograph

Double Wall Double Image perpendicular

DWDI

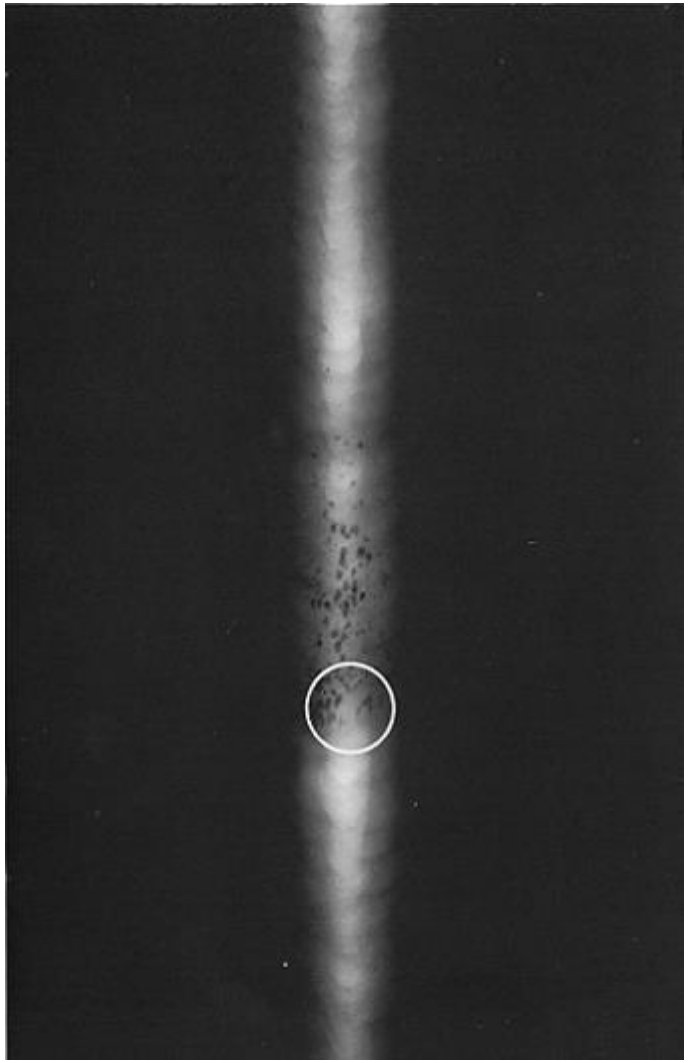


- IQI’s are placed on the source or film side
- Source outside film outside (multiple exposure)
- A minimum of three exposures
- Source side weld is superimposed on film side weld
- This technique is intended for small pipe diameters

ناپیوستگی های موجود در جوش

- آزمون رادیوگرافی می تواند تصویری مرئی از ناپیوستگی های جوش، چه سطحی و چه زیر سطحی در صورت وجود تفاوت دانسیته کافی با فلز پایه در ضخامت موازی با اشعه ارائه دهد.
- ناخالصی های سرباره ای معمولا بصورت مناطق تاریک با شکل بی نظم و عریض هستند. ناخالصی ها معمولا در مرز جوش مشاهده می شوند، این ناخالصی ها معمولاً بین دو پاس جوش ایجاد می شوند. ناخالصی های تنگستن بصورت نقاط سفید در فیلم ظاهر می شوند.

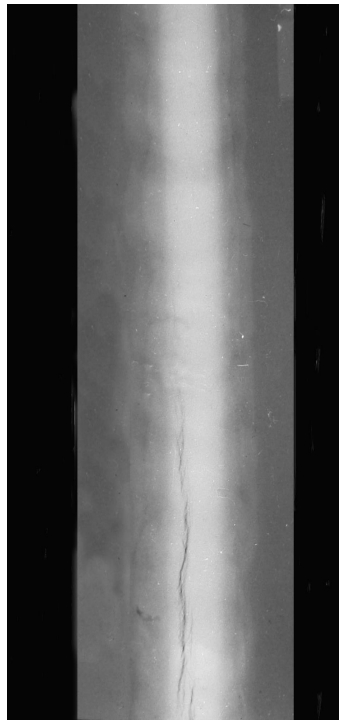
تخلخل (حفرات گازی)

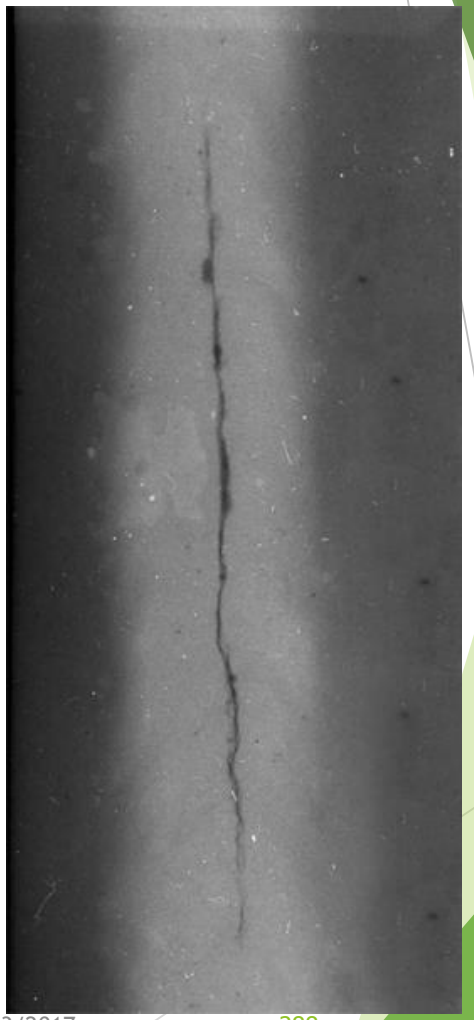


بصورت حفرات تقریبا کروی شکل تیره مشاهده می شود که کنتراست رادیوگرافی در این عیوب مستقیماً به قطر آن بستگی دارد.

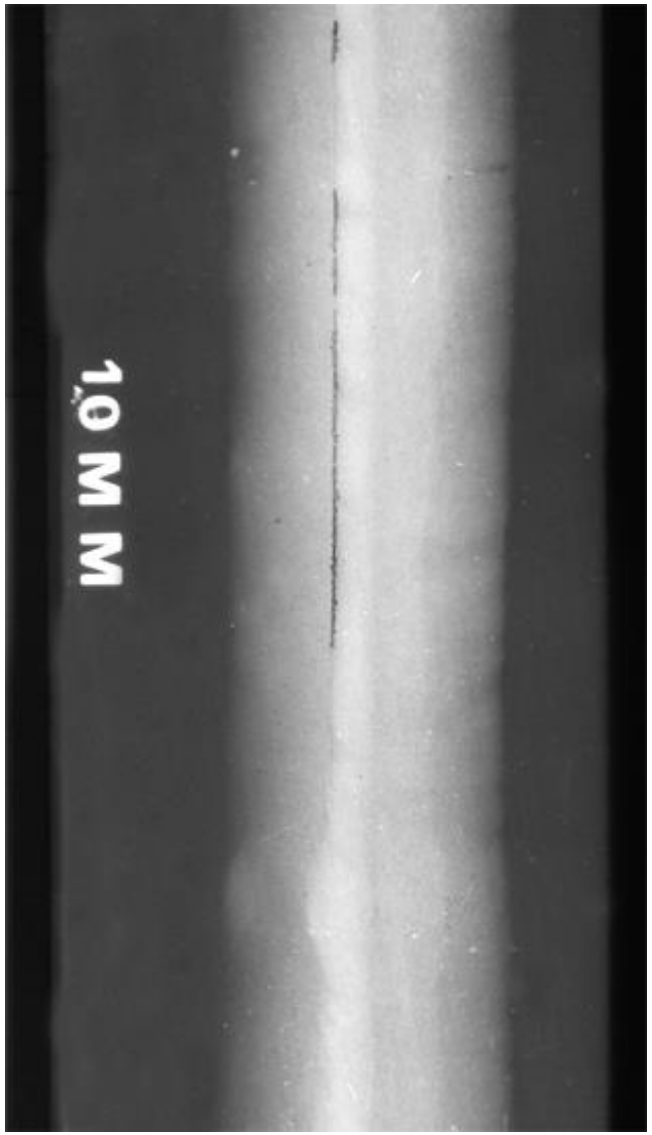
ترک‌ها

معمولا در صورت کوچک بودن یا قرار نگرفتن در جهت اشعه، مشاهده نمی شوند. ترک در رادیوگراف، بصورت خطوط باریک تیره رنگ با طول قابل توجه اما عرض کم پدیدار می شود.





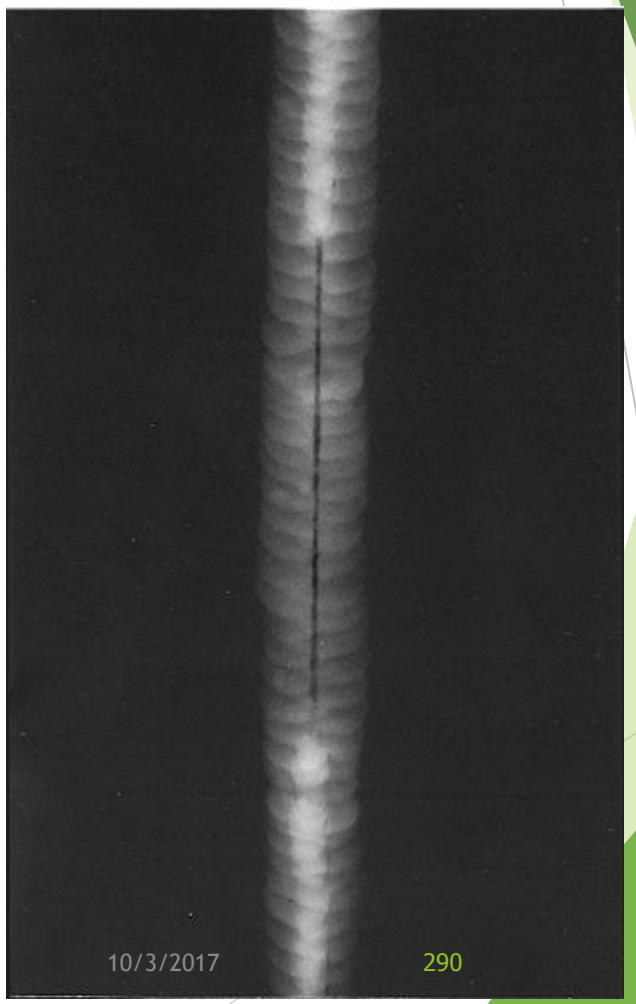
جوش ناقص



بصورت یک خط یا نوار بلند ظاهر می شود. گاهی شباهت زیادی با ترک یا ناخالصی دارد و حتی ممکن است به این صورت تفسیر شود.

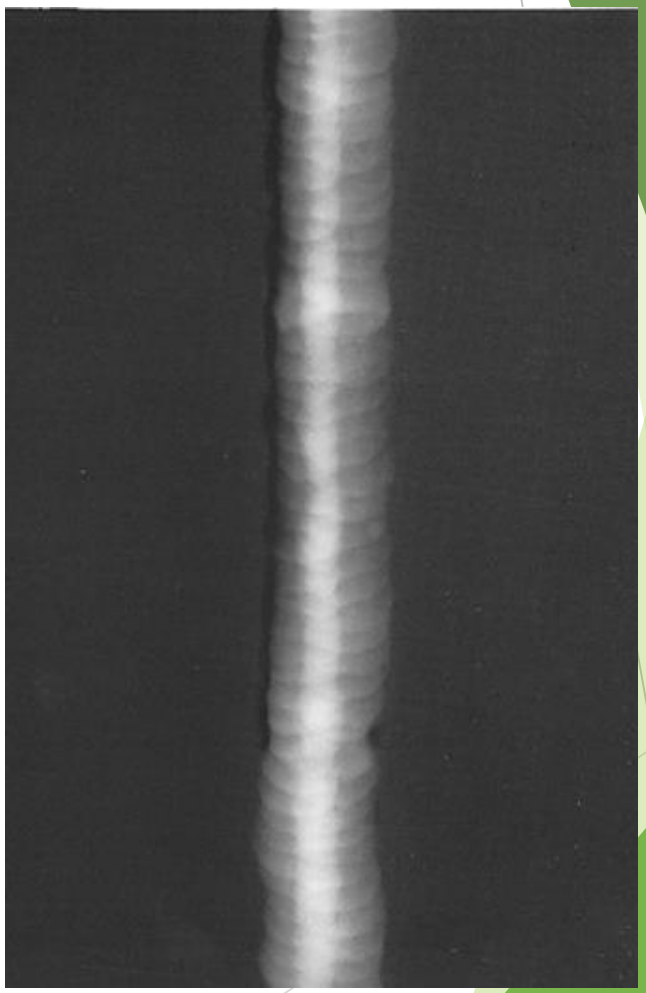
نفوذ ناکافی اتصال

در روی رادیوگراف بصورت یک خط باریک تیره در نزدیکی مرکز جوش مشاهده می شود، باریکی آن می تواند بدلیل کشش صفحات مورد جوش به سمت یکدیگر باشد. گاها در کنار نفوذ ناکافی ناخالصی های سرباره ای و حفرات گازی نیز مشاهده می شوند که موجب پهن و بی نظم شدن خط ایجاد شده در رادیوگراف می شوند.

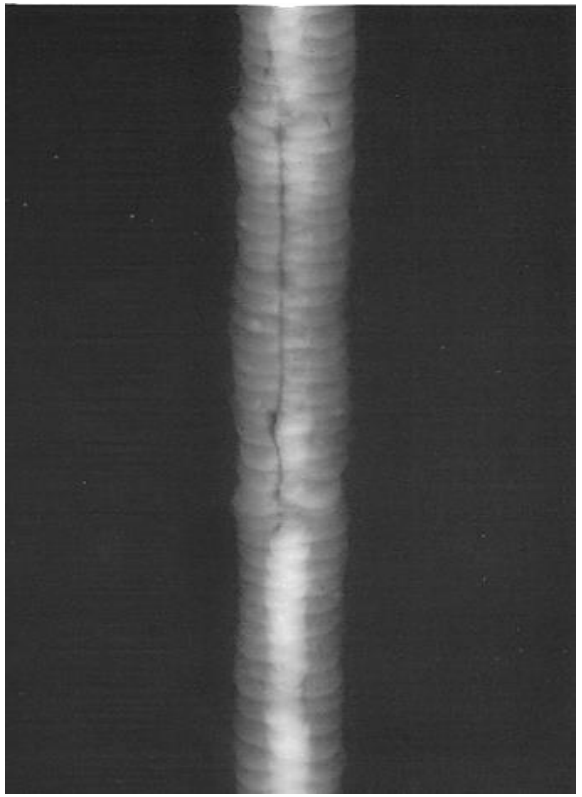


سوختگی لبه جوش(Undercut)

بصورت ناحیه تیره با عرضهای مختلف در راستای لبهٔ منطقهٔ جوش مشاهده می شوند.



Cap undercut



Root undercut

کاربردها

- بازرسی رادیوگرافی به مقدار زیادی در مورد قطعات ریختگی و جوشکاری شده بخصوص در مواردی که عدم وجود عیوب درونی مورد نظر باشد، مورد استفاده قرار می گیرد.
- بعنوان مثال، در بازرسی قطعات ریختگی ضخیم و قطعات جوشکاری در تجهیزات نیروگاه بخار (بویلر و قطعات توربین) و دیگر سیستم های فشار بالا معمولاً از رادیوگرافی جهت بازرسی استفاده می شود.
- همچنین رادیوگرافی را می توان بر روی قطعات آهنگری و تأسیسات مکانیکی بکار برد، بعنوان مثال رادیوگرافی در بازرسی تجهیزات نیمه هادی جهت تشخیص حفره ها در محیط اطراف آن و قالب های پلاستیکی و... بسیار مناسب می باشد.
- کاربردهای جدید رادیوگرافی در بازرسی کامپوزت ها ایجاد شده است.

ایمنی و حفاظت در برابر پرتوهای یونساز

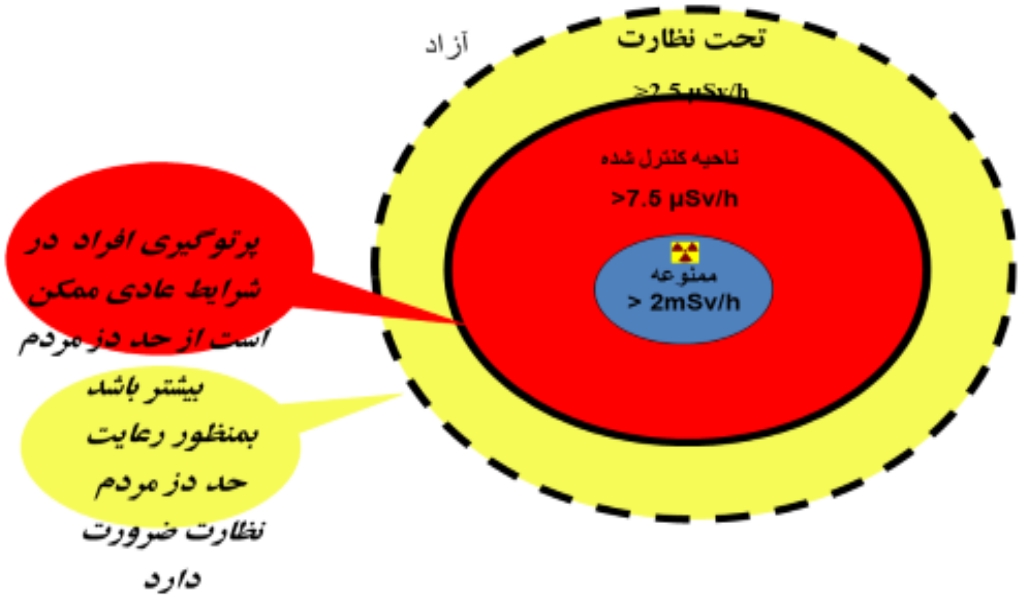
پرتوهای یونساز، چه آنهائی که توسط دستگاه اشعه ایکس تولید می‌شوند، و چه آنهائی که بطور دائم از مواد رادیواکتیو ساطع می‌گردند، امروزه بطور گسترده‌ای در صنعت مورد استفاده و بهره‌برداری قرار می‌گیرند.

مراکز کشوری، استانی و محلی برای کار با تجهیزات رادیوگرافی قوانینی تعیین کرده اند. اعطاء گواهینامه مربوط به شرکتهایی می شود که از ایزوتوپهای رادیواکتیو به عنوان منبع تولید اشعه استفاده می کنند. برای دریافت گواهی هر یک از این سازمانها باید اپراتور یا تسهیلات مربوطه، حداقل شرایط ایمنی پرسنل و افراد درگیر از نظر مقدار اشعه را داشته باشند. با وجودی که قوانین محلی ممکن است از نظر درجه و نوع ایمنی تفاوت داشته باشند، ولیکن قوانینی کلی شامل همهٔ سازمانها و شرکتها می‌شوند

جدول محاسبه شعاع نواحی
ممنوعه، کنترل شده و تحت نظارت

چشمه	ممنوعه	کنترل شده	تحت نظارت
ایریدیم -۱۹۲	1.6√A	26√A	44√A
کبالت -۶۰	2.6√A	42√A	73√A
سزیم -۱۳۷	1.3√A	21√A	36√A

نواحی کار



حداکثر سطوح مجاز تابش

از آنجا که تابش‌های یونیزه کننده اثرات نامطلوبی بر روی بافت بدن بوجود می‌آورند، لذا در نظر گرفتن حداکثر سطوح مجاز تابشی که توصیه شده‌اند مهم می‌باشد.

تعریف کمیسیون بین‌المللی محافظت رادیولوژیکی از دز مجاز :

دزی از تابش یونیزه کننده که نظر به دانش موجود، انتظار نمی‌رود هیچ زمانی سبب آسیب بدنی فرد در طول عمرش شود.

حداکثر سطوح مجاز تابش

مقادیری که برای سطح خارجی (تمامی بدن) تعریف می‌شود به شرح زیر می‌باشد:

ـ محدوده مقادیر برای کل بدن در هر سال تقویمی:

افراد کارمند ۱۸ سال یا به بالا: ۰۵/۰ Sv معادل ۵ rem

کارآموزان کمتر از ۱۸ سال: ۰۱۵/۰ Sv معادل ۵/۱ rem

هر شخص دیگری: ۰۰۵/۰ Sv معادل ۵/۰ rem

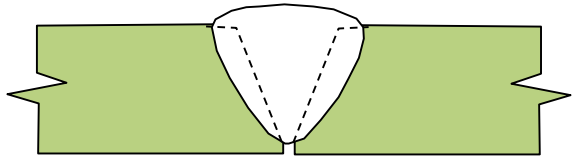
حداکثر سطوح مجاز تابش

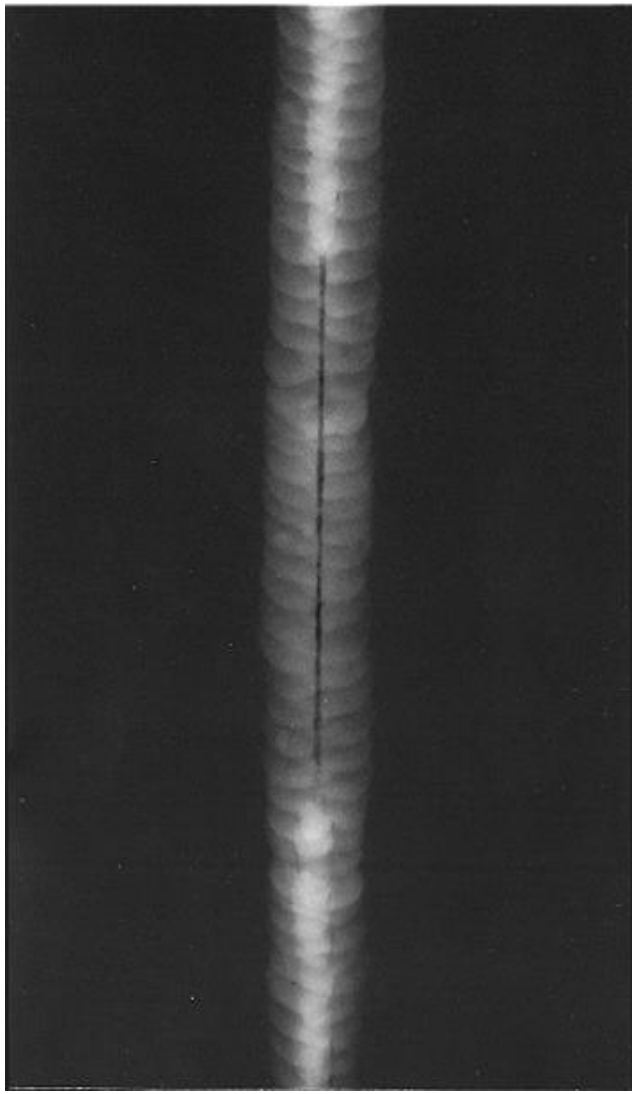
محدوده‌های مقادیر برای هر ارگان مستقل و بافت‌ها (بجز عدسی‌های چشم) یا هر قسمتی از دست و پای بدن یا پوست در سال:

افراد کارمند ۱۸ سال یا به بالا: ۵/۰ Sv معادل ۵۰ rem

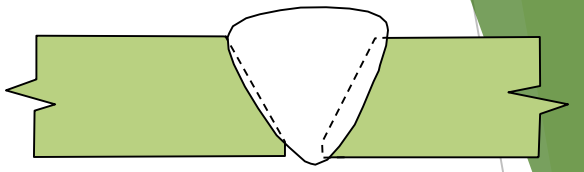
کارآموزان کمتر از ۱۸ سال: ۱۵/۰ Sv معادل ۱۵ rem

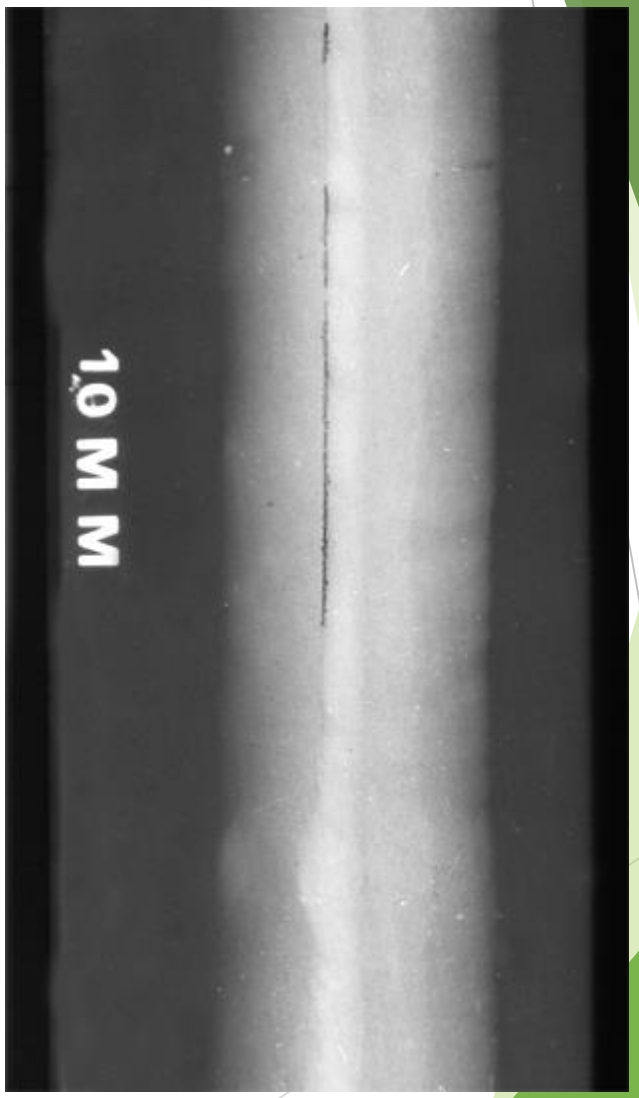
هر شخص دیگری: ۰۵/۰ Sv معادل ۵ rem



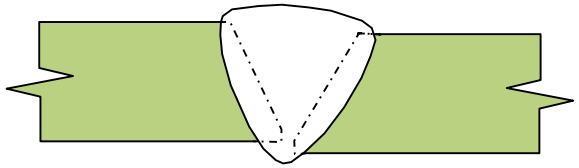


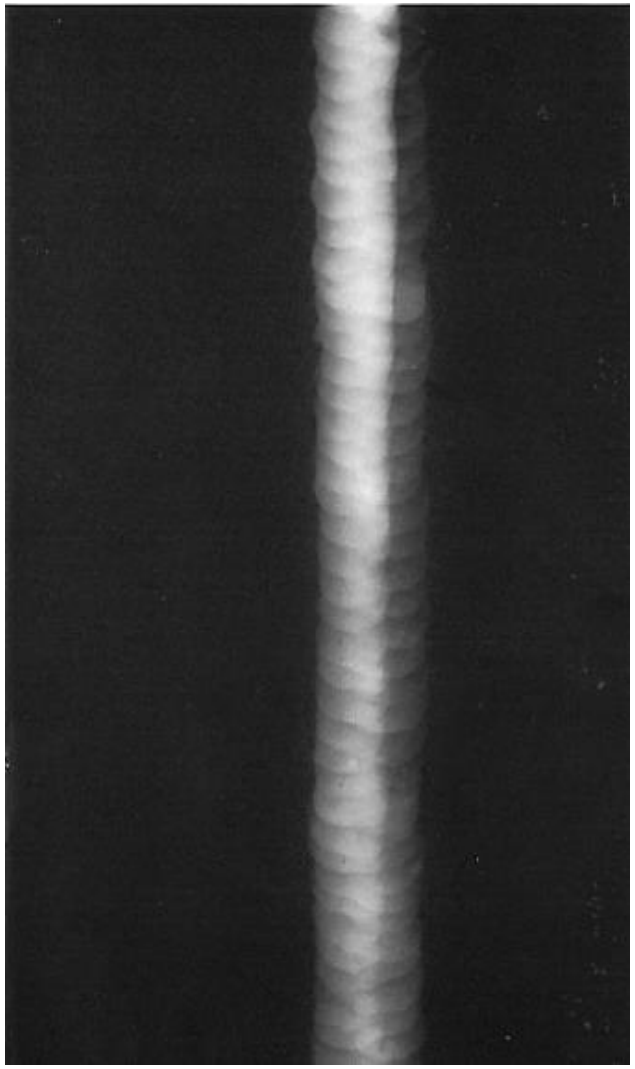
Lack of root penetration



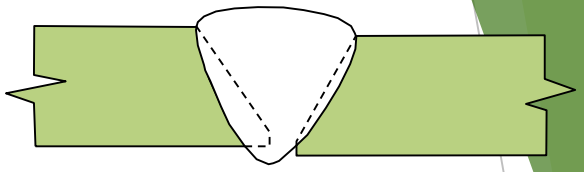


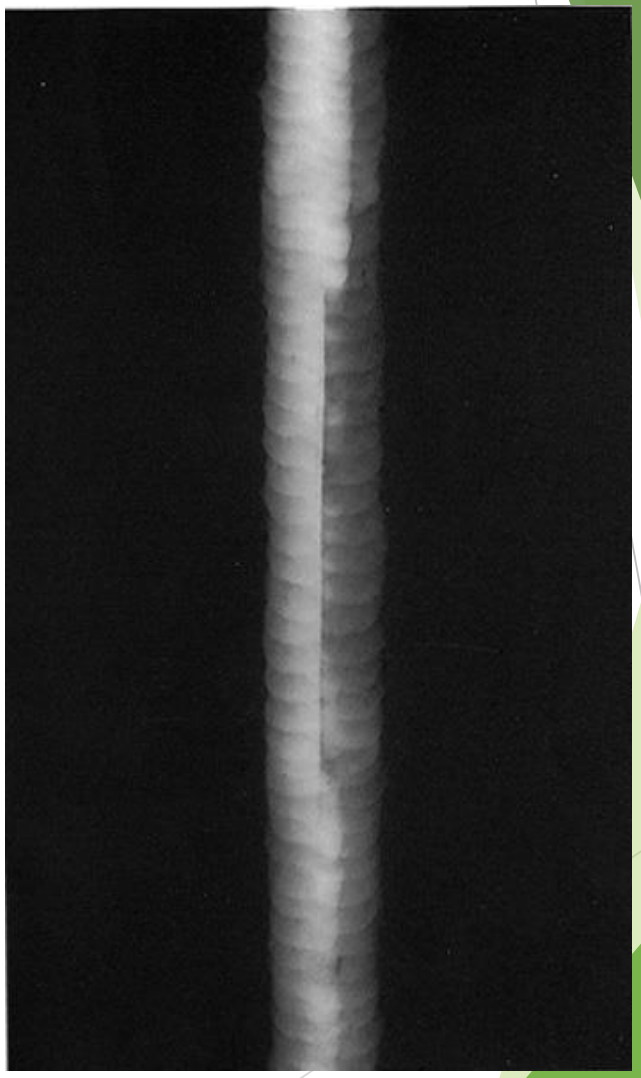
Lack of root fusion



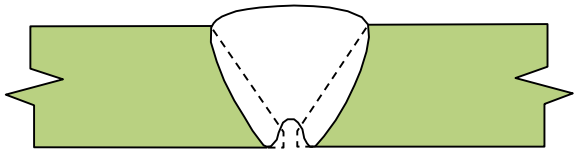


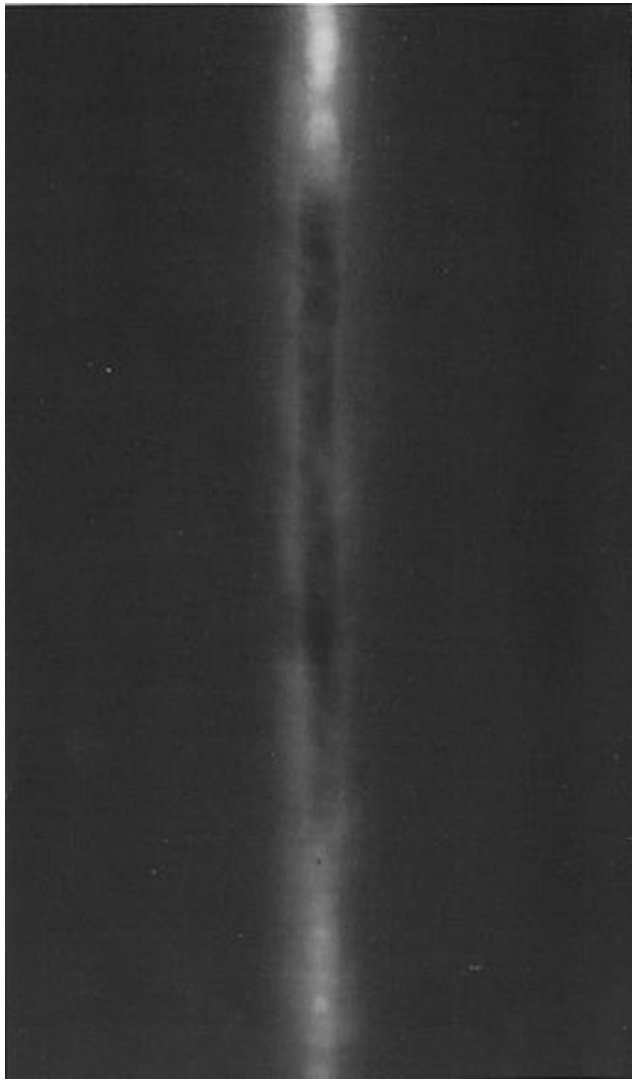
Misalignment



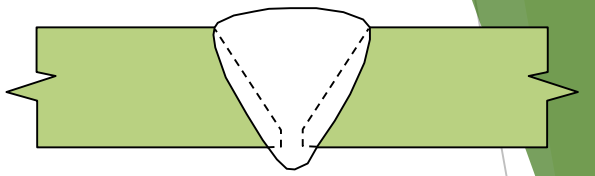


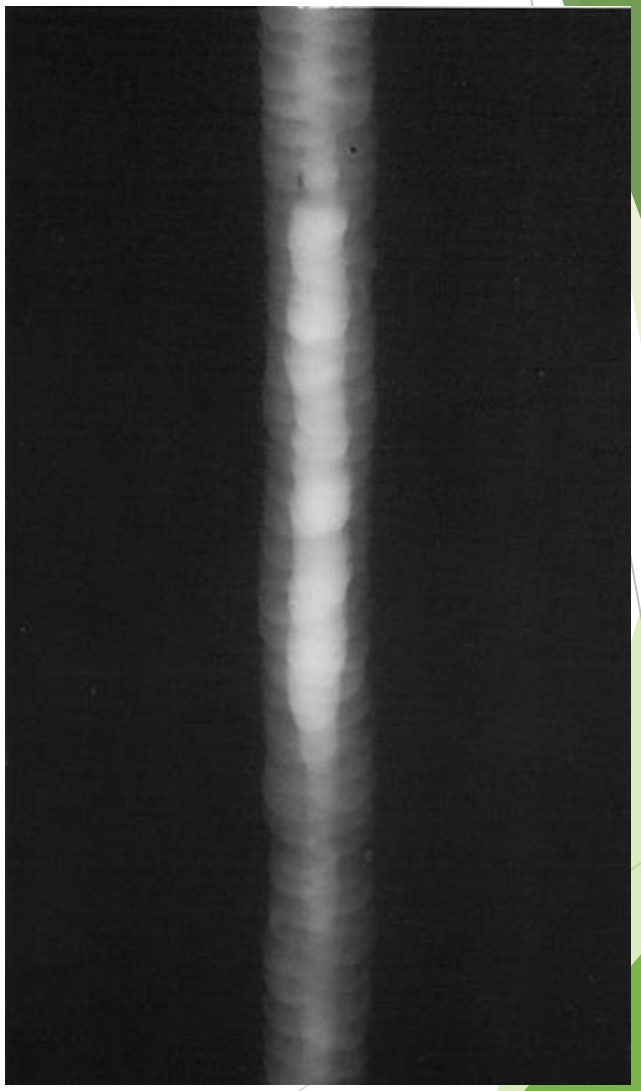
Misalignment/Lack of root fusion



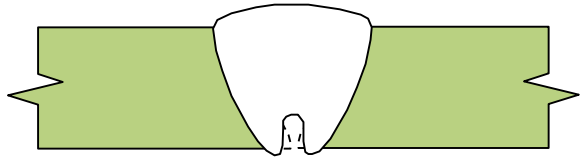


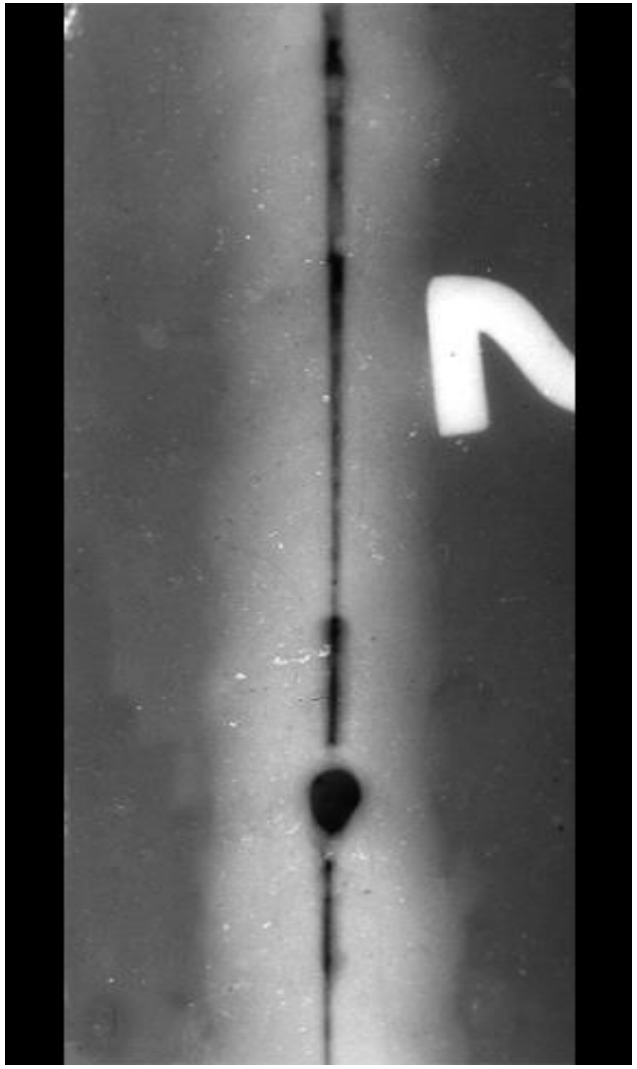
Concave root



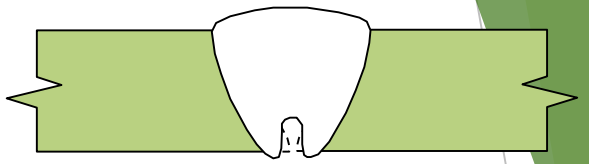


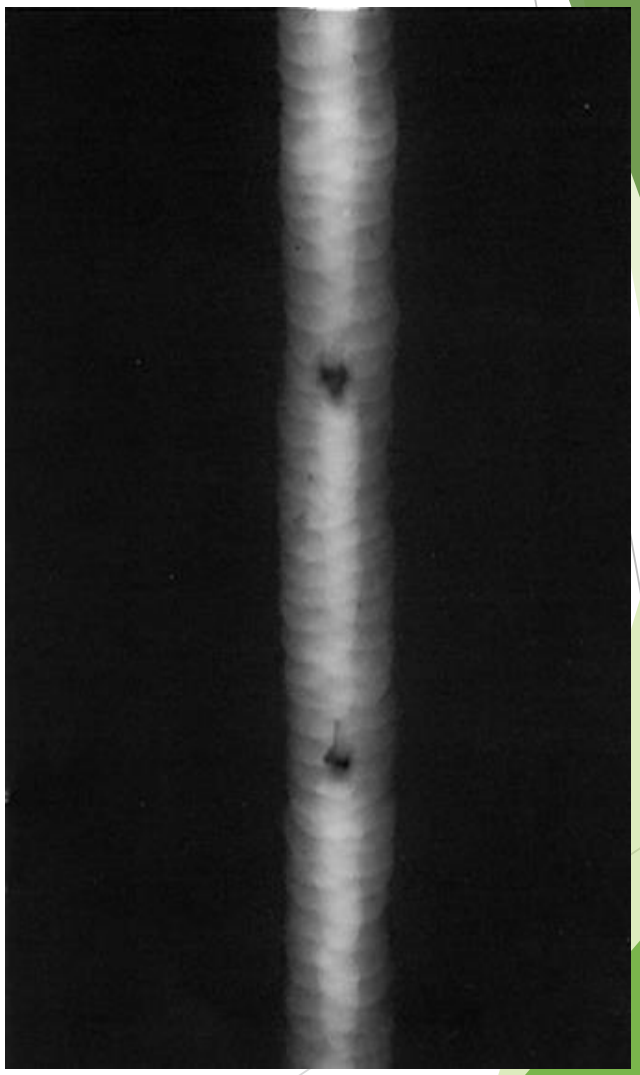
Excess root penetration



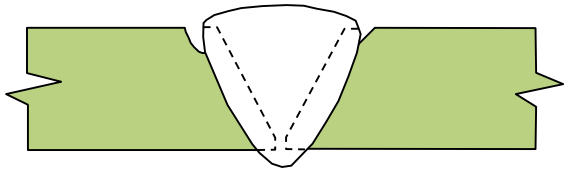


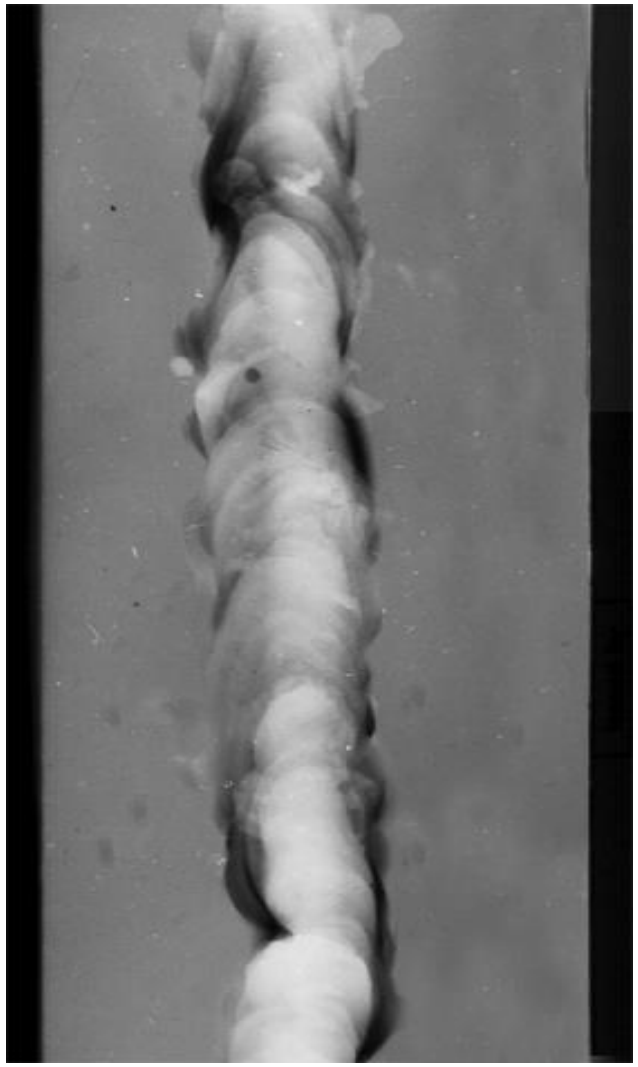
Burn through + LORP



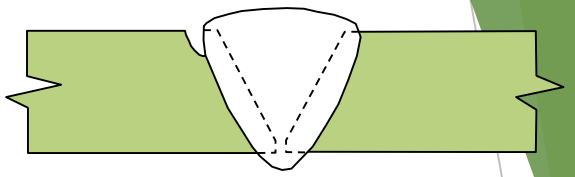


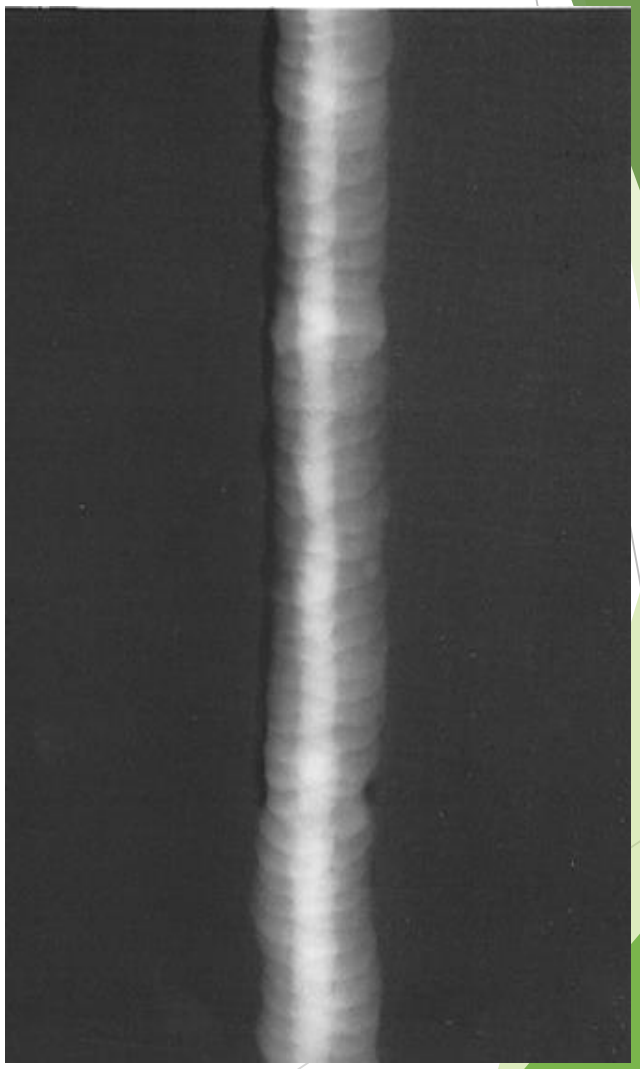
Burn through



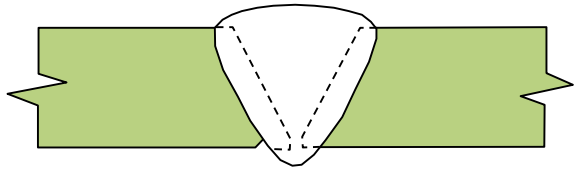


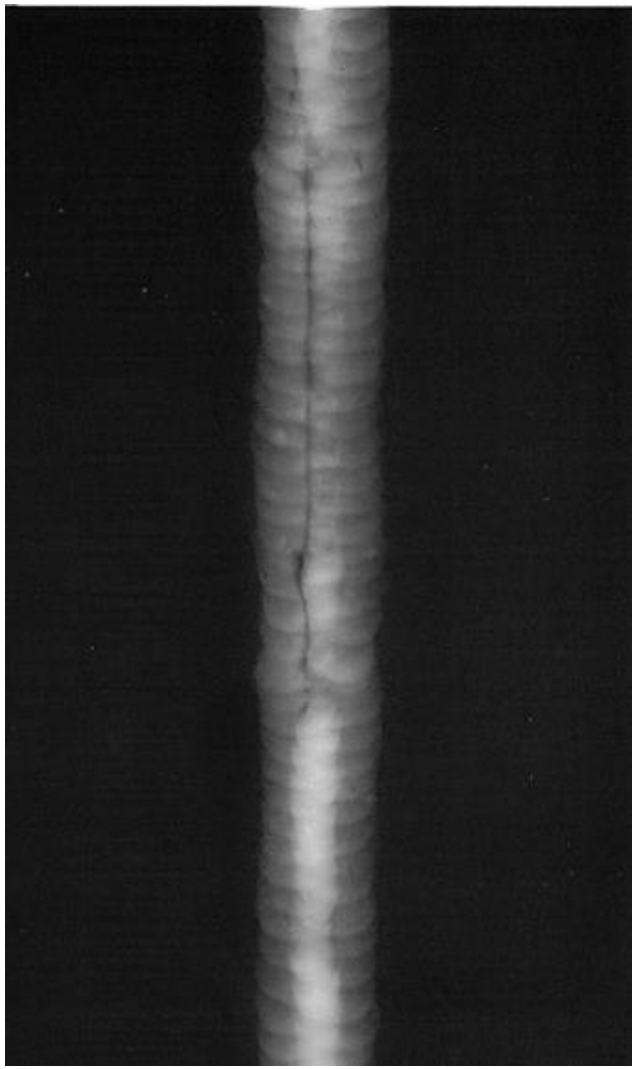
Cap undercut



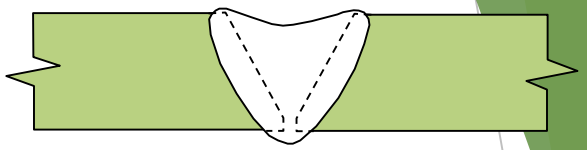


Cap undercut

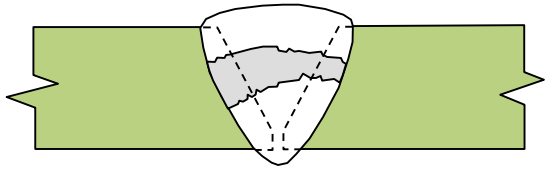


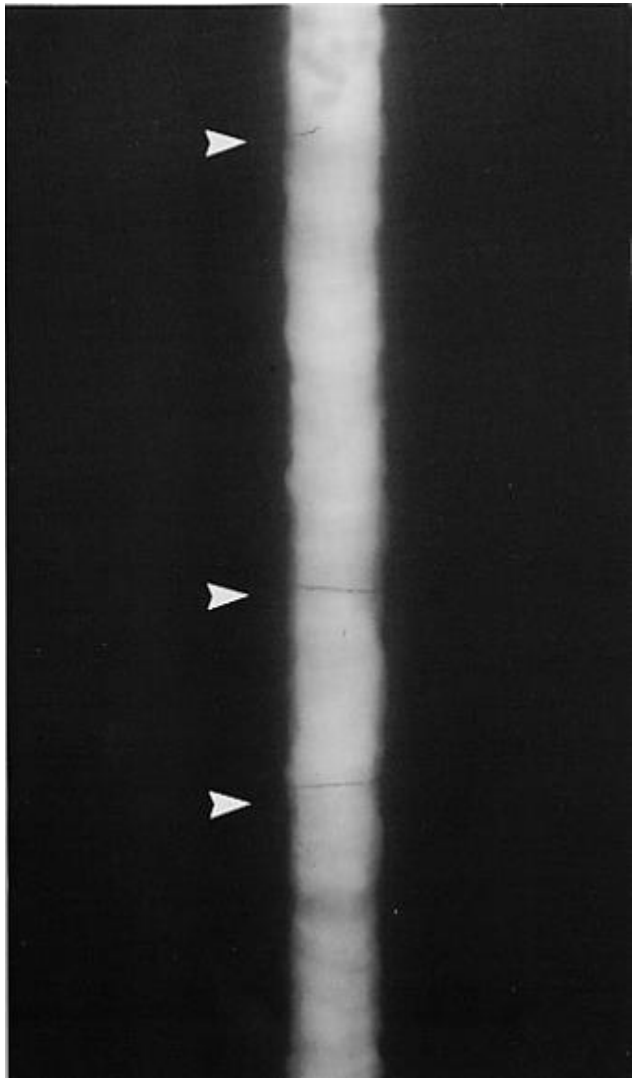


Root undercut

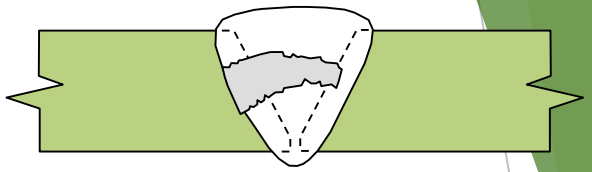


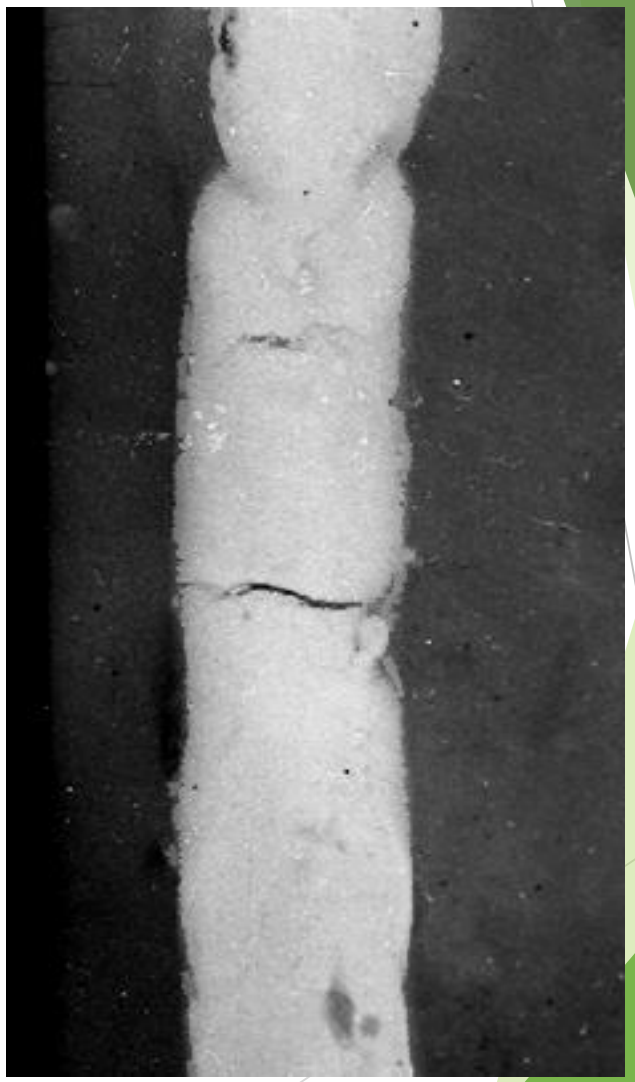
Incomplete filled groove



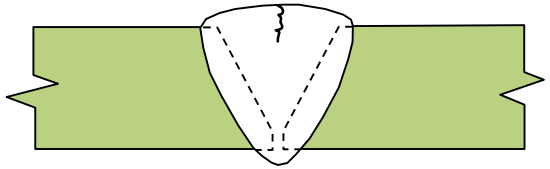


Transverse crack

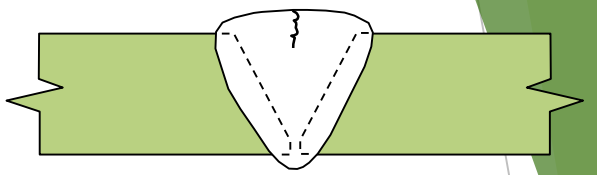


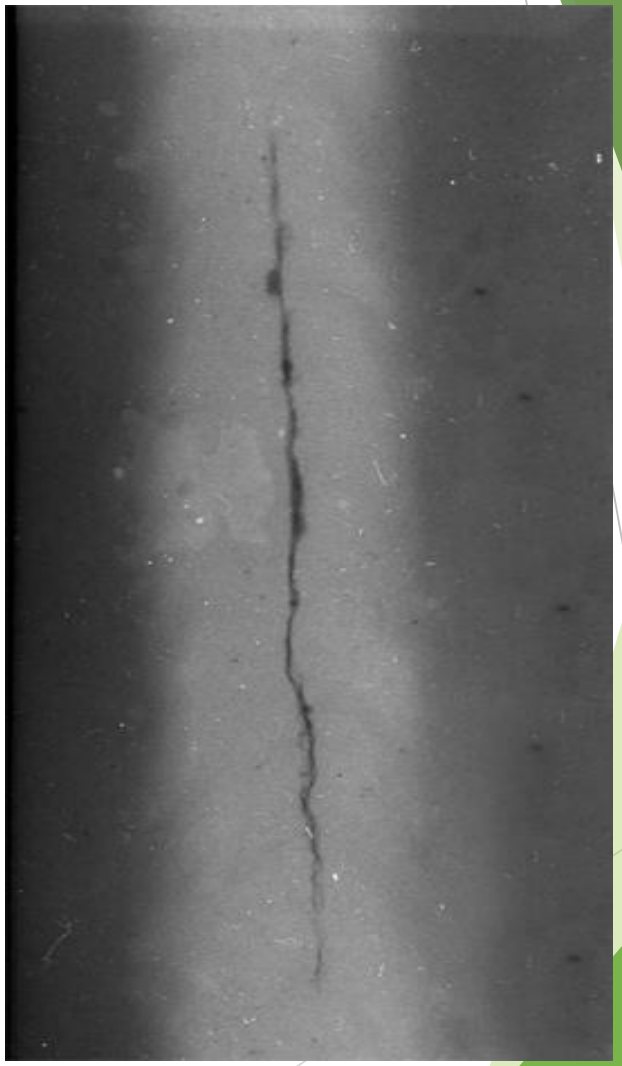


Root crack

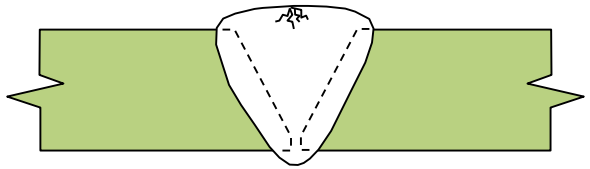


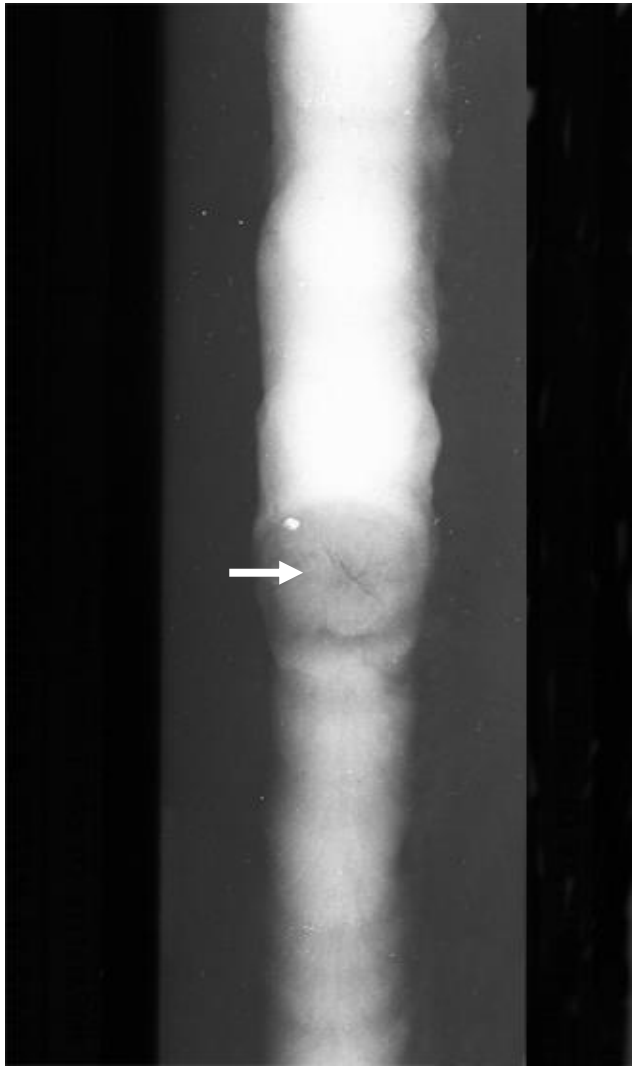
Longitudinal crack



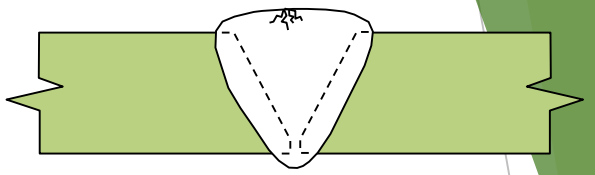


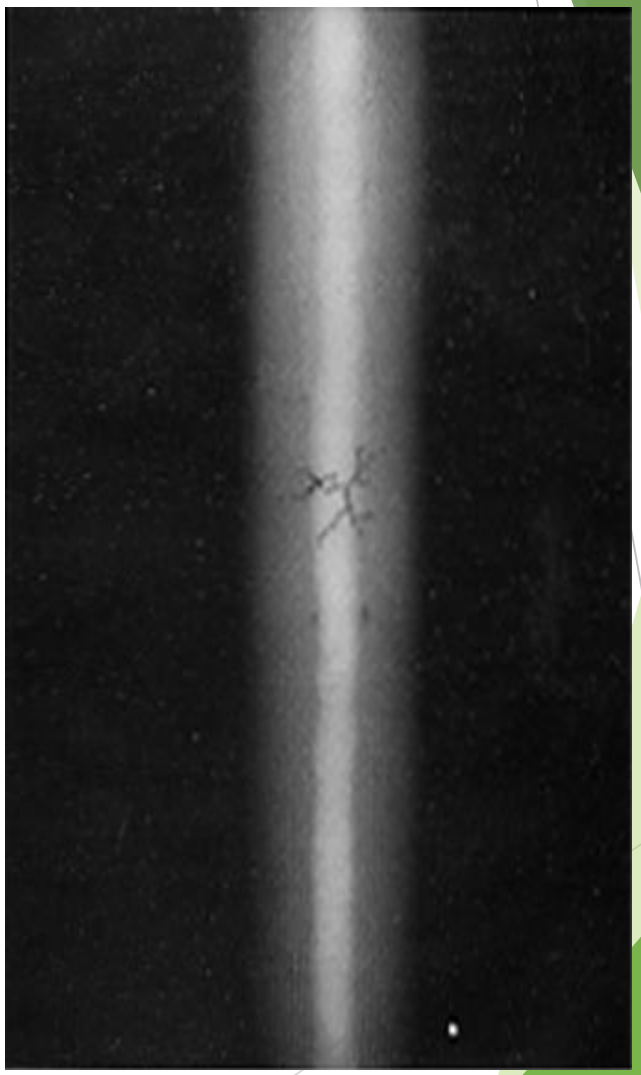
Longitudinal crack



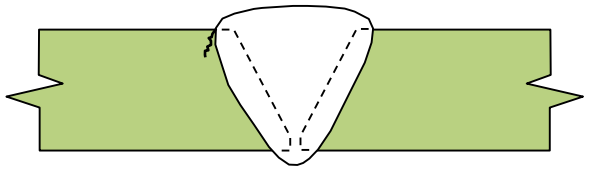


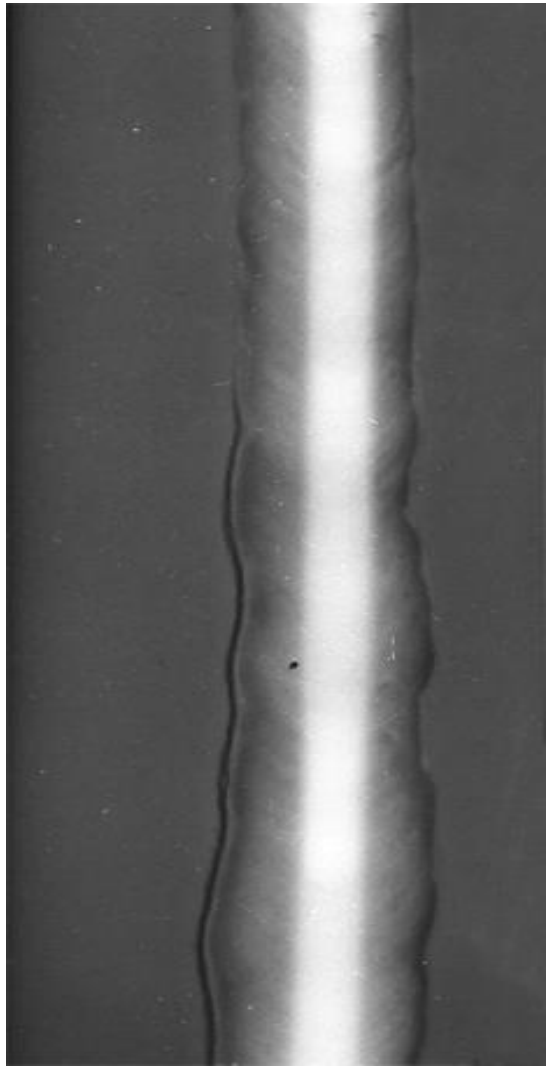
Crater crack



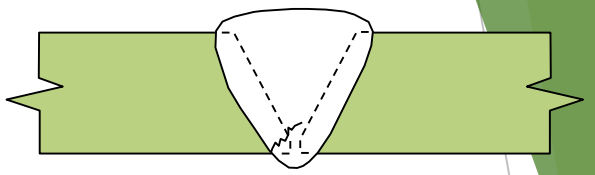


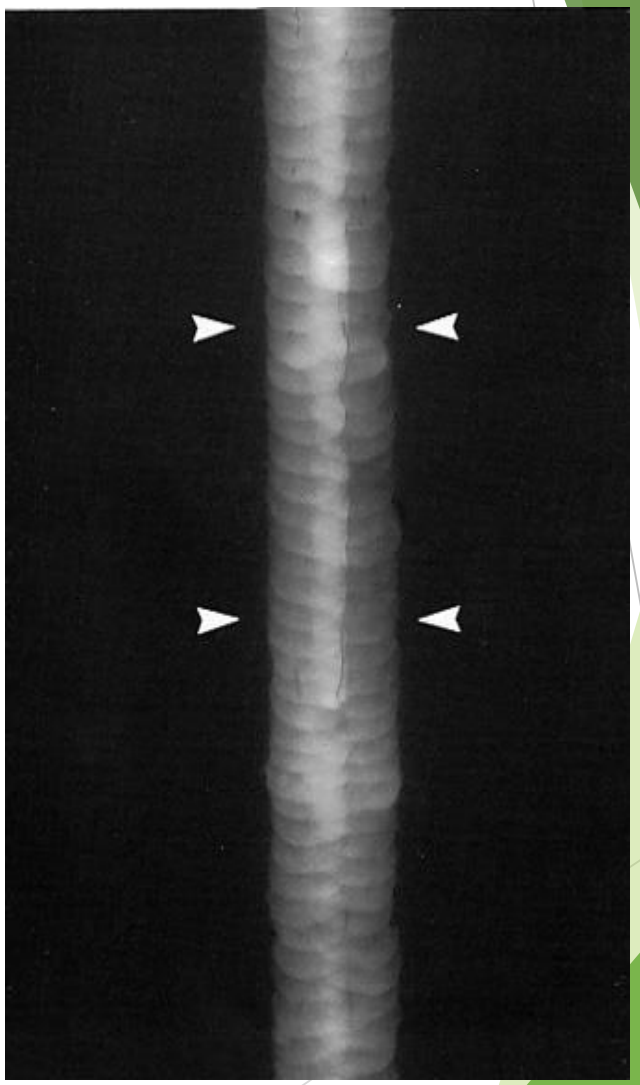
Star crack



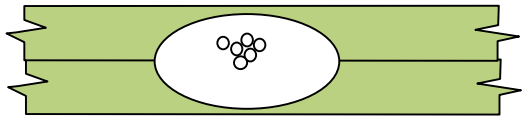


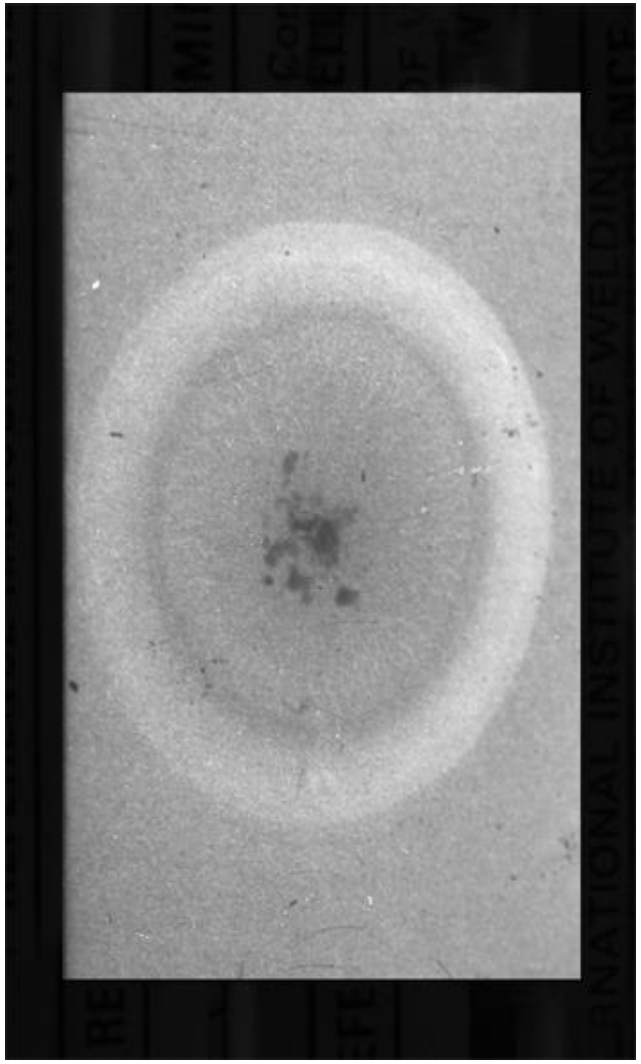
HAZ crack



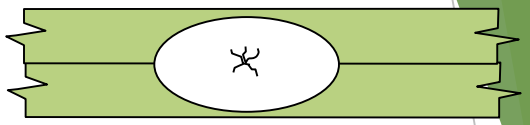


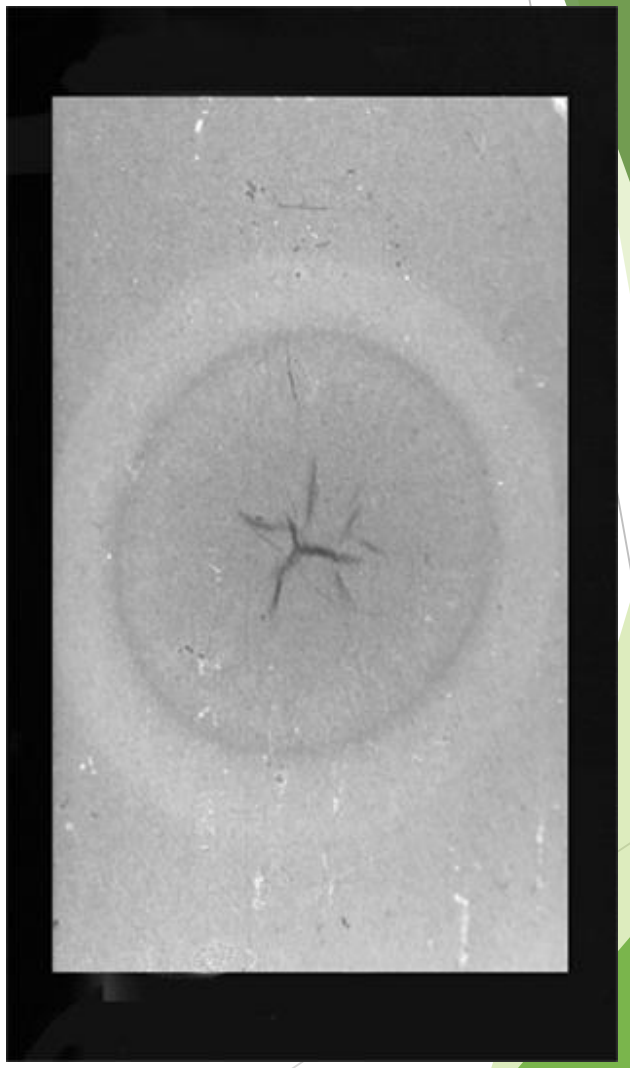
Root crack



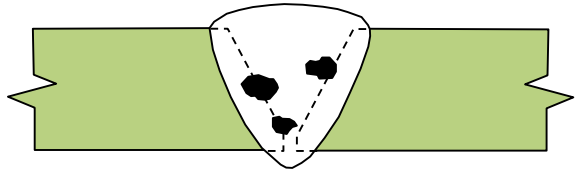


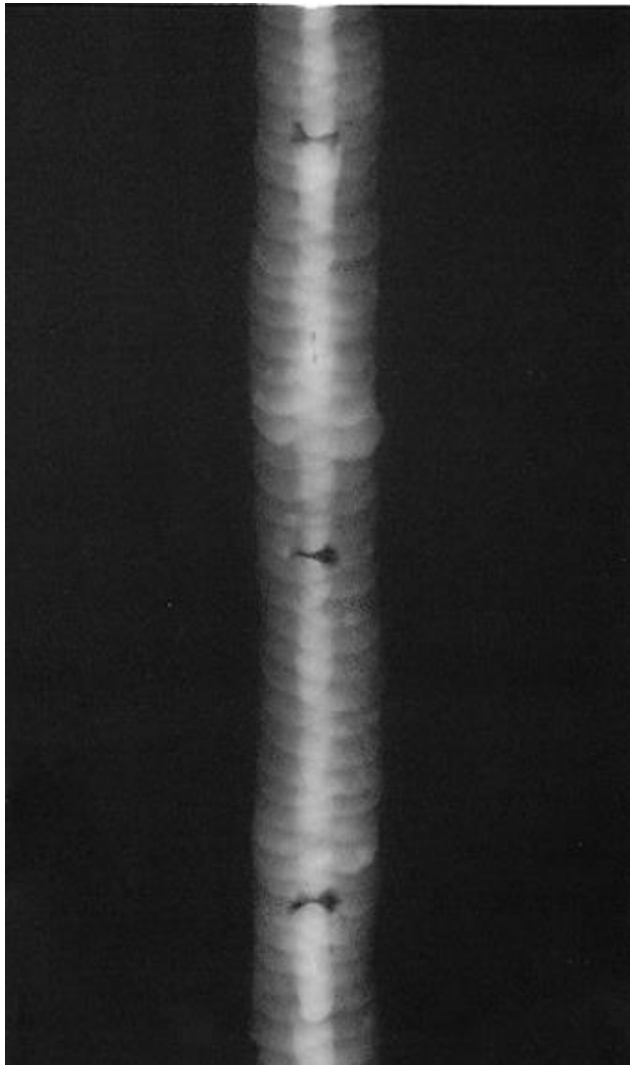
Spot weld gas



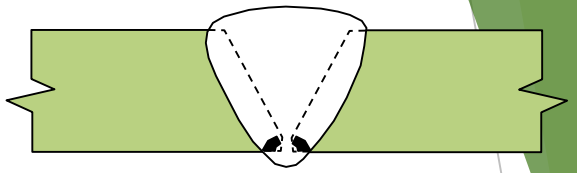


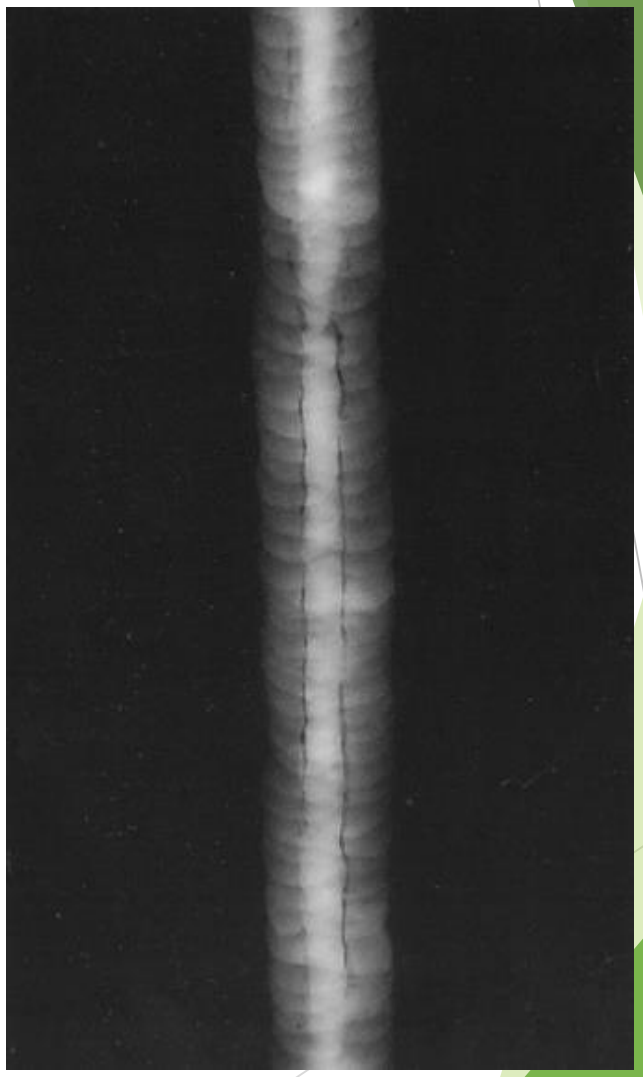
Spot weld crack



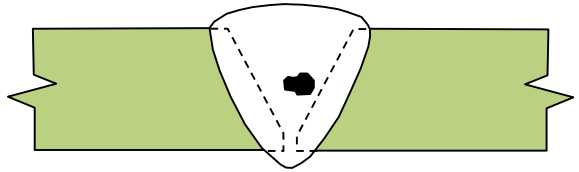


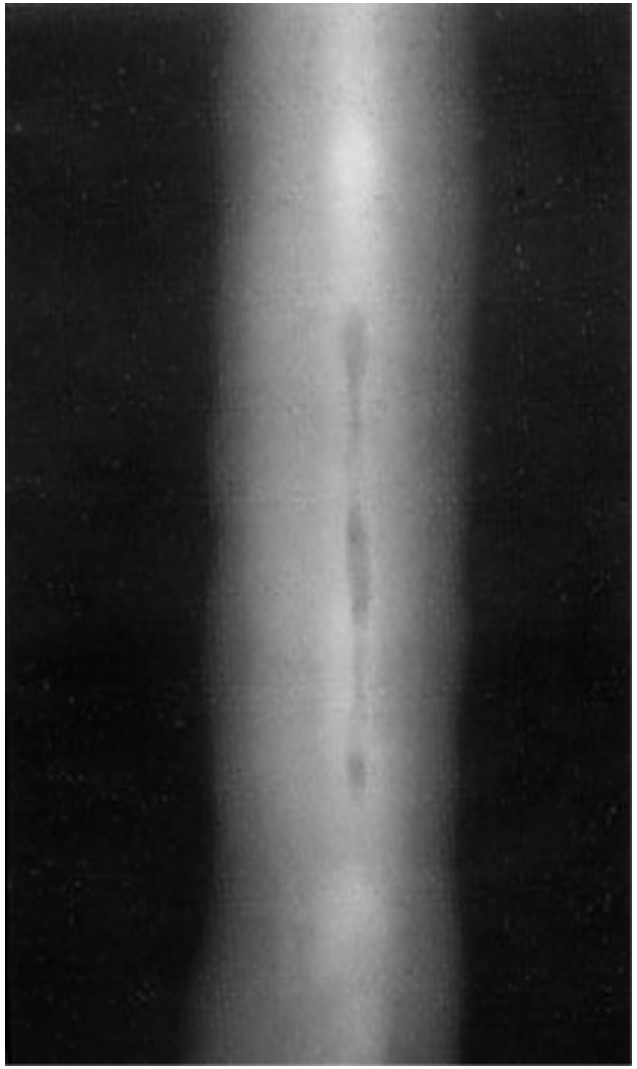
Interpass slag inclusions



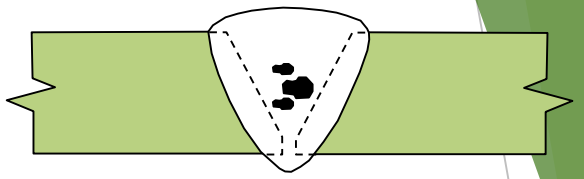


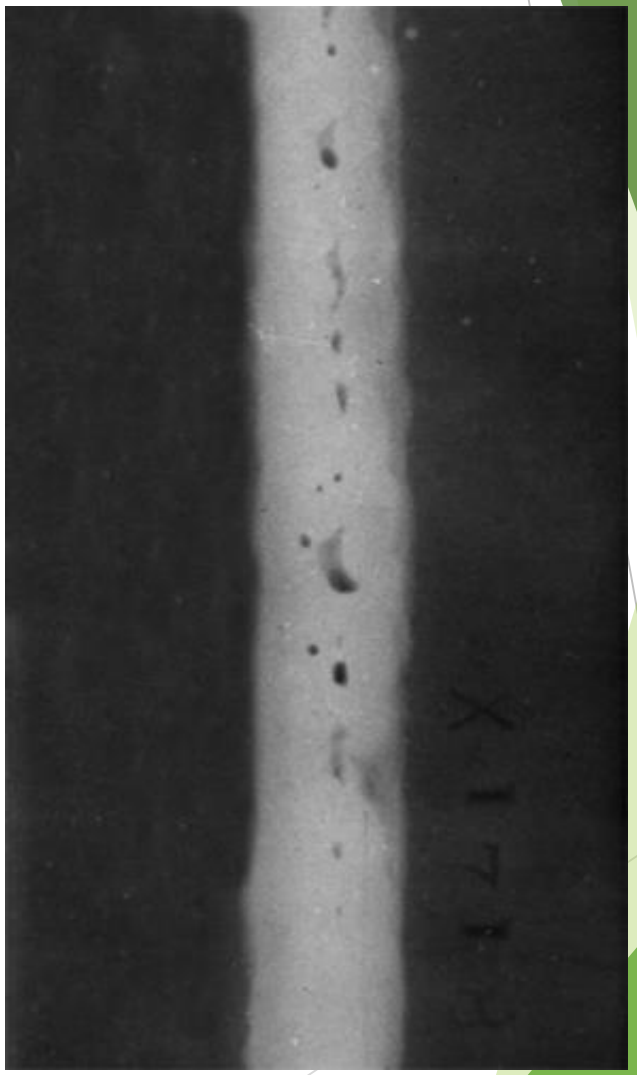
Elongated slag lines



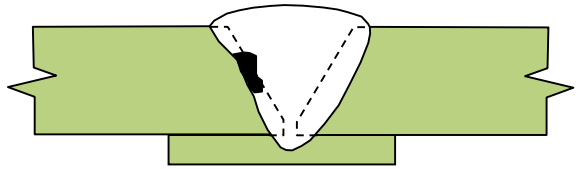


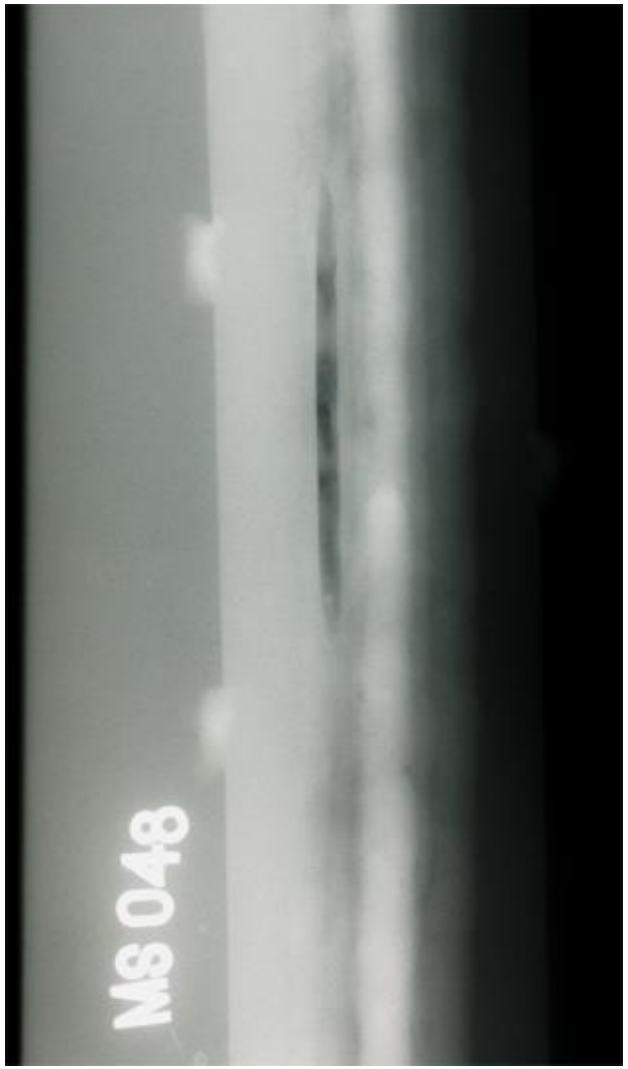
Slag inclusion



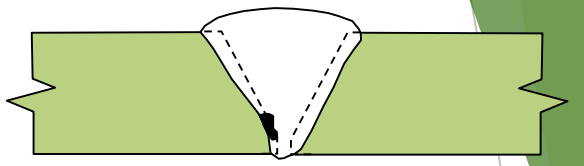


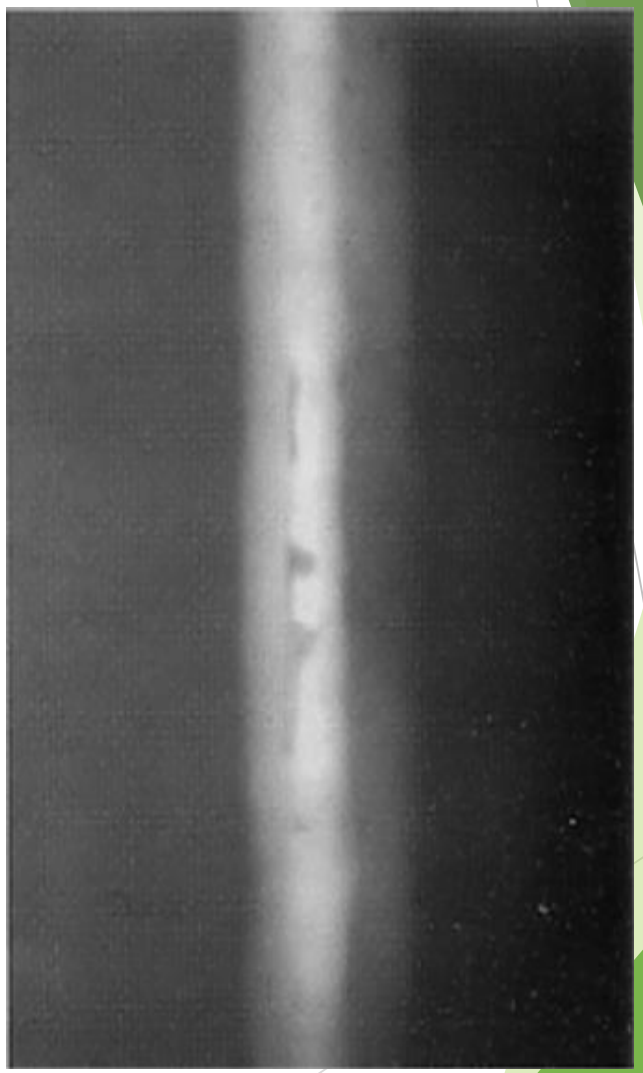
Slag inclusions



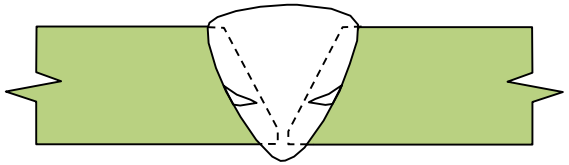


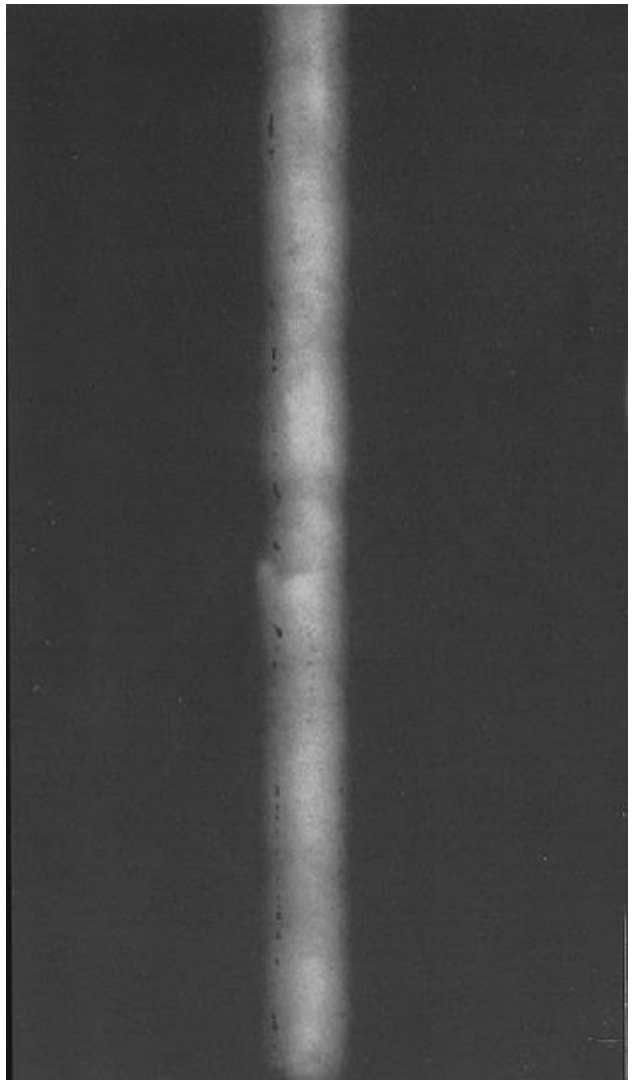
Lack of side wall fusion with slag



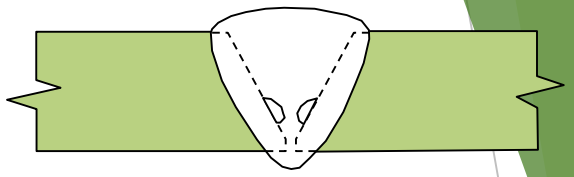


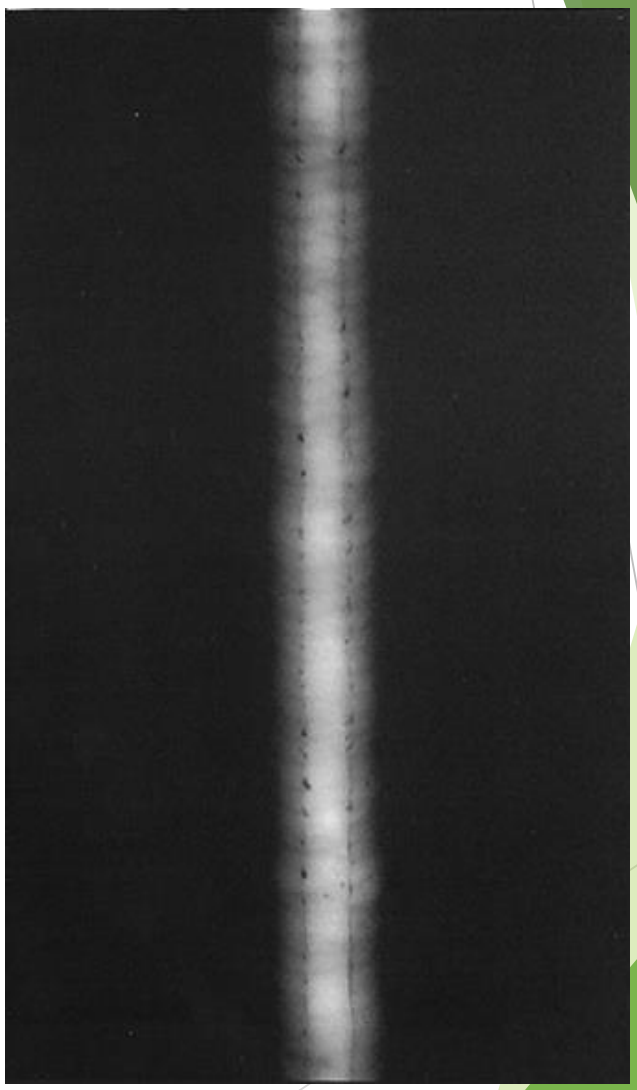
Lack of side wall fusion with slag



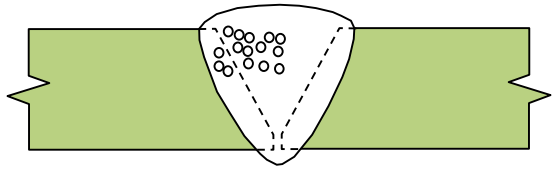


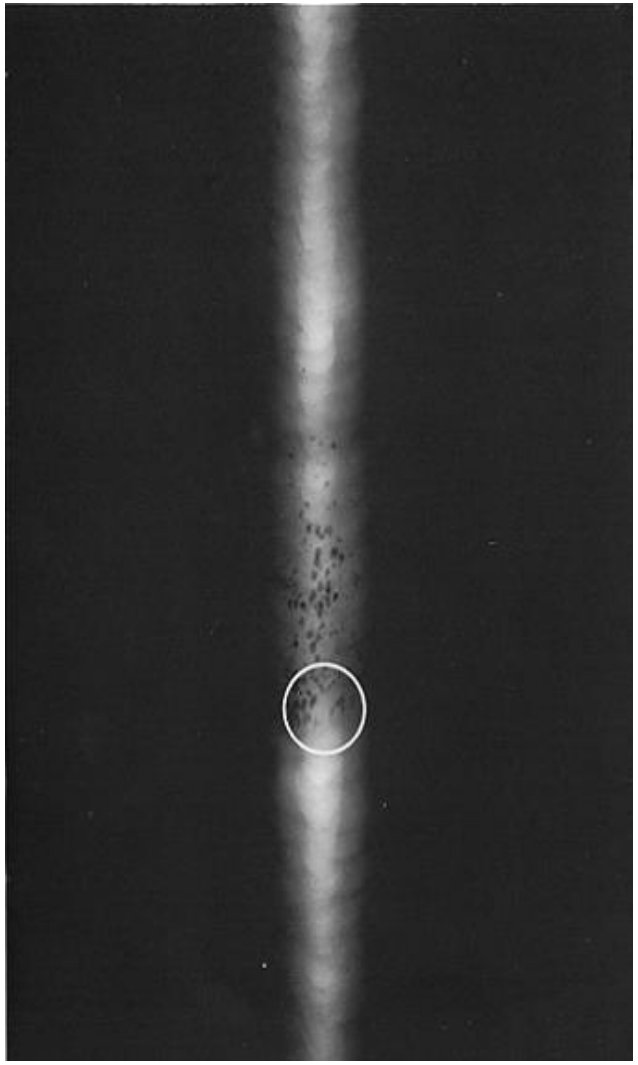
Lack of interpass fusion



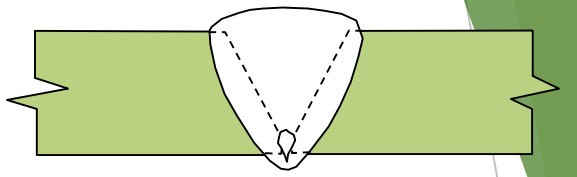


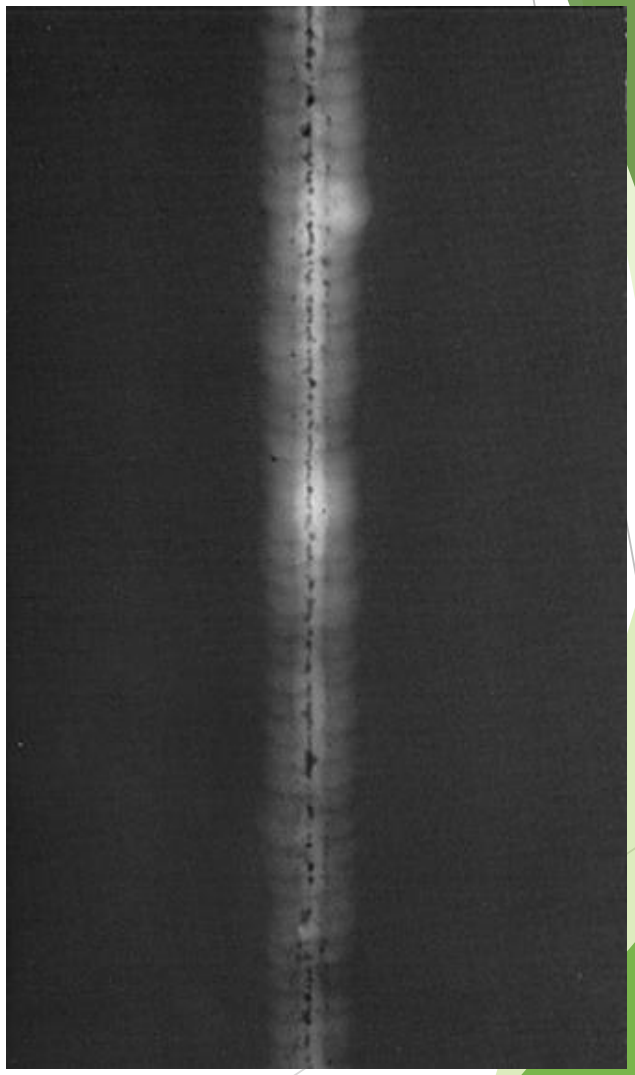
Lack of side wall fusion



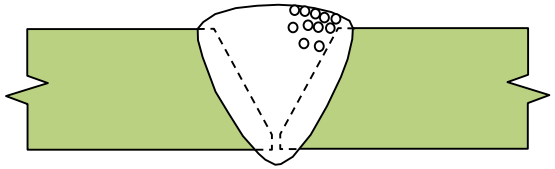


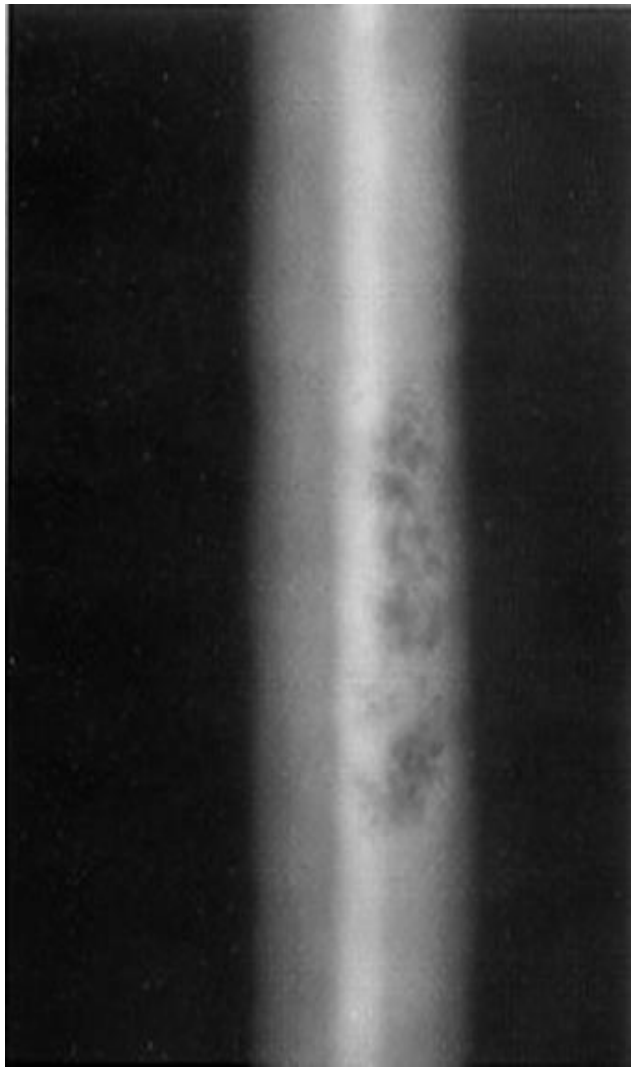
Cluster porosity



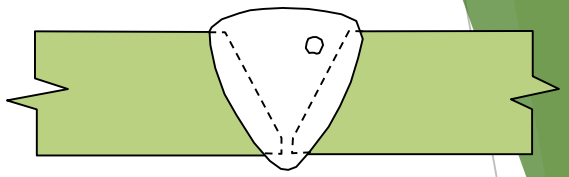


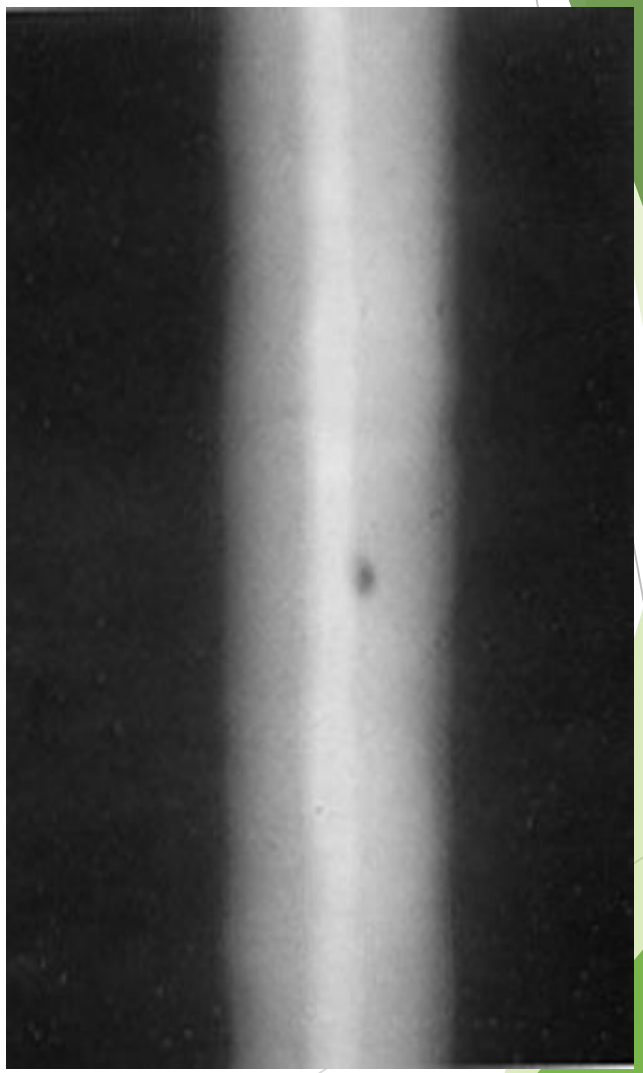
Root pass aligned porosity



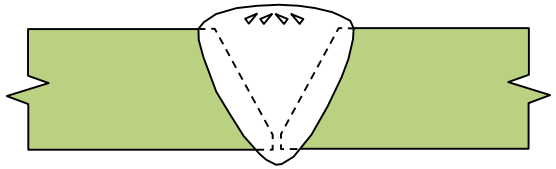


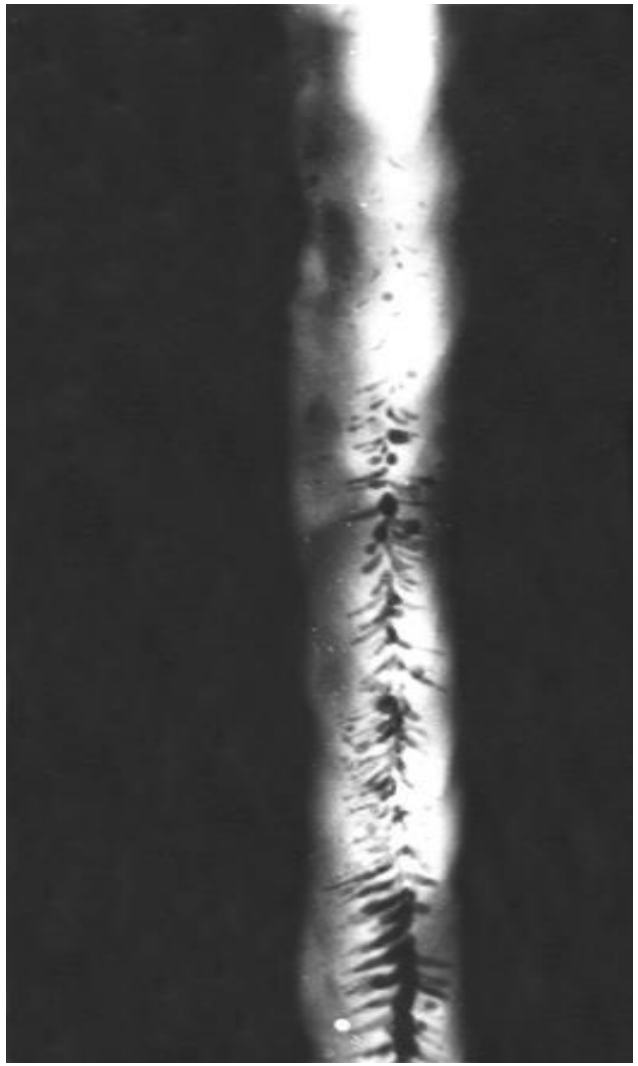
Porosity open to the surface



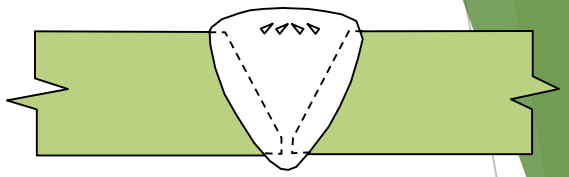


Single gas pore

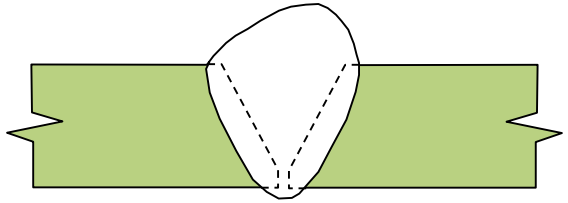


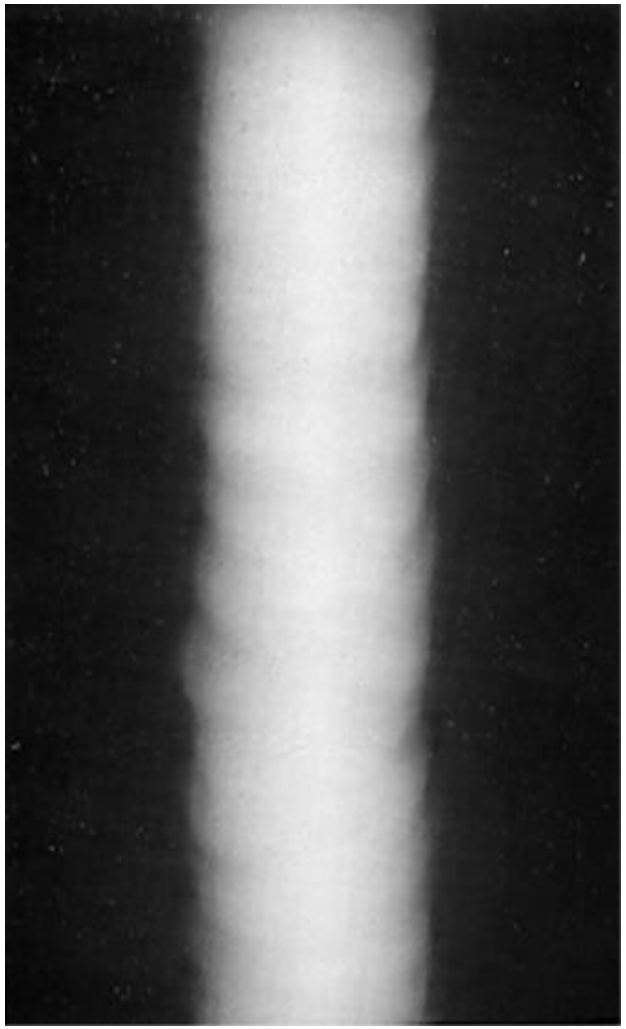


Herring bone porosity

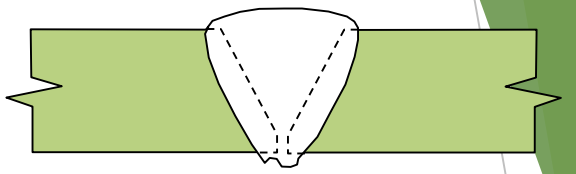


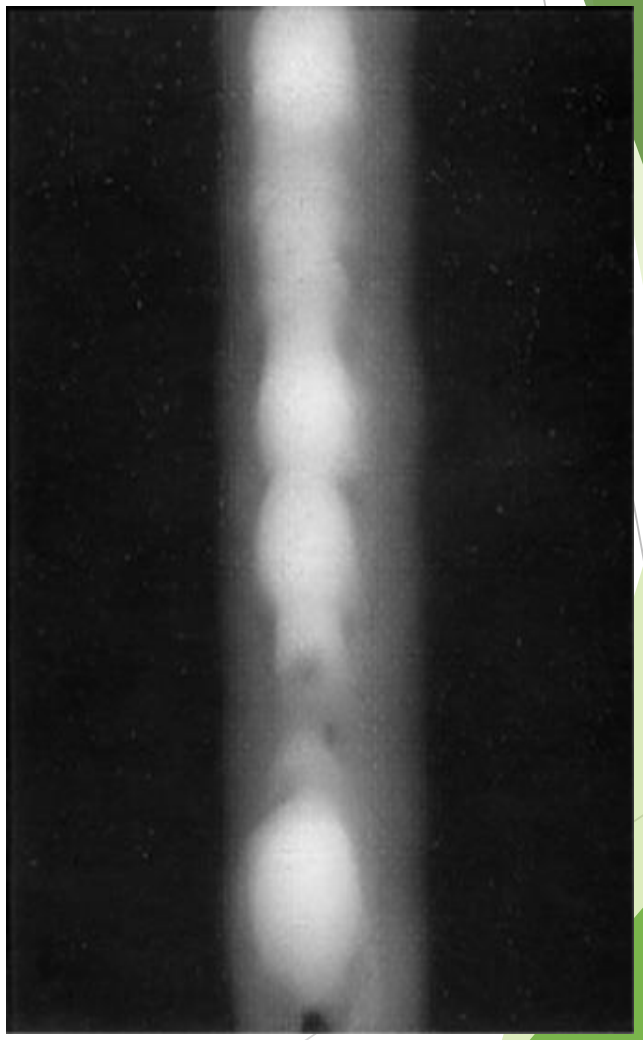
Herring bone porosity



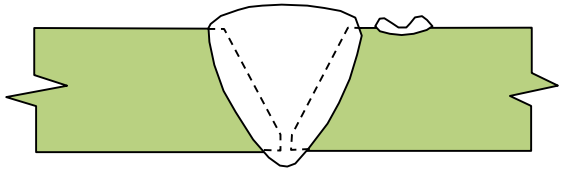


Excess cap reinforcement

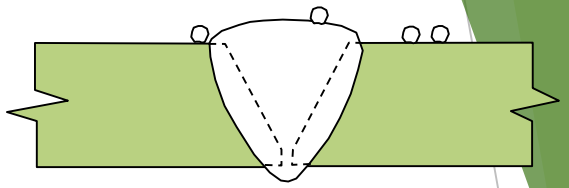


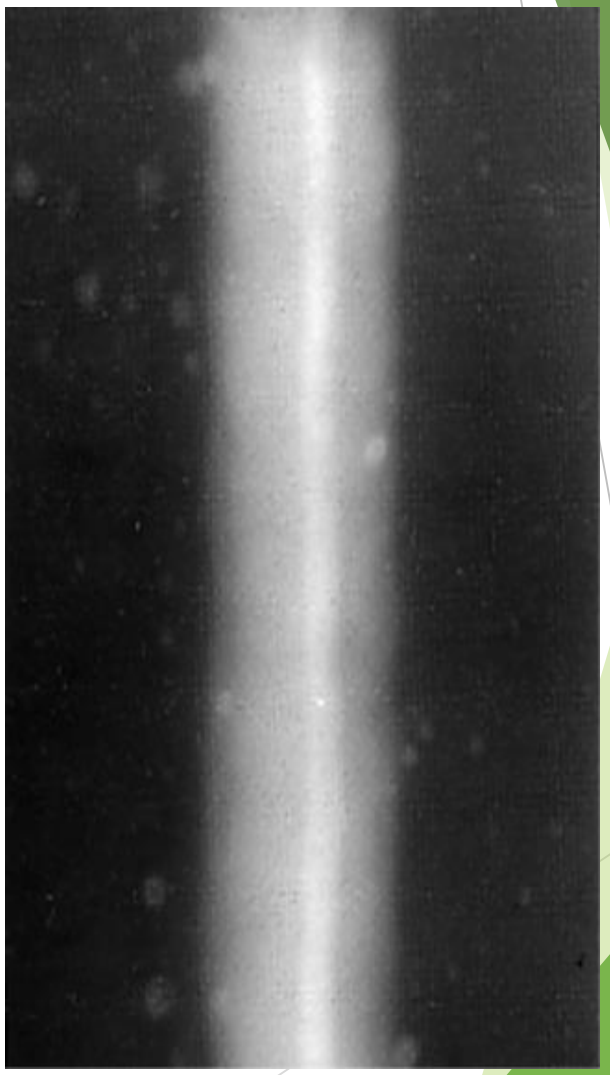


Poor root profile

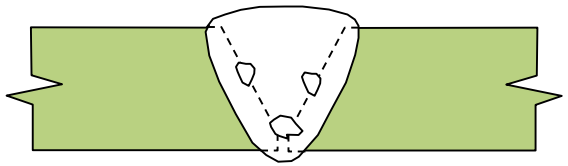


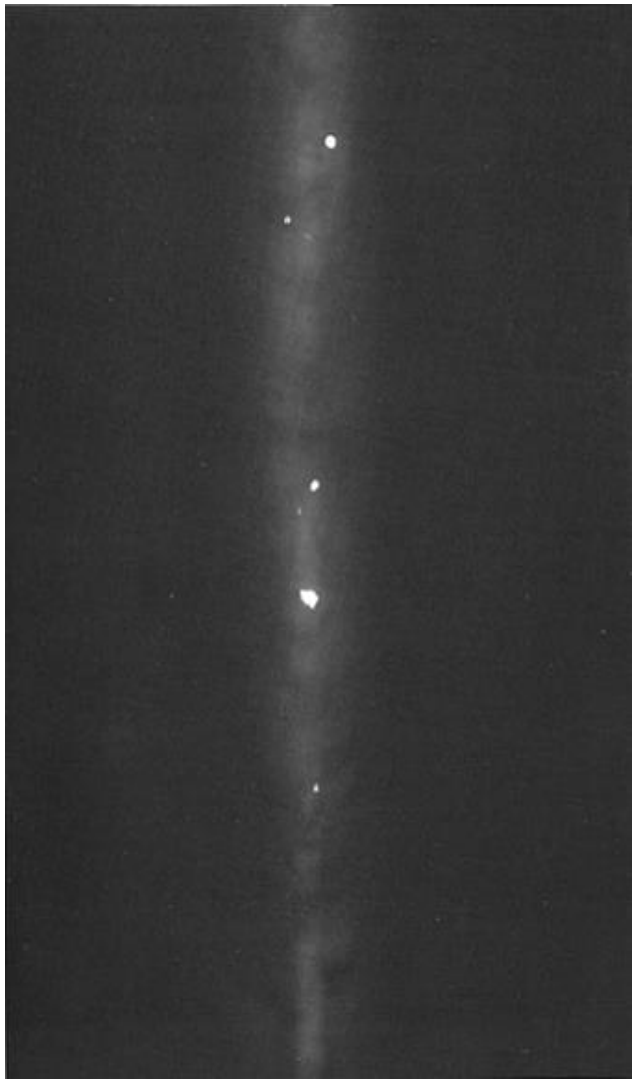
Arc strike



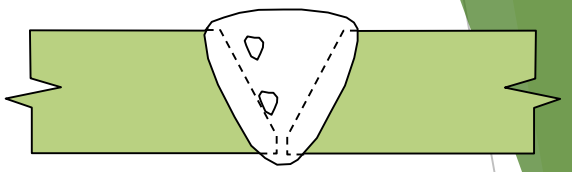


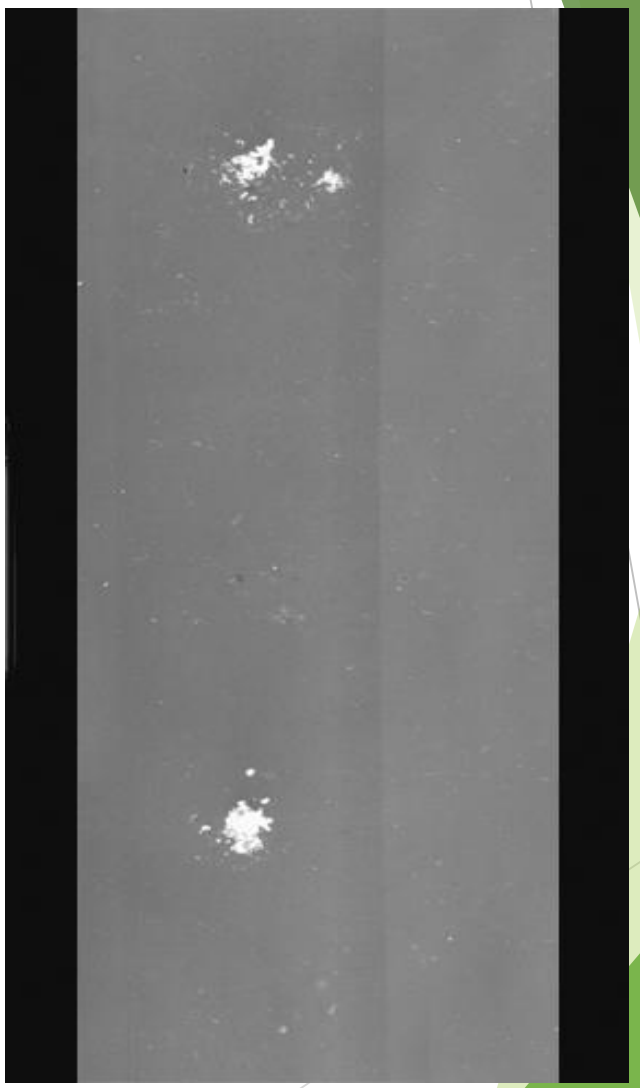
Spatter



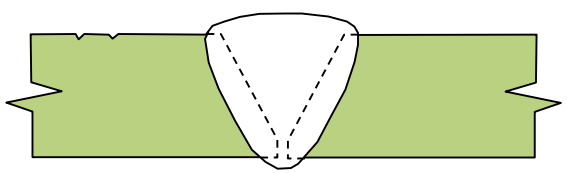


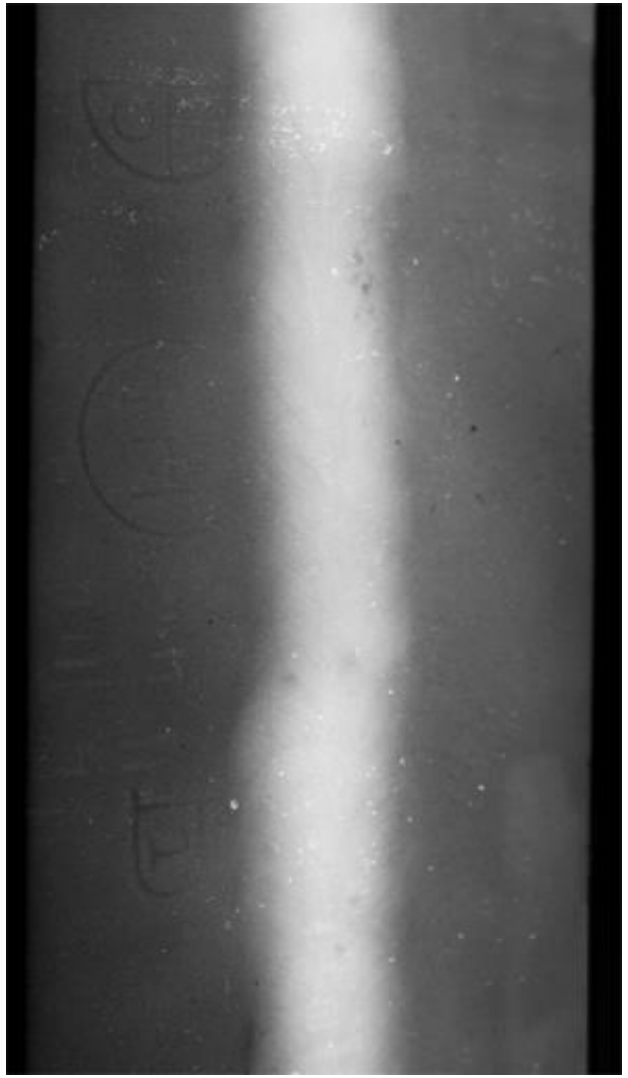
Tungsten inclusions



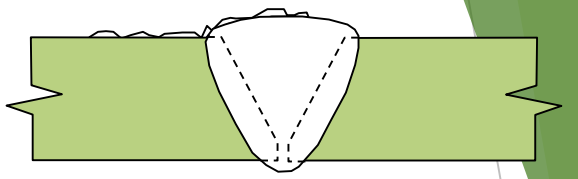


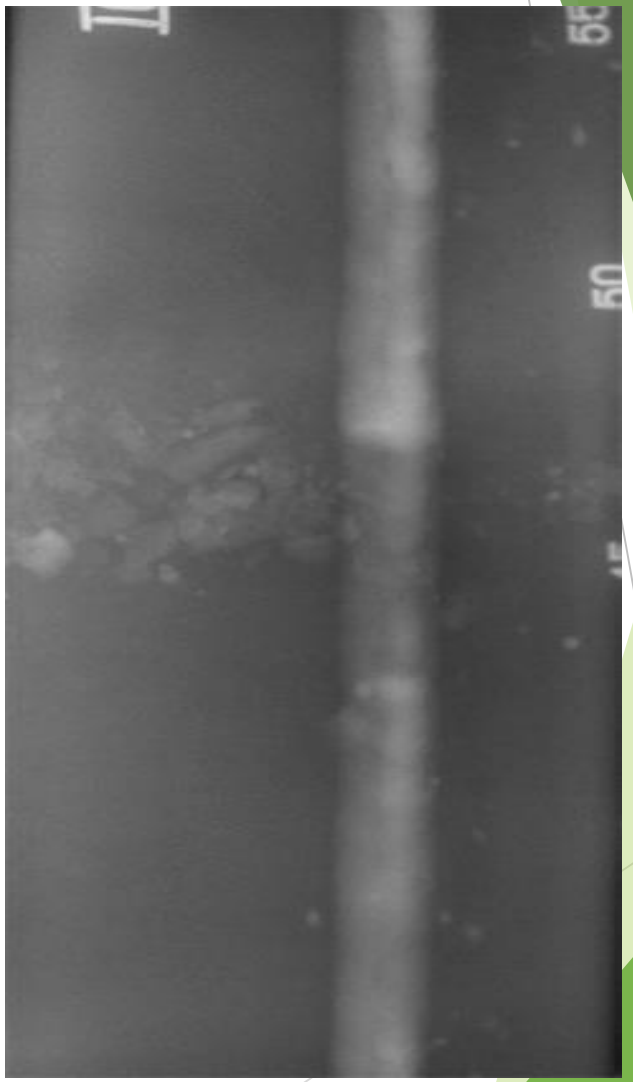
Copper inclusions





Hard stampings

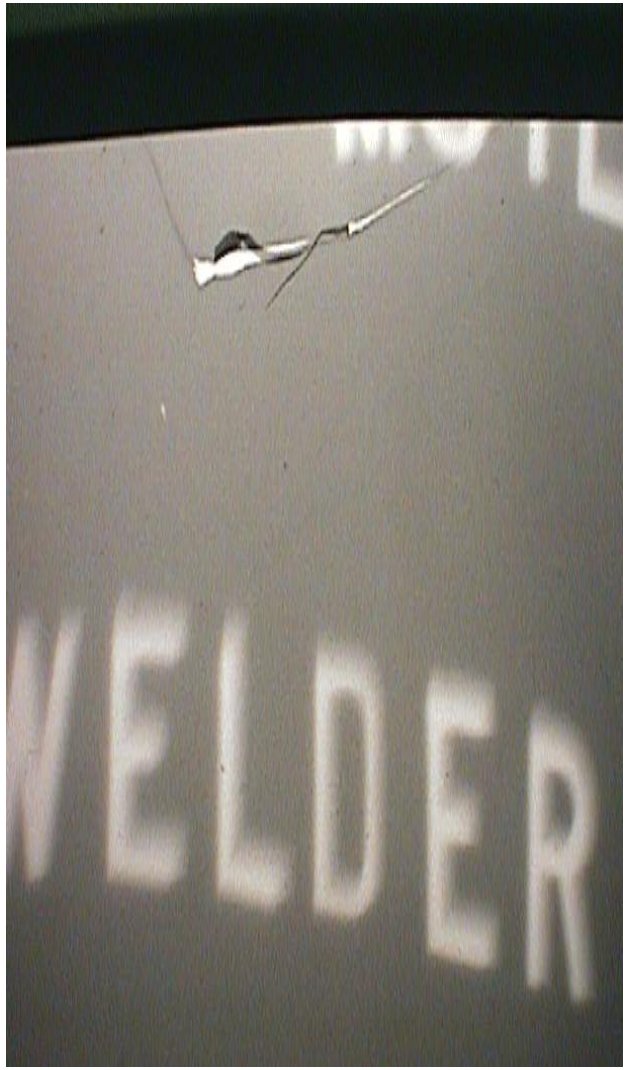




Debris

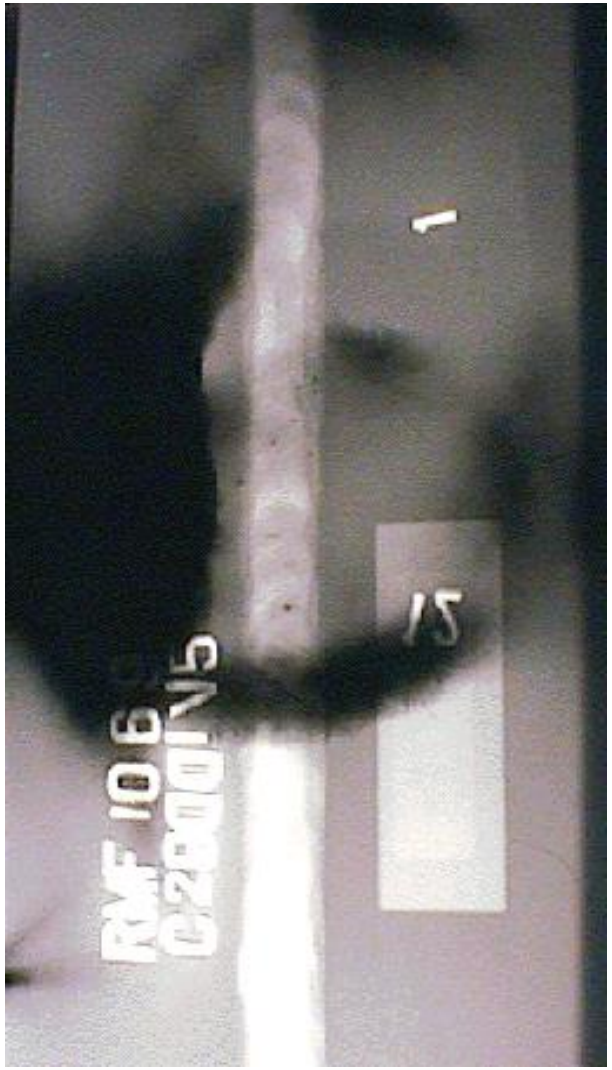
Artifacts

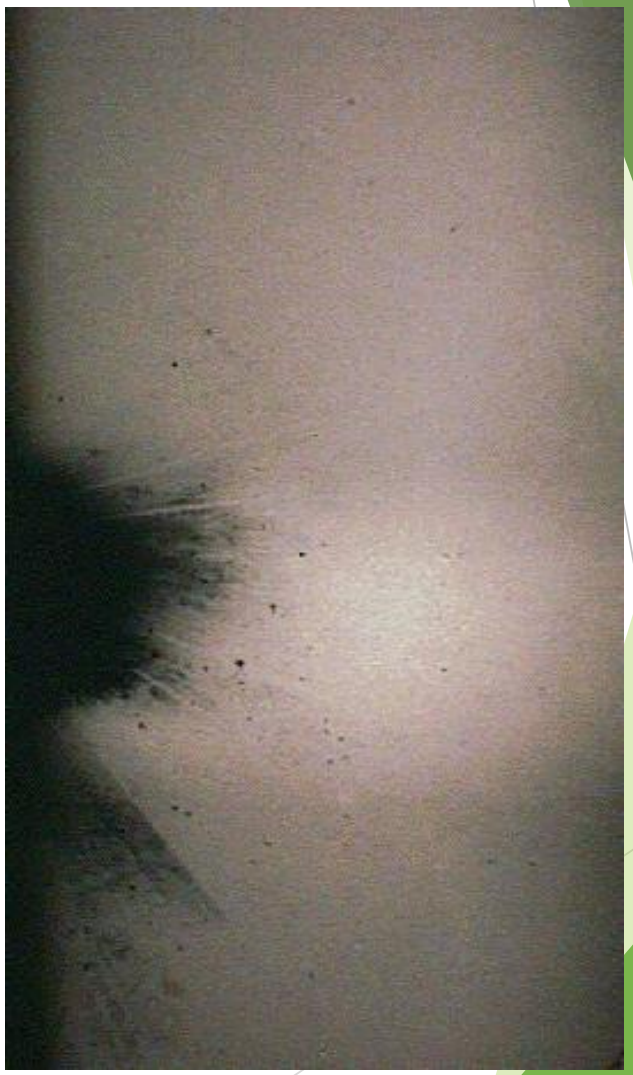
Film Scratches



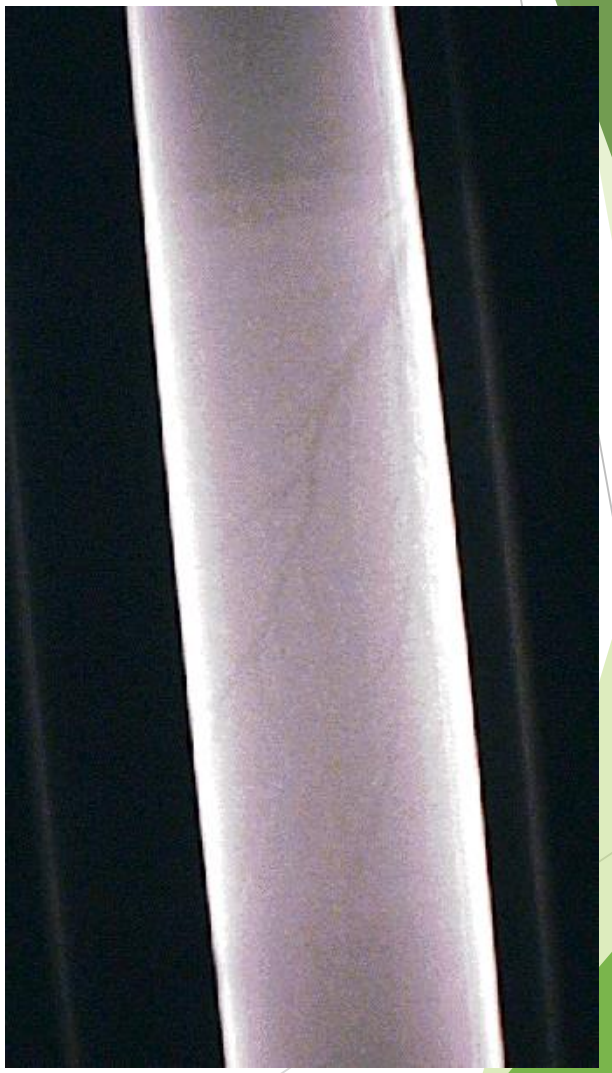
Chemical Marks

Light Leaks

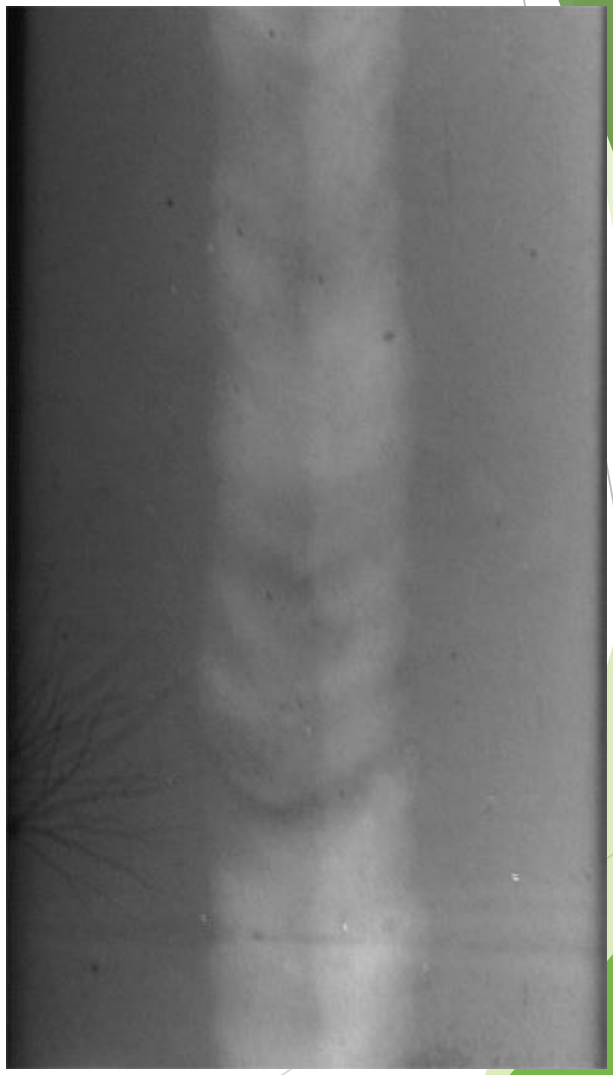




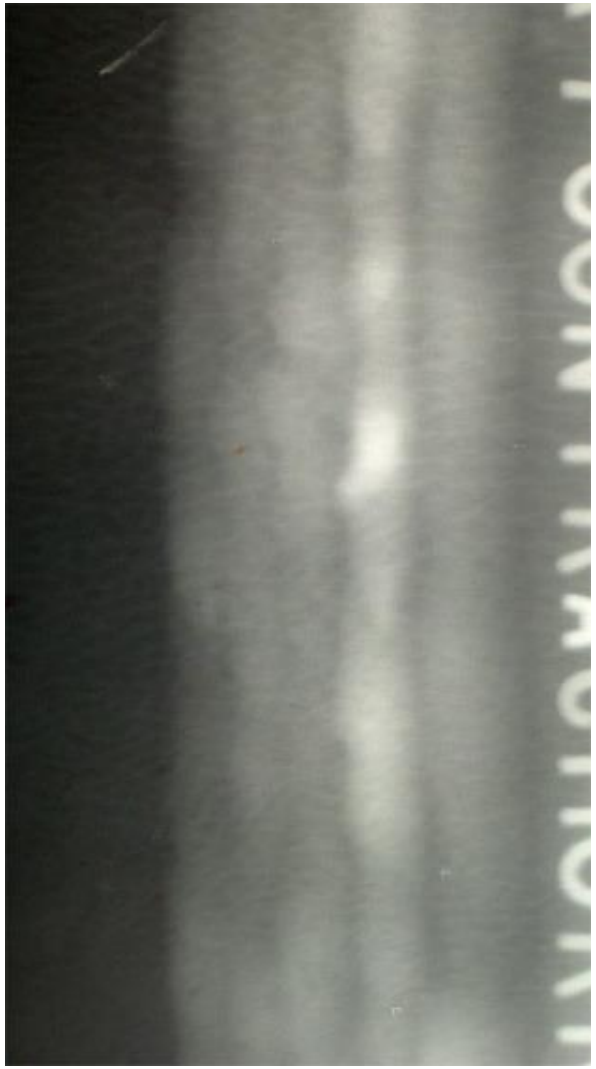
Static Discharge



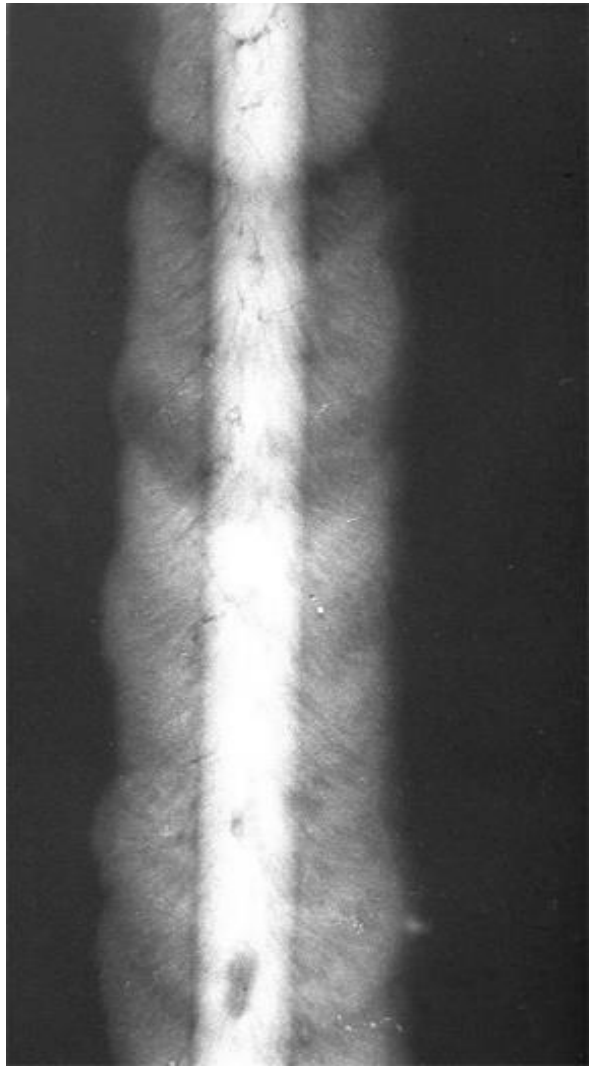
Static Discharge



Reticulation

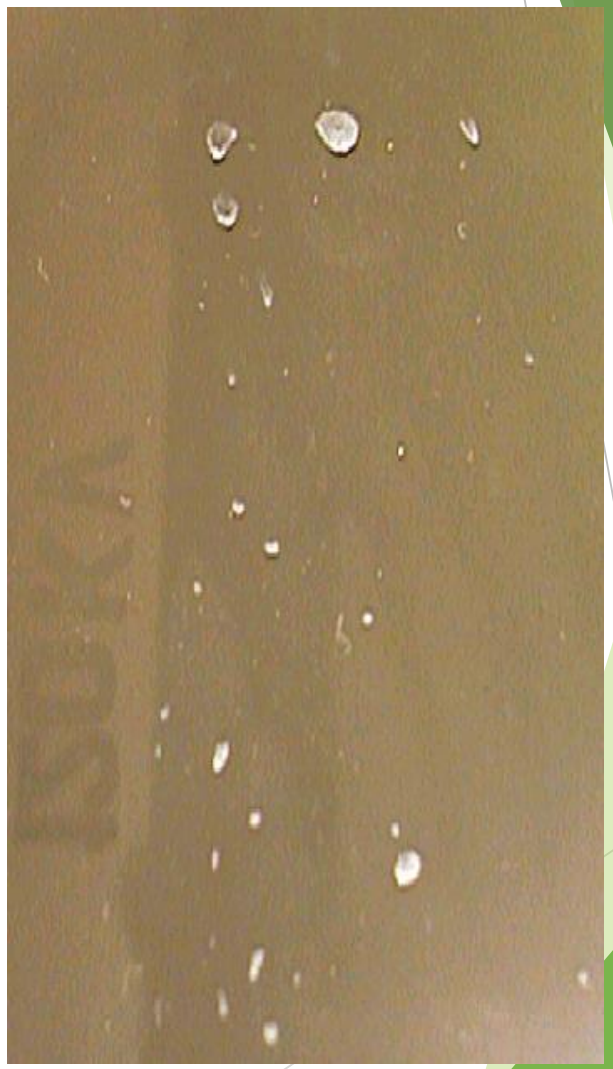


Diffraction Mottle



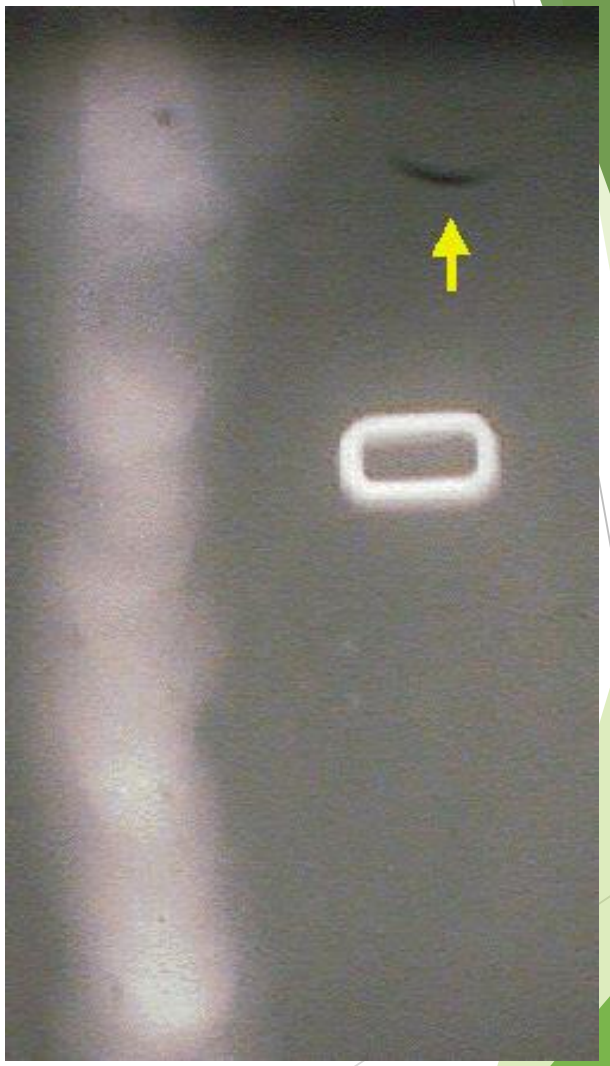
Dust, Lint, Grime Marks

Water Marks



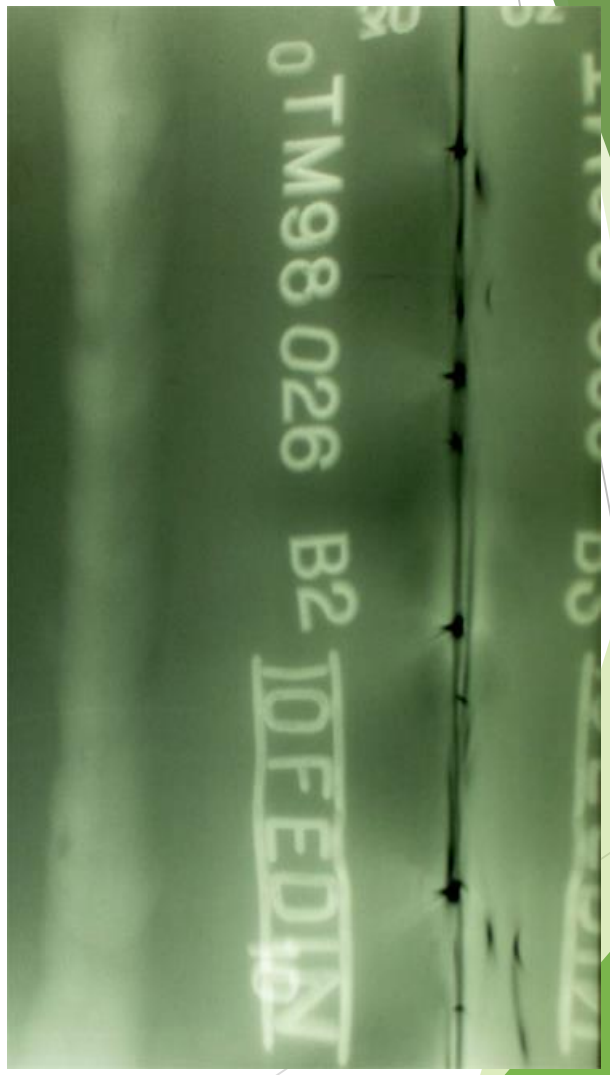
Crimping Marks

Before Exposure

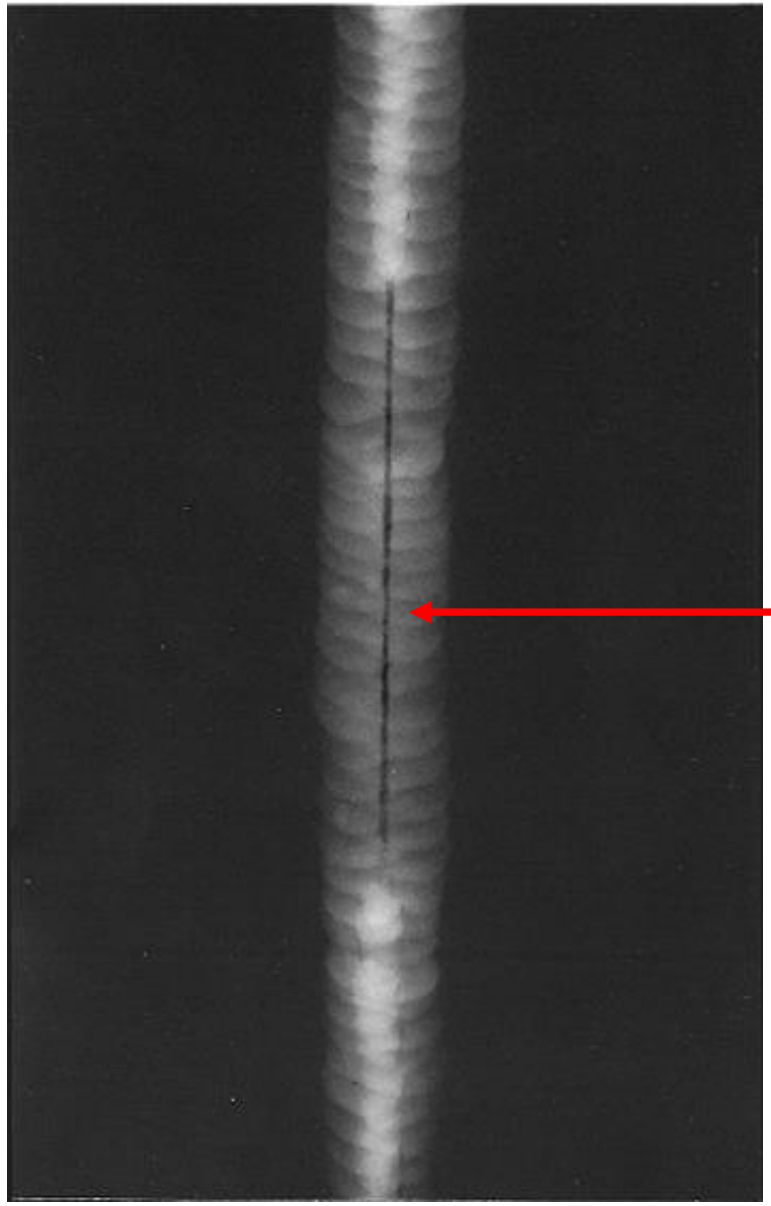


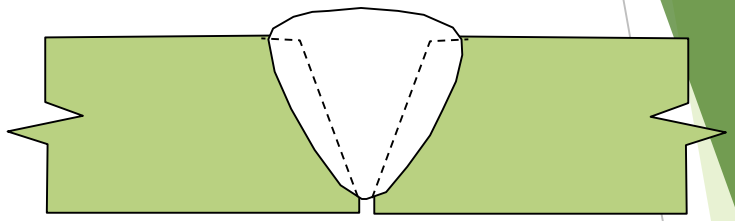
After Exposure

Other Artifacts



Radiographic Interpretation of Welds

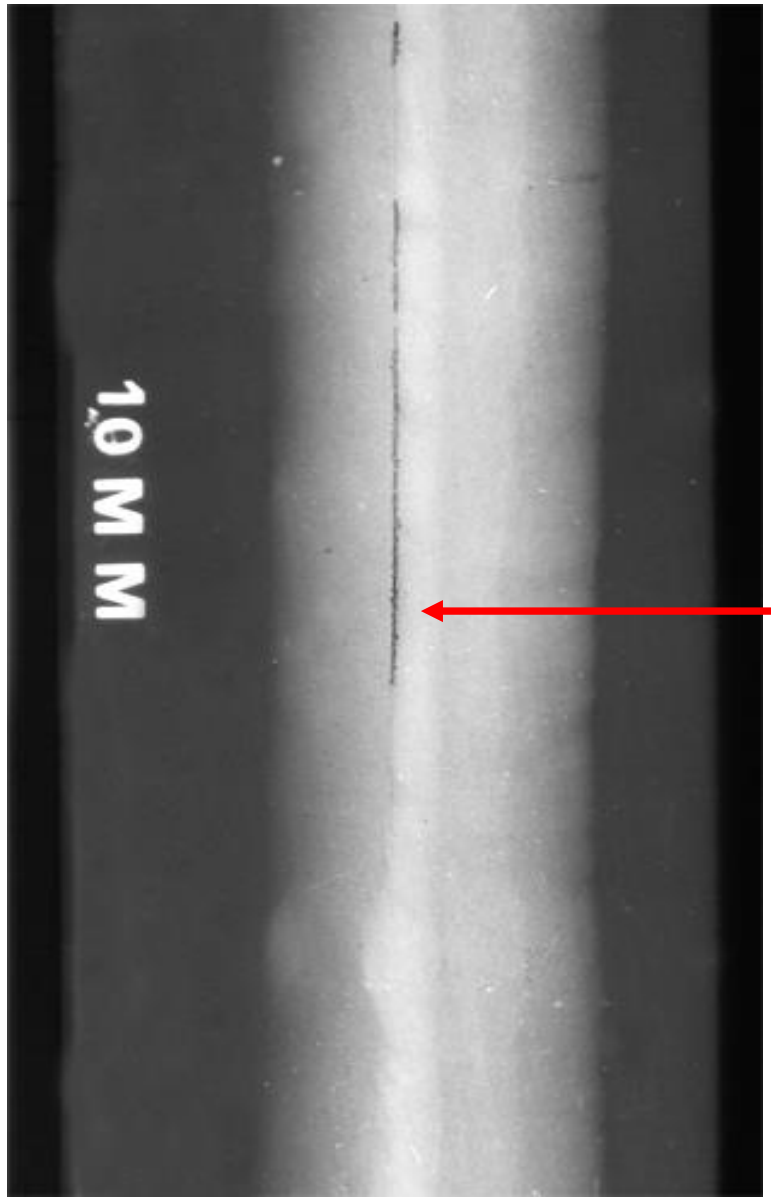


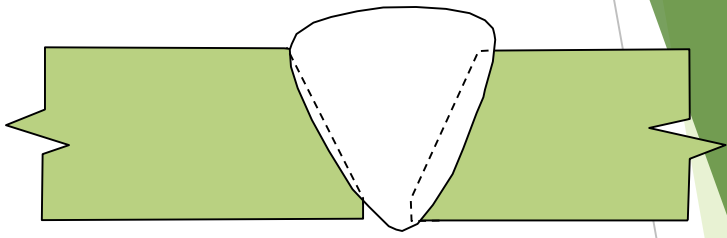


Lack of root penetration

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

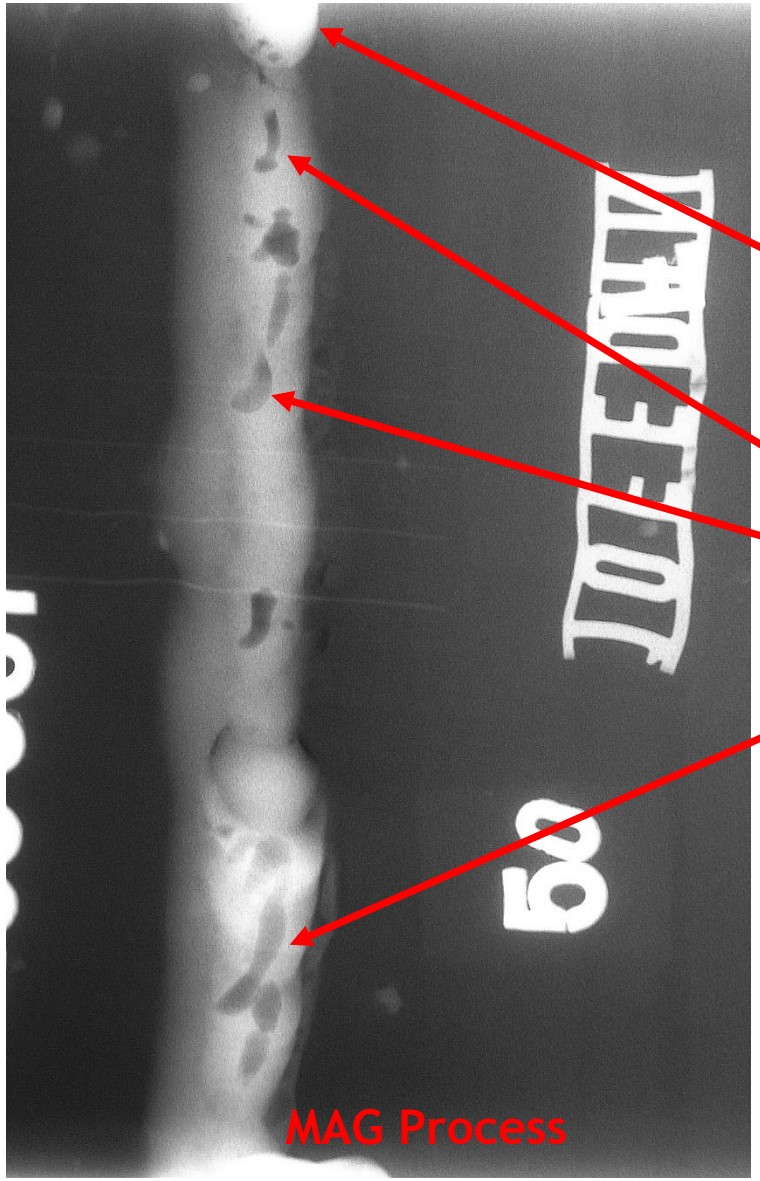




Lack of root Fusion

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

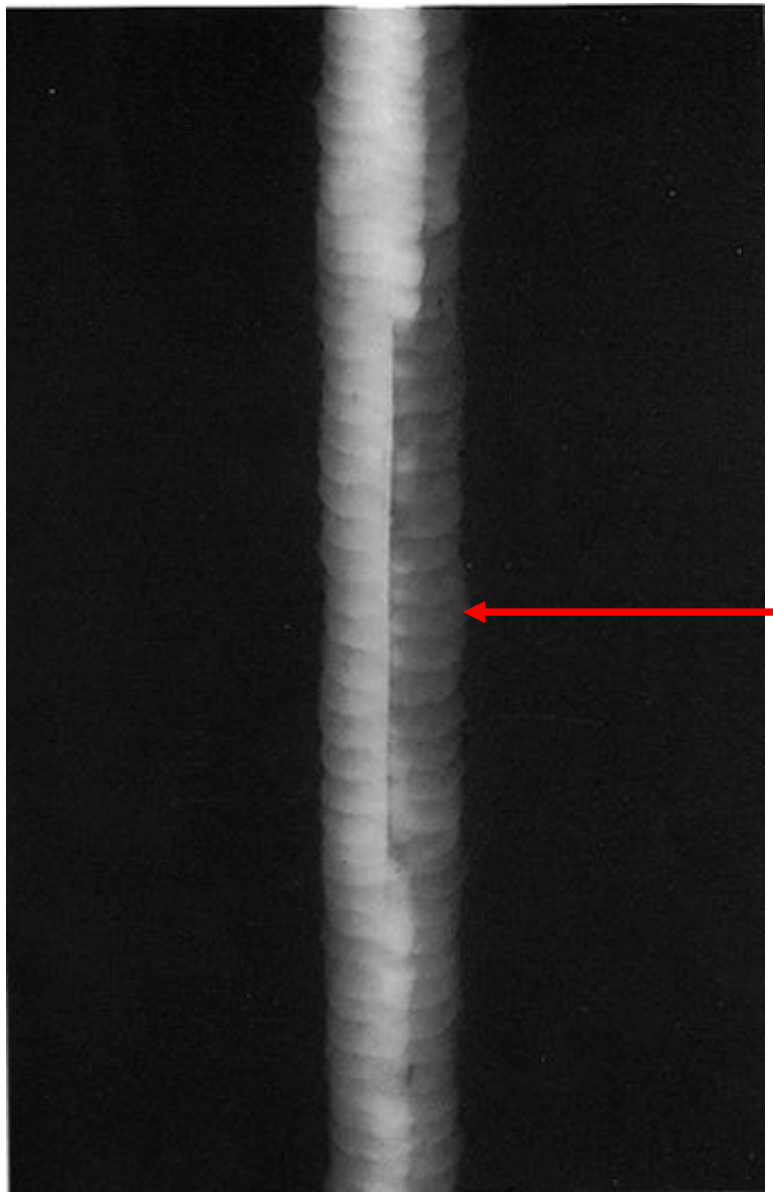


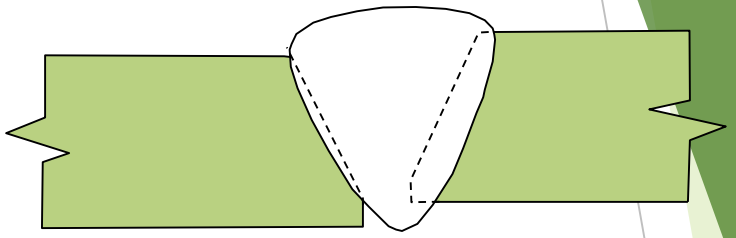
Excess Penetration

Piping

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

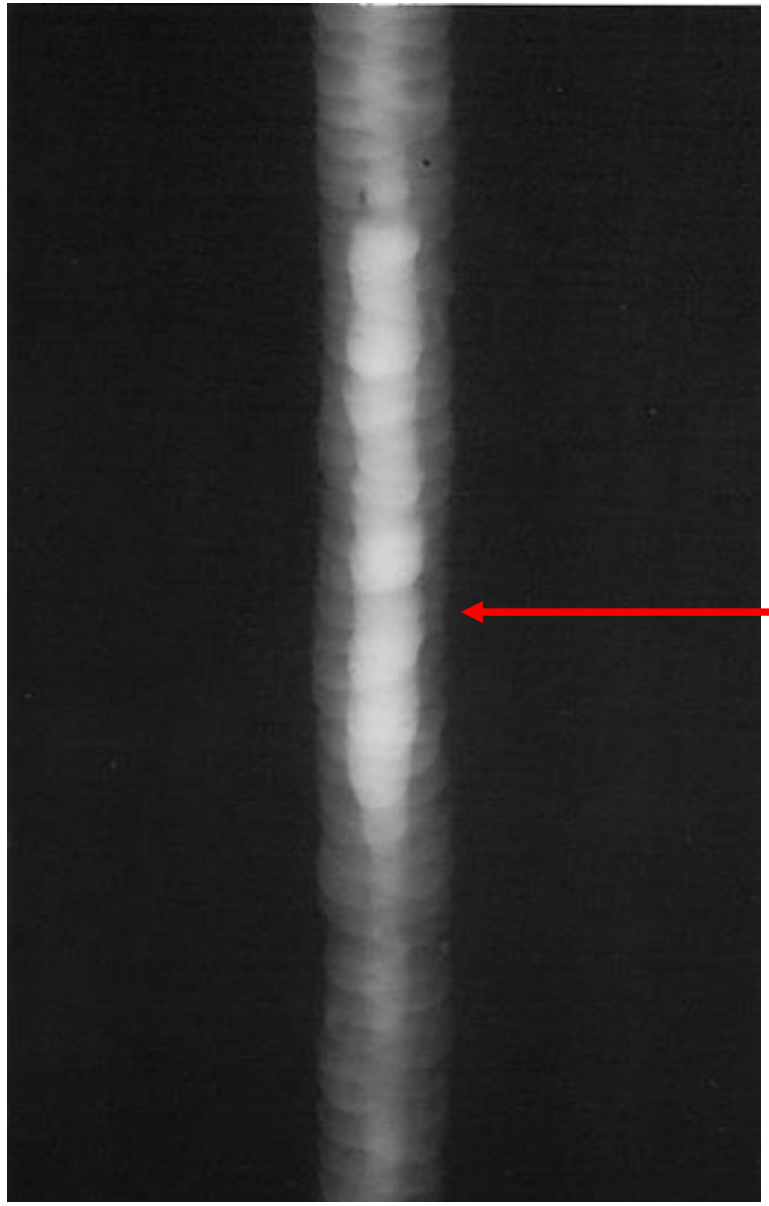


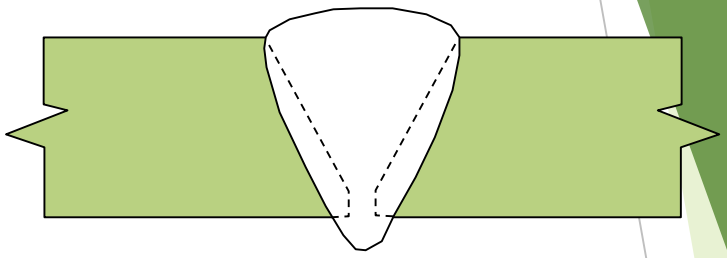


Lack of root fusion
with misalignment

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

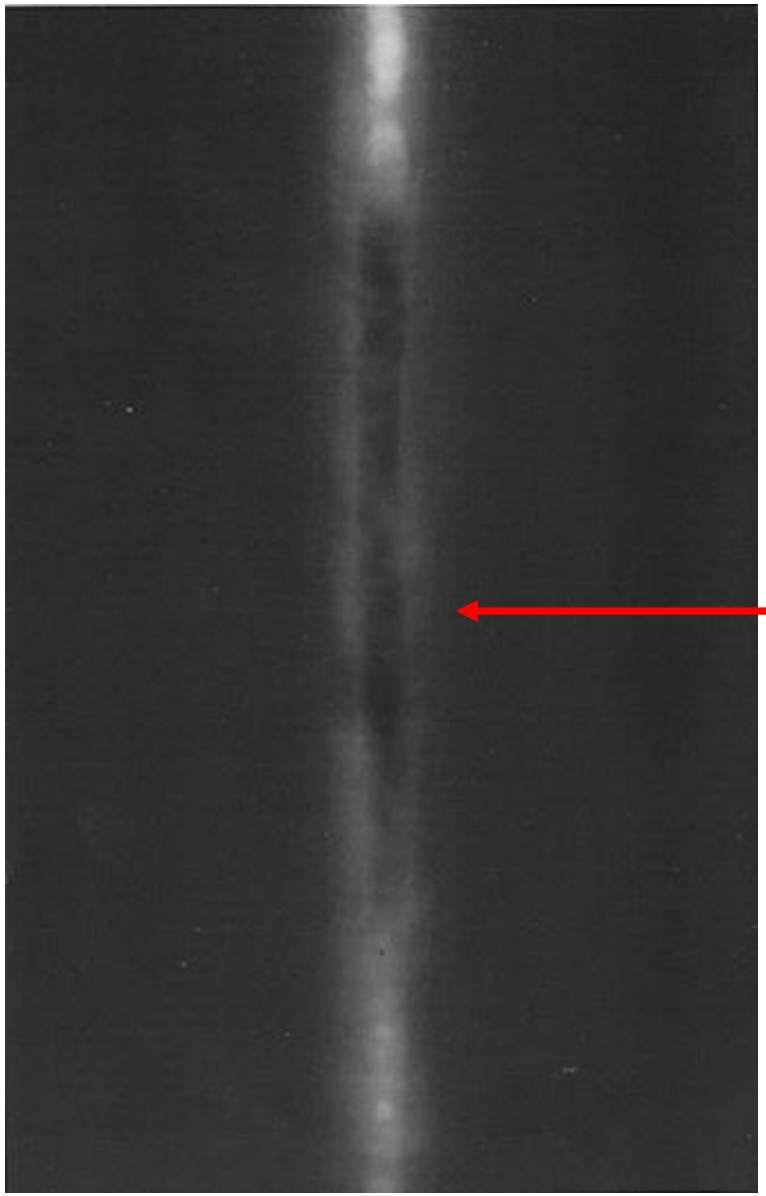


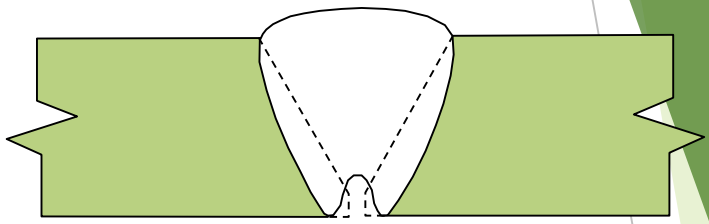


Excessive root penetration

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

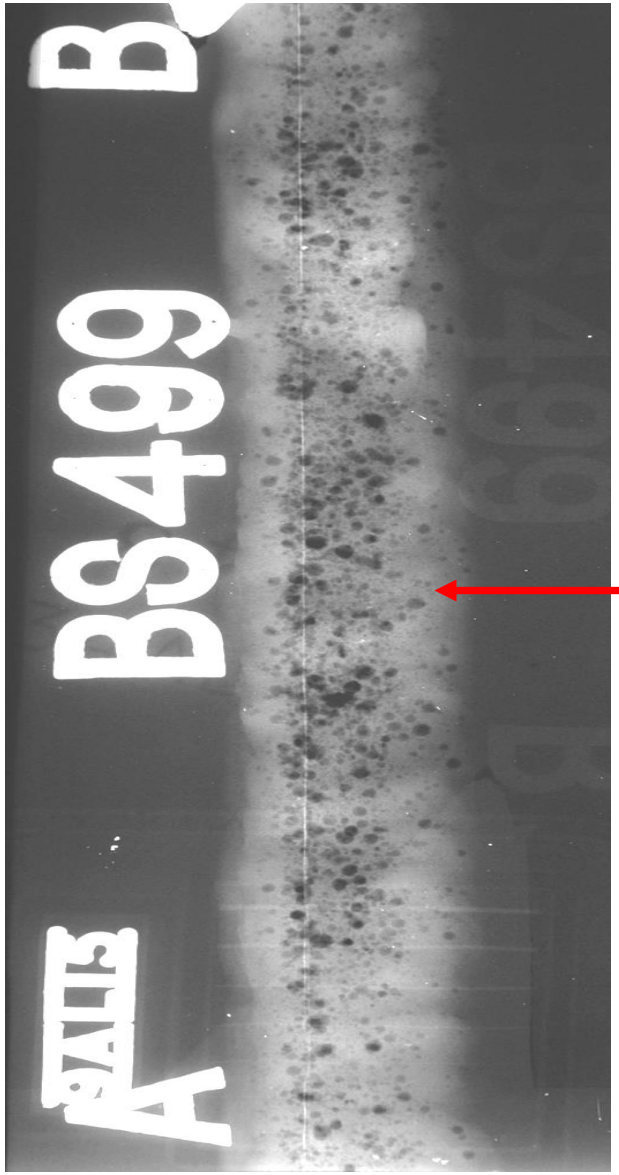


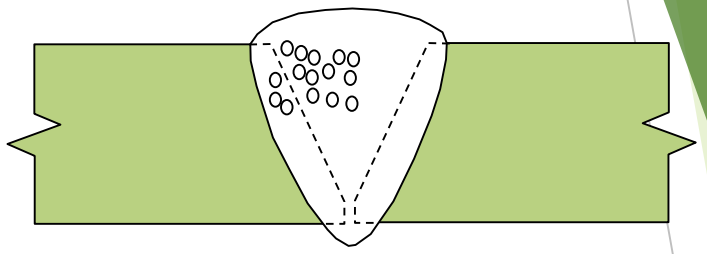


Concave root

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

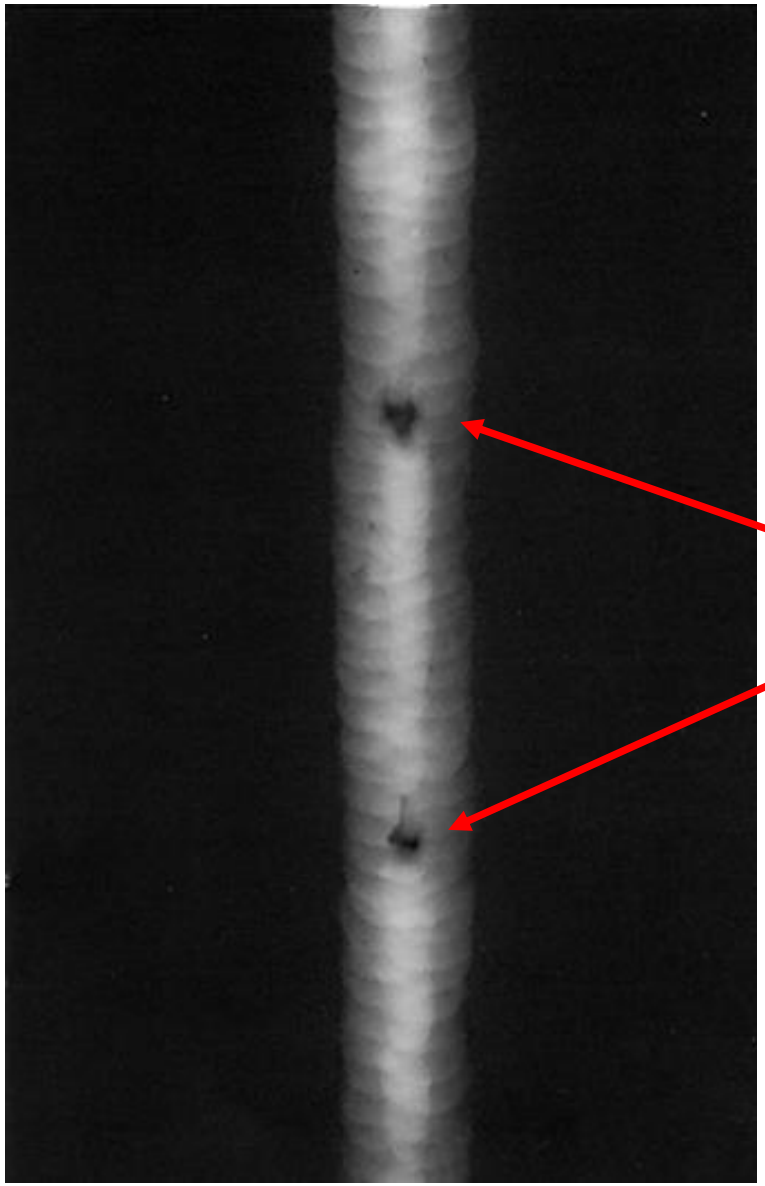


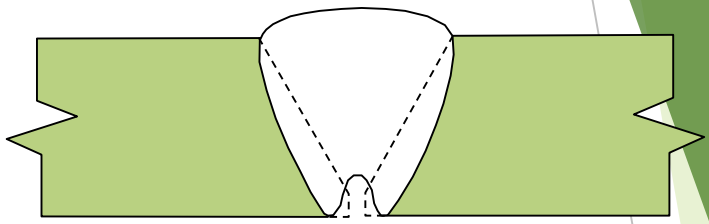


Cluster porosity

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

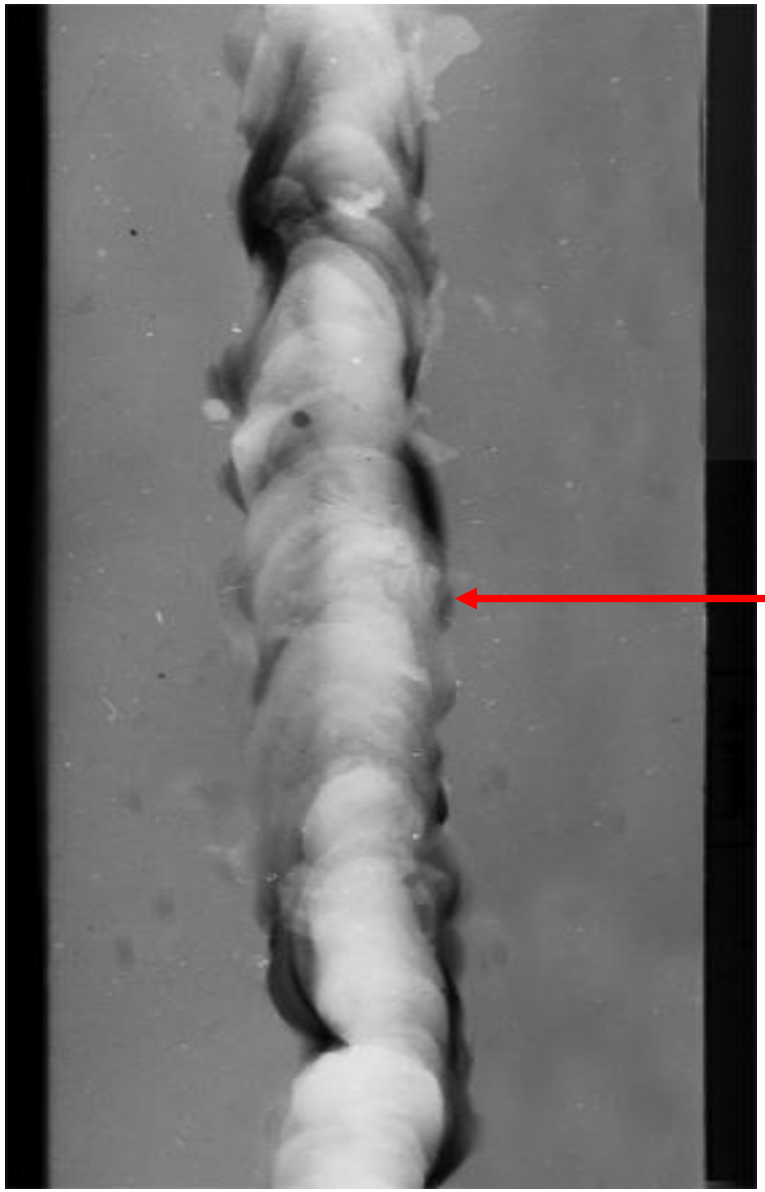


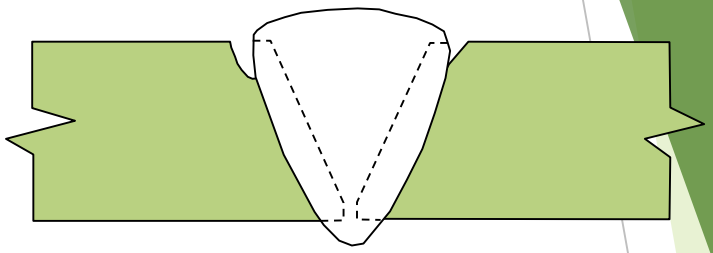


Burn through

What's the defects?

Radiographic Interpretation of Welds





Cap undercut

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

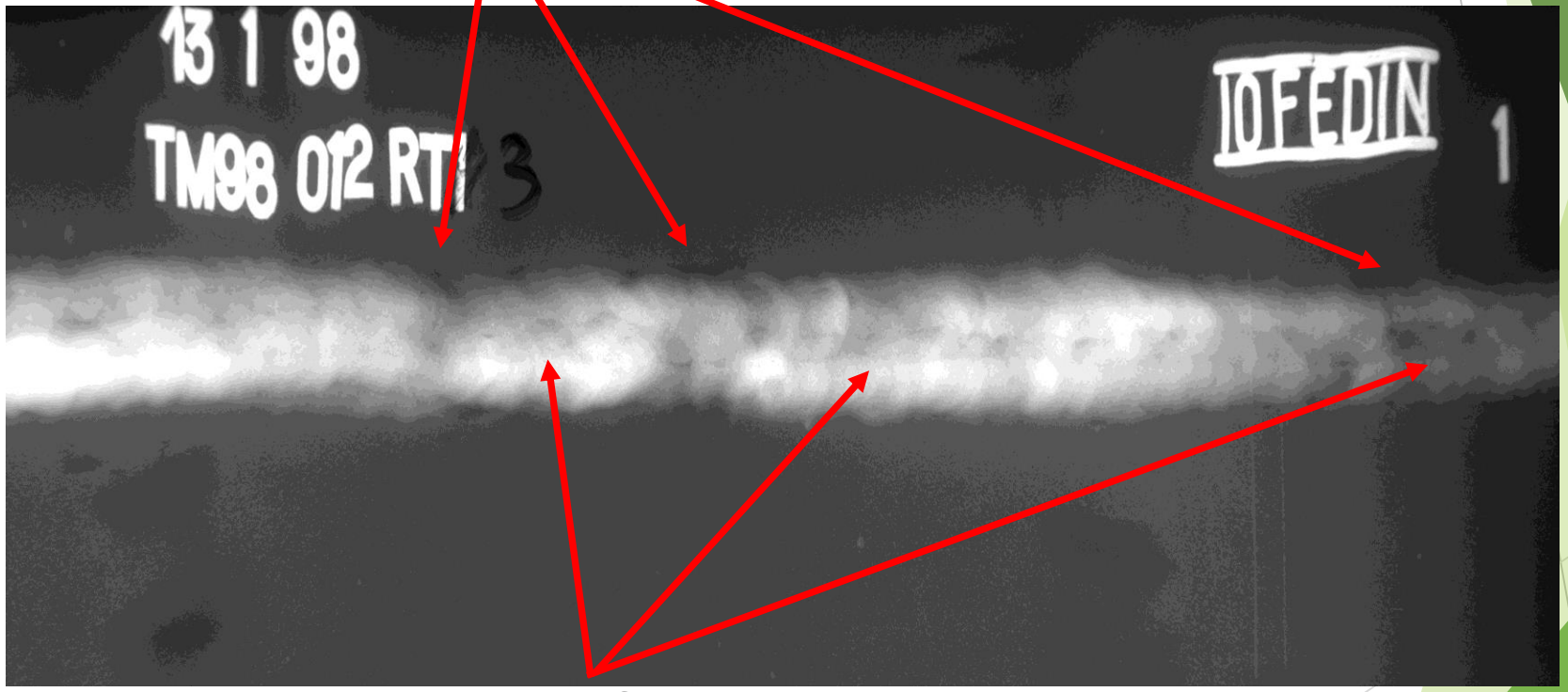
Wormholes/Piping

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

Note: Grinding marks on parent plate

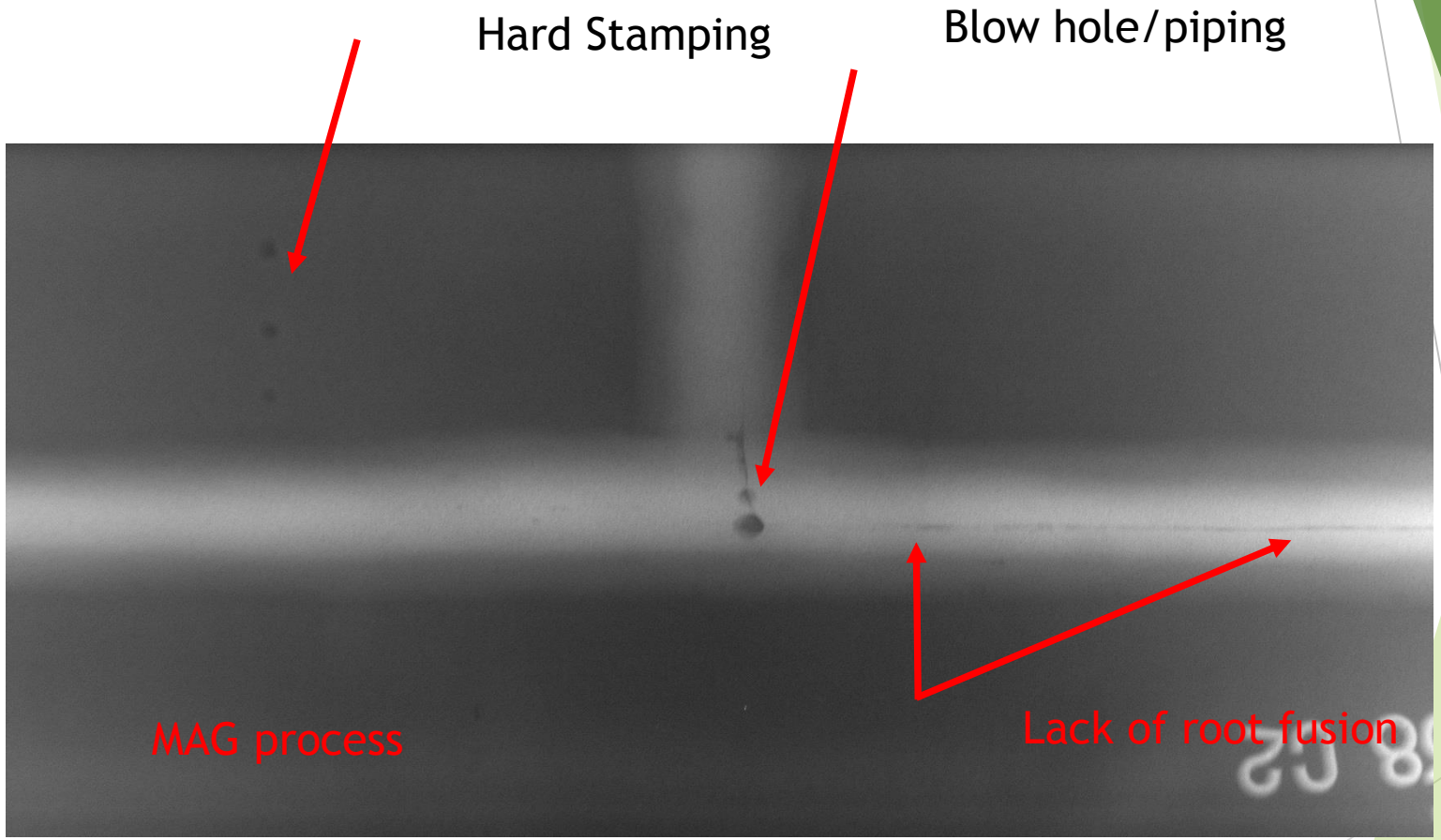
Cap undercut intermittent



Concave root

What's the defect?

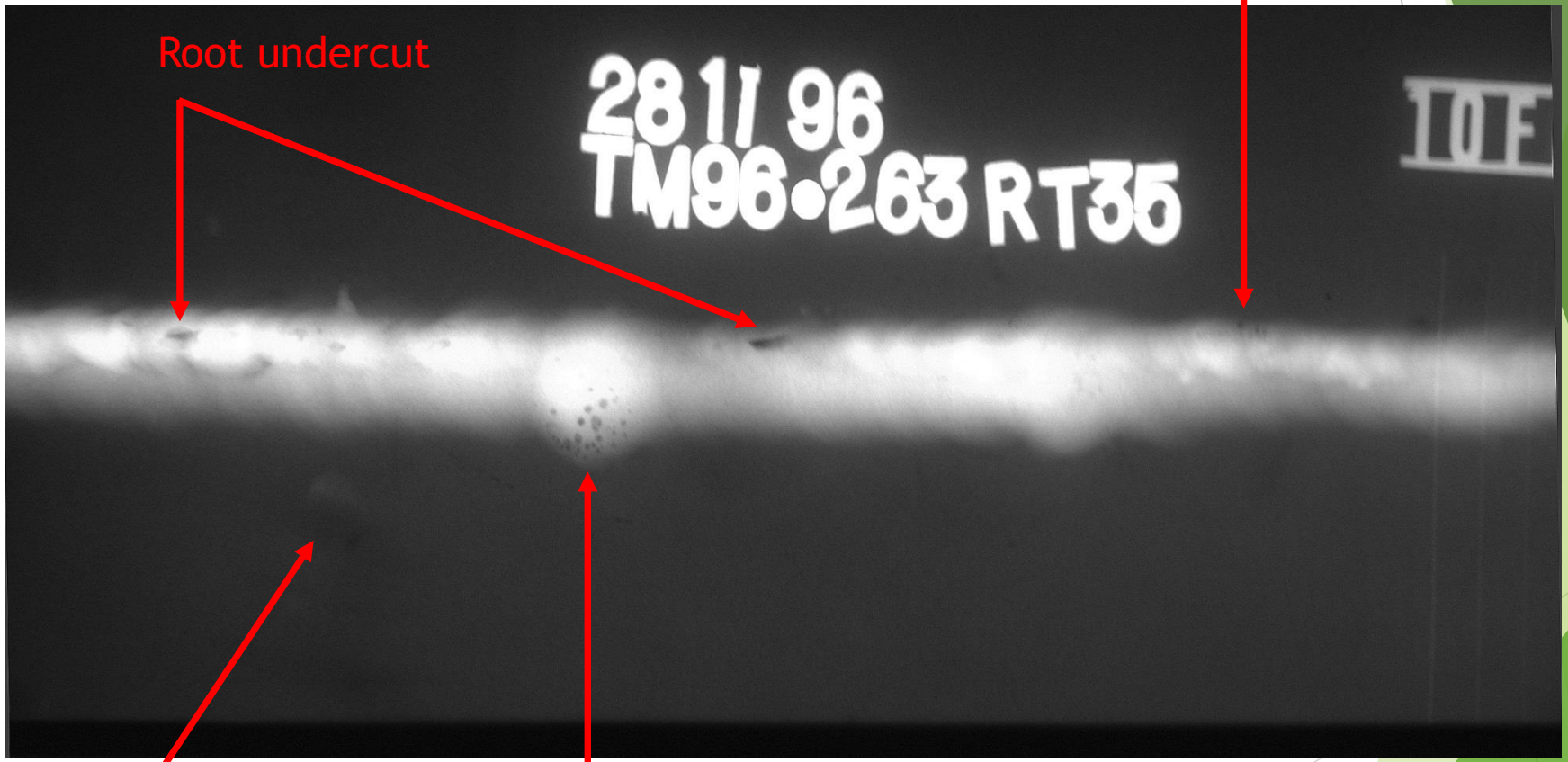
Radiographic Interpretation of Welds



What's the defects?

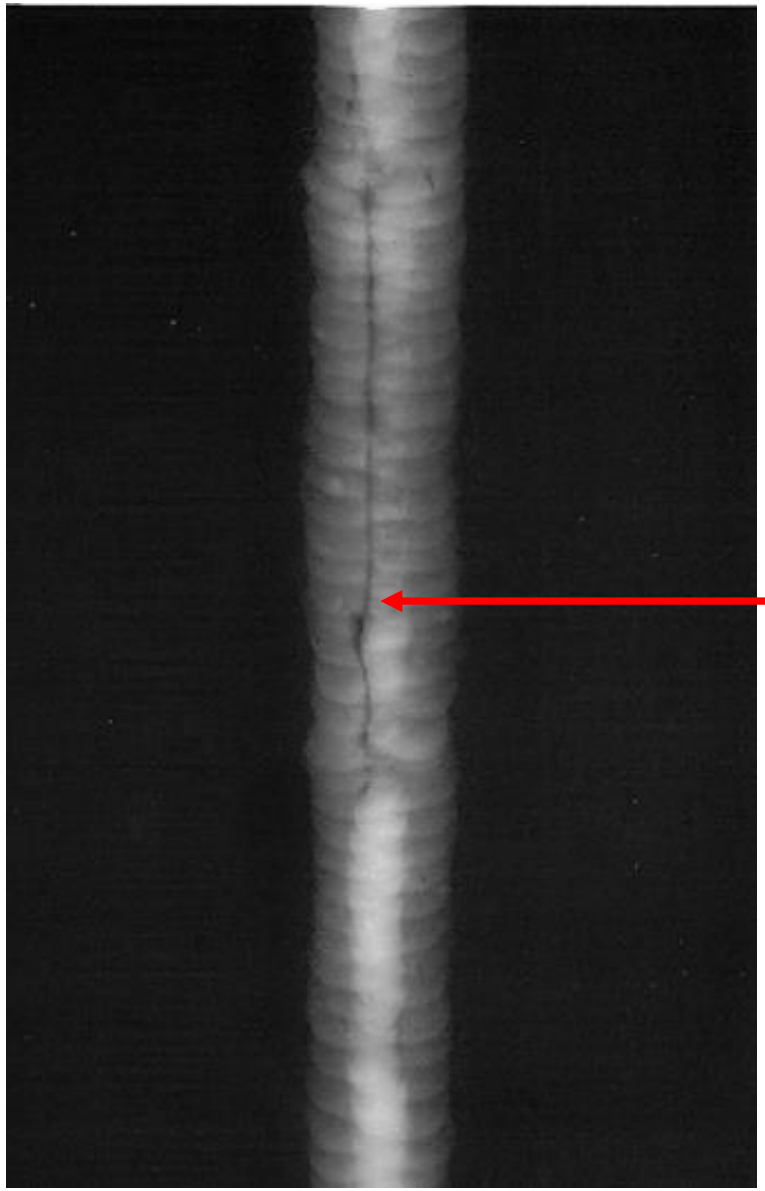
Radiographic Interpretation of Welds

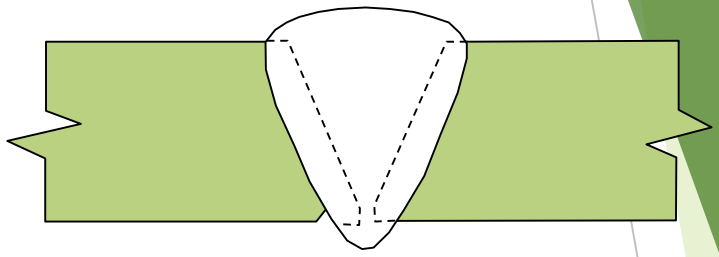
Note: Grinding marks on parent plate



What's the defects?

Radiographic Interpretation of Welds

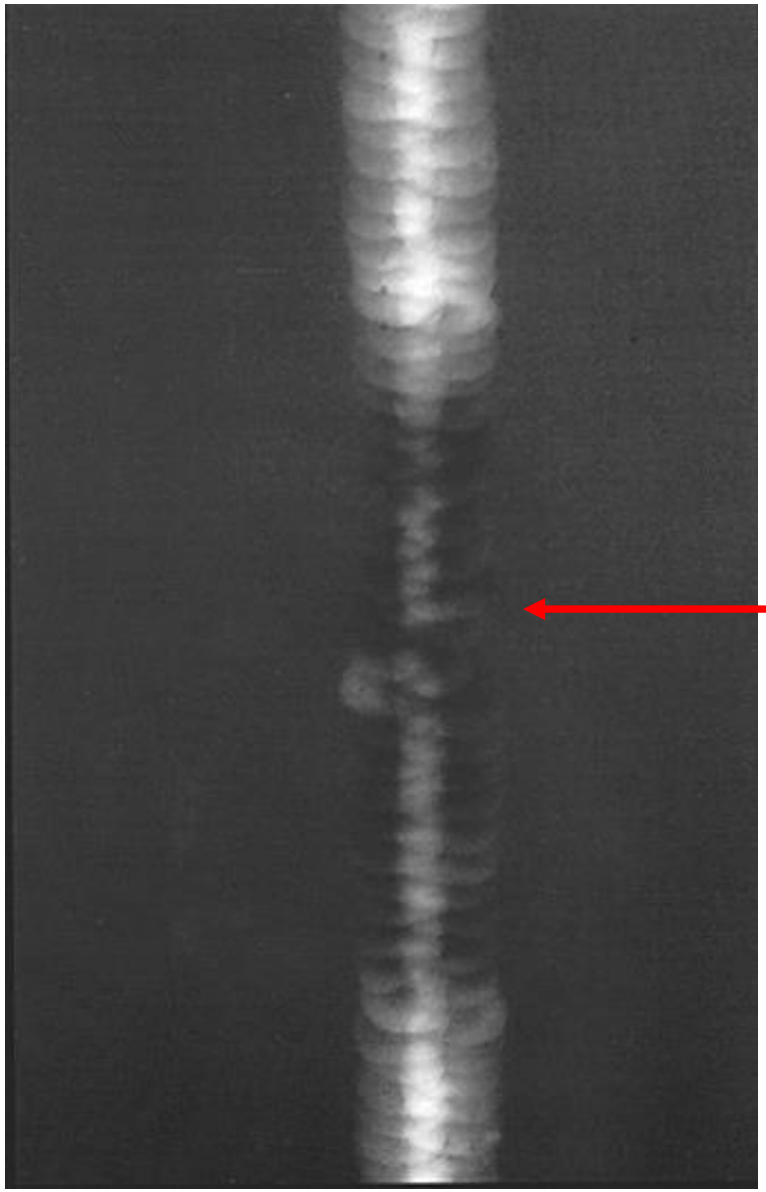


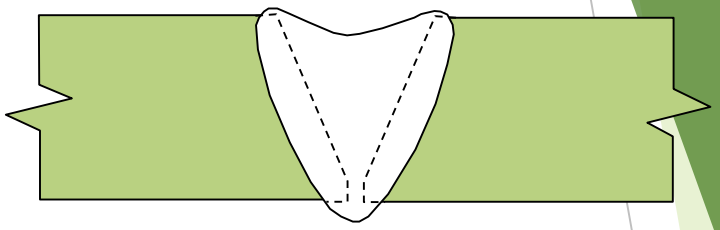


Root undercut

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

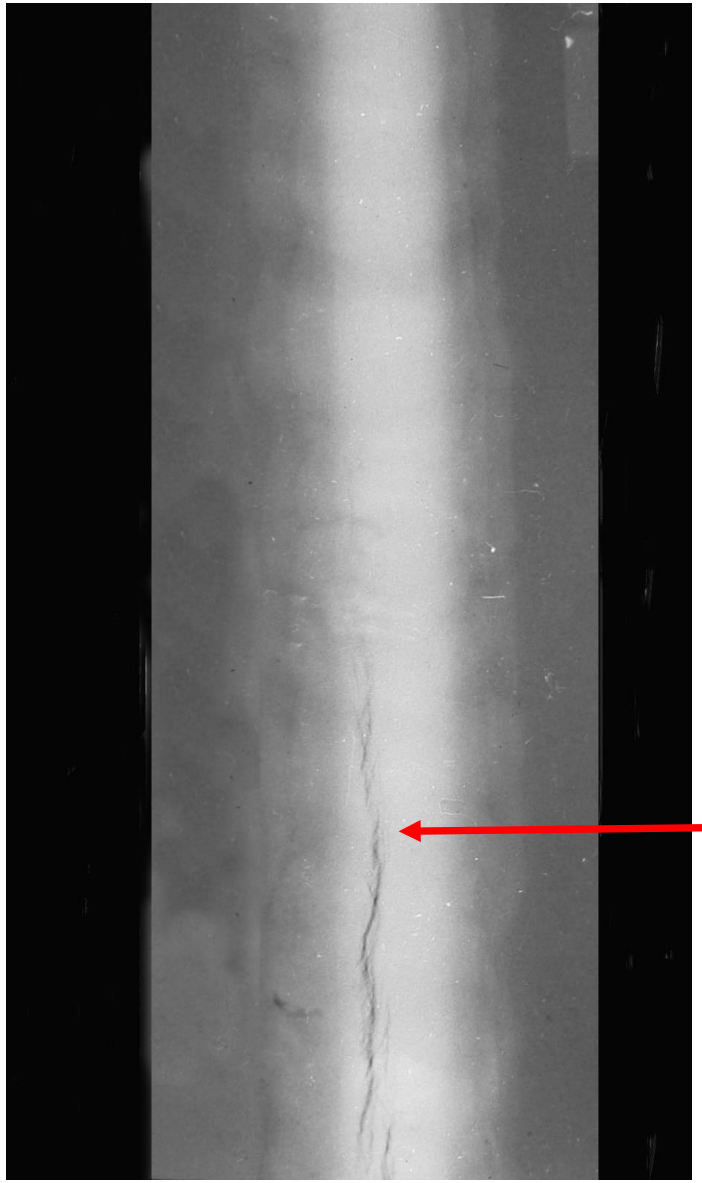


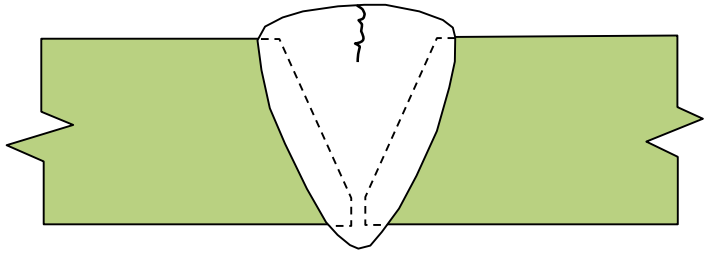


Incomplete filled groove

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds



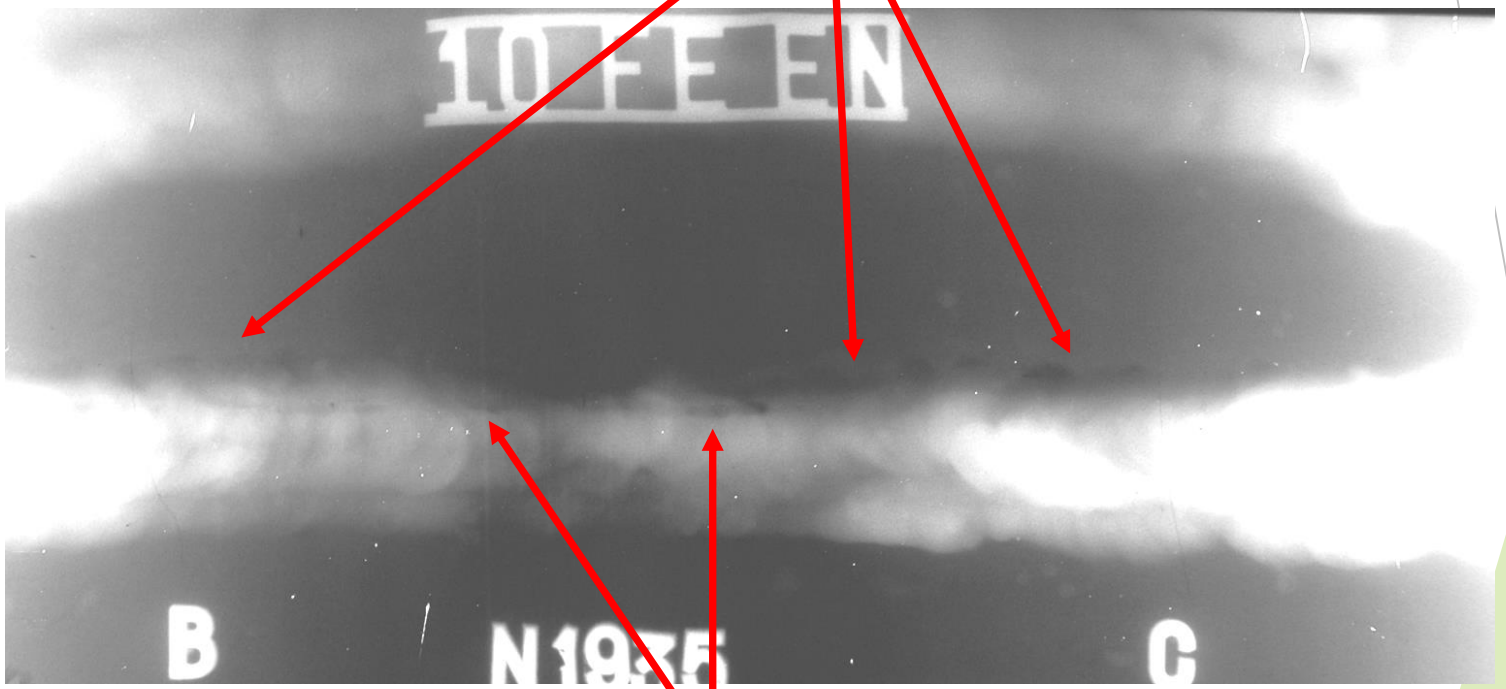


Longitudinal crack

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

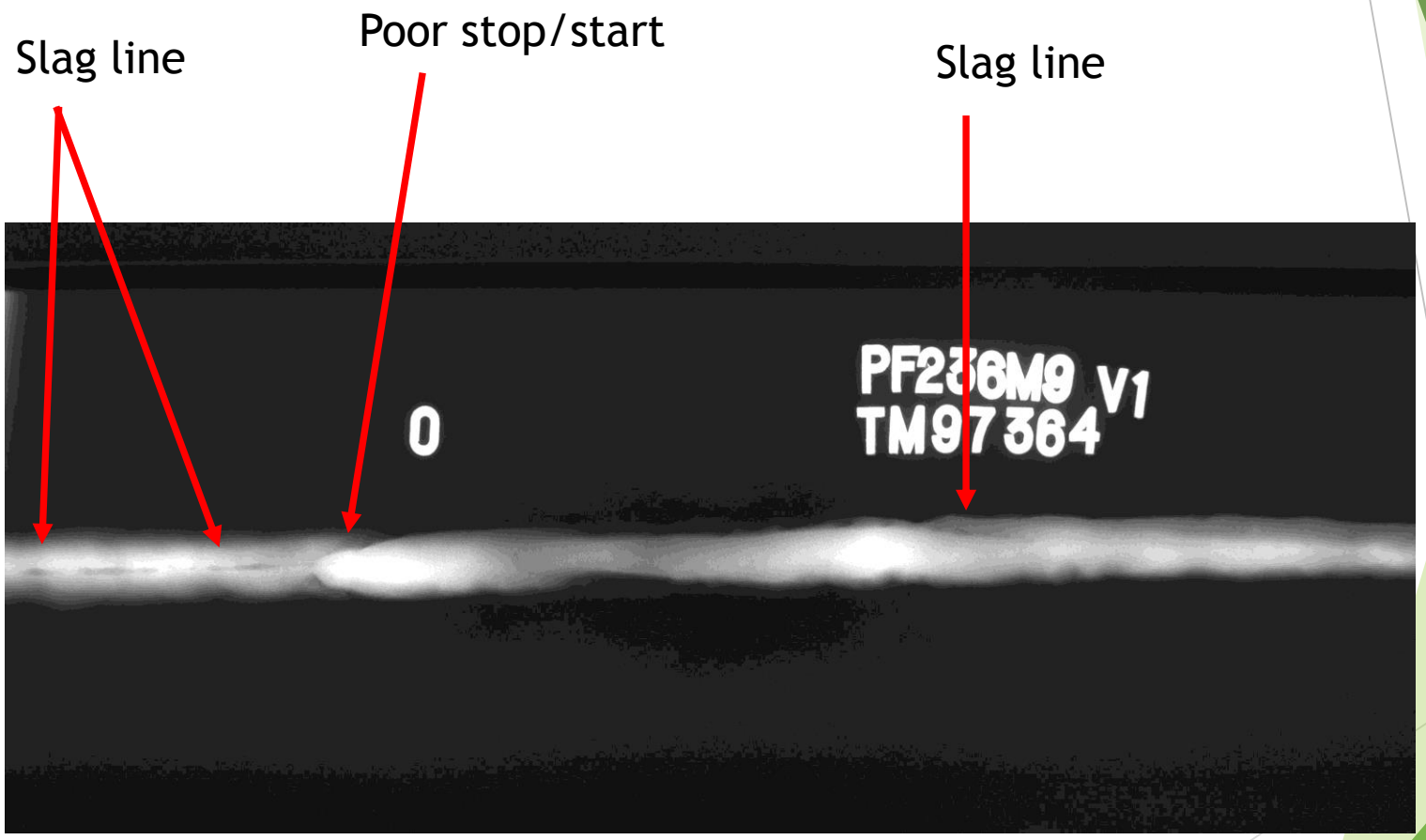
Cap Undercut Intermittent



Slag Line

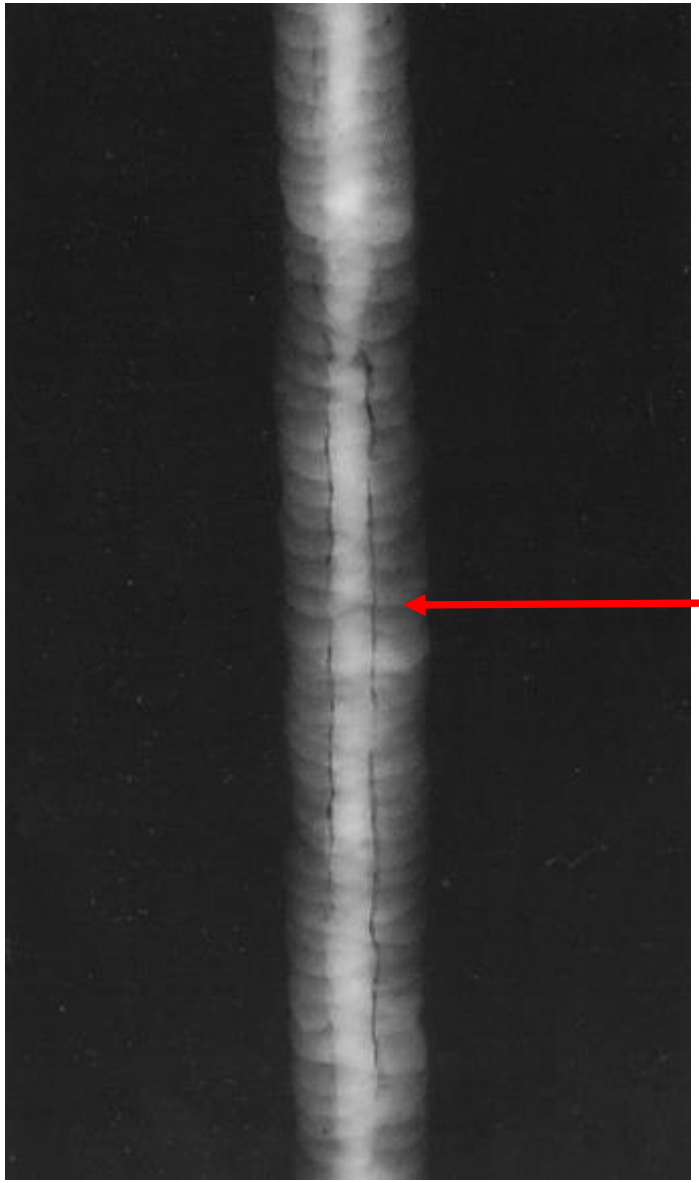
What's the defects?

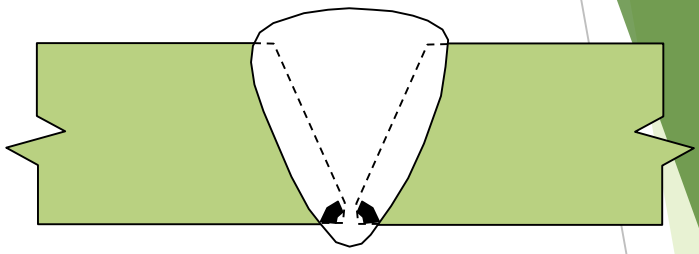
Radiographic Interpretation of Welds



What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

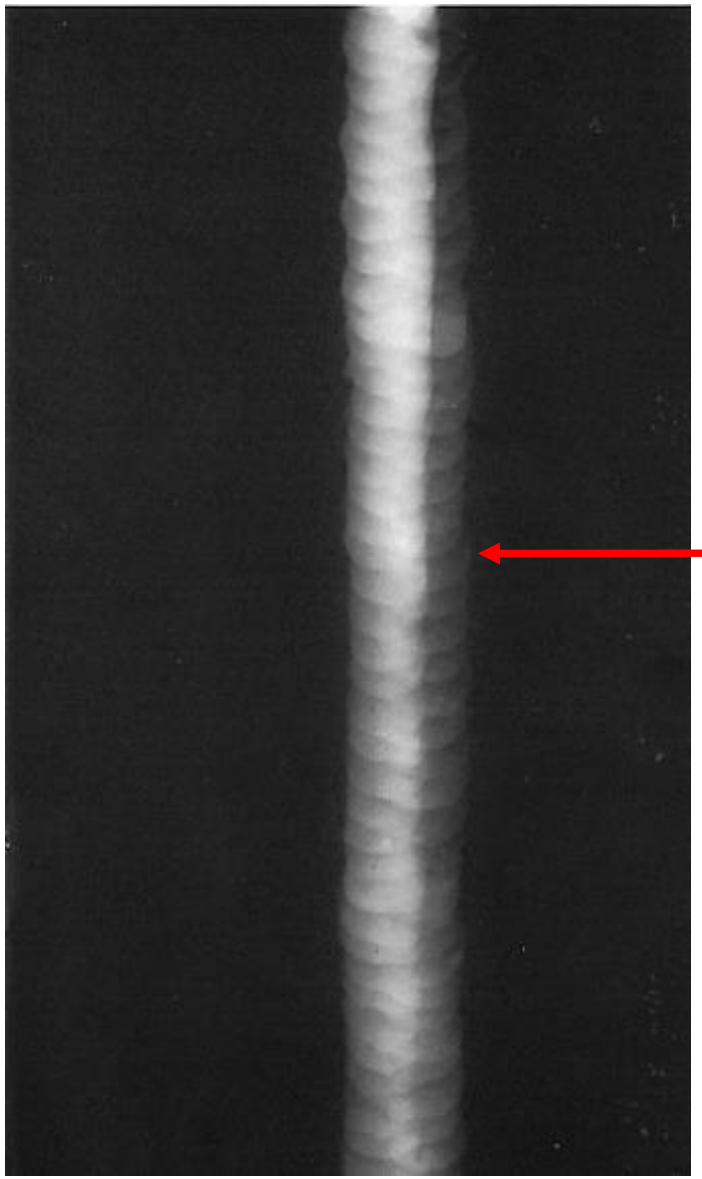


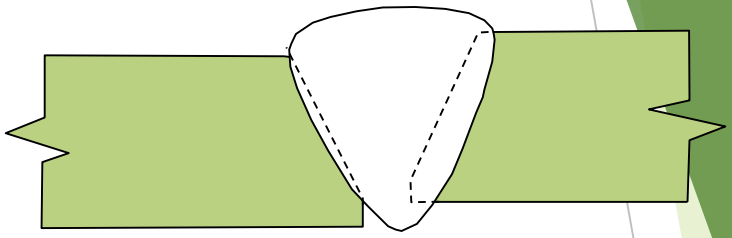


Elongated slag lines

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

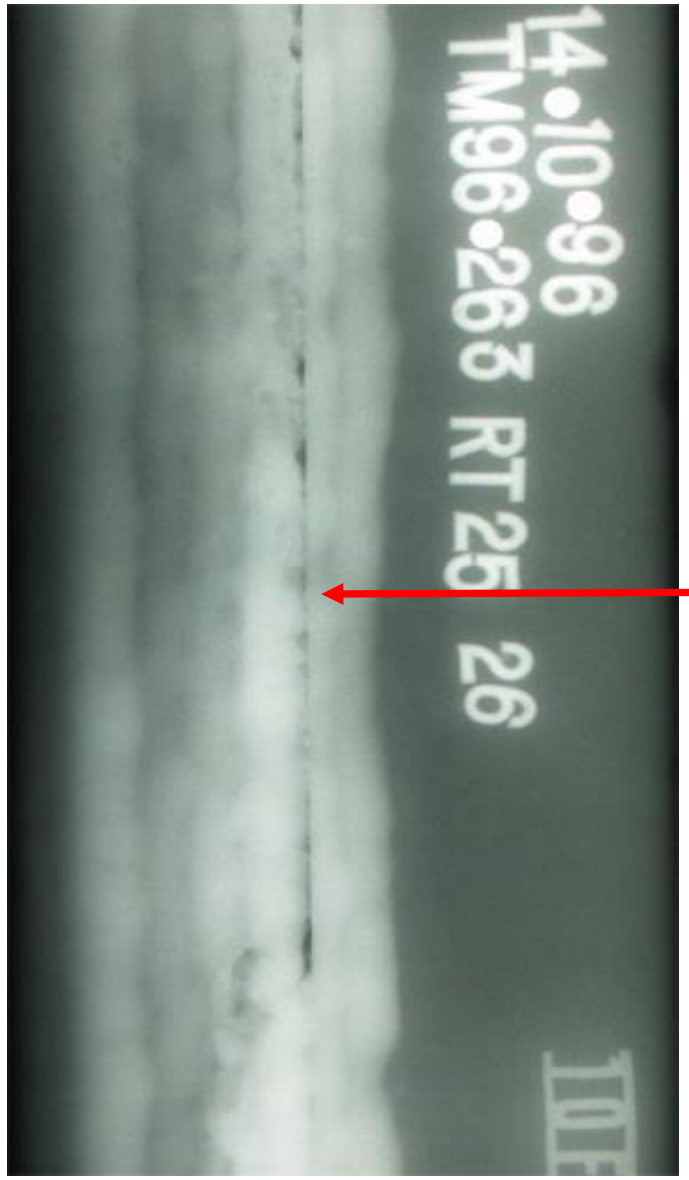


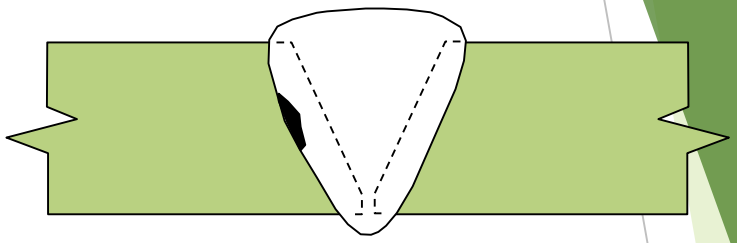


Linear misalignment

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

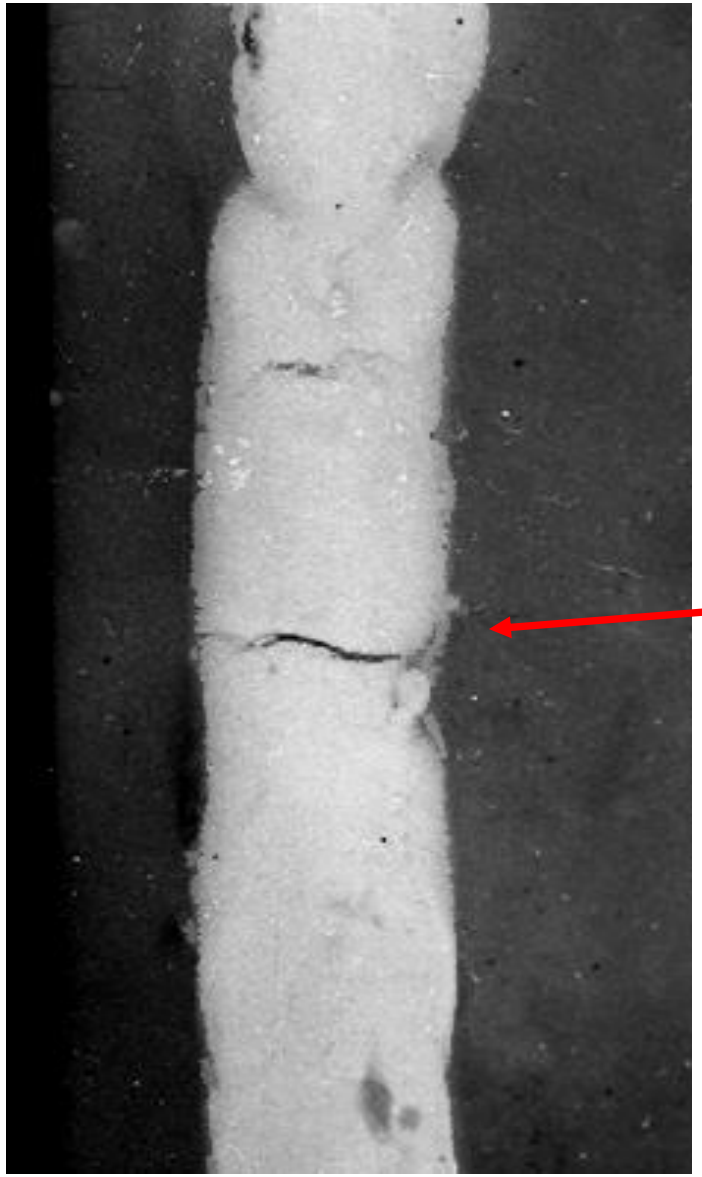


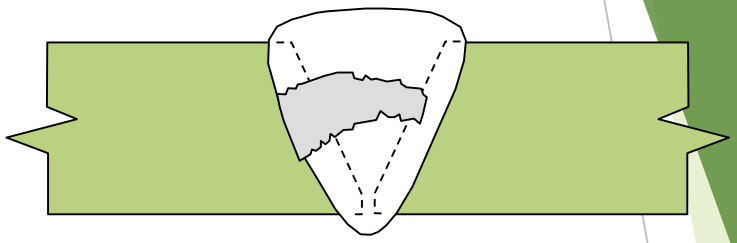


Lack of sidewall fusion

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

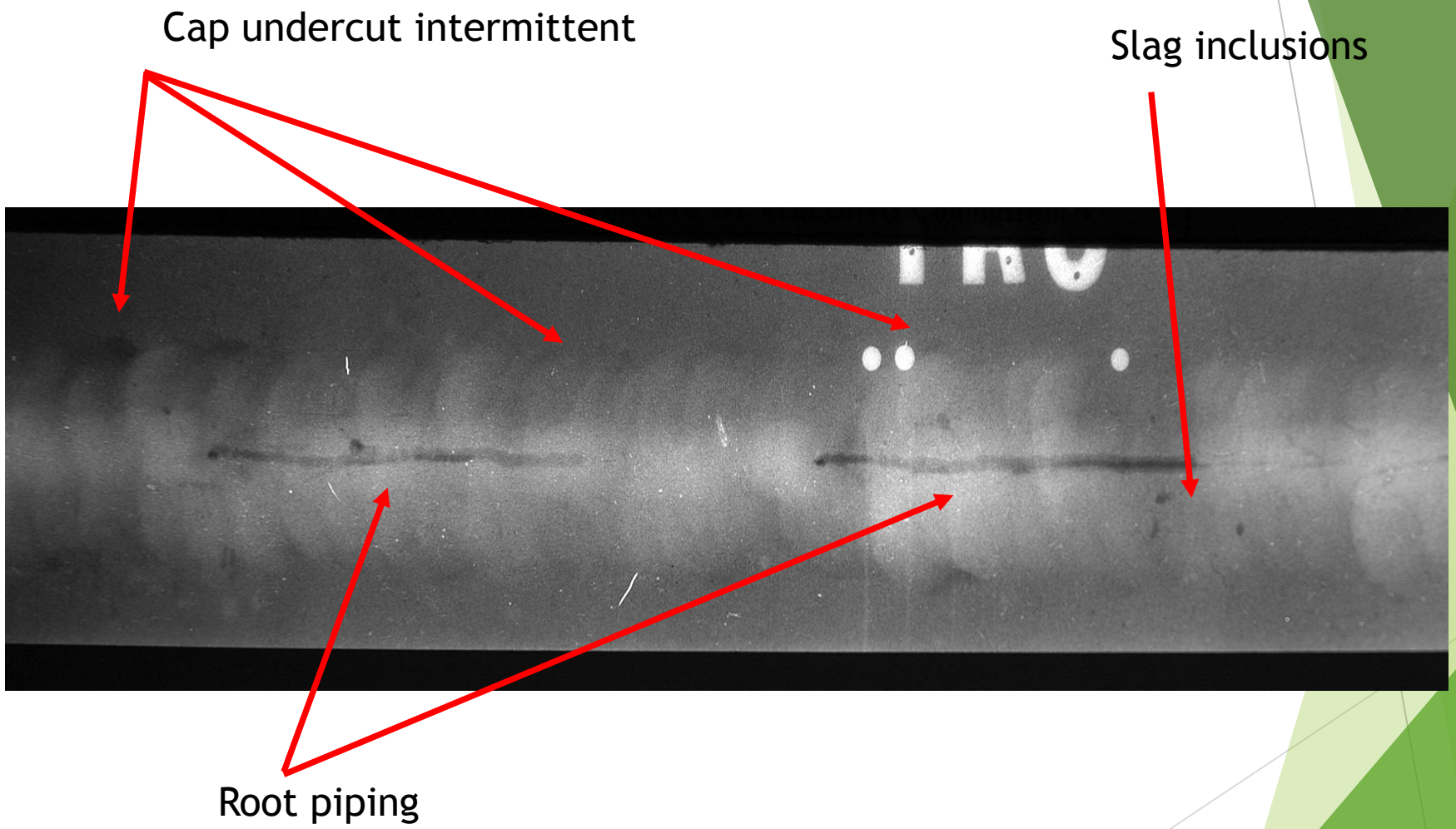




Transverse cracking

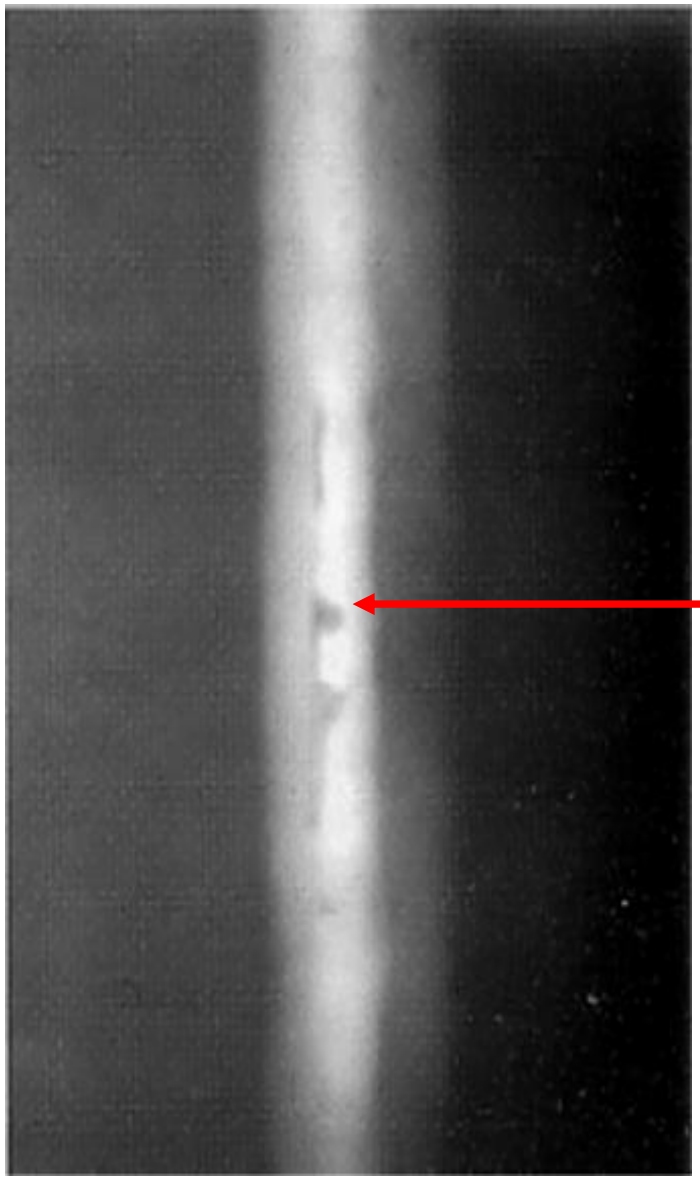
What's the defect?

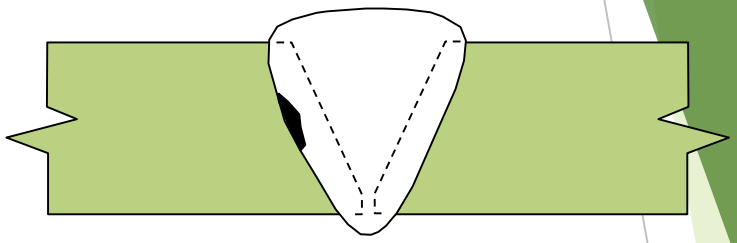
Radiographic Interpretation of Welds



What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

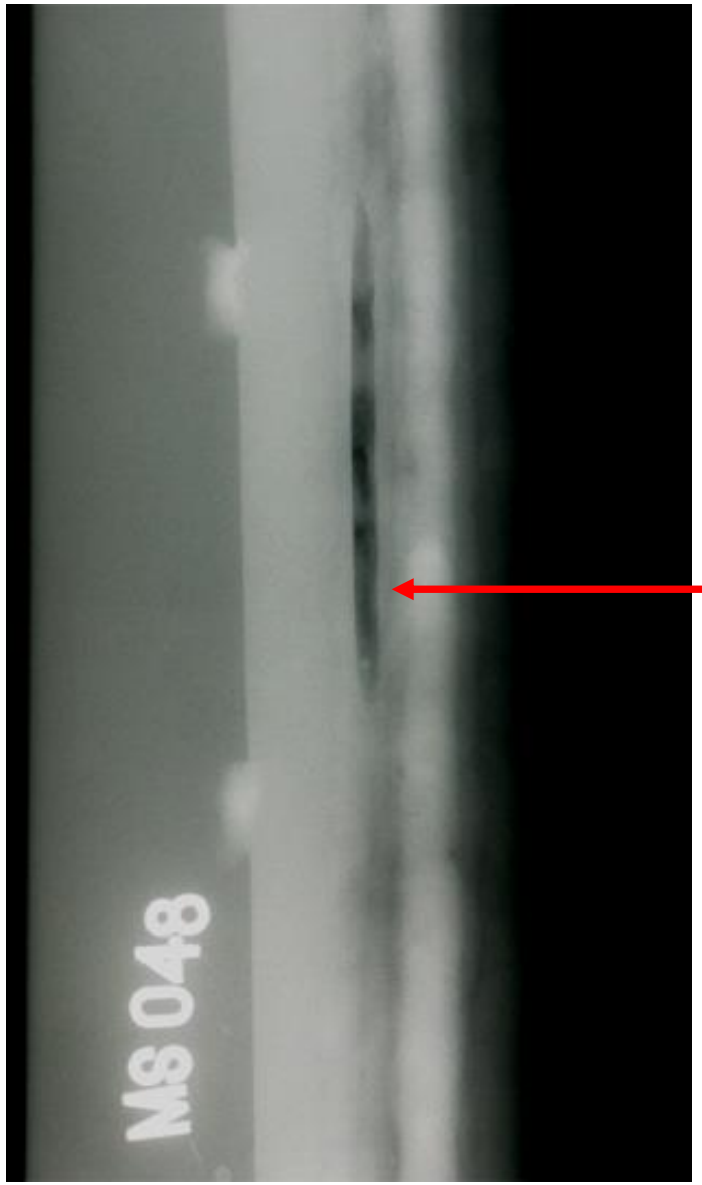


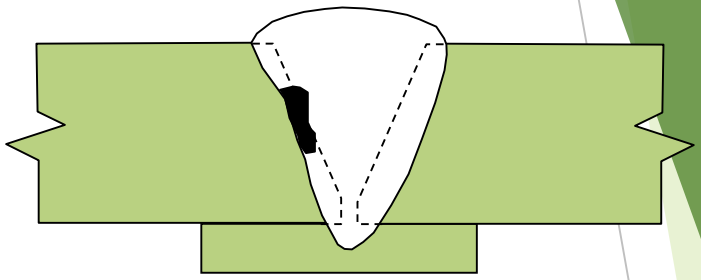


Lack of sidewall fusion + slag

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

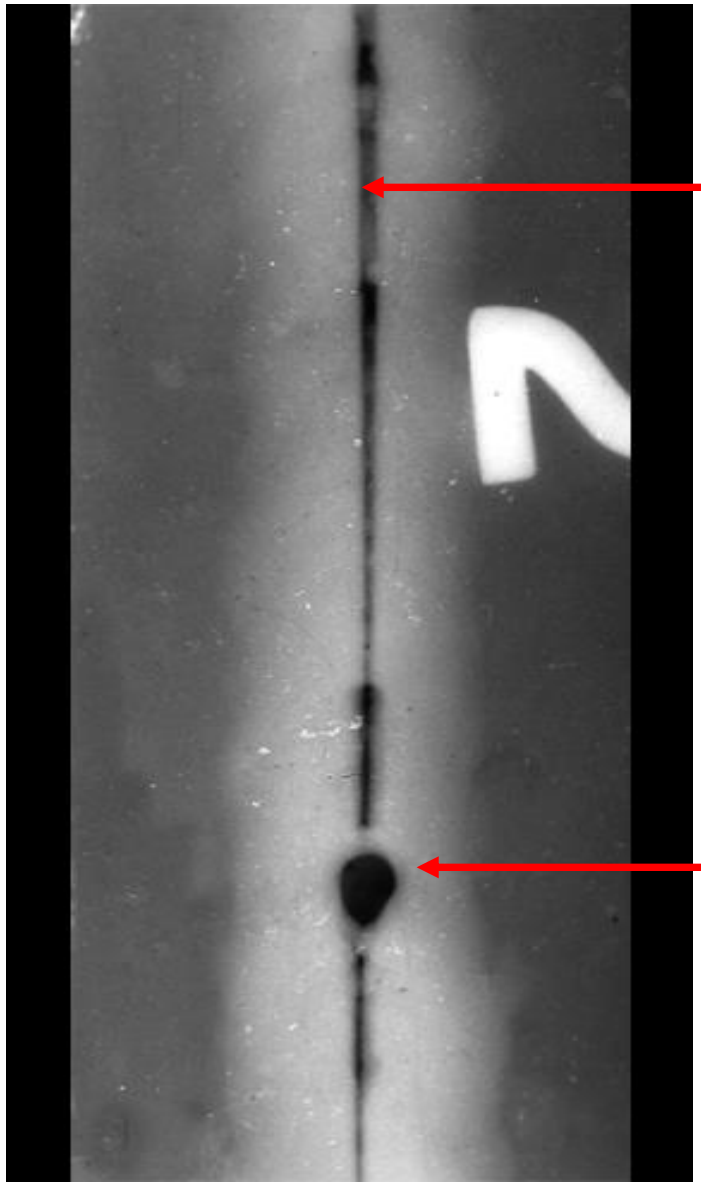




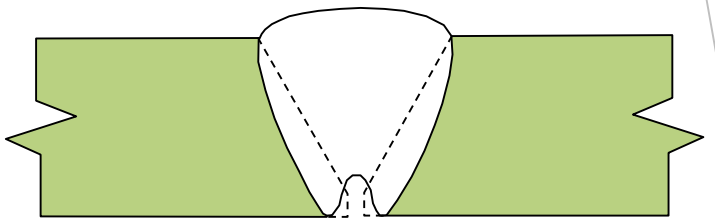
Lack of sidewall fusion + slag

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds



Lack of root penetration

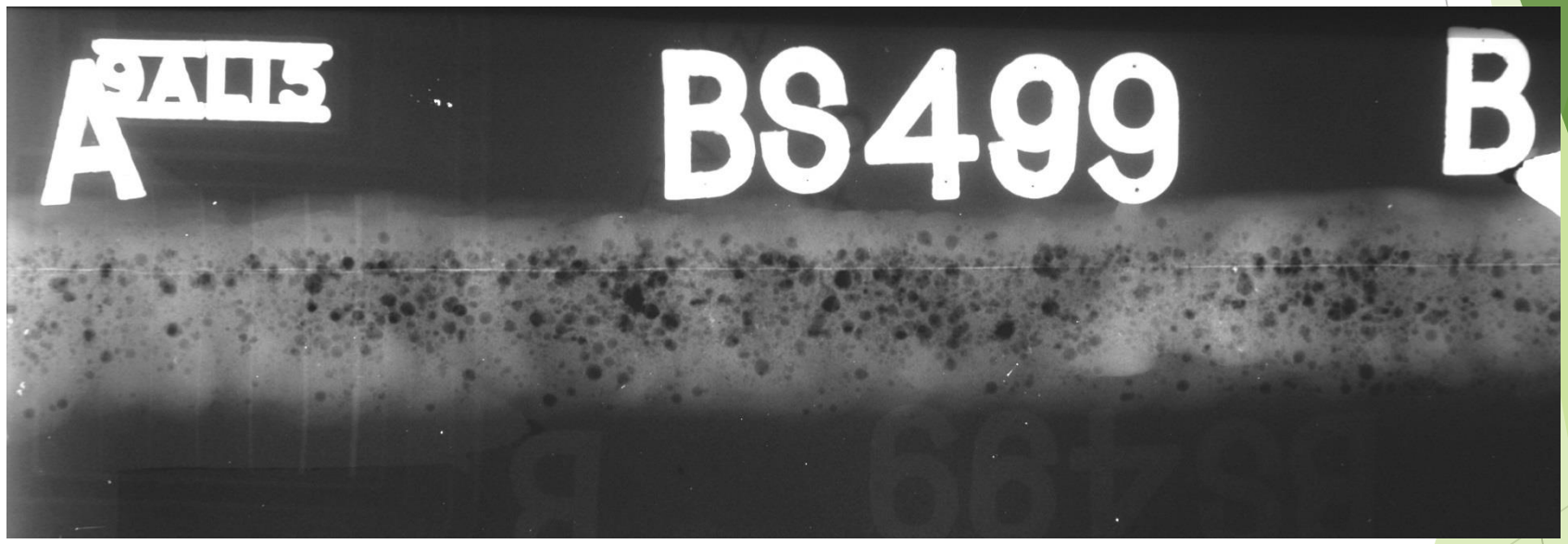


Burn through

What's the defects?

Radiographic Interpretation of Welds

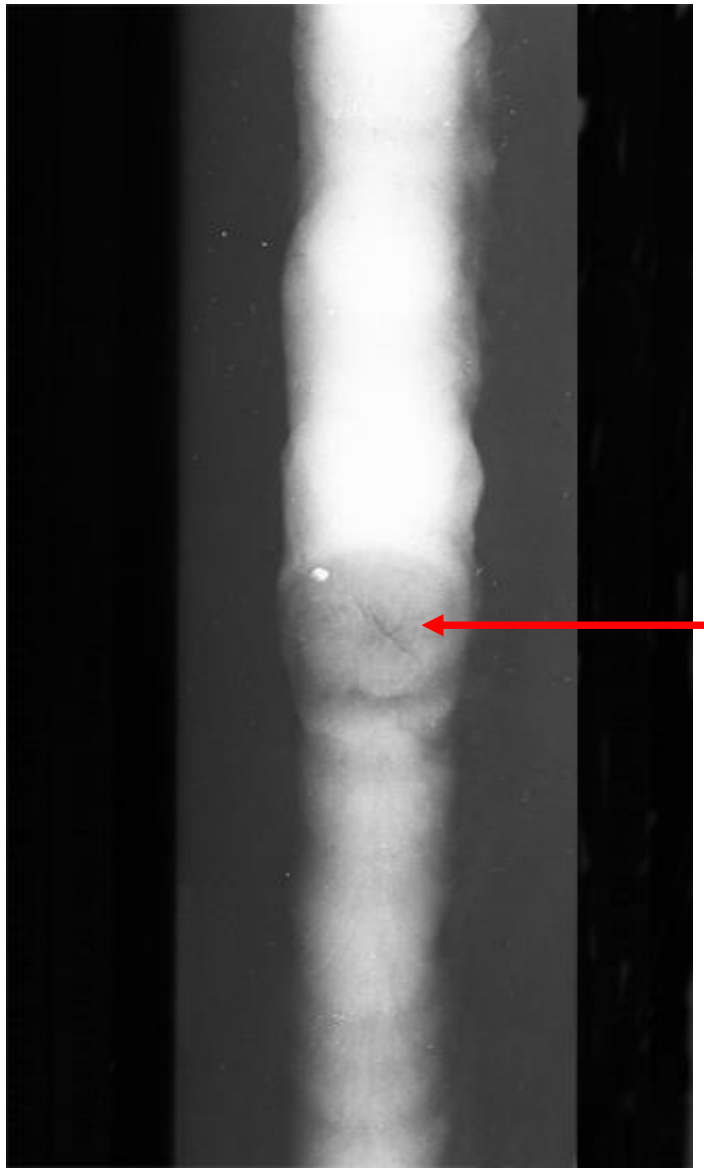
Note: Re-shoot lead letters in weld area

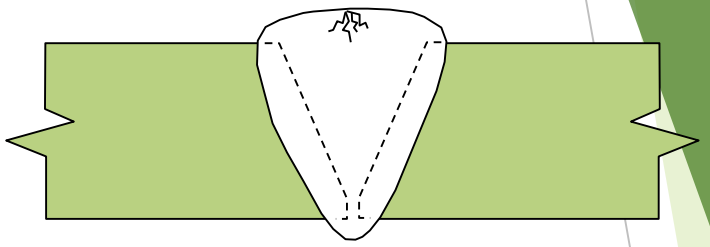


Cluster porosity throughout weld

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

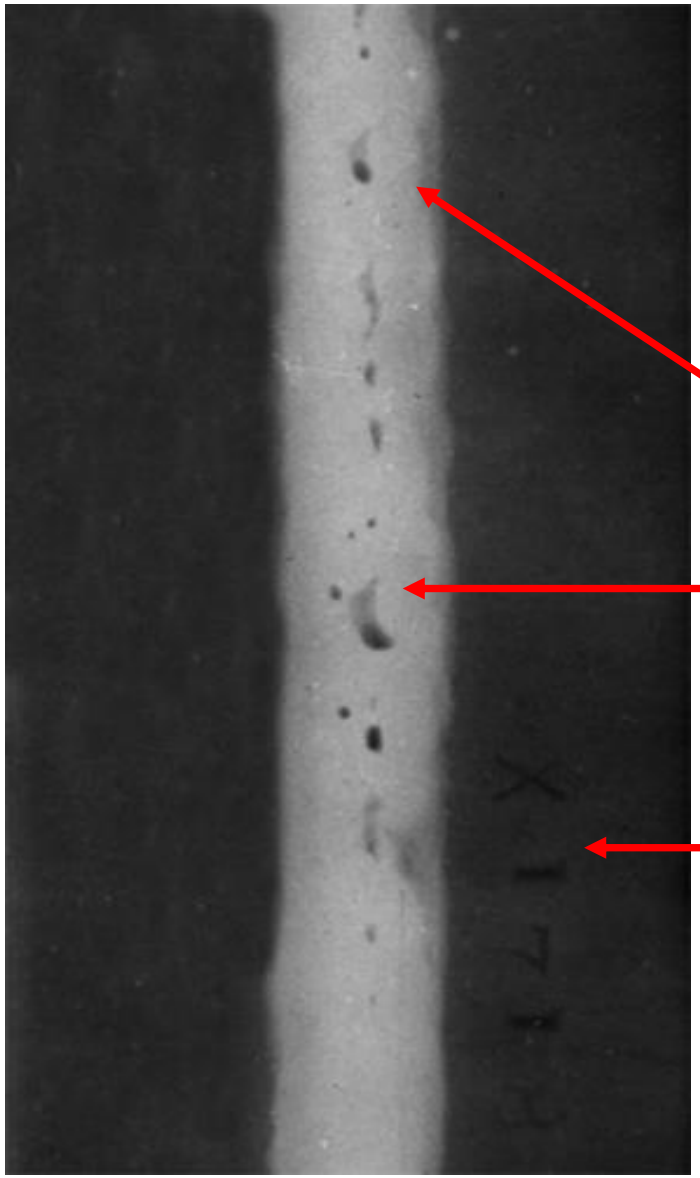


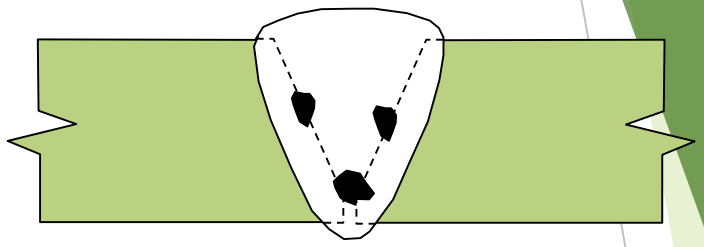


Crater crack or
Star crack

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds





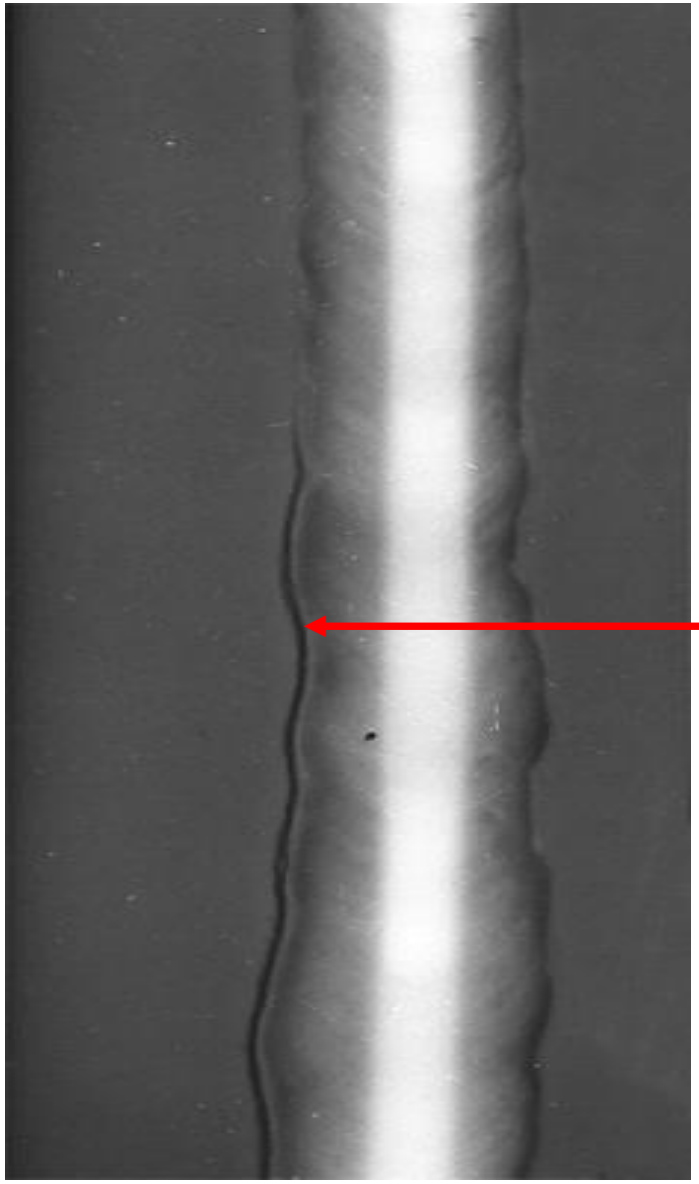
Worm holes

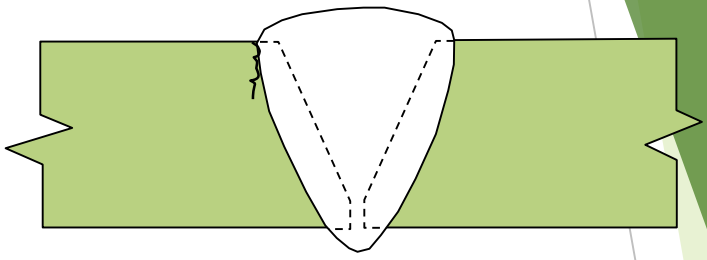
Do you see anything else

Hard stamping

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

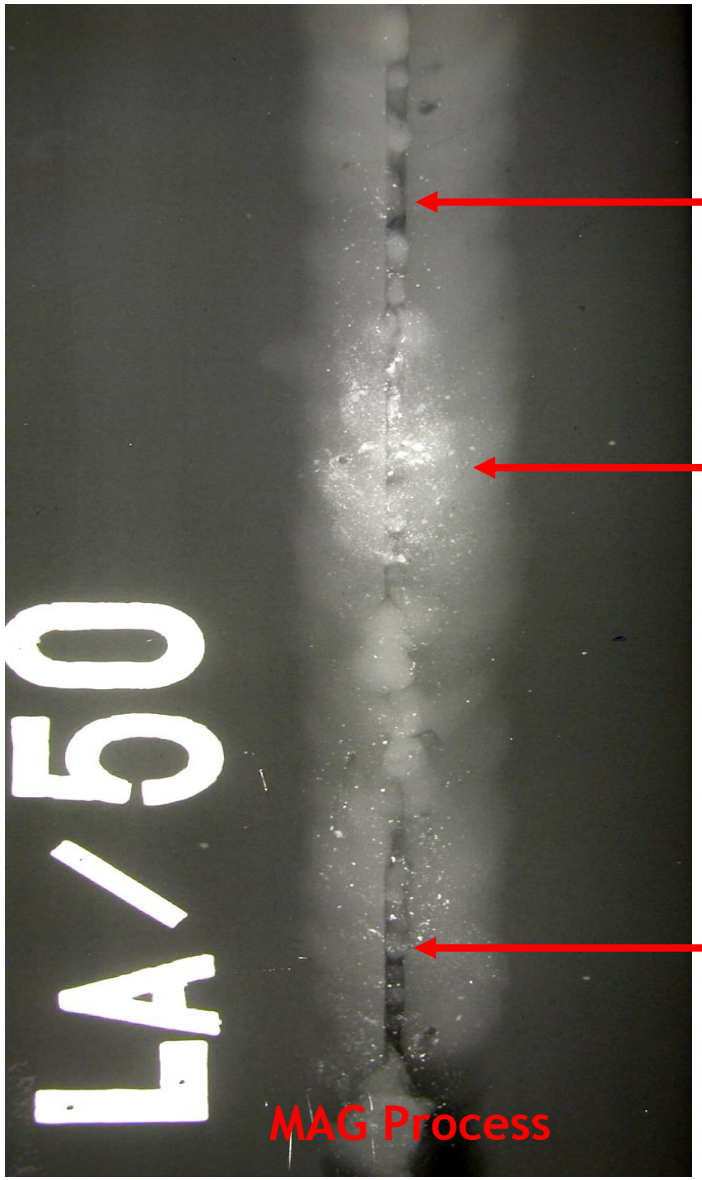




HAZ crack

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds



Lack of root penetration

Copper inclusions

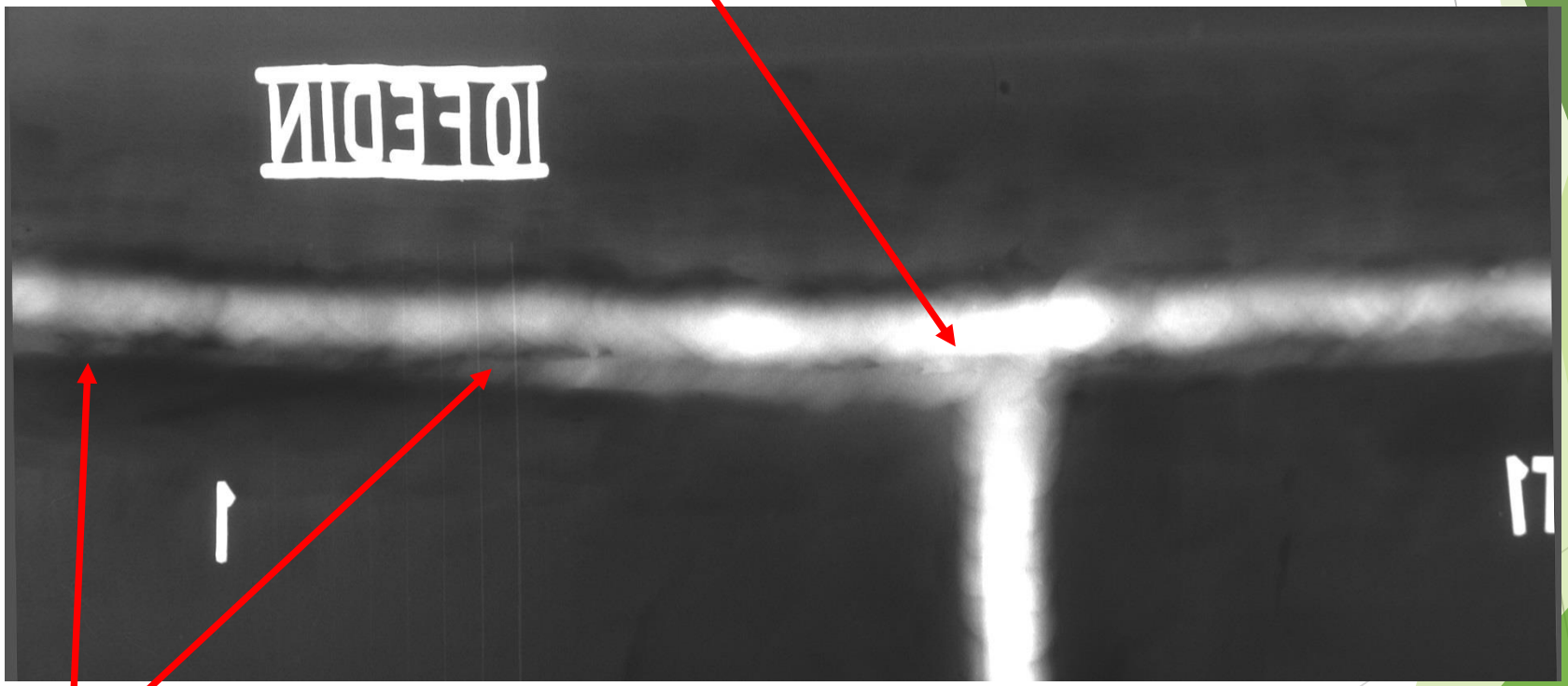
Lack of root penetration

What's the defects?

Radiographic Interpretation of Welds

Note: Grinding marks throughout

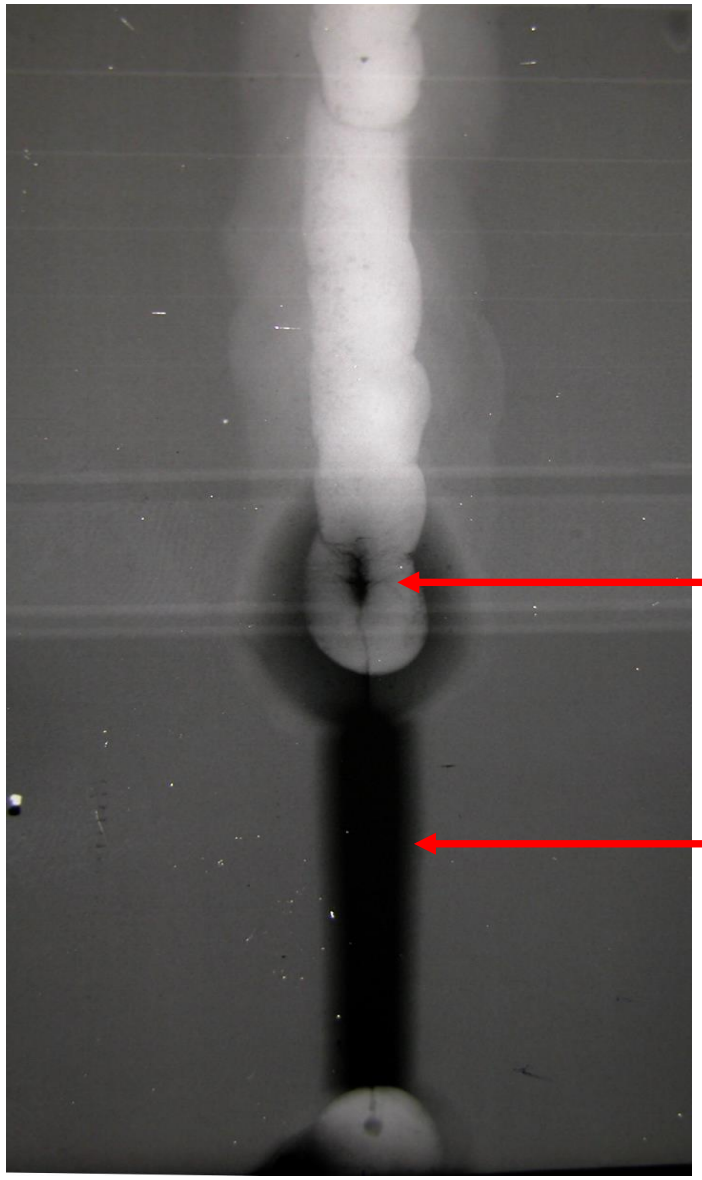
Excess root penetration



Root undercut

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

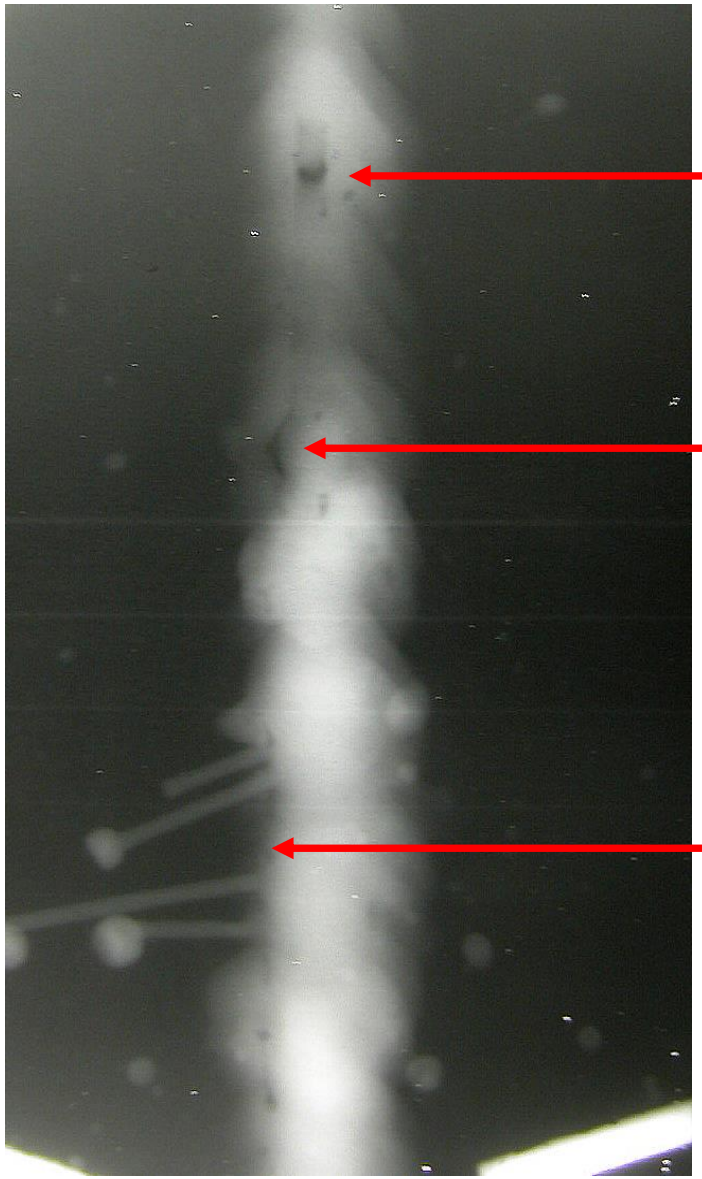


Crater cracks
+ crater pipe

No weld metal

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds



Lack of root penetration

Root undercut

Unfused filler wire

What's the defect?

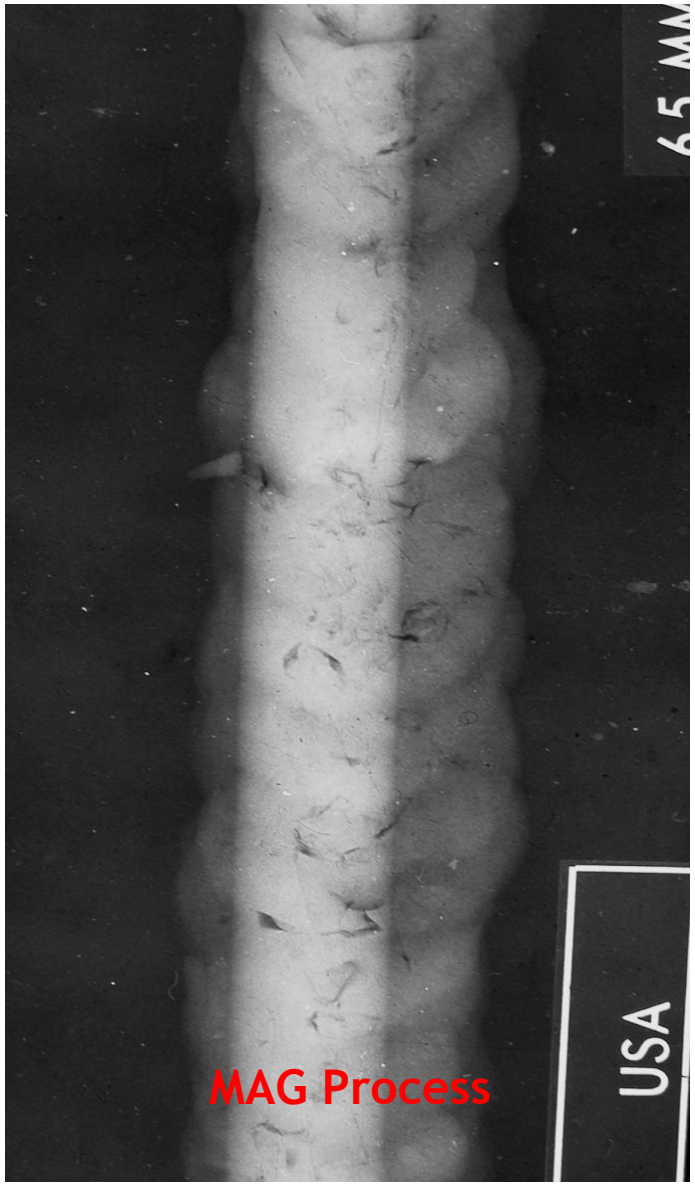
Radiographic Interpretation of Welds

Excess penetration

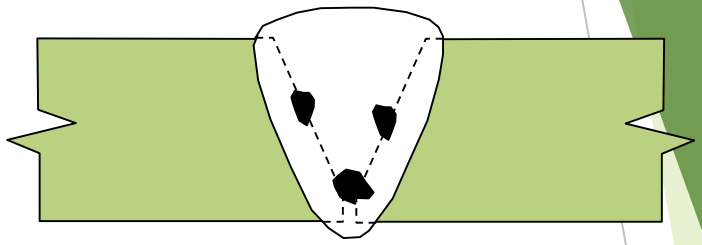
Flush weld

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds



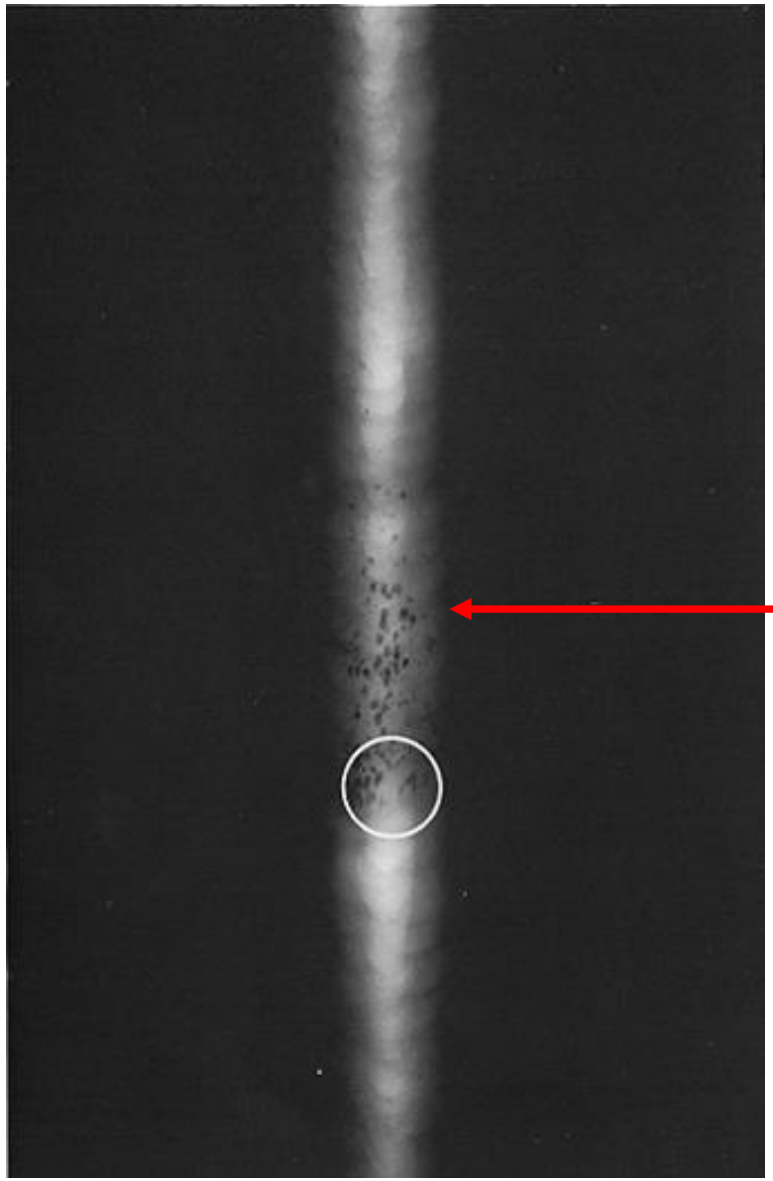
MAG Process

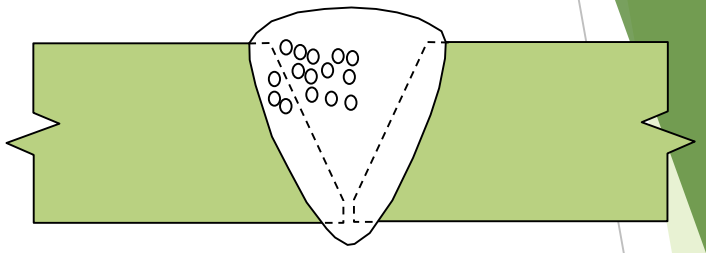


Silica inclusions

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds

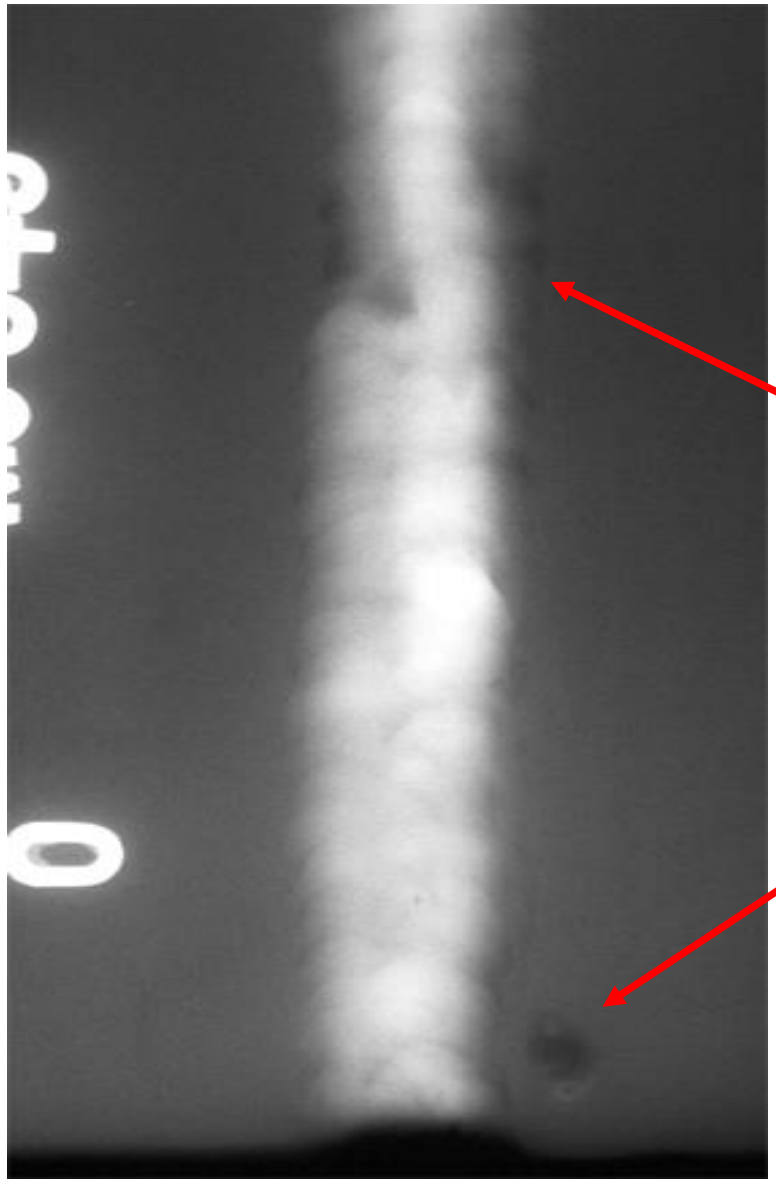


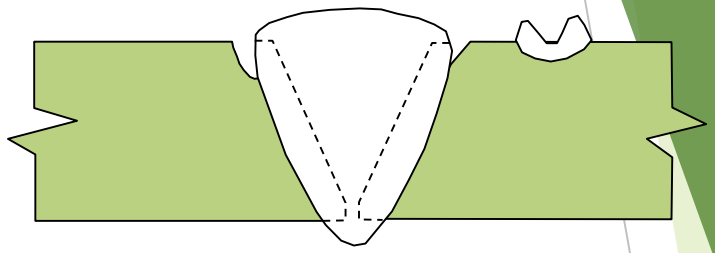


Cluster porosity

What's the defect?

Radiographic Interpretation of Welds





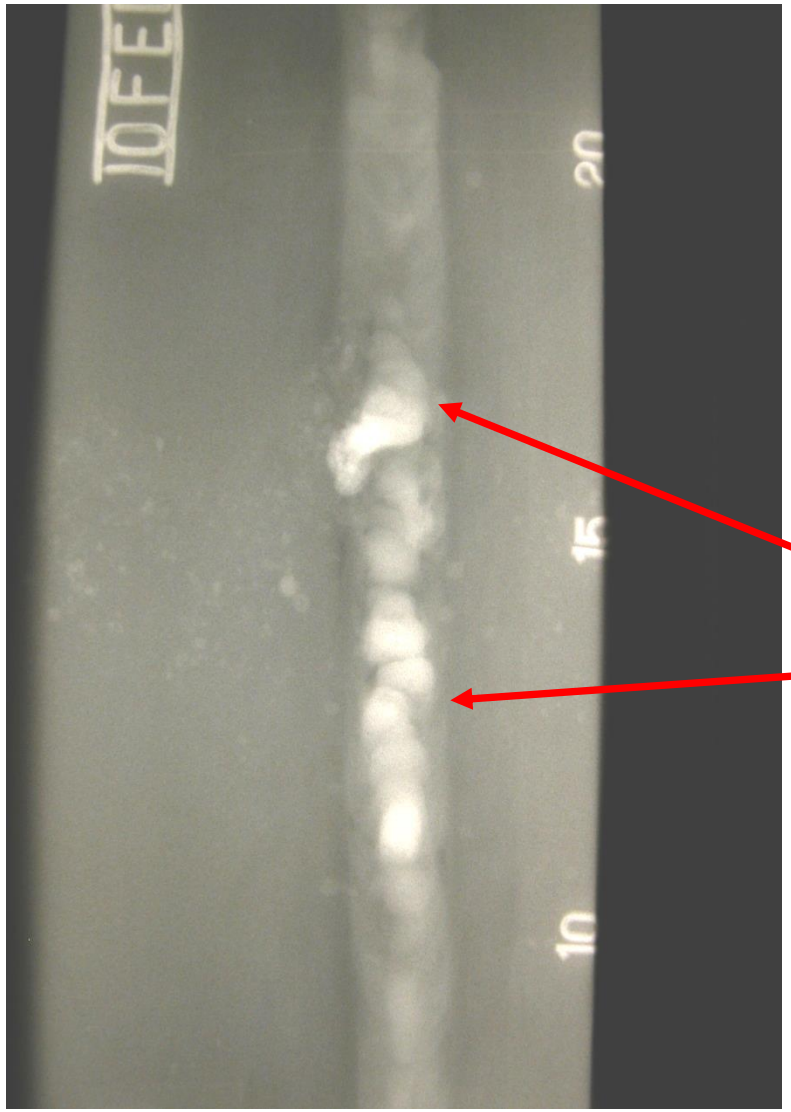
Cap undercut

Arc strike

What's the defects?

Radiographic Interpretation of Welds

Do you see anything else?

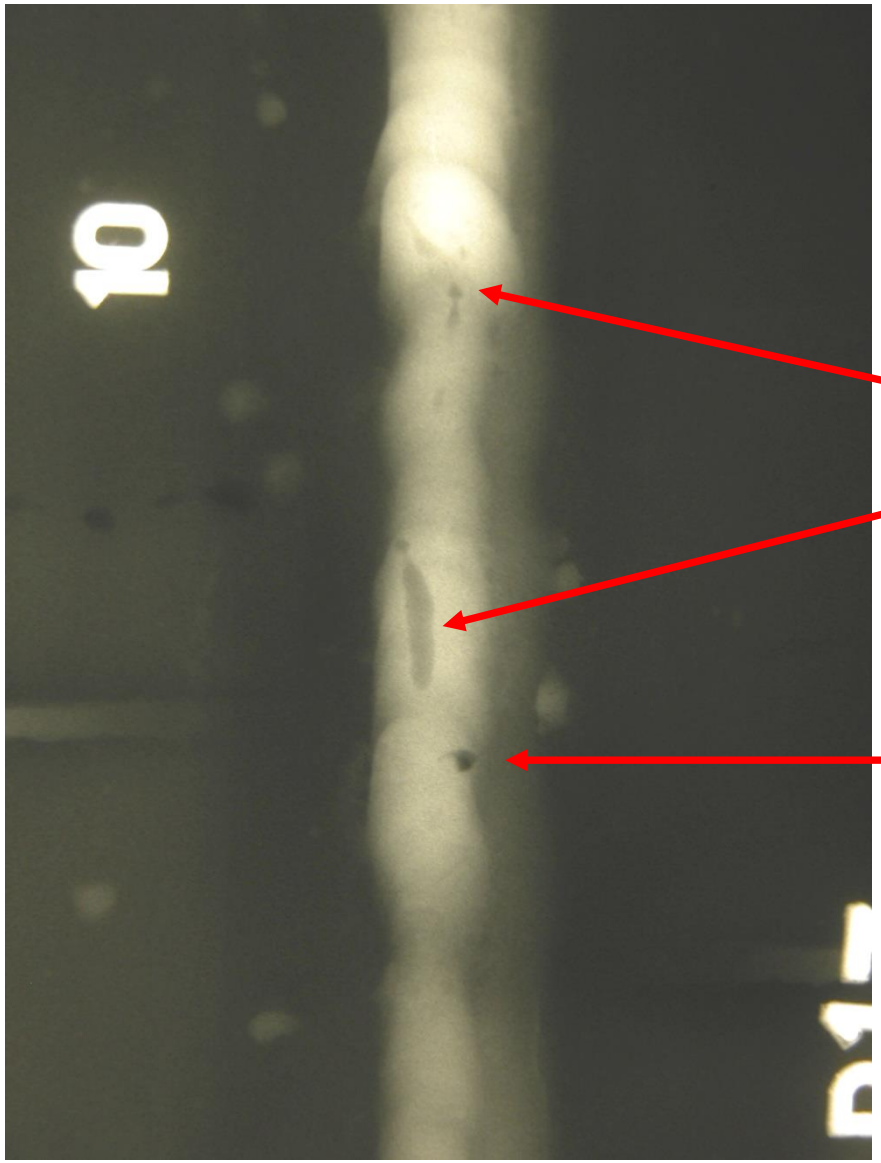


Spatter / Debris

Excess Root Penetration

What's the defects?

Radiographic Interpretation of Welds



What else can you see ?

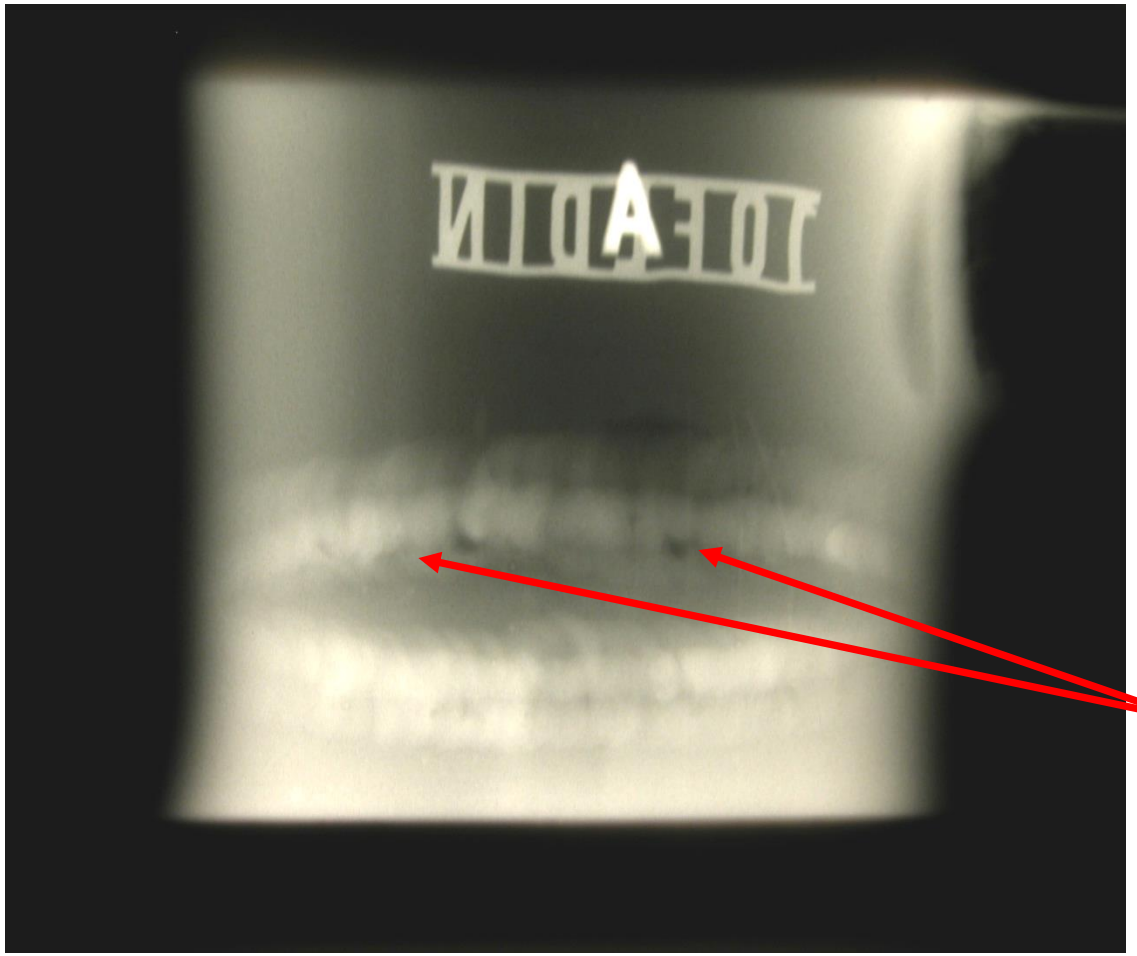
Spatter

Piping

Gas pore

What's the defects?

Radiographic Interpretation of Welds

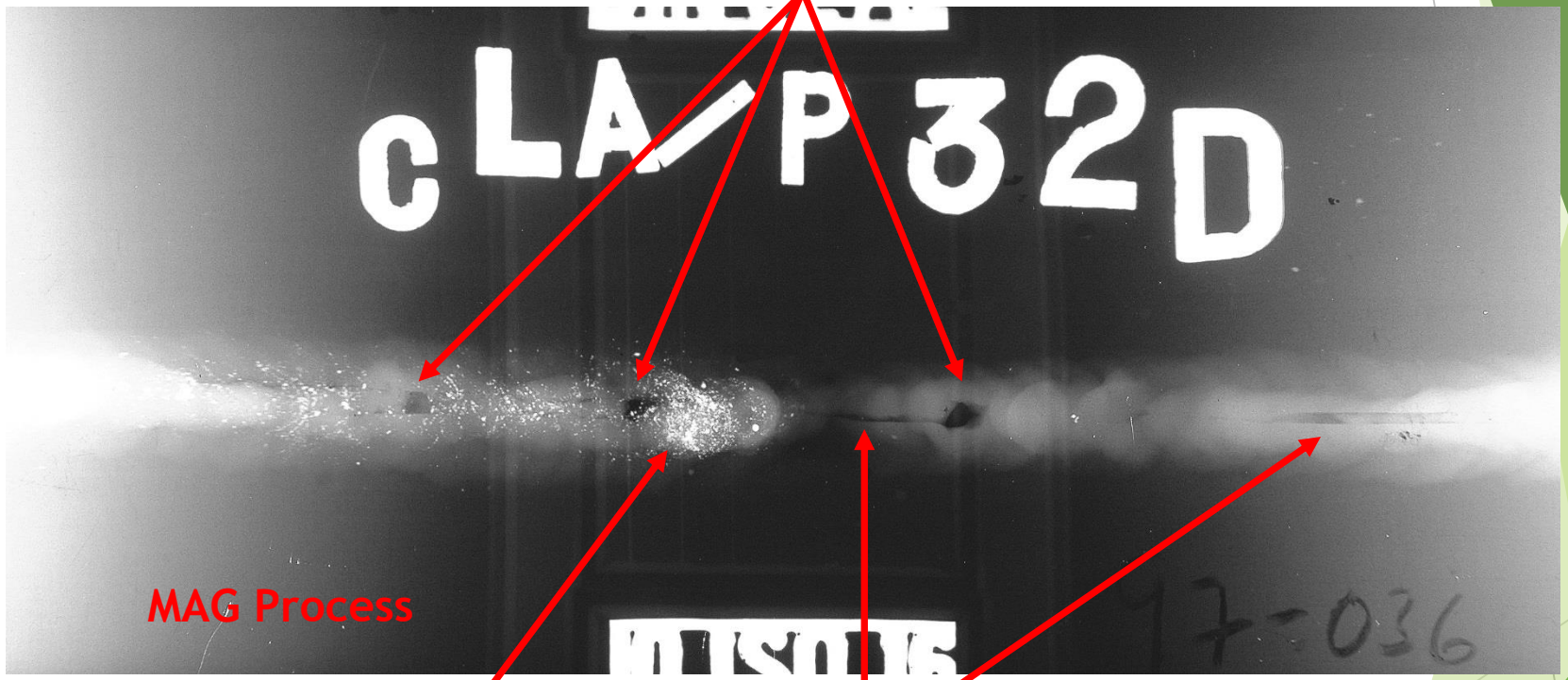


Root undercut

What's the defects?

Radiographic Interpretation of Welds

What's the defects?



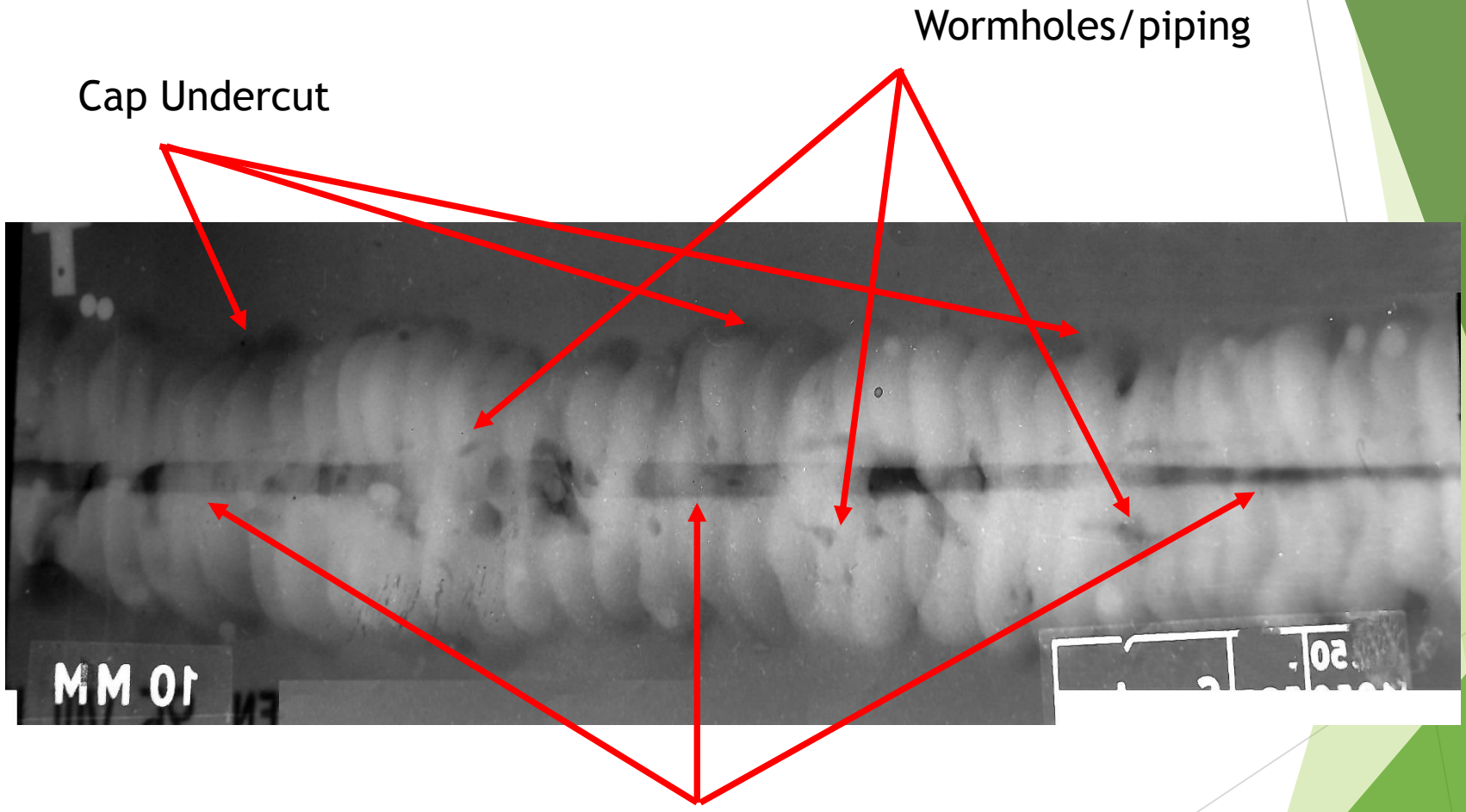
Can you see anything else?

Radiographic Interpretation of Welds

What's the defects?

Radiographic Interpretation of Welds

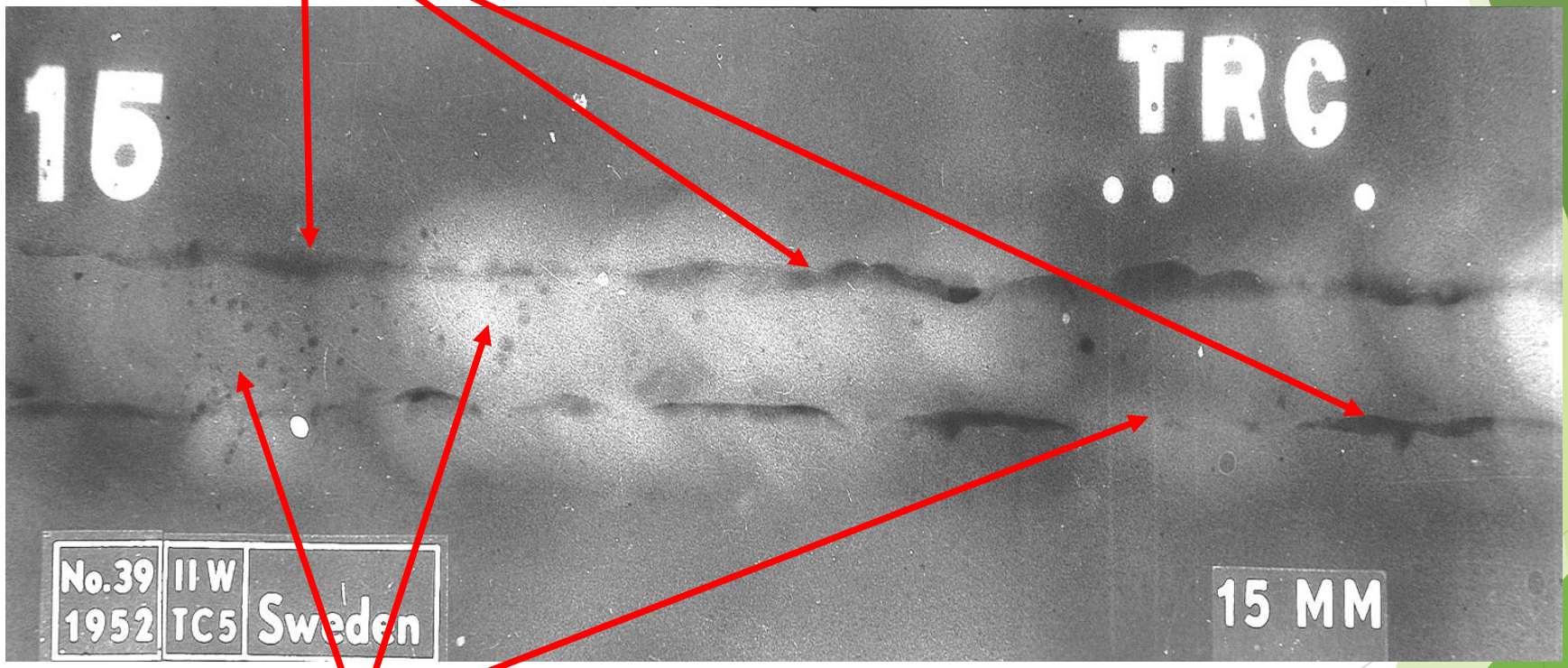
What's the defects?



Radiographic Interpretation of Welds

What defects can you see?

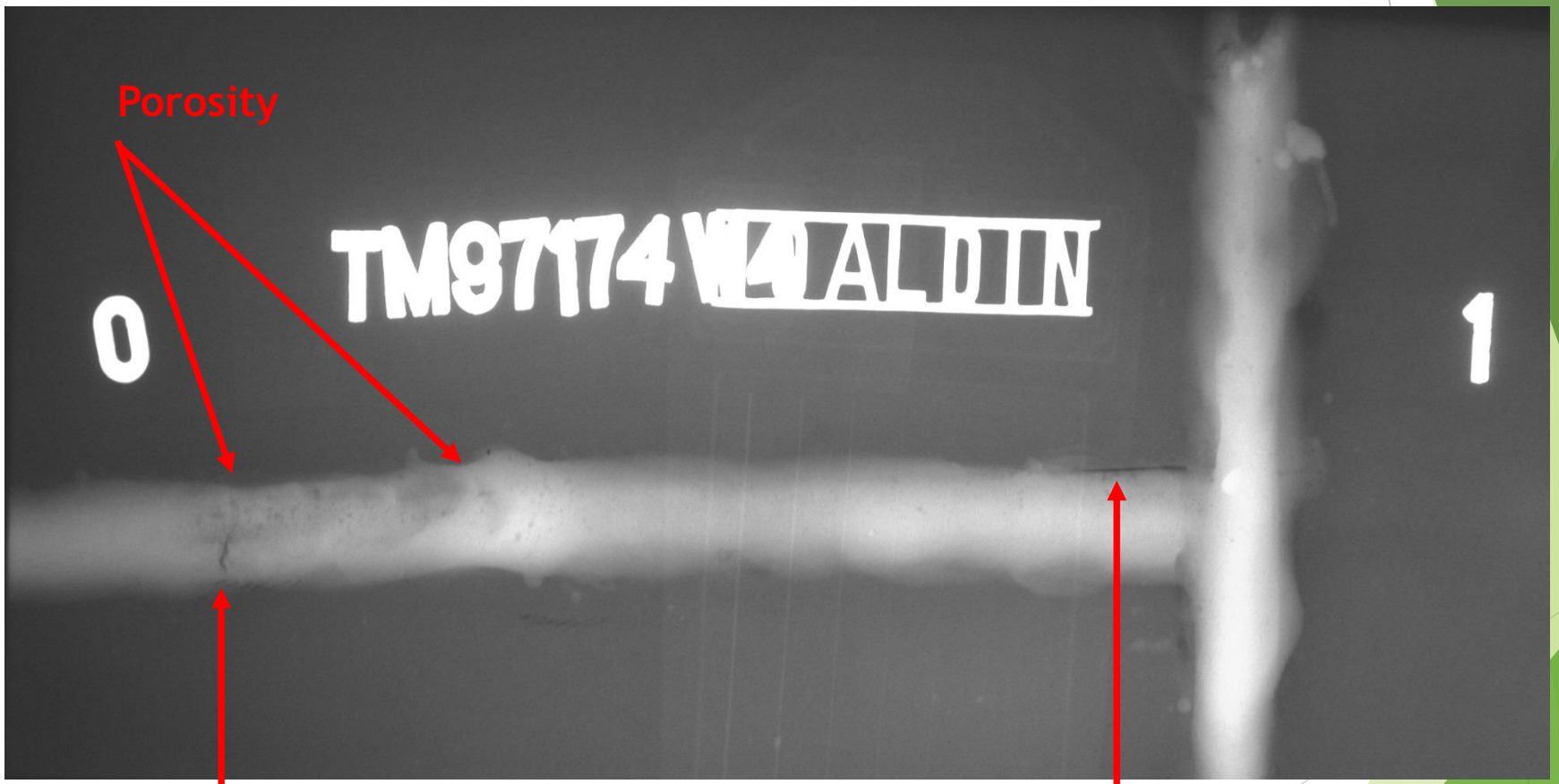
Parallel slag lines



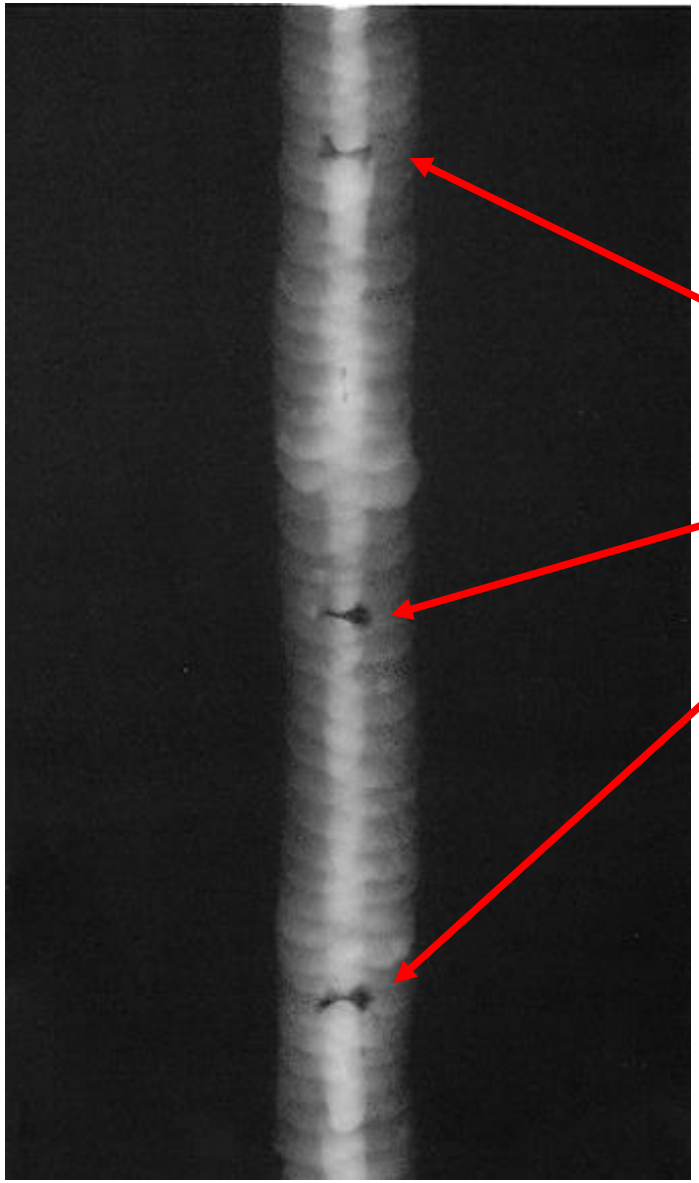
Porosity

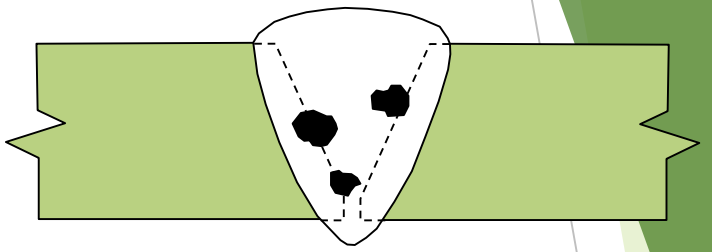
Radiographic Interpretation of Welds

What defects can you see?



Radiographic Interpretation of Welds





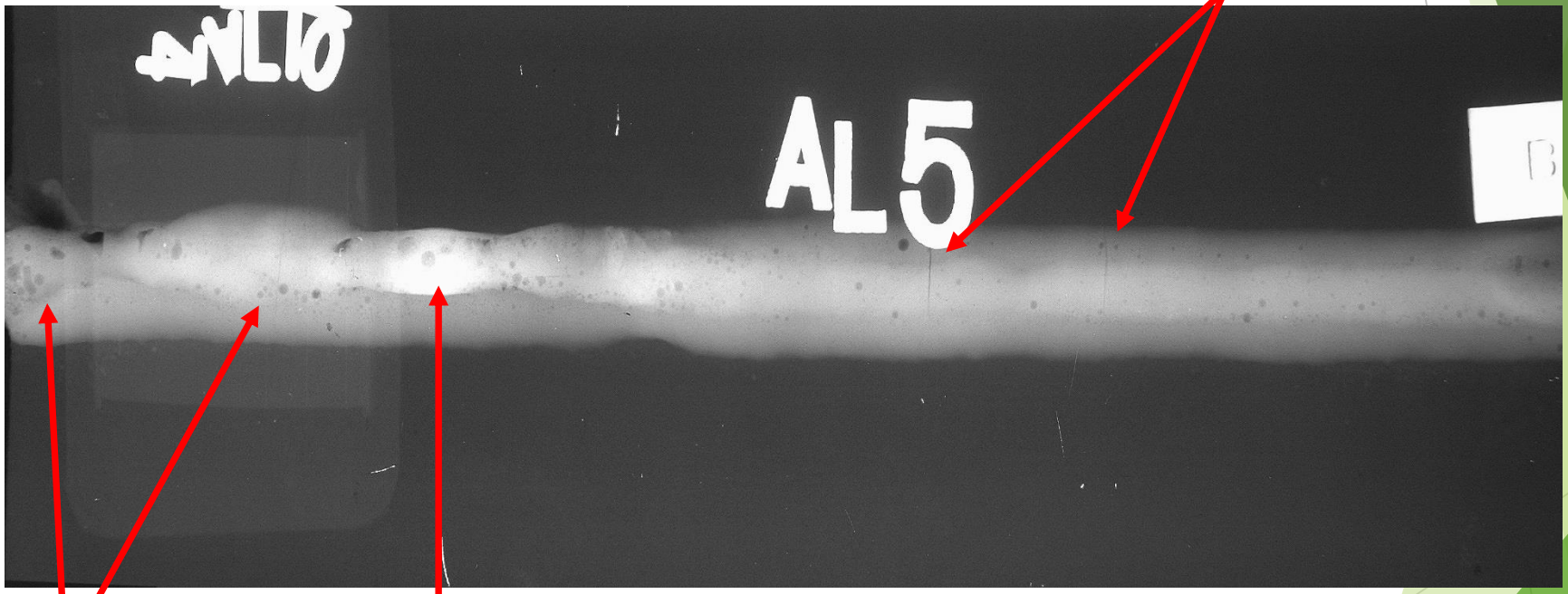
Interpass slag inclusions

What's the defects?

Radiographic Interpretation of Welds

Re-Shoot Lead letter in weld area

Transverse Cracks



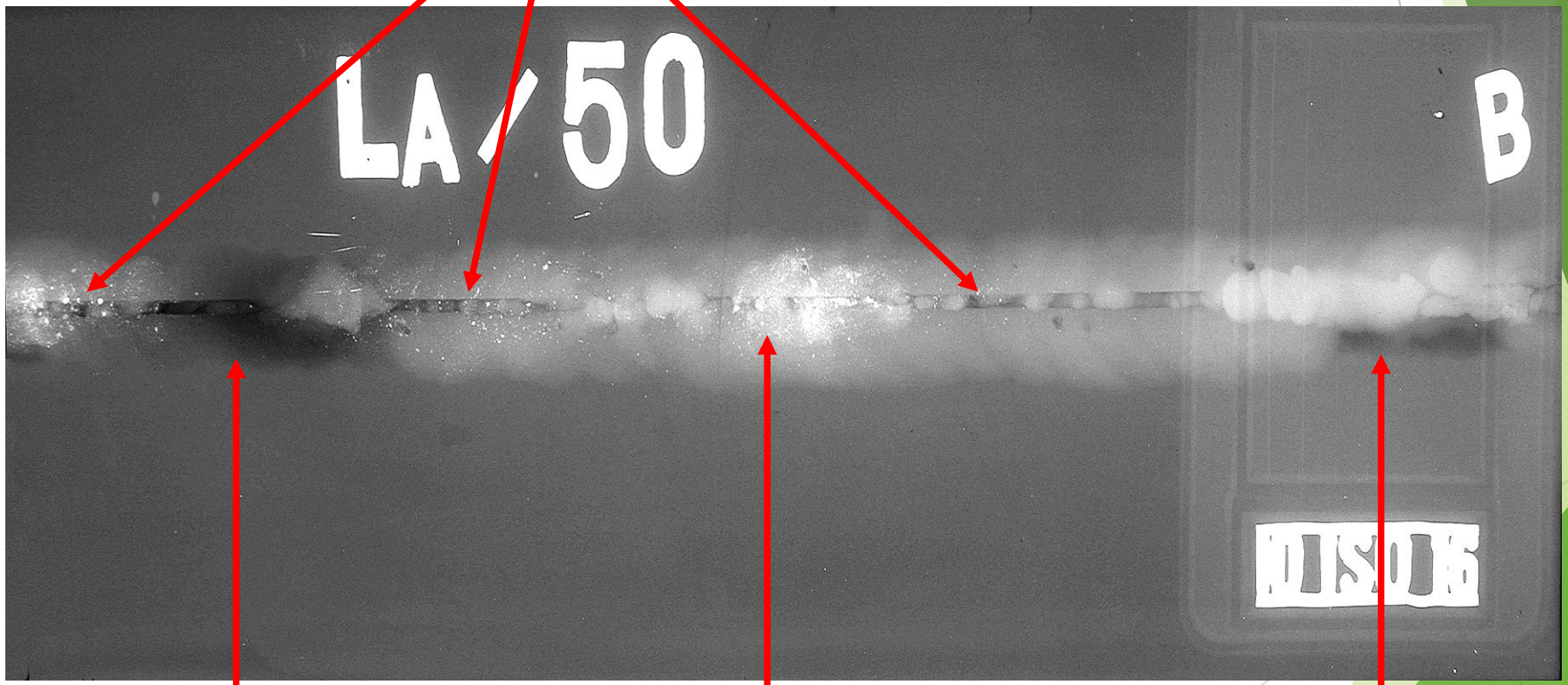
Porosity

Excess penetration

What's the defects?

Radiographic Interpretation of Welds

What's the defects?



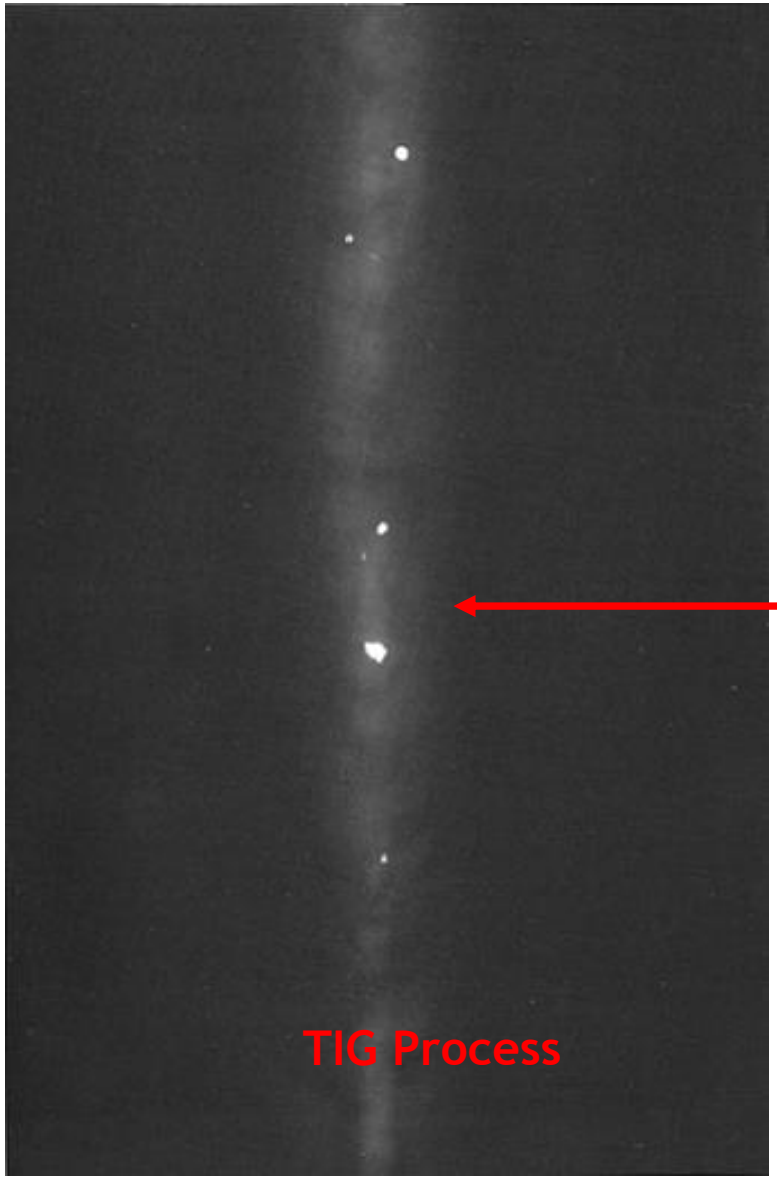
Lack of root penetration

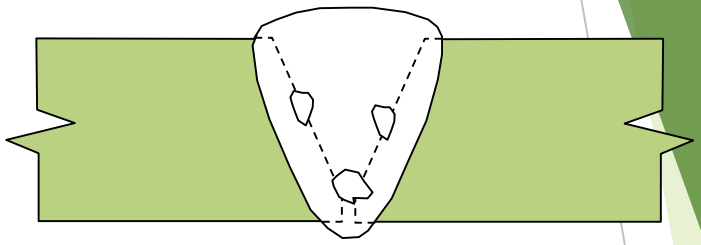
Incomplete filled groove

Copper inclusions

Incomplete filled groove

Radiographic Interpretation of Welds

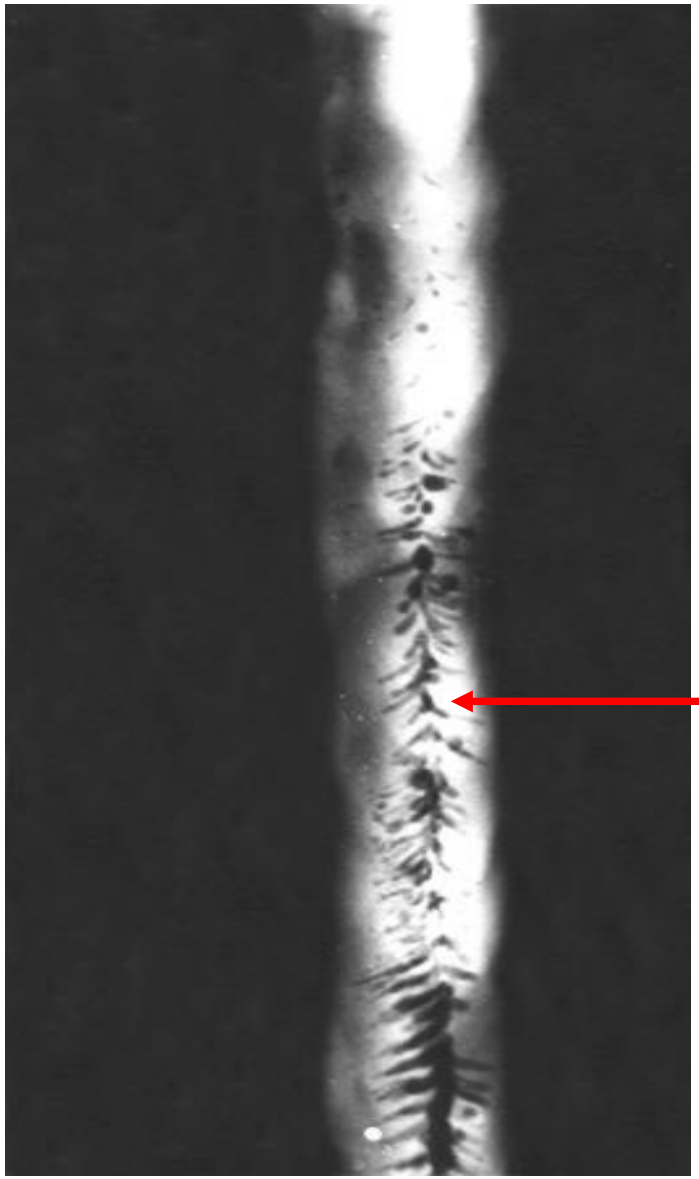




Tungsten inclusions

What's the defects?

Radiographic Interpretation of Welds



Herringbone porosity

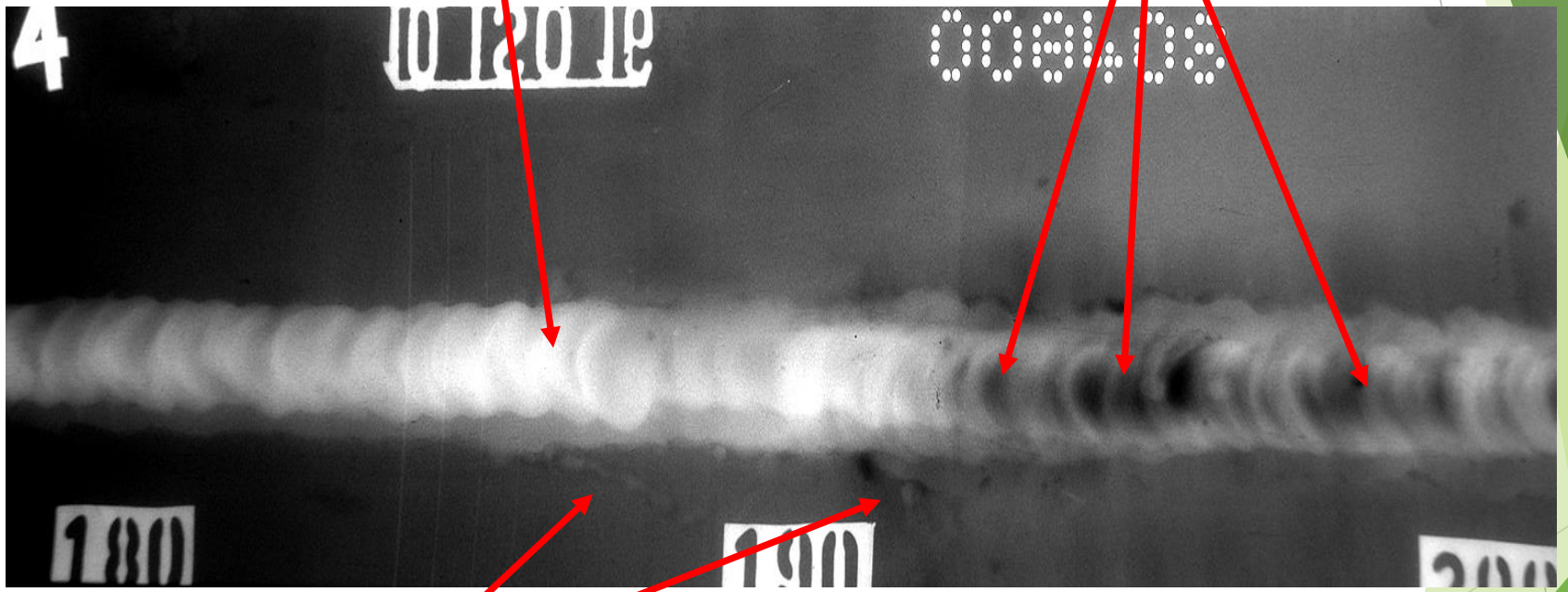
What's the defects?

Radiographic Interpretation of Welds

Note: Grinding marks

Root concavity

Note: weld repair

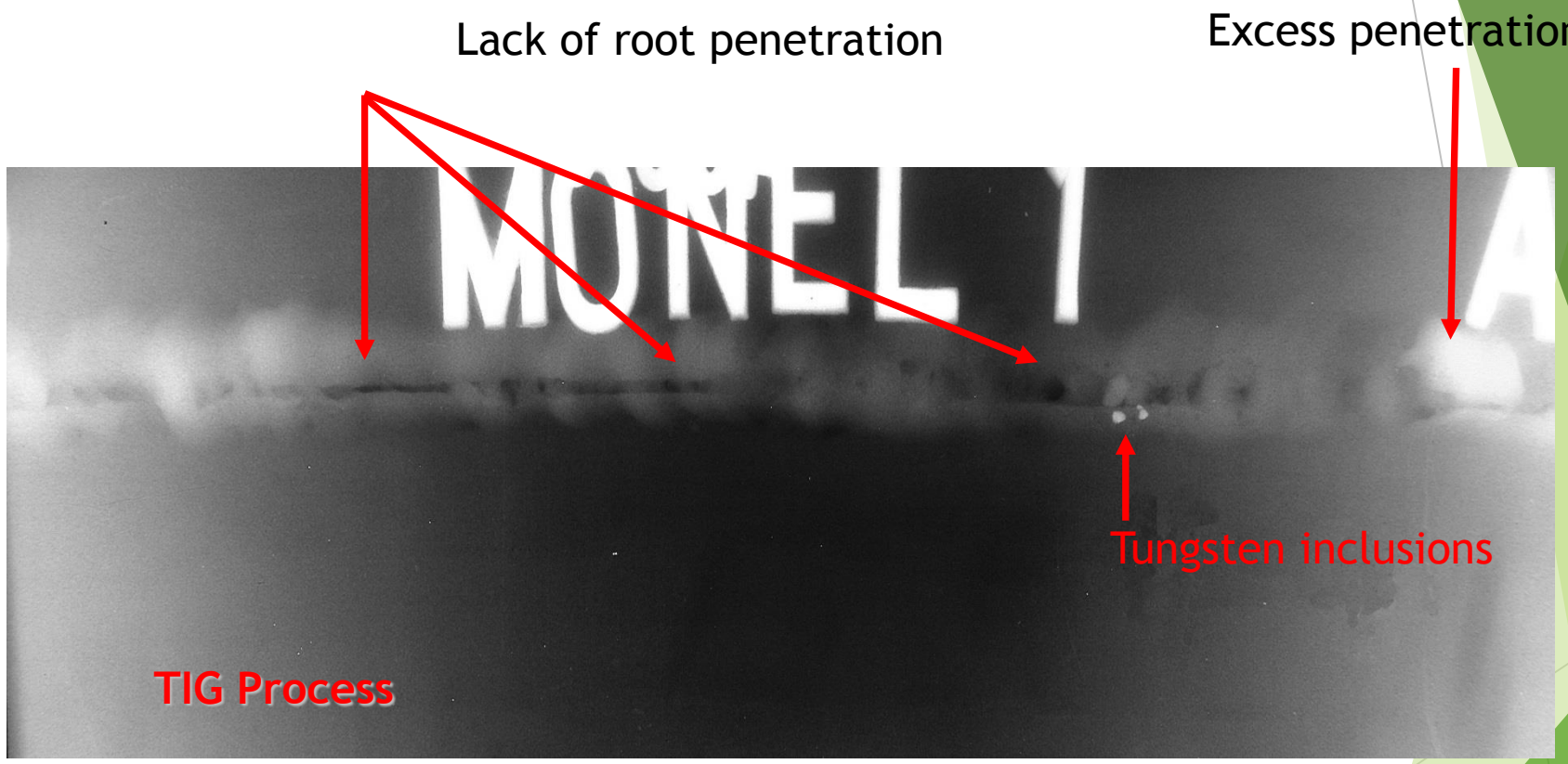


Arc strike

What's the defects?

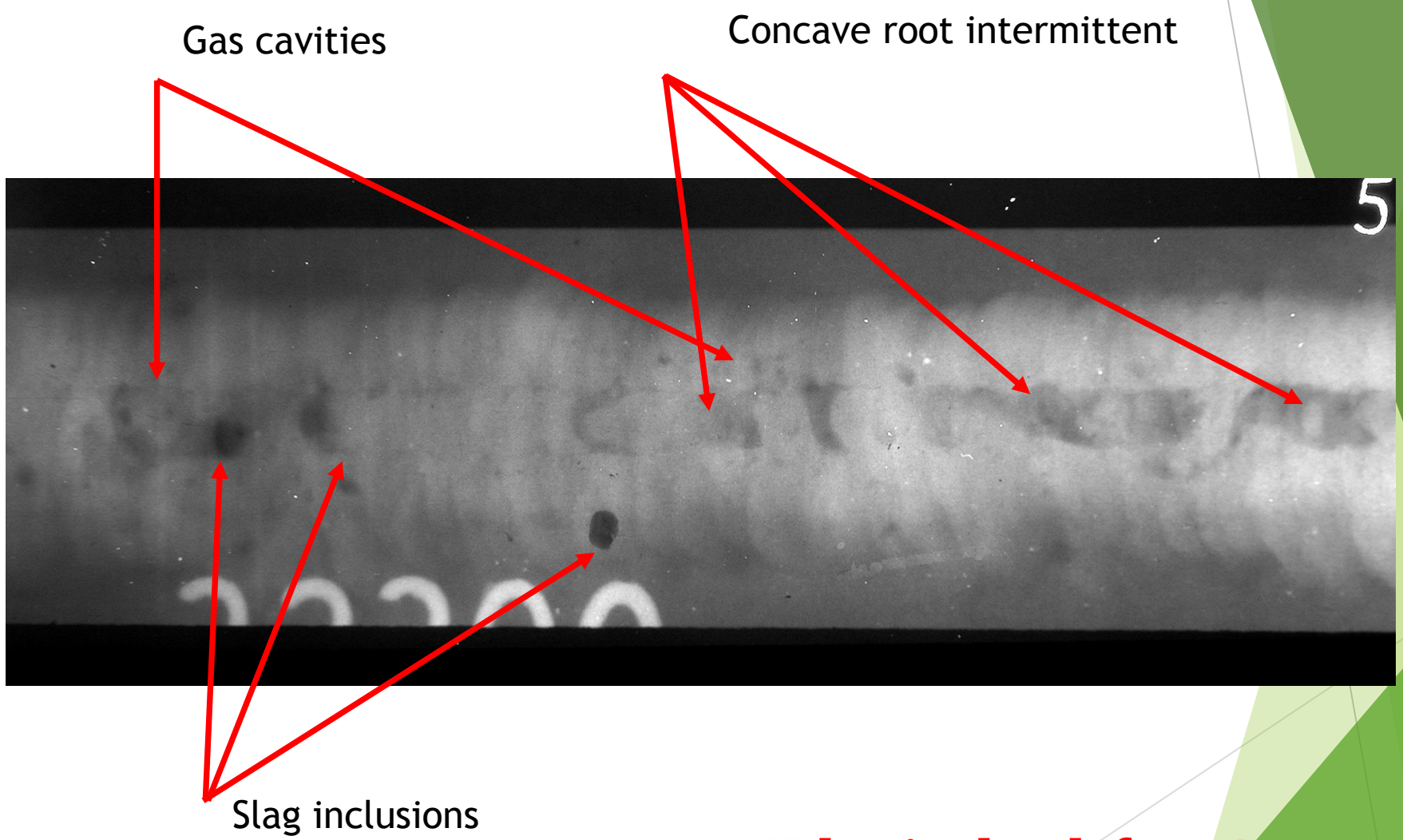
Radiographic Interpretation of Welds

Note: Re-shoot lead letter in weld area



What's the defects?

Radiographic Interpretation of Welds



What's the defects?

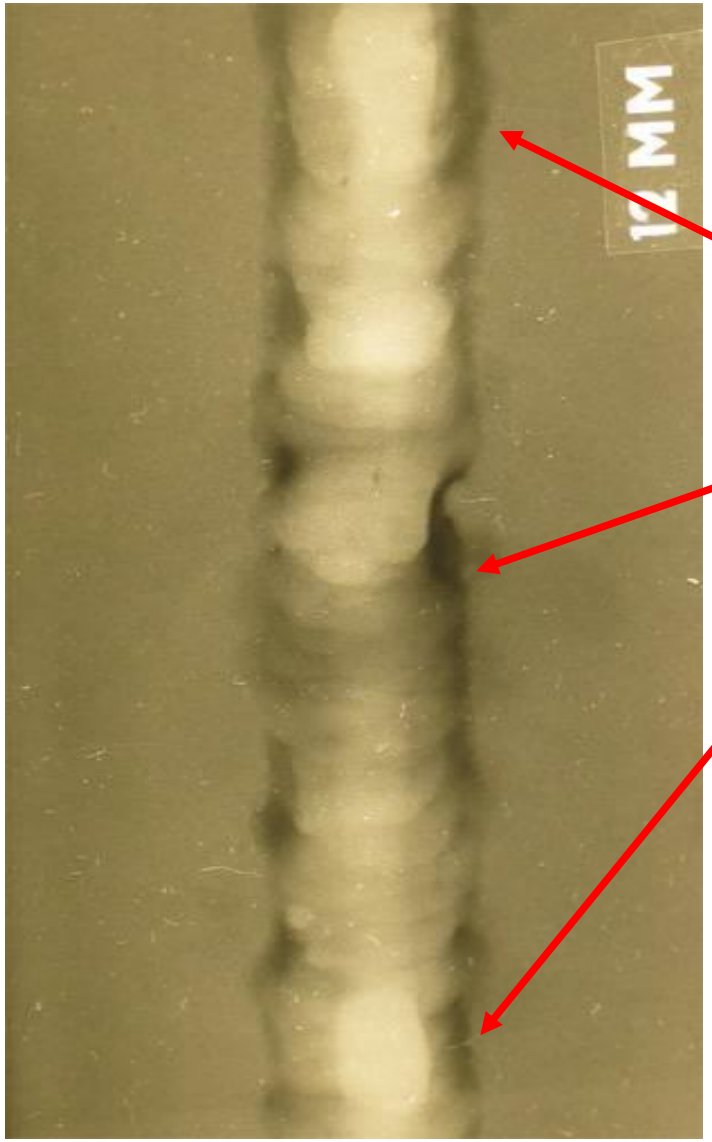
Radiographic Interpretation of Welds

Light Fog

Light Leaks

What's the Artefact?

Radiographic Interpretation of Welds



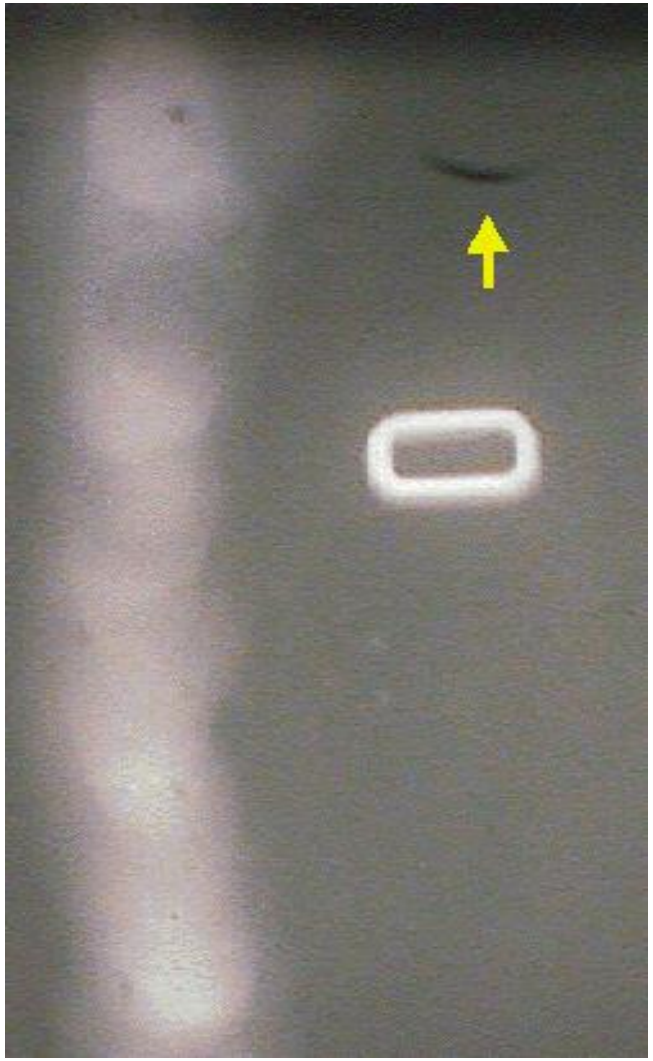
What's the Defect?

Cap undercut

Yellow Fog

What's the Artefact?

Radiographic Interpretation of Welds



Crimping Mark

After Exposure

What's the Artefact?

Radiographic Interpretation of Welds

Film Scratch

What's the Artefact?

Radiographic Interpretation of Welds

Static Discharge

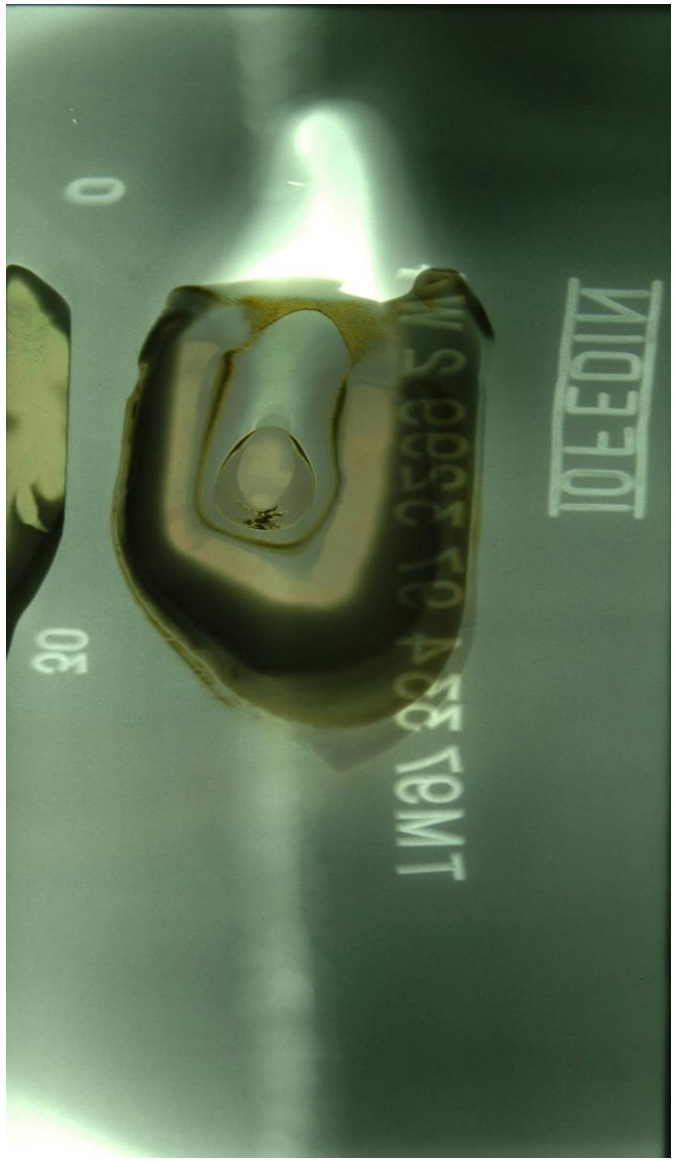
What's the Artefact?

Radiographic Interpretation of Welds

Chemical Mark

What's the Artefact?

Radiographic Interpretation of Welds



Chemical Mark

What's the Artefact?

Radiographic Interpretation of Welds

Water Marks

What's the Artefact?

Radiographic Interpretation of Welds

Dust/Grime Marks

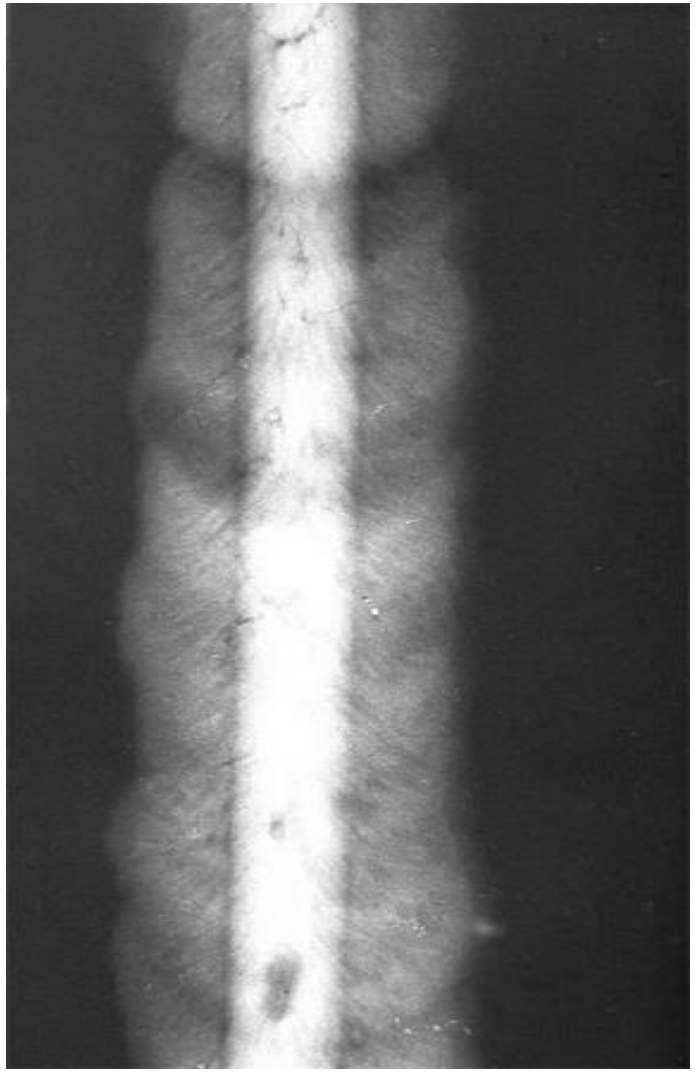
What's the Artefact?

Radiographic Interpretation of Welds

Reticulation

What's the Artefact?

Radiographic Interpretation of Welds



Diffraction Mottle

What's the Artefact?

Any Questions

?

Copyright © 2003 TWI Ltd

Acceptance criteria in API 1104

VISUAL INSPECTION REQUIREMENT AS PER API 1104 1999
FOR CSWIP WELDING INSPECTOR (3.1) COURSE .

Defect Type	Clause No	Page No	Max. Allowance
CAP			
Excessive cap height	7.8.2	20	Max 1.6 mm
Cap appearance	7.8.2	20	Shall be uniform.
Inadequate weld width	7.8.2	20	Approximately 3 mm wider than Original groove
Incomplete fill groove	7.8.2	20	At no point shall the crown fall below the outside surface of the pipe
Slag inclusions	9.3.8.1	22	The length of an ESI max 50 mm The aggregate length ESI max 50 mm in 300 mm The width of an ESI max 1.6 mm The aggregate ISI max 13 mm in 300 mm The width of an ISI max 3 mm More than 4 ISI with max width of 3 mm in 300 mm. Aggregate length of ESI or ESI 8% of weld length.

Undercut	9.3.11	24 + 28 Table 4	Max length in any 300 mm length, 50 mm. Max depth 0.8 or 12.5% of [pipe wall thickness@ any length. Max depth 0.4 or 6% - 12.5% of pipe wall thickness@ up to 50 mm length in 300 mm of weld.
Porosity	9.3.9.1	24 + Fig.19/20	**Individual pore** max 3 mm. The size of individual pore exceeds 25% of thickness. Distribution of scatters exceeds Fig. 19 or 20. **Cluster porosity** Max. diameter of the cluster 13 mm. Aggregate length of CP in 300 mm – 13 mm. An individual pore with in a cluster 2 mm max.
Cracks	9.3.10	24	Not Permitted (unless crater crack) Crater cracks 4 mm max. length.

ACCEPTANCE CRITERIA FOR NLNG PIPELINE API1104

INADEQUATE PENETRATION IP

Not Acceptable

INADEQUATE PENETRATION DUE TO HIGH-LOW IPD

Not Acceptable

INCOMPLETE FUSION IF

Not Acceptable

INCOMPLETE FUSION DUE TO COLD LAP IFD

Areas of IFD which are separated by a distance not exceeding the length of the smaller indication shall be treated as a single IFD

(Individual) = 2" (50.8mm)

(Aggregate) = 2" (50.8mm) in any 12" of weld

For welds other than girth welds the acceptance criteria for the individual and aggregate length of defects shall be half of the values listed above

---

INTERNAL CONCAVITY IC

(Individual) = 1/4" (6.35mm) if the density exceeds that of the thinnest adjacent base metal

(Aggregate) = 1/2" (12.7mm) in any 12" of weld

BURN THROUGH BT

No size allowed if density exceeds that of the thinnest adjacent base metal

SLAG INCLUSIONS (Elongated) ESI

(Individual) = 2" (50.8mm)

(Width) = 1/16" (1.59mm)

(Aggregate) = 2" (50.8mm) in any 12" of weld

N.B. Parallel ESI indications separated by approximately the width of the root bead (Wagon tracks) shall be considered a single indication unless the width of either of them exceeds 1/32" (0.79mm) In that event they shall be considered separate indications.

SLAG INCLUSIONS (Isolated) ISI

(Individual) = 1/2" (12.7mm)

(Width) = 1/8" (3.17mm)

N.B. If more than four ISI indications with the maximum width of 1/8" (3.17mm) are present in any continuous 12" of weld then the weld is rejectable.

POROSITY P

(Individual) = 1/8" (3.17mm)

The distribution of scattered porosity exceeds the concentration permitted by figure 18 or 19

POROSITY (Cluster) CP

Cluster porosity that occurs in any pass except the finish pass shall comply with the criteria above.

Cluster porosity that occurs in the finish pass shall be unacceptable when any of the following conditions occur.

The diameter of the cluster exceeds 1/2" (12.7mm)

The aggregate length of Cluster Porosity in any continuous 12" of weld exceeds 1/2" (12.7mm) An individual pore within a cluster exceeds 1/16" (1.59mm)

POROSITY (Hollow Bead) HB

(Individual) = 1/2" (12.7mm)

(Aggregate length in any continuous 12" (12.7mm) exceeds 2" (50.8mm)

Individual indications of HB each greater than 1/4" (6.35mm) in length are separated by less than 2" (50.8mm)

CRACKS C

Not acceptable

UNDERCUTTING (External) EU

(Internal) IU

Aggregate length of indications in any combination in any 12" of weld exceeds 2" (50.8mm)

EXCESSIVE PENETRATION

Any individual instance of excessive root bead deposition shall not exceed 4mm and not longer than 20mm

Any excessive root bead deposits shall be separated by at least 150mm of sound weld metal

---

ACCUMULATION OF DEFECTS AD

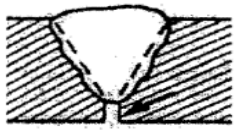
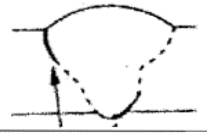
Excluding Incomplete Penetration due to high low and undercutting

Aggregate length of indications in any continuous 12" of weld exceeds 2" (50.8mm)

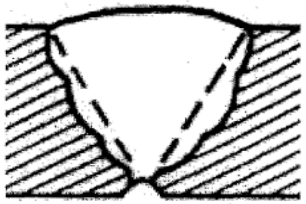
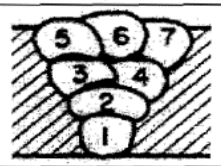
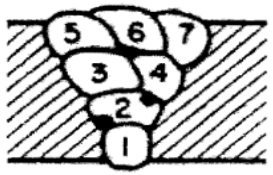
PIPE OR FITTING DISCONTINUITIES

Arc burns, long seam discontinuities and other discontinuities in the pipe or fittings detected by radiographic testing shall be reported to the company.

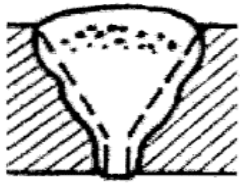
معیار پذیرش جوش با رادیوگرافی طبق API 1104

نام عیب	شرح عیب	شکل	حداکثر اندازهٔ مجاز	ملاحظات
نفوذ ناقص (IP)	نفوذ ناقص بدون بالا و پائین بودن لبه (پرنشدن کامل ریشه جوش)		طول ۲۵ میلیمتر (انفرادی) طول ۲۵ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع) ۸ درصد طول جوش (برای طول کمتر از ۳۰۰ میلیمتر)	
نفوذ ناقص (IPD)	نفوذ ناقص بخاطر بالا و پایین بودن لبه (نمایان بودن یک لبه در ریشه بخاطر عدم همترازی)		طول ۵۰ میلیمتر (انفرادی) طول ۷۵ میلیمتر (مجموع)	
نفوذ ناقص (ICP)	نفوذ ناقص در پایهٔ پخ (عیب زیرسطحی بین اولین پاس داخلی و اولین پاس بیرونی)		طول ۵۰ میلیمتر (انفرادی) طول ۵۰ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع)	
ذوب ناقص (IF)	عیب سطحی بین فلزجوش و فلز مبنای منتهی به سطح		طول ۲۵ میلیمتر (انفرادی) طول ۲۵ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع) ۸ درصد طول جوش (برای طول کمتر از ۳۰۰ میلیمتر)	
ذوب ناقص (IFD)	ذوب ناقص بخاطر سرد جوشی (عیب بین دو فلز جوش مجاور یا بین فلزی جوش وفلز مبنای غیرمنتهی به سطح)		طول ۵۰ میلیمتر (انفرادی) طول ۵۰ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع) ۸ درصد طول جوش (برای طول کمتر از ۳۰۰ میلیمتر)	
تقعر داخلی (IC)	گودشدگی وسط جوش از طرف داخل لوله			درجه سیاهی تعقر از درجه سیاهی فلز مبنا بیشتر نباشد

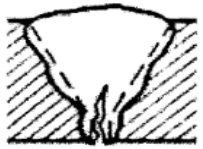
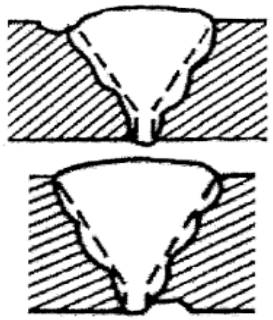
معیار پذیرش جوش با رادیوگرافی طبق API 1104

نام عیب	شرح عیب	شکل	حداکثر اندازهٔ مجاز	ملاحظات
سوختگی سرتاسری (BT)	قسمتی از پاس ریشه بخاطر نفوذ اضافی پاس دوم، سوخته شده و بطرف داخل لوله سوق داده شده است.		حداکثر اندازه ۶ میلیمتر و درجه سیاهی BT از درجه‌سیاهی فلزمبنابیشتر نباشد. حداکثر اندازه بیشترازضخامت لوله نازکترنباشد ودرجه سیاهی BT ازدرجه سیاهی فلزمبنا بیشتر نباشد. مجموع حداکثر اندازه های BT جداگانه از ۱۳ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر یا طول کل جوش هر کدام کمتر است، بیشتر نباشد (برای لوله کوچکتر از قطر ۶۰ میلیمتر فقط یک BT به هر اندازه بیشتر نباشد)	
آخال سرباره (SI)	سرباره جامد حبس شده در فلز جوش یا بین فلز جوش و فلز مبنا			
آخال سرباره طویل شده (ESI)	خطوط سرباره پیوسته یا شکسته (معمولاً در منطقه ذوب)		طول ۵۰ میلیمتر (انفرادی) طول ۵۰ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع) عرض ۱/۶ میلیمتر	آخال سرباره طویل شده موازی اگر به اندازه پهنای پاس ریشه از هم فاصله داشته باشد، تکی محسوب میشود ولی اگر پهنای هرکدام از ۰/۸ میلیمتر بیشتر باشد، عیوب جداگانه به‌حساب می‌آیند.
آخال سرباره منفرد (ISI)	سرباره با شکل نامنظم که در هر جای جوش ممکن است وجود داشته باشد		طول ۱۳ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع) عرض ۳ میلیمتر ٤ تا عرض حداکثر ۳ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر ۸ درصد طول جوش (جمع ESI و ISI)	

معیار پذیرش جوش با رادیوگرافی طبق API 1104

نام عیب	شرح عیب	شکل	حداکثر اندازهٔ مجاز	ملاحظات
تخلخل (P)	منفذهای گازی حبس شده در فلز جوش		اندازه ۳ میلیمتر ۰/۲۵ ضخامت قطعه نازکتر	
تخلخل پراکنده (SP)	منفذهای گازی پراکنده		بیشتر از نمودار ارائه شده نباشد	
تخلخل خوشه ای (CP)	منفذهای گازی مجتمع		تخلخل خوشه ای پاس رو: قطر خوشه ۱۳ میلیمتر طول ۱۳ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع) اندازه منفذ انفرادی در خوشه از ۱/۶ میلیمتر بیشتر نباشد	تخلخل خوشه ای پاسهای میانی همانند تخلخل پراکنده درنظر گرفته شود.
تخلخل طویل شده (HB)	تخلخل طویل شده خطی در پاس ریشه		طول ۱۳ میلیمتر (انفرادی) طول ۵۰ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع) HB های با طول بیشتر از ۶ میلیمتر به فاصله بیشتر از ۵۰ میلیمتر ۸ درصد طول جوش (مجموع)	

معیار پذیرش جوش با رادیوگرافی طبق API 1104

نام عیب	شرح عیب	شکل	حداکثر اندازهٔ مجاز	ملاحظات
ترک (C)	جدایش دو قسمت از فلز		هر اندازه یا هر جای جوش مجاز نیست طول کمتر از ٤ میلیمتر ترک کم عمق یا ستاره ای چاله جوش	بجز ترک کم عمق یا ترک ستاره‌ای درچاله‌انتهای جوش
بریدگی کناره (E) بیرونی (I)ریشه	شیار ایجاد شده در فلز مبنای کناره جوش		طول ۵۰ میلمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع EU و IU) یک ششم طول جوش (مجموع EU و IU)	در بازرسی چشمی: عمق تا ۰/۸ میلیمتر یا ۱۲/۵ درصد ضخامت، عمق بیشتر از ۰/٤ تا ۰/۸ میلیمتر یا بیشتر از ۶ تا ۱۲/۵ درصد ضخامت، بطول ۵۰ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر طول جوش. عمق کمتر یا مساوی ۰/٤ میلیمتر یا کمتر یا مساوی ۶ درصد ضخامت با هر طول
تجمع عیوب (AI)	تجمع چند نوع عیب (بجز نفوذ ناقص بخاطر بالا و پایینی و بریدگی کناره)		طول ۵۰ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر (مجموع) ۸ درصد طول جوش (مجموع)	

IP = Inadequate Penetration
IPD = Inadequate Penetration Due to High-Low
ICP = Inadequate Cross Penetration
IF= Incomplete Fusion
IFD= Incomplete Fusion Due to cold lap
IC = Internal Concavity
BT = Burn - Through
SI = Slag Inclusion
ESI = Elongated Slag Inclusion
ISI = Isolated Slag Inclusion
P = Porosity
SP = Scattered Porosity
CP = Cluster Porosity
HB = Hollow-bead Porosity
C = Crack
EU = External Undercutting
IU = Internal Undercutting
AI = Accumulation of Imperfections