مهنة لحام المعادن

الوحدة الرابعة

عيوب واختبارات اللحام

Welding Defects and Tests

الصف الثاني

العام التدريبي (٢٠١٩ / ٢٠٢٠)

تم الإعداد والتطوير بواسطة شركة يات لحلول التعليم
تليفون: 27498297 (202+) - **محمول:** 01001726642 (2+)
Website: www.YATLearning.com - **E-Mail:** info@yat.com.eg

الفهرس

الاحتياطات الواجب إتباعها في ورشة اللحام ٥
أدوات السلامة الواجب توافرها داخل الورشة ٨
تعليمات السلامة الخاصة بالحرائق ٩
أنواع طفايات الحريق ١٠
المعارف النظرية للوحدة ١١
مقدمة ١٢
أولا: تصنيف عيوب اللحام ١٣
ثانيا: العيوب الناتجة عن طريقة اللحام ١٦
١- نقص في الغرز (النفاذية) Lack of Penetration (LOP) ١٦
٢- نقص في التعبئة Lack of filling أو الدرزة الهابطة (Under Fill) ١٨
٣- التراكب Overlap ٢٠
٤- العوالق الخبثية الصلبة Solid Slag Inclusions ٢١
٥- نقص في الانصهار Lack of fusion or Incomplete Fusion ٢٢
٦- القطع (النحر) السفلي Under Cut ٢٧
٧- التقعر الجذري Root concavity ٢٩
٨- البخبخة أو المسامية (Porosity) ٣٠
٩- التغلغل الزائد Excessive Penetration ٣٦
١٠- زيادة معدن اللحام (تدعيم) Excess weld metal (Reinforcement) ٣٧
١١- شوائب معدنية Metallic Inclusion ٣٨
١٢- طرطشه أو ترشاش (Spattering) ٣٩
١٣- فوهة أنبوبة (شرخ الفوهة) Crater Pipes ٤١
١٤- التشريز (ضربة القوس) أو احتراق القوس (Arc strikes or Arc burns) ٤٢
ثالثا: عيوب ميتالورجيه Metallographic structure related ٤٣
١- الشقوق (الشروخ) CRACKS ٤٤
٢- الانعزال (Segregation) ٥٣
٣- عين السمكة (Fisheye) ٥٤
العوامل والمتغيرات المؤثرة بالنسبة للحام بالقوس الكهربائي المعدني ٥٤
عيوب ومشاكل اللحام بالقوس الكهربي ٥٤
طرق الكشف عن عيوب اللحام ٦٠

التدريبات العملية للوحدة ٧٥

١. اختبار كسر اللحام الزاوي لوصلة حرف T.....٧٦
٢. اختبار كسر اللحام الزاوي لوصلة زاوية خارجية.....٨٢
٣. اختبار الثني الموجه (اختبار وجه اللحام) ٨٧
٤. اختبار الفحص البصرى وصلة تقابلية تناكبية ٩٣
٥. اختبار الصبغة المتوغلة Dye Penetrating Test (DPT).....١٠٣

قائمة المصطلحات العلمية ١١٢
قائمة المراجع.....١١٥

المقدمة

يدخل اللحام في أجزاء كثيرة من العدد والأجهزة التي تستخدم في مختلف الميادين ويتعرض الكثير منها إلى ظروف تشغيل قاسية من درجات حرارة وضغوط مرتفعة أو أوساط تآكليه معادية أو إجهادات في حالة تذبذب مستمر وغير ذلك. والمطلوب من منطقة اللحام تحمل هذه الظروف القاسية ولفترات طويلة من الزمن. الأمر الذي يقتضي وضع ضوابط ومواصفات لعملية اللحام لضمان نوعيتها وجعله ملائما للاستعمال. وغالبا ما يؤدي فشل اللحام إلى التوقفات الاستثنائية للأجهزة والمعدات وخطوط الأنابيب في المنشئات النفطية بشكل عام مؤديا إلى خسارة مالية باهظة من جراء توقف الإنتاج وإعمال الصيانة، ولكي نكون على دراية من إن عمليات اللحام تنفذ بموجب الضوابط والمواصفات وان اللحام المنتج بحالة جيدة خال من العيوب ويتمكن من تحمل ظروف التشغيل المطلوبة ويبقى في حالة سليمة لمدة طويلة من الزمن. ولكي يتحقق كل ذلك يجب على فني ومهندسي اللحام فهم ومعرفة عملية اللحام وكيفيتها وطرقها وعيوبها.

عيوب اللحام هو مصطلح يستخدم لوصف الانقطاعات او الفجوات او اي اخطاء اخرى تحصل في بناء درزة اللحام وتتسبب في رفض خط اللحام وذلك حسب المعايير والموصفات المعتمدة. عند الكشف عن عيوب اللحام، ينبغي إجراء تقييم لتحديد شدتها، واتخاذ الإجراءات المناسبة لإصلاحها.

في هذا الوحدة سيتم التطرق لاختبارات اللحام الإتلافيه Destructive Tests (DT) وغير الإتلافيه Nondestructive Tests (NDT) لكشف عيوب وصلات اللحام، وكذلك يتم التعرف على أنواع عيوب اللحام وطرق تجنبها ومعالجتها، وطرق اختبار وصلات اللحام باستخدام الاختبارات الإتلافيه وغير الإتلافيه لاستنتاج جودة الوصلة الملحومة.

لقد تم تصميم الوحدة بحيث يتبع كل تدريب عملي تقييم للطالب حسب معايير التقييم الخاصة بكل مهارة بالإضافة إلى اختبار عملي يبين مدى اكتساب الطالب للمهارة لتحقيق هدف التدريب في زمن قياسي محدد بالاختبار العملي. أخيرا في نهاية هذه الوحدة تم بإضافة ملخص خاص بالمصطلحات الإنجليزية الهامة المستخدمة بالوحدة وذلك لتنمية مهارات اللغة الإنجليزية التي سيحتاجها المتدرب أثناء عمله في قراءة كتالوجات الشركات المنتجة الأجنبية وتعليمات التشغيل الهامة. نقدم لك عزيزي المتدرب هذه الوحدة متمنيين لك كل النجاح والتوفيق في حياتك العملية المستقبلية.

السلامة أولا SAFETY FIRST

يمكن أن تتم عمليات اختبارات اللحام وكشف العيوب والقطع بالبلازما بشكل آمن فقط إذا كان المشغل على علم بالأخطار التي تنطوي عليها هذه العمليات. يجب أن يبقى تركيز المشغل دائما على عمله في اثناء العمل سواء الورشة أو موقع العمل أو أي مكان لتجنب الحوادث. ويجب تطوير عادات العمل الآمنة في استخدام أدوات الصحة والسلامة المهنية والأجهزة الواقية. معايير السلامة ما هي الا توجيهات لمساعدتك على القضاء على الممارسات والإجراءات الغير آمنة.

الاحتياطات الواجب إتباعها في ورشة اللحام

- الالتزام بإجراءات وإرشادات السلامة والأمان.

شكل رقم ١: أدوات السلامة الشخصية Personal Protective Equipment

- ارتداء الملابس الخاصة بالعمل مثل الأفرول (العفريتة) الغير قابل للاشتعال Protective Suit بحيث تكون غير فضفاضة وخصوصا الأكمام.

شكل رقم ٢: الأفرول

- عدم لبس الساعات والخواتم والاساور اثناء العمل.
- يجب ارتداء النظارة الواقية Protective Glass الخاصة باللحام اثناء تنفيذ عمليات اللحام لحماية العين من تطاير الشرر أو من شدة اللهب أثناء عملية اللحام.

شكل رقم ٣: النظارة الواقية

- لا يسمح بأداء اللحام باللهب الغير المدربين على استعماله وتحت إشراف مدربيهم.
- وضع لافتة على معدات اللحام التالفة مكتوب عليها (غير جاهزة للعمل توضح أن هذه المعدات معطلة ولا يجوز العمل بها).
- التأكد من إن وصلات خراطيم الأسطوانات سليمة ١٠٠%.
- لبس حذاء السلامة والأمان Safety Shoes لحماية القدمين ومنع التزحلق.

شكل رقم ٤: حذاء الأمان

- يجب ارتداء الخوذة Helmet لحماية الرأس من أيه أشياء قد تسقط عليها اثناء العمل.

شكل رقم ٥: الخوذة

- يجب ارتداء سدادات الأذن Hearing Protection Tool لحماية الأذن من الأصوات العالية داخل الورشة أو المصنع.

شكل رقم ٦: سماعة الأذن

- إتباع النظام والدقة في العمل.
- يجب ارتداء القفازات Gloves لحماية الأيدي من الإصابات.

شكل رقم ٧: القفاز

- يجب عدم حمل الأشياء الثقيلة حتى لا تتأذى فقرات الظهر.

شكل رقم ٨: الطرق الصحيحة لرفع أي حمل عن الأرض

- يجب اتخاذ الوضعية المناسبة عند تنفيذ الأعمال، مثل ثني الجسم أو الجلوس حتى لا تتأذى فقرات الظهر.
- يجب تصفية وتنظيف سطح القطع الحديدية من الأكاسيد والزيوت لضمان وصلة لحام خالية من العيوب.
- التركيز والانتباه أثناء تنفيذ عمليات اللحام.
- يجب تنظيف المعدات من الشوائب أو الترسبات أو الرائش والأوساخ بعد الانتهاء من العمل عليها.
- تعامل مع زملائك ومع المدربين بجدية والتزام وروح الفريق وحسن التعامل مع الجميع.
- التزم بالطرق الصحيحة في استخدام العدد والآلات حسب إرشادات المدرب للحفاظ على دقتها وسلامتها.
- حافظ على تنظيم وترتيب العدد وأدوات العمل في مكان آمن حتى لا تتعرض الى التلف.
- تنظيف الأدوات والمكان بعد الانتهاء من العمل.
- يجب عدم استعمال العدد التالفة حتى لا تتعرض انت أو زملائك للإصابة.
- التأكد من سلامة الأدوات قبل وبعد الاستعمال.
- إتباع الطريقة السليمة في استخدام العدد واستعمالها في الأغراض المخصصة لها.
- اجراء صيانة دورية على المعدات باستمرار.
- يجب توفر صندوق اسعافات أولية وطفاية حريق بمكان العمل أو بالورشة.

أدوات السلامة الواجب توافرها داخل الورشة

وهي الأدوات الواجب توافرها داخل ورشة العمل والتي توفر جميع عوامل السلامة من الحرائق، حيث يتم تزويد ورش العمل بأجهزة الإنذار والإطفاء والخروج من موقع العمل بأمان. ومن أهم أدوات السلامة الأساسية الواجب توافرها داخل مكان العمل الاتي؛

١. حقيبة الإسعافات الأولية first Aid Kit

يوضح (شكل رقم ٩) حقيبة الإسعافات الأولية وهي حقيبة تحتوي على المواد الضرورية للإسعافات الأولية كالقطن واللصق الطبي والبيتادين والمواد المطهرة للجروح وغيرها من المواد اللازمة لحالات الطوارئ.

شكل رقم ٩: حقيبة الإسعافات الأولية

٢. طفايات الحريق Fire Extinguisher

يوضح (شكل رقم ١٠) طفايات الحريق وهي متعددة الأغراض والأشكال ويجب توفرها في الورشة للمساهمة في التعامل مع البدايات الأولى للحريق وإخمادها سريعا، وتزيد أهميتها في الأماكن التي يكون احتمال حدوث الحرائق فيها كبيرا.

شكل رقم ١٠: طفايات الحريق

٣. اللوحات الإرشادية

يوضح (شكل رقم ١١) مجموعة من اللوحات الإرشادية والتي يجب أن تتواجد داخل الورشة أو موقع العمل لتحديد أماكن الخروج وإلزام العامل بارتداء الملابس الواقية وعلامات منع التدخين

وأماكن تواجد حقيبة الإسعافات الأولية وغيرها من اللوح الإرشادية الواجب تواجدها لتوجيه العامل داخل مكان العمل للحفاظ على سلامته وسلامة مكان العمل.

شكل رقم ١١: بعض اللوح الإرشادية.

تعليمات السلامة الخاصة بالحرائق

١. يجب منع بدء اشتعال الحريق بأبعاد المواد القابلة للاشتعال والمواد السريعة الانفجار.
٢. تأمين وسائل الإطفاء الفوري للحرائق، مثل طفاية الحريق.
٣. اتباع أساليب الإخلاء المنظم من مناطق العمل بوضع مخارج للطوارئ.
٤. استعمال طفاية الحريق المناسبة، أي أن لكل حريق نوع خاص من الطفايات فمثلا:
٥. محروقات المواد الكهربائية الطفاية المناسبة لها هي من نوع ثاني أوكسيد الكربون.
٦. فحص طفاية الحريق بشكل دوري، (شهريا - سنويا).

أنواع طفايات الحريق

طفاية رغوية: تستخدم في إطفاء المواد الصلبة مثل الورق والمطاط والخشب طفاية رغوية	طفاية ثاني أوكسيد الكربون: تستخدم لإطفاء حرائق المواد السائلة مثل الزيوت والشحوم كما تستخدم للمحروقات الكهربائية مثل المواد الكهربائية والمحركات طفاية ثاني أوكسيد الكربون
طفاية الماء المضغوط: تستخدم في إطفاء المواد الصلبة مثل الورق والبلاستيك والخشب طفاية الماء المضغوط	طفاية مواد كيماوية جافة (بودرة): تستخدم للمعادن القابلة للاحتراق بسهولة مثل الرصاص والزنك، وتستخدم للمحروقات الكهربائية طفاية بودرة جافة

المعارف النظرية للوحدة

مقدمة

مع التطور التكنولوجي زادت الحاجة للحصول على لحام ذو جودة عالية ويمكن الوثوق به، فالصناعات المتقدمة كالصناعات النفطية والسيارات والطيران وشبكات الانابيب والجسور المعدنية وغيرها من الصناعات الهامة تحتاج الى خطوط لحام موثوق بها، فانهيار جزء من خط اللحام في مثل هذه الصناعات يعني خسارة كبيرة في الأرواح والاموال. لذا تصنف خطوط اللحام الهامة في مثل هذه الصناعات تحت تصنيف خطوط اللحام الحرجة او الخطيرة. وللحصول على الجودة المطلوبة يجب الكشف عن عيوب اللحام ومعالجتها.

عيوب اللحام هو مصطلح يستخدم لوصف الانقطاعات او الفجوات او اي اخطاء اخرى تحصل في بناء درزة اللحام وتتسبب في رفض خط اللحام وذلك حسب المعايير والموصفات المعتمدة. عند الكشف عن عيوب اللحام، ينبغي إجراء تقييم لتحديد شدتها، واتخاذ الإجراءات المناسبة لإصلاحها.

في هذا البحث سيتم التطرق لاختبارات اللحام الإتلافيه Destructive Tests (DT) وغير الإتلافيه Nondestructive Tests (NDT) لكشف عيوب وصلات اللحام، وكذلك يتم التعرف على أنواع عيوب اللحام وطرق تجنبها ومعالجتها، وطرق اختبار وصلات اللحام باستخدام الاختبارات الإتلافيه وغير الإتلافيه NDT لاستنتاج جودة الوصلة الملحومة. ولفهم مشاكل وعيوب اللحام يجب معرفة مناطق وصلة اللحام، حيث تشتمل وصلات اللحام على المناطق التالية:

- منطقة اللحام weld
- المنطقة المتأثرة بالحرارة (المجهدة حراريا) Heat affected zone (HAZ)

وبصورة عامة يجب أن تحقق وصلة اللحام (معدن اللحام والمنطقة المجاورة المتأثرة بحرارة اللحام HAZ الشروط التالية:

١. إن تكون الصفات الميكانيكية والكيمياوية لوصلة اللحام أعلى أو مشابه لصفات المعدن الأصلي.
٢. إن يكون التركيب الكيمياوي للحام مكافئا (أو مقاربا) قدر المستطاع للتركيب الكيميائي للمعدن الأصلي.
٣. أن تكون وصلة اللحام خالية من عيوب اللحام التي يمكن كشفها بأجهزة الفحص الدقيقة المألوفة ويجب التأكد من أن كلا من معدن اللحام والمنطقة المتأثرة بالحرارة تتوفر فيها هذه الشروط.

أولا: تصنيف عيوب اللحام

أولا: يمكن تصنيف عيوب اللحام طبقا للطرق المستخدمة على النحو التالي:

١. في لحام القوس الكهربي:

أ. محتويات خبثية.

ب. بخبخة.

ج. نقص في التغلغل أو نقص في الانصهار.

د. قطع سفلي.

٢. في لحام القوس المغمور:

أ. نقص في الانصهار أو نقص في التغلغل.

ب. محتويات خبثيه.

ج. بخبخة.

٣. لحام الالكترود المحشو بمساعد الصهر:

أ. محتويات خبثيه.

ب. بخبخه.

ج. نقص في التغلغل أو نقص في الانصهار.

٤. اللحام باستخدام القوس الكهربي وغاز الحماية:

أ. بخبخه.

ب. نقص في التغلغل أو نقص في الانصهار.

٥. اللحام بغاز الأرجون والكترود التنجستن:

أ. بخبخه.

ب. محتويات خبثيه من الكترود التنجستن.

ثانيا: يمكن تقسيم عيوب اللحام الى ثلاث انواع رئيسيه هي:

- عيوب مرتبطة بتصميم وصلات اللحام Design related
- عيوب ناتجه عن طريقة اللحام Welding process related
- عيوب ميتالورجيه Metallographic structure related

وهو ما سيتم التطرق اليه باستفاضة في هذه الوحدة

عيوب مرتبطة بتصميم وصلات اللحام تشمل وهي

أي عدم اختيار نوع الوصلة المناسب سواء لحام تقابلي او لحام تراكبي، وكذلك العيوب في نوع الشطف وزاوية الشطف وتشمل:

١. التغيير في المقاطع وأماكن تركيز الاجهادات الأخرى.

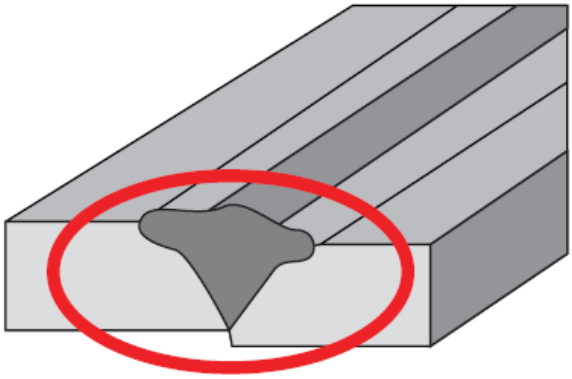
ويحدث نتيجة اختلاف مقطع وصلات اللحام على طول خط اللحام، أو نتيجة عدم التجهيز الجيد لوصلات اللحام بعمل الشطف المناسب لسمك وصلة اللحام، ويجب مراعاة انتظام مقطع معدن وصلات اللحام للحصول على لحام جيد وخالي من عيوب تصميم وصلات اللحام.

٢. نوع وصلة اللحام

قد يتم اختيار نوع وصلة لحام خاطئ، مثل اختيار لحام قوره لمعدن ذو سمك قليل لحام. أو عيوب في خواص وصلة اللحام مثل انخفاض الخواص الميكانيكية، التي تتمثل في ضعف مقاومة الشد والسحب والخضوع والصلادة الغير مناسبة والانهيار عند الصدم. وكذلك انخفاض في الخواص الكيمائية مثل ضعف مقاومة التآكل والتركيب الغير صحيح لبلورات وصلة اللحام.

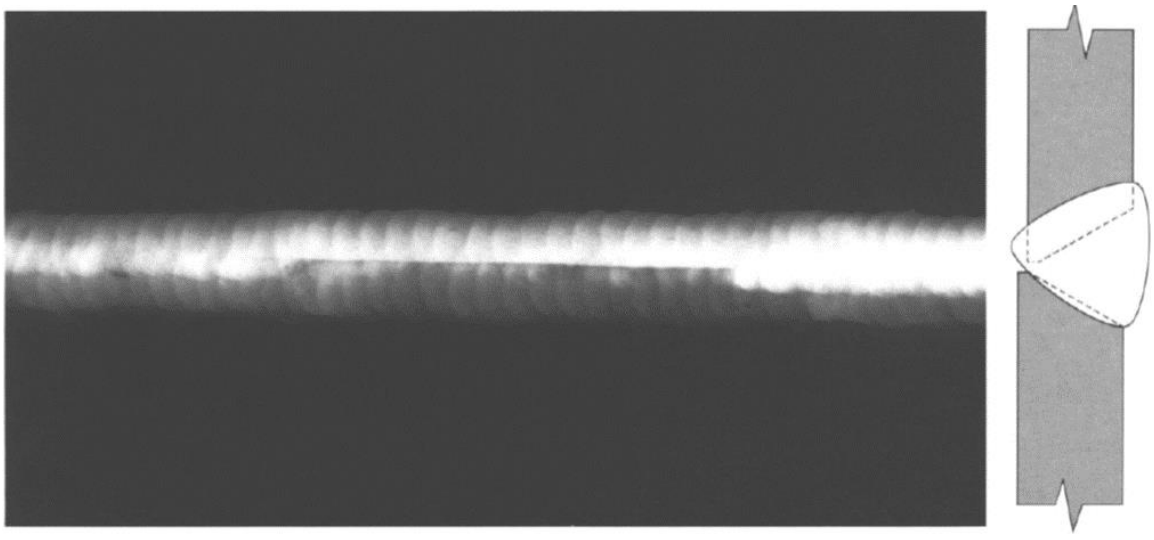
٣. عيب عدم المحاذاة او عدم الاستقامة Misalignment

يحدث عدم المحاذاة بين كل من حافتي الوصلة في اللحام التقابلي بسبب عدم تطبيق القطعتين بصورة صحيحة كما هو موضح في (شكل رقم ١٢).



شكل رقم ١٢: عيب عدم المحاذاة

ويظهر عيب عدم المحاذاة في التصوير الشعاعي كما هو مبين في (شكل رقم ١٣).



شكل رقم ١٣: تصوير شعاعي لعيب المحاذاة

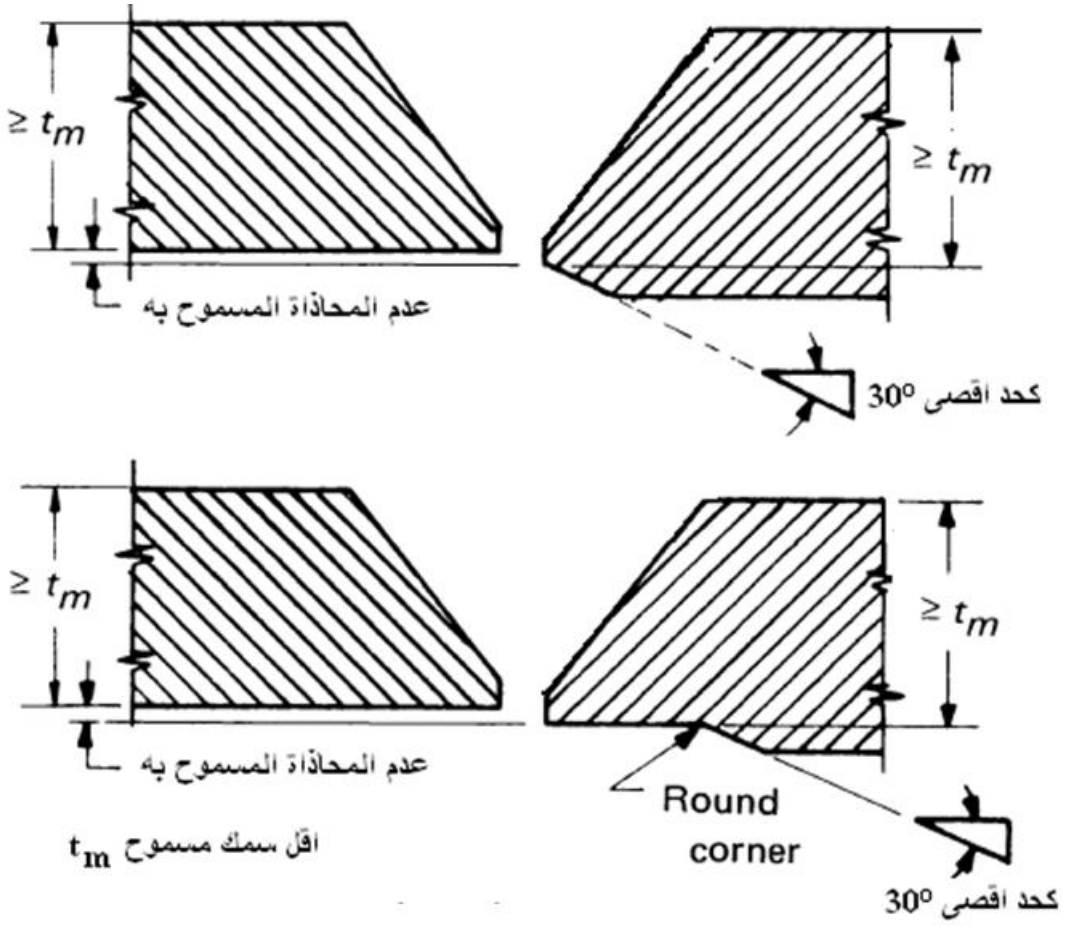
أسباب حدوث عيب عدم المحاذاة:

- عدم الدقة في عملية التجميع.
- الانبعاج الناتج عن لحام آخر.
- عدم استواء الألواح المدرفله على الساخن.

طرق إصلاح عيب عدم المحاذاة:

- يتم التصحيح فقط عندما يكون مقدار عدم المحاذة أكبر من المسموح به.
- يقطع الجزء الملحوم ويعاد تسوية الحواف ويتم اعادة اللحام.
- يمكن استخدام التشكيل سواء على الساخن أو البارد لإصلاح هذا العيب.
- اعادة التطبيق بصورة جيدة بعمل تغيير في المقاطع وأماكن تركيز الاجهادات الأخرى كاستخدام قطعتين مختلفتين بالسمك . ولعلاج هذه الحالة يتم تجليخ نهاية القطعة الأكثر سمك بصورة انسيابية كما هو مبين في (شكل رقم ١٤).

في بعض الأحيان فإن عملية الإصلاح المصحوبة بكثرة القيود قد تؤدي إلى حدوث تشرخ في الوصلة.



شكل رقم ١٤: معالجة القطعة الأكثر سمكا بتجليخها من الأسفل

كيفية تفادى عيب عدم المحاذاة:

- عمل المحاذاة المناسبة قبل اجراء اللحام مع استخدام ماسك (قامطة) أو بالحشر أو استخدام أي أدوات أخرى.
- الفحص السابق للحام للتأكد من دقة المقاطع المدرفله مع عمل التصحيح الممكن قبل تجميع الوصلة.

طريق اكتشاف عيب عدم المحاذاة

- بواسطة الفحص البصري
- باستخدام مقياس اللحام قبل إجراء اللحام.

ثانيا: العيوب الناتجة عن طريقة اللحام

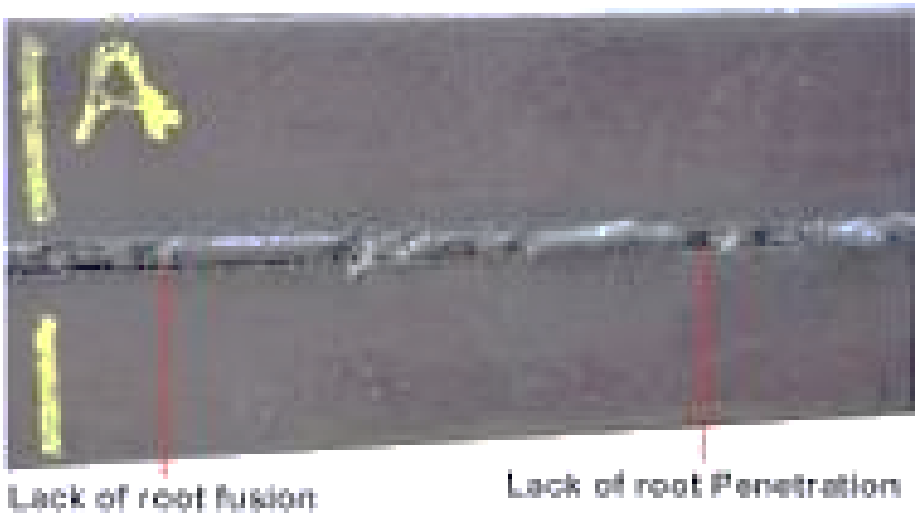
يلخص (جدول رقم ١) العيوب المتعلقة بطريقة للحام إلى عيوب هندسية وأخرى متنوعة

عيوب هندسية	
Lack of root (Incomplete) penetration	نقص في الغرز
Lack of filling (Under Fill)	نقص في التعبئة
Overlap	تراكب
Solid Slag inclusion	العوالق الخبثية الصلبة
Lack of fusion	نقص الانصهار
Undercut	النحر (القطع السفلي)
Root Concavity	التقعر الجذري
Porosity	البخبخه
Excessive penetration	التغلغل الزائد
Excessive weld metal (reinforcement)	تدعيم زائد للحام
عيوب أخرى	
Metallic inclusion	الشوائب المعدنية
Arc strikes	تشريز القوس
Spatter	طرطشة أو ترشاش
Arc crater	فوهة أو فجوة القوس

جدول رقم ١: تصنيف عيوب طريقة اللحام

١- نقص في الغرز (النفاذية) Lack of Penetration (LOP)

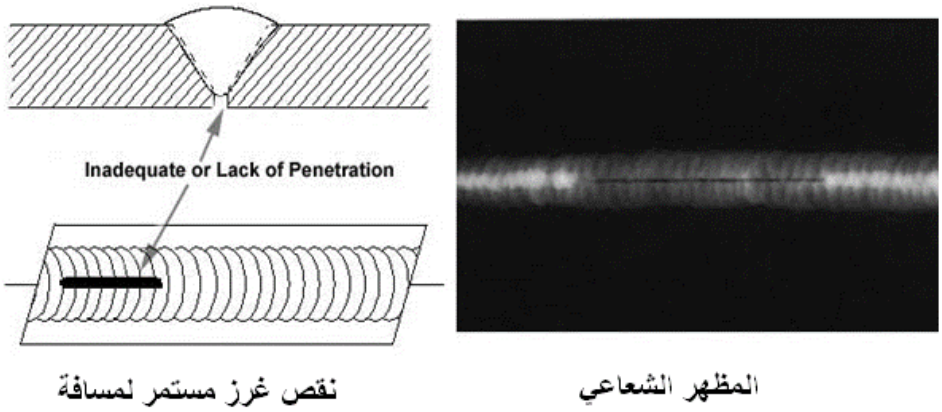
النقص في التغلغل الجذري هو فشل معدن اللحام في الامتداد إلى جذر الوصلة كما في (شكل رقم ١٥).



شكل رقم ١٥: نقص في التغلغل الجذري

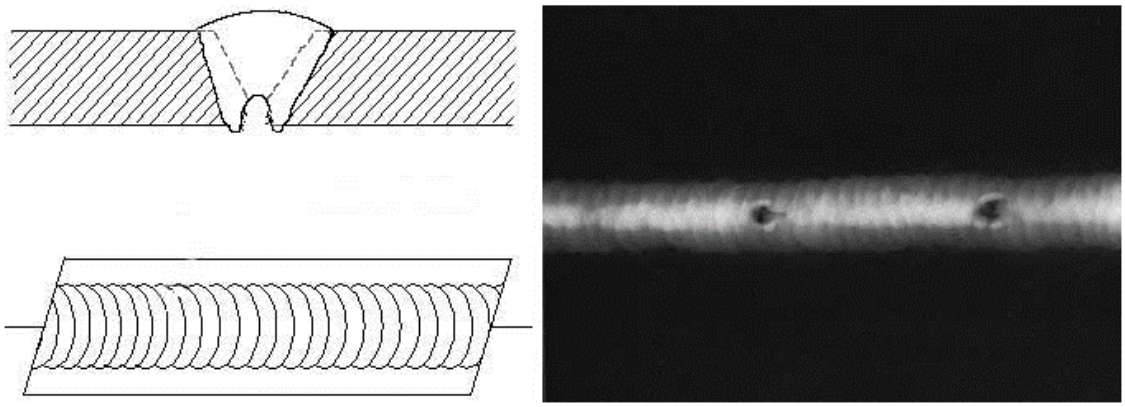
أنواع عيب نقص في الغرز (النفاذية)

أ. نقص غرز مستمر لمسافة Incomplete or Lack of Penetration (LOP) كما هو مبين في (شكل رقم ١٦).



شكل رقم ١٦: مقطع وصورة إشعاعية لنقص غرز مستمر لمسافة

ب. ثقب في الغرز Burn Through كما هو مبين في (شكل رقم ١٧).



شكل رقم ١٧: مقطع وصورة إشعاعية لثقب في الغرز Burn Through

أسباب حدوث عيب النقص في الغرز (النفاذية):

- ظروف اللحام غير مناسبة مثل طاقة فهي منخفضة، سرعة لحام عالية، قطر الالكترود غير مناسب، حث زائد، فيض الخبث أمام اللحام ... الخ.
- فتحة الجذر في الوصلة التقابليه غير مناسبة أما كبيرة أو صغيرة
- كبر المقطع (التخانه) عند وجه الجذر، أو مسافة جذرية غير كافيه.
- قلة خبره وعدم اهتمام من فني اللحام.
- اللحام من أعلى إلى أسفل عكس الطرق المتبعة من أسفل لأعلى.
- الفشل في إزالة الجزء الخلفي في عملية الحفر الخلفي (التفريغ الخلفي).
- اندفاع تيار هواء أثناء اللحام.
- عدم استقامة الجانب الثاني من اللحام.

طرق إصلاح عيب النقص في الغرز:

إزالة الجزء المعيب من احدى الجوانب إذا كان ذلك متاحا وإعادة اللحام كما يمكن زيادة التفريغ الخلفي في حالة اللحام الزاوي المعيب.

لتفادي عيب النقص في الغرز (النفاذية) يلزم اتباع الاحتياطات التالية:

- تصحيح والتأكد من أبعاد ودقة الوصلة.
- إجراء اختبار للتأكد من طاقة القوس واستقامة القوس.
- إجراء اختبار الصبغة أو المغناطيسية للتعرف على الجزء غير مكتمل التغلغل بعد عملية التفريغ الخلفي.
- خفض الحث في لحام الحماية بالغازات أو ثاني أكسيد الكربون.

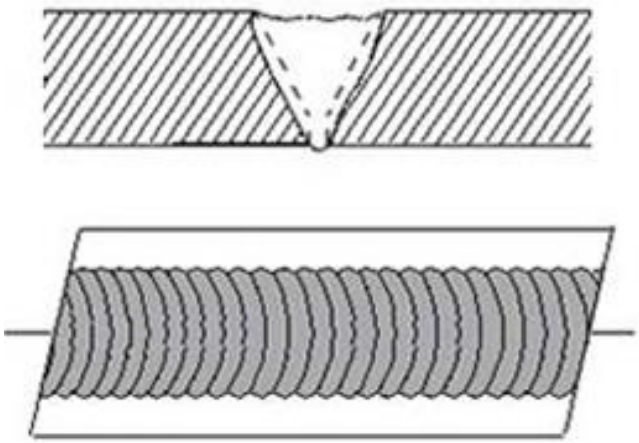
طريقة اكتشاف عيب النقص في الغرز (النفاذية)

سطحيا: إذا ظهر نقص التغلغل الجذري من احدى الجوانب بحيث يمكن الوصول إليه عن طريق اختبار الحبيبات المغناطيسية أو اختبار الصبغة المتغلغلة.

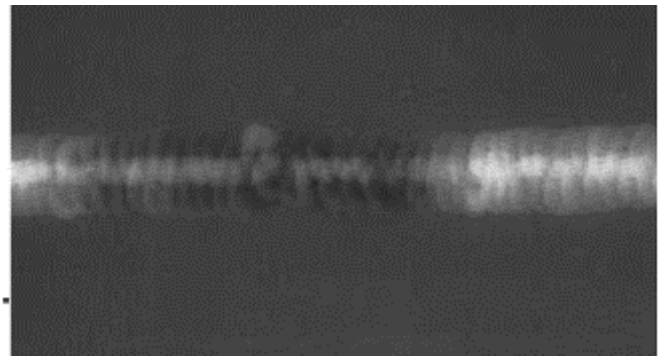
داخليا: الكشف بالموجات فوق الصوتية Ultra sonic أو التصوير بالأشعة (جاما أو اكس X).

٢- نقص في التعبئة Lack of filling أو الدرزة الهابطة (Under Fill)

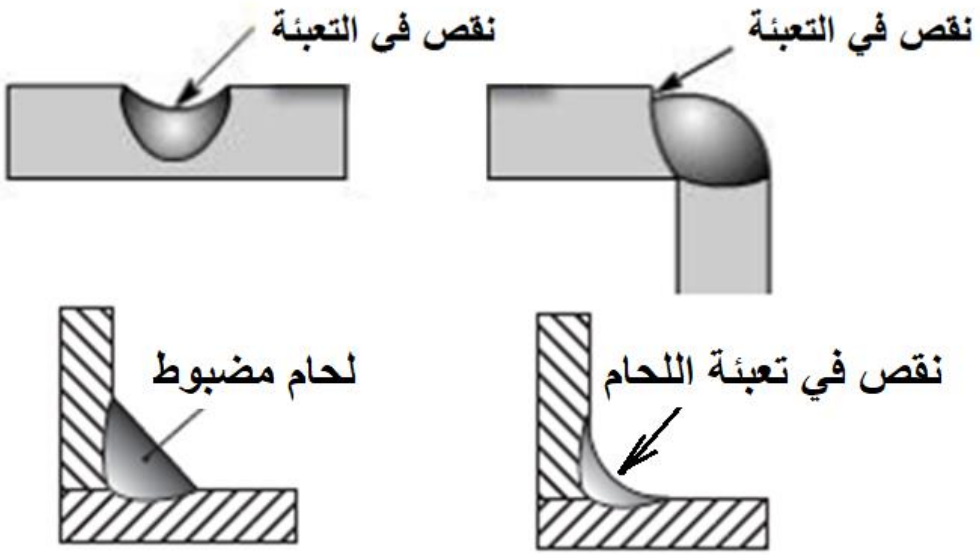
وهي انخفاض في مستوى وجه اللحام وعدم اكتمال اللحام بالحجم المطلوب أو امتداد السطح الجذري أسفل معدن الأساس المجاور وكما هو موضح في المقطع المبين في (شكل رقم ١٨) والصورة الإشعاعية المبينة في (شكل رقم ١٩) يقلل النقص في التعبئة مساحة المقطع العرضي للحام ومن ثم فهو يعتبر نقطة ضعف وتركيز للإجهادات والذي من الممكن أن يبدأ عنده الانهيار.



شكل رقم ١٨: مقطع للنقص في التعبئة



شكل رقم ١٩: صورة إشعاعية ومقطع للنقص في التعبئة



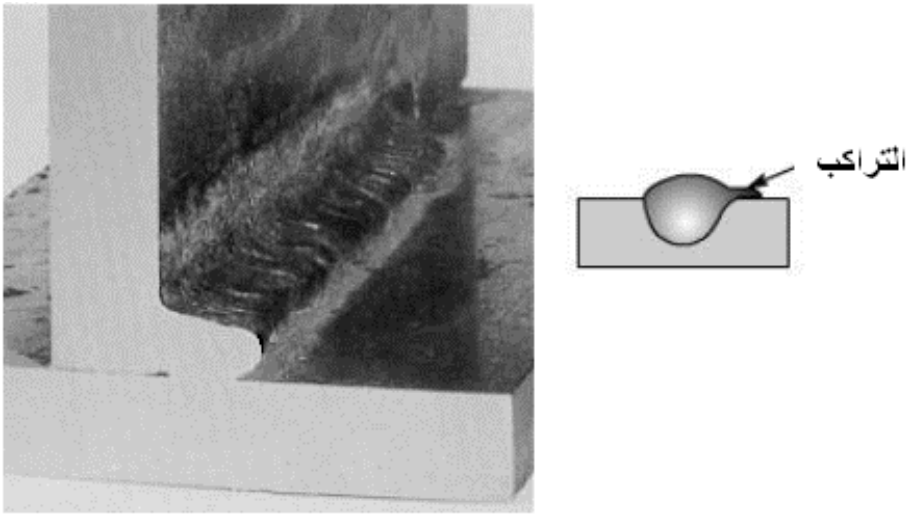
شكل رقم ٢٠: نقص في التعبئة للحام الزوايا الداخلية والخارجية

لتفادي حدوث عيب الدرزة الهابطة يمكن عمل الخطوات التالية:

- يجب خفض الفولت
- خفض سرعة اللحام
- تصغير فتحة الجذر.

٣- التراكب Overlap

هو عيب يحدث عند أطراف معدن اللحام سواء عند حرف "ظفر" أو جذر اللحام بسبب ناجم عن فيض تدفق معدن اللحام على سطح المعدن الرئيسي أو معدن الأساس دون الانصهار والاندماج معه كما هو مبين في (شكل رقم ٢١).



شكل رقم ٢١: تراكب اللحام

أسباب حدوث عيب التراكب في اللحام:

- سرعة لحام منخفضة في حالة ارتفاع الدخل الحراري للحام.
- قلة الخبرة في استخدام الالكترود في اللحام اليدوي.
- التمويج الزائد في اللحام الرأسي.
- دخل حراري منخفض لا يسمح بانصهار معدن اللحام بدرجة كافية.
- وضع وصلة اللحام بشكل غير صحيح، كأن يتم اللحام الزاوي مثل لحام الطبقة (الامرارة) الواحدة في الوضع الأفقي أو الرأسي بدلا من الوضع الأرضي (تحت مستوى النظر).

طرق إصلاح عيب التراكب في اللحام:

إزالة الجزء المعيب ولو لزم الأمر يعاد اللحام هذا الجزء مرة أخرى.

لتفادي حدوث عيب التراكب في اللحام يمكن عمل الخطوات التالية:

- التأكد من الانصهار الكامل للالكترود مع معدن الأساس.
- تحديد عرض مناسب لمعدن اللحام المترسب ليكون في حدود ٩ مم في اللحام الزاوي الأفقي أو الرأسي.

طرق الكشف على عيب التراكب في اللحام:

- بالفحص البصري
- اختبار الصبغات المتغلغلة.

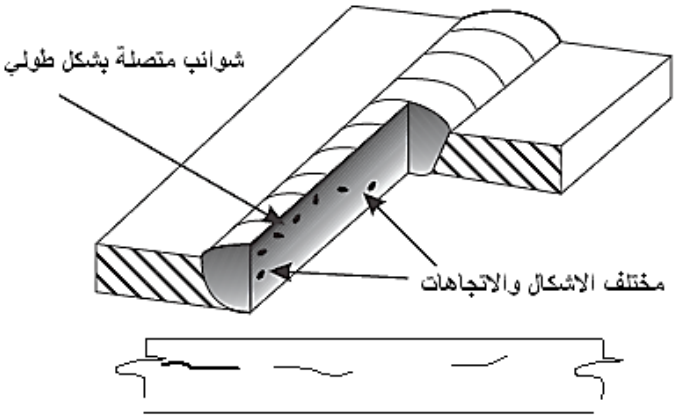
٤- العوالق الخبثية الصلبة Solid Slag Inclusions

المحتويات الخبثيه هي مواد صلبة غير معدنية (شوائب) تنحصر داخل اللحام من انصهار سلك اللحام أو بودرة اللحام (Powder) نتيجة التفاعل الخبثي الذي يحبس في اللحام وهي عادة غير مستوية أو منتظمة الشكل وتختلف في الأبعاد من حبيبات كروية إلى شرائط طولية بطول محور اللحام، وتحدث بطريقة عشوائية لجزئيات مواد غريبة معزولة أو على شكل خطوط مستمرة أو منقطعة تقع موازية لمحور اللحام المحتويات الخبثية في لحام الصلب بطريقة الحماية بالمصهرات.

أنواع العوالق الصلبة

أ. شوائب متصلة بشكل طولي متصلبة Elongated Slag Lines:

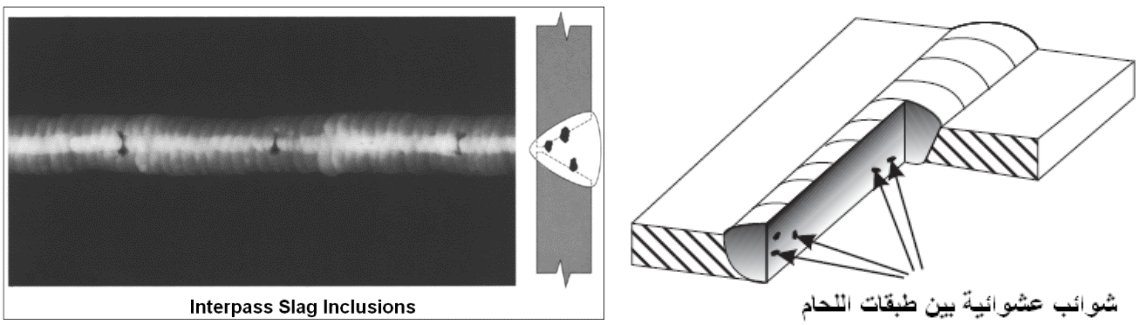
هي شوائب لم يتم أزالتها عند إضافة طبقه لحام تالية كما هو مبين في (شكل رقم ٢٢).



شكل رقم ٢٢: مقطع يظهر شوائب متصلة بشكل طولي

ب. محتويات خبثيه (شوائب) عشوائية:

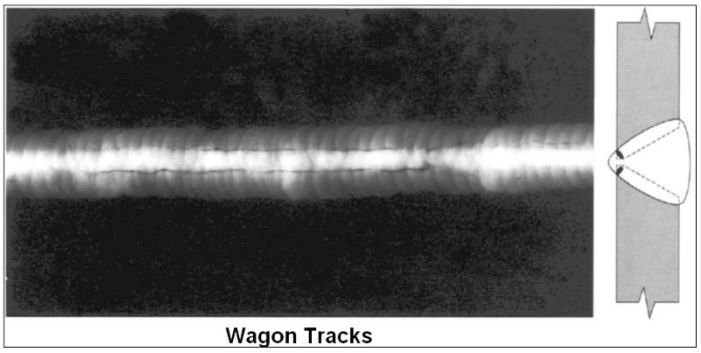
هو خبث أو مواد أخرى تحتبس وتتصلد أثناء اللحام بين طبقات اللحام Inter-pass Slag Inclusions ولم يتم إزالتها قبل إضافة الطبقة التالية وهذا العيب غير منتظم الشكل ويختلف في مظهره عن الفجوات الهوائية (البخبخه) كما هو موضح في (شكل رقم ٢٣).



شكل رقم ٢٣: مقطع وصورة إشعاعية لشوائب عشوائية بين طبقات اللحام

ج. محتويات خبثيه (شوائب) خطية Linear slag inclusions

وهي محتويات خبثيه تتخلل اللحام في شكل خطي موازيه لمحور اللحام وتكون متصلة في شكل خطين Wagon Tracks في اتجاه طولي متوازيين تقريبا كما هو مبين في (شكل رقم ٢٤).



شكل رقم ٢٤: مقطع وصورة إشعاعية لشوائب متصلة في شكل خطين

أسباب ظهور العوالق الخبثية الصلبة فى خطوط اللحام

- وجود شواب صلبة بمنطقة اللحام قبل اللحام.
- عدم الإزالة القشور أو طبقات الصدأ من الصلب قبل استعماله.
- التنظيف غير الجيد لطبقة الخبث المتكونة فوق خط اللحام (الدرزة) وذلك قبل لحام الطبقة التالية.
- أسلوب لحام خاطئ او عدم ضبط زوايا اللحام
- تفجر جزء من غلاف الالكترود وسقوطه في بركة اللحام.
- فقد التحكم في الخبث لقلة الخبرة الفنية أو لتدفق الخبث في المقدمة أمام قوس اللحام.

الاحتياطات اللازمة لتفادي حدوث المحتويات الخبثية الصلبة

- الوضع الصحيح لوصلة اللحام بما يسمح بإزالة الخبث تغيير الالكترود أو مساعد الصهر إذا تغيرت خصائصه.
- إزالة الخبث بين طبقات اللحام وإزالة الخشونة من سطح اللحام وجعله ناعما بين طبقات اللحام.

طريقة إصلاح عيب المحتويات الخبثية الصلبة

إزالة الجزء المعيب واعادة اللحام.

طرق اكتشاف المحتويات الخبثية الصلبة

- التصوير بالأشعة (جاما أو اكس) X-ray
- الكشف بالموجات فوق الصوتية US

٥- نقص في الانصهار Lack of fusion or Incomplete Fusion

النقص في الانصهار هو أحد عيوب اللحام التي تصف عدم اكتمال الانصهار او التلاحم بين جزء من معدن المليء "سلك اللحام" مع معدن الأساس ويمكن ان يكون بين خطوط (درزات) اللحام بصفة عامة.

يعد عيب النقص في الانصهار من العيوب الخطيرة التي يجب اصلاحها وخصوصا عندما يكون اللحام مصمما للخدمة في الظروف الباردة او يكون معرضا للتحميل التصادمي او التحميل الدوري (اجهادات الكلال (Fatigue Stress) مثل المنشآت المعدنية التي تتعرض للرياح.

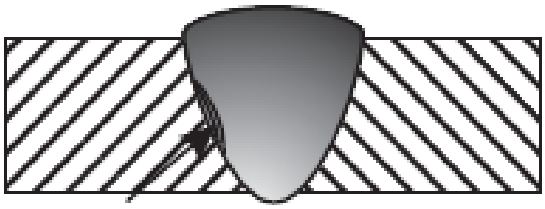
أسباب حدوث النقص في الانصهار

- شدة التيار منخفضة.
- سرعة اللحام زائدة عن الحد الصحيح.
- سلك لحام غير مناسب قطر أكبر من المطلوب.
- عدم نظافة سطح المعدن قبل اللحام وعدم ازالة طبقة الصدأ الثقيلة من على سطح المعدن بالكامل.
- وجود زيوت او شحوم او دهان على سطح المعدن.
- قلة خبره وعدم اهتمام من اللحام واستخدام تيار اقل من المطلوب لحدوث الاندماج.
- شوائب صلبة بمجرى او منطقة اللحام بسبب اندفاع تيار هواء أثناء اللحام.

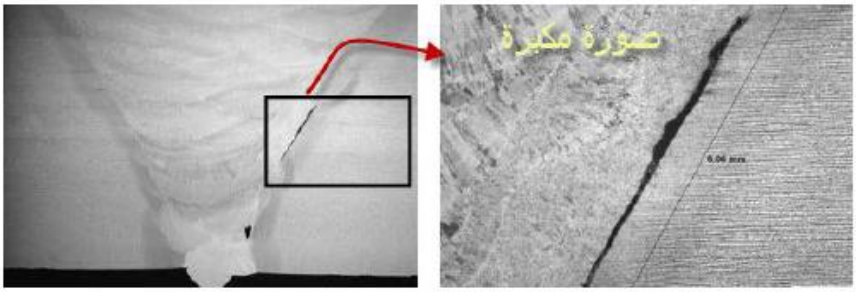
أنواعه عيب النقص في الانصهار

أ. **نقص الانصهار الجانبي:**

وهو وجود فراغ أو عدم اكتمال الانصهار بين خط اللحام وبين معدن الأساس في جانب من وصلة اللحام كما هو موضح في المقطع المبين في (شكل رقم ٢٥) وكذلك الصورة الاشعاعية المبينة في (شكل رقم ٢٦).



شكل رقم ٢٥: مقطع يبين نقص الانصهار الجانبي



شكل رقم ٢٦: صورة إشعاعية لوجود فراغ بين خط اللحام ومعدن الأساس

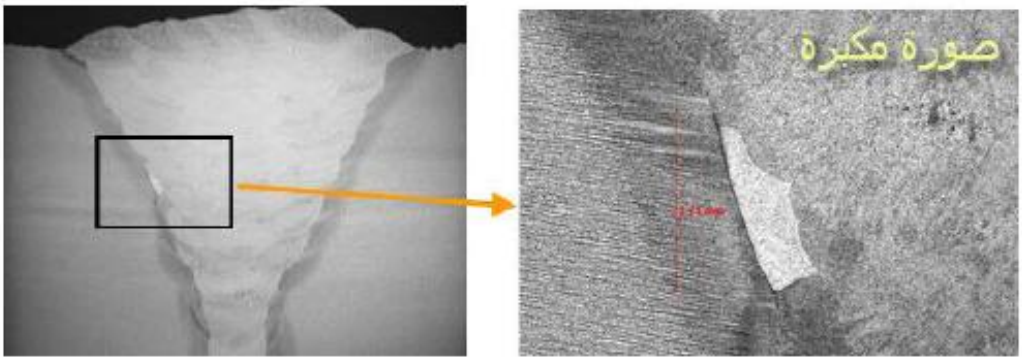
أسباب حدوث نقص الانصهار الجانبي:

- ظروف اللحام غير مناسبة
- انخفاض طاقة القوس الكهربي

- سرعة اللحام عالية
- زاوية الكترود خاطئة
- المعدن المنصهر يغمر مقدمة القوس لخطاء في وضع اللحام
- حث زائد في لحامات الحماية بالغاز أو لحامات ثاني أكسيد الكربون
- درجة الحرارة لم تكن كافية لإكمال عملية انصهار واندماج خط اللحام مع المعدن الأساس كما هو مبين في (شكل رقم ٢٧).

شكل رقم ٢٧: تأثير درجة الحرارة غير الكافية على نقص الانصهار

- وجود مادة غريبة بين خط اللحام والمعدن الأساس كما هو مبين في (شكل رقم ٢٨).



شكل رقم ٢٨: تأثير وجود مادة غريبه على نقص الانصهار

<u>طرق إصلاح عيب نقص الانصهار الجانبي:</u>

- إزالة الجزء المعيب وإعادة اللحام مرة أخرى.

<u>الاحتياطات اللازمة لتفادى حدوث عيب نقص الانصهار الجانبي:</u>

- وضع أسلوب اللحام المناسب بحيث يتم الحصول على انصهار كامل مع ضبط واختبار ظروف اللحام قبل إجراء اللحام.
- تصحيح زاوية الالكترود ووضع اللحام.
- خفض الحث الزائد في لحام الحماية بالغازات حتى لو أدى ذلك إلى زيادة الطرطشة (الترشاش).

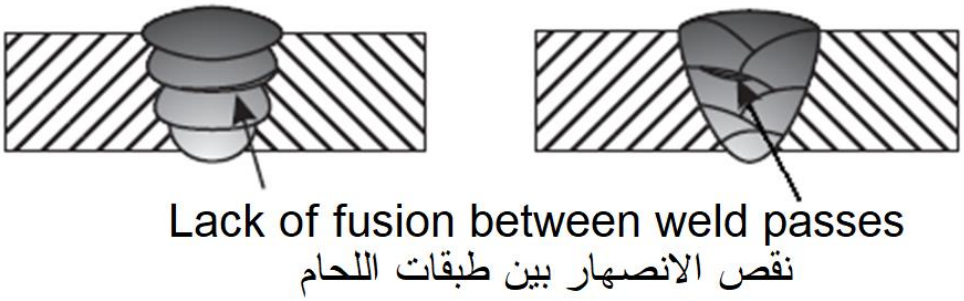
طرق اكتشاف عيب نقص الانصهار الجانبي:

سطحيا: إذا وصل النقص في الانصهار الجانبي إلى سطح وصلة اللحام فيمكن استخدام اختبار الحبيبات المغناطيسية أو الصبغات المتغلغلة.

داخليا: بواسطة الموجات فوق الصوتية حيث يتعذر أحيانا الكشف بواسطة الأشعة على هذا العيب.

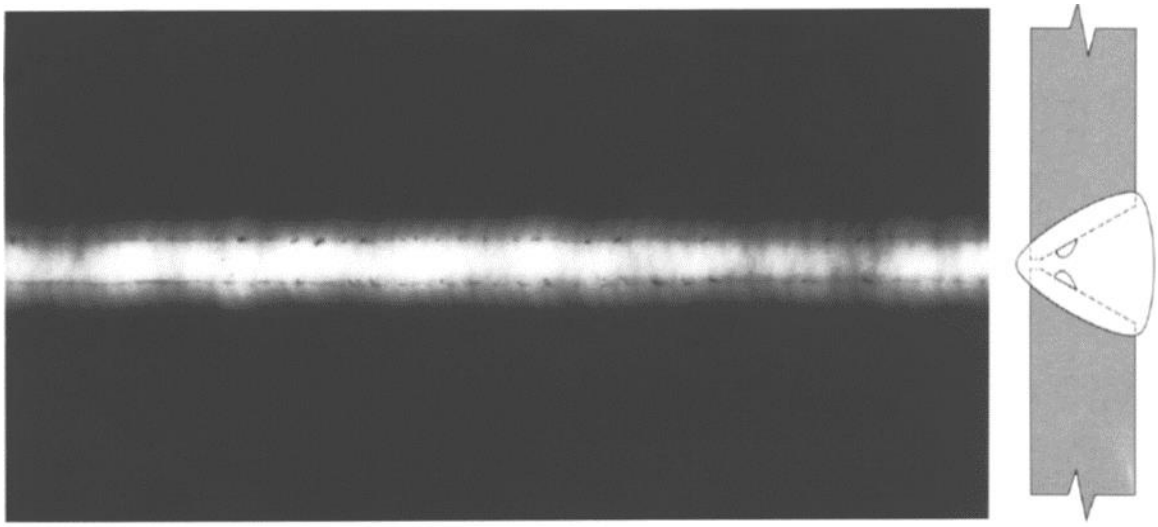
ب. **نقص الانصهار بين طبقات اللحام (خطوط اللحام المتتالية):**

عدم انصهار والاندماج بين طبقات اللحام وبعضها Inter Pass Cold Lap لخطوط اللحام المتتالية في اللحام متعدد الخطوط (الطبقات) نتيجة سرعة تجمد طبقات اللحام كما هو مبين في (شكل ٢٩).



شكل رقم ٢٩: عدم انصهار طبقات اللحام مع بعضها البعض عند اللحام

عدم انصهار بين معدن الأساس وطبقات اللحام lack of fusion between weld and base metal كما هو موضح في الصورة الإشعاعية المبينة في (شكل رقم ٣٠).



شكل رقم ٣٠: عدم انصهار بين المعدن الأساس وطبقات اللحام

أسباب حدوث نقص الانصهار بين خطوط اللحام المتعددة (الامرارات):

- ظروف اللحام غير مناسبة
- انخفاض طاقة القوس الكهربي
- سرعة اللحام عالية
- زاوية الكترود خاطئة

- المعدن المنصهر يغمر مقدمة القوس لخطاء في وضع اللحام
- حث زائد في لحامات الحماية بالغاز أو لحامات ثاني أكسيد الكربون

طرق إصلاح عيب نقص الانصهار بين طبقات اللحام المتعددة:

إزالة الجزء المعيب وإعادة اللحام مرة أخرى.

الاحتياطات اللازمة لتفادى حدوث عيب نقص الانصهار بين طبقات اللحام:

- وضع أسلوب اللحام المناسب بحيث يتم الحصول على انصهار كامل مع ضبط واختبار ظروف اللحام قبل إجراء اللحام.
- تصحيح زاوية الالكترود ووضع اللحام.
- خفض الحث الزائد في لحام الحماية بالغازات حتى لو أدى ذلك إلى زيادة الطرطشة (الترشاش)

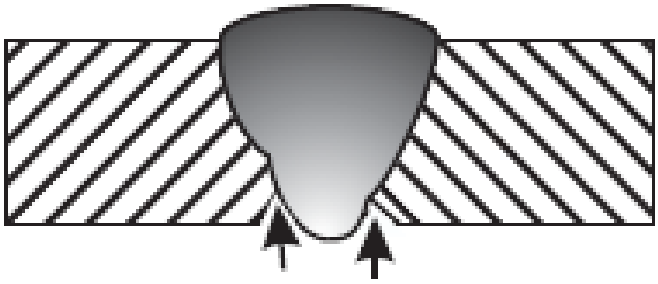
طرق اكتشاف عيب نقص الانصهار بين طبقات اللحام (الامرارات):

سطحيا: بواسطة اختبار الحبيبات المغناطيسية أو الصبغات المتغلغلة.

داخليا: بواسطة الموجات فوق الصوتية حيث يتعذر أحيانا الكشف بواسطة الأشعة على هذا العيب.

ج. **نقص الانصهار الجذرى Lack of root fusion:**

هو نقص في الانصهار في منطقة الجذر لوصلة اللحام lack of fusion in the area of weld root كما هو مبين في (شكل رقم ٣١) مع ملاحظة انه من الممكن أن نحصل على تغلغل جذري كامل ومع ذلك يكون غير مكتمل الانصهار.



شكل رقم ٣١: نقص في الانصهار في منطقة الجذر

أسباب حدوث نقص الانصهار الجذري:

- ظروف لحام غير مناسبة مثل الطاقة الكهربية المنخفضة
- سرعة اللحام العالية
- خطاء في زاوية الالكترود في حالة اللحام اليدوي بالقوس الكهربي
- حث زائد في لحام ثاني أكسيد الكربون أو اللحام بغاز الحماية
- الوجه الجذري للوصلة كبير
- فتحة الجذر صغيره

طرق إصلاح عيب نقص الانصهار الجذري:

إذا أمكن الوصول إلى الجزء المعيب من جانب الجذر فإنه يجب إزالته أو توسيع الجزء المعيب وإعادة اللحام مرة أخرى أما إذا تعذر الوصول إليه من جانب الجذر فيجب إزالة اللحام بأكمله وإعادة لحامه مرة أخرى.

الاحتياطات اللازمة لتفادي عيب نقص الانصهار الجذري:

- تصحيح زاوية الالكترود ووضع اللحام.
- وضع طريقة اللحام التي تضمن تغلغل كامل وتنفيذها على عينة اختبار.
- خفض الحث الزائد في اللحام ثاني أكسيد الكربون واللحام الحماية بالغازات حتى لو أدى إلى ذلك إلى زيادة كمية الطرطشة.

طريقة الكشف على عيب نقص الانصهار الجذري:

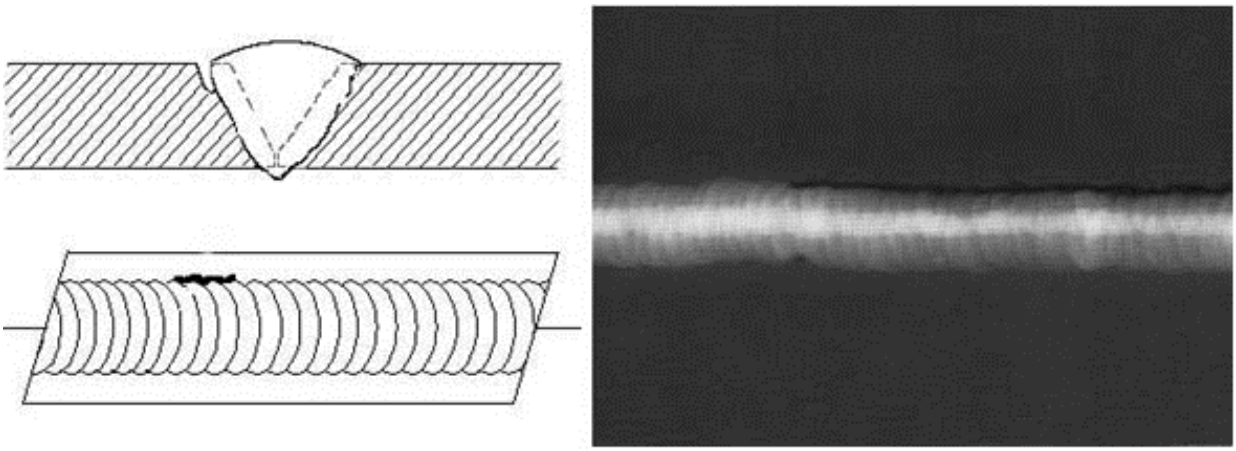
- **سطحيا:** إذا كان نقص الانصهار الجذري متاحا من ناحية الجذر فيمكن استخدام اختبار المغناطيسية أو الصبغة.
- **داخليا:** بواسطة الأشعة أو الموجات فوق الصوتية.

٦- القطع (النحر) السفلي Under Cut

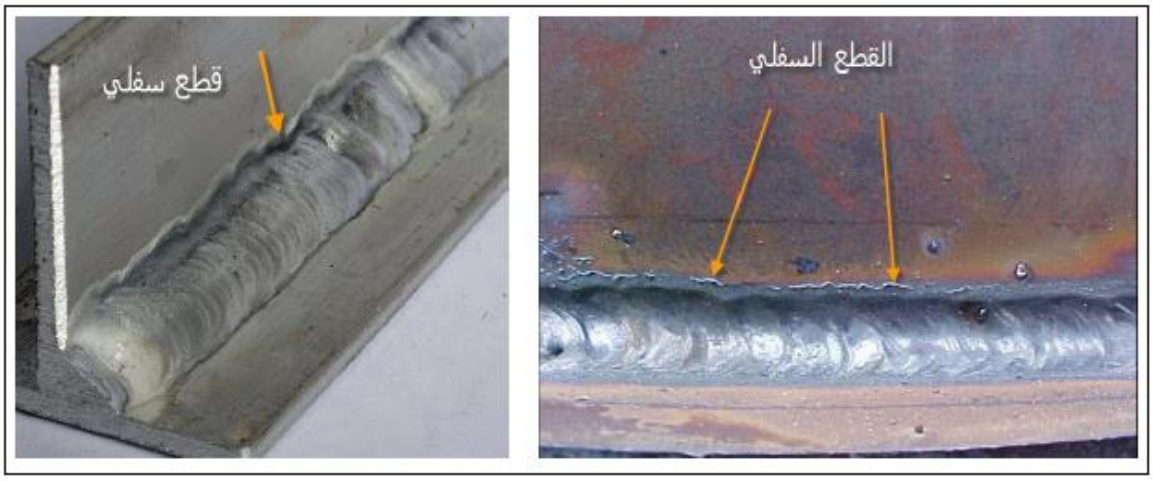
هو عيب سطحي يظهر كمجرى أو أخدود غير منتظم في معدن الأساس أو في معدن لحام تم ترسيبه وذلك مباشرة على طول حافة خط " ظفر" اللحام.

أنواع القطع السفلي:

أ. قطع خارجي ومن الأعلى External or Crown Undercut كما هو مبين في (شكل رقم ٣٢).

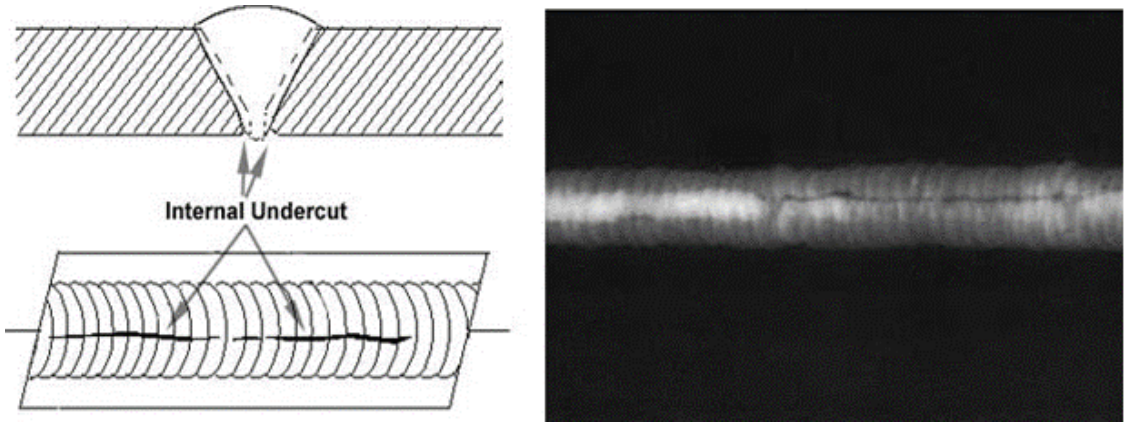


شكل رقم ٣٢: صورة إشعاعية ومقطع للقطع الخارجي ومن الأعلى



شكل رقم ٣٣: قطع سفلي ومن الأعلى

ب. قطع داخلي (في الجذر) Internal or Root Undercut كما هو مبين في (شكل رقم ٣٤).



شكل رقم ٣٤: صورة إشعاعية ومقطع وللقطع الداخلي (في الجذر)

أسباب حدوث القطع (النحر) السفلي Undercut:

- استخدام تيار (أمبير) لحام مرتفع
- زاوية الكترود خاطئة خاصة عند لحام الوصلات الرقيقة إلى معدن سميك.
- استخدام سلك لحام غير مطابق
- سرعة اللحام بطيئة
- ظروف لحام غير مناسبة، زاوية الالكترود غير صحيحه، أو غاز حماية غير مناسب.
- الصهر بعيدا عن الحواف العلوية في اللحام الزاوي أو في اللحام الأفقي أو الرأسي التقابلي باستخدام تيار لحام عالي.
- محاولة إنتاج لحام زاوي أفقي/ رأسي برجل طولها أكبر من ٩مم.
- التمويج الزائد، أو التمويج الخاطئ في اللحام الرأسي.

الاحتياطات اللازمة لتفادي حدوث عيب القطع أو النحر السفلي:

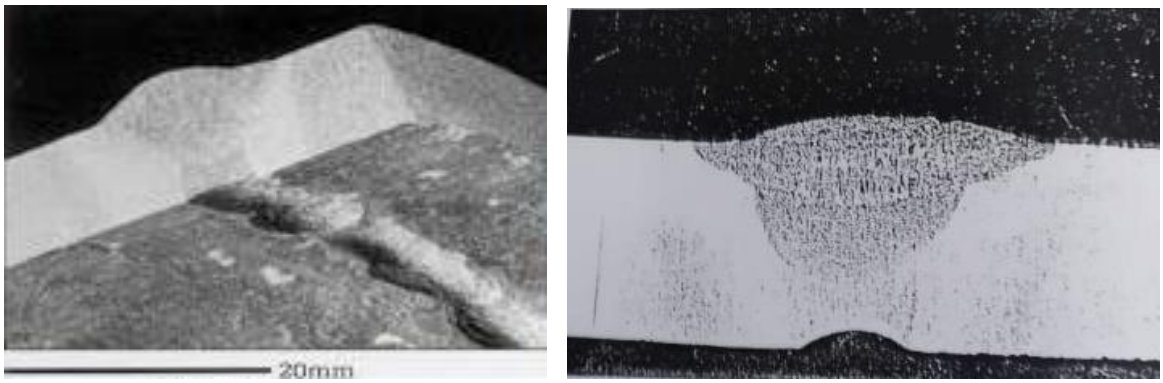
- يتم اللحام في الوضع المسطح (الأرضي أو تحت مستوى النظر).
- تقليل التمويج في اللحام واستخدام طبقات اللحام (الامرارات) المتعددة.
- اختيار غاز حماية يساعد على زيادة قابلية لحام سطح المعدن.
  - على سبيل المثال ٠,٥ – ٥% أكسجين إلى الأرجون في لحام الحماية بالغازات.

طريق اكتشاف القطع (النحر) السفلي:

- بواسطة الفحص البصري إن أمكن ذلك ويقاس العمق بواسطة مقياس اللحام.
- التصوير بالأشعة (جاما أو اكس)
- الكشف بالموجات فوق الصوتية

٧- التقعر الجذري Root concavity

التقعر الجذري عبارة عن نحر أو حز سطحي قد يظهر عند جذر اللحام التقابلي كما هو مبين في (شكل رقم ٣٥).



شكل رقم ٣٥: التقعر الجذري

أسباب حدوث عيب التقعر الجذري:

- زيادة كبيرة في سمك وجه الجذر.
- ضعف التيار ضعيف بما لا يسمح بتغلغل كاف لدرزة اللحام.
- زيادة كبيرة في ضغط غاز التدعيم.
- فيض الخبث في لحام القوس اليدوي.

طرق إصلاح عيب التقعر الجذري:

يتم إصلاح هذا العيب بتزويد معدن اللحام من جانب الجذر، وفي حالة صعوبة الوصول إلى الجذر فيجب إزالة اللحام بالتفاعل وإعادته.

لتفادي حدوث عيب التقعر الجذري يمكن اتباع التعليمات التالية:

- وضع أسلوب الفحام المناسب واختاره وناهيه.

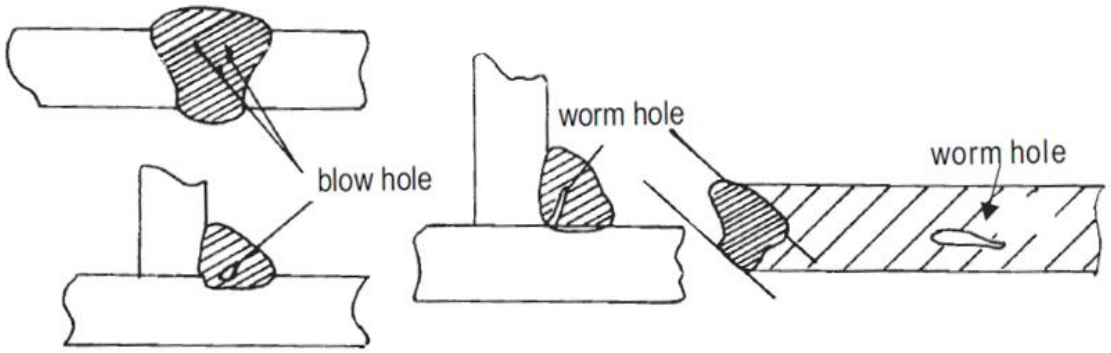
- تقليل سمات وجه الجذر.
- التحكيم في ضغط غاز التدعيم.
- اختيار الالكترود الذي ينتج عنه كمية فيض حتى أقل.

طريق التعرف على عيب التقعر الجذري:

- بواسطة الفحص البصري إن أمكن
- تستخدم الأشعة كما في اللحام التقابلي للأنابيب لفحص خط لحام الجذر في حالة صعوبة الوصول لجذر اللحام.

٨- البخبخة أو المسامية (Porosity)

هي تجاويف ناتجة عن احتباس الغازات أثناء تجمد معدن اللحام، وهي عيب في وصلة اللحام ينتج عن احتباس غازات داخل اللحام أثناء تجمد معدن اللحام. وتأخذ التجاويف عادة الشكل الكروي وتسمى بالمسامات porosities أو الشكل الأسطواني ويطلق عليها اسم الثقب الدودي Wormhole كما هو مبين في (شكل رقم ٣٦).



شكل رقم ٣٦: عيب تجاويف (بخبخة) اللحام

تعتبر البخبخه أقل عيوب الحام من حيث التأثير على أداء الوصلة

أسباب حدوث البخبخة في اللحام:

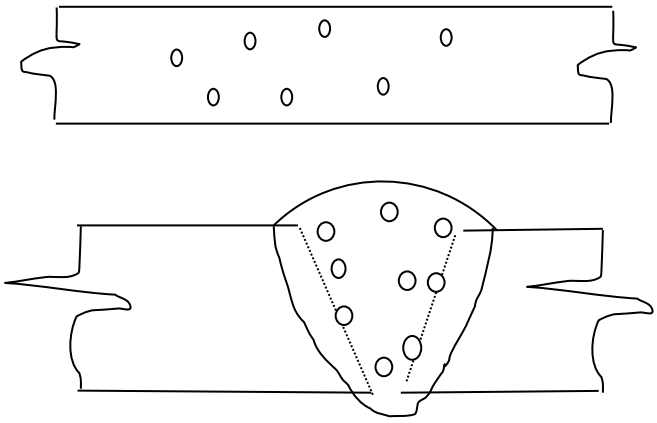
- تلوث العينة قبل اللحام (زيت وشحم وطلاء)
- تلوث سلك اللحام المستخدم (زيت وشحم و/ أو رطوبة)
- تلوث الغاز المستخدم في حماية اللحام (CO_2, ARGON) كما في لحام التيج (GTAW)
- استخدام سلك لحام غير مناسب للوصلة
- استخدام عملية لحام غير مناسب للوصلة
- عدم إحكام (الدروة) الحماية من الرياح
- قلة خبره من اللحام أسلوب غير مناسب
- وجود رطوبة عالية بوصلات اللحام

إجراء عملية التسخين الأولي بحدود ١٠٠-٢٠٠ oم لإزالة الرطوبة التي تتسبب عادة بالمسامية العالية وكذلك لتقليل الإجهادات الداخلية للمعدن (التسخين الأولي غالبا ما يكون في الأجواء الباردة).

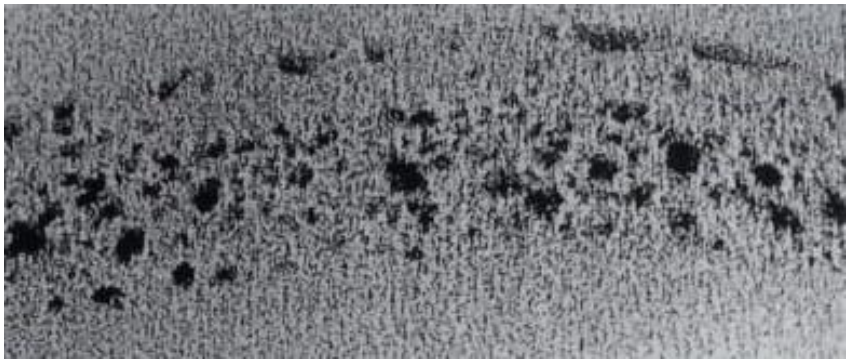
أنواع البخبخة

أ. **البخبخة المتناثرة بشكل متجانس Uniformly Scattered:**

هذا النوع من الفجوات يمتاز بتناثره بانتظام أبعاده وتجانس توزيعه خلال إمراره اللحام كما هو مبين في (شكل رقم ٣٧).



شكل رقم ٣٧: بخبخة عشوائية باللحام



شكل رقم ٣٨: صورة إشعاعية للبخبخة المتناثرة بشكل متجانس

أسباب حدوث البخبخة المتجانسة:

احتباس كميات ضئيلة من الغاز في معدن اللحام أثناء التجمد وتنشأ هذه الغازات من عدة أسباب أهمها:

- هشاشة وخفة مساعد الصهر
- تآكل سلك اللحام الالكترود
- دخول الهواء الملوث بالشحوم والمواد الهيدروكربونية في غاز الحماية
- فقد غازات الحماية
- تسرب الماء من نظام التبريد المستخدم
- عدم كفاية وكفاءة المواد المختزنة في الالكترود أو سلك اللحام أو معدن الأساس

- بالإضافة إلى ذلك فقد تحدث البخبخه نتيجة الدهان والمعالجة السطحية لمعدن الأساس بشكل غير سليم.

طريقة إصلاح البخبخة المتجانسة:

إزالة الجزء المعيب وإعادة اللحام مرة أخرى.

الاحتياطات اللازمة لتفادي البخبخة المتجانسة:

- إزالة مصادر الغازات الضارة وذلك بتجفيف الالكترود
- استبدال الالكترود المتآكل
- حماية القوس من الغازات والأتربة
- منع تسرب الهواء الغازات الحماية
- تقليل معدل تدفق غاز الحماية
- تنظيف معدن الأساس من الشحومات
- استخدام الالكترود أو سلك اللحام الذي يحتوي على مواد مختزلة بنسبة كافية

يعتمد قبول عينة اللحام المحتوية على بخبخه أو رفضها طبقا لمستوى هذه البخبخه مقارنة بالمواصفات التي يتفق عليها.

طرق التعرف على البخبخة المتجانسة:

سطحيا:

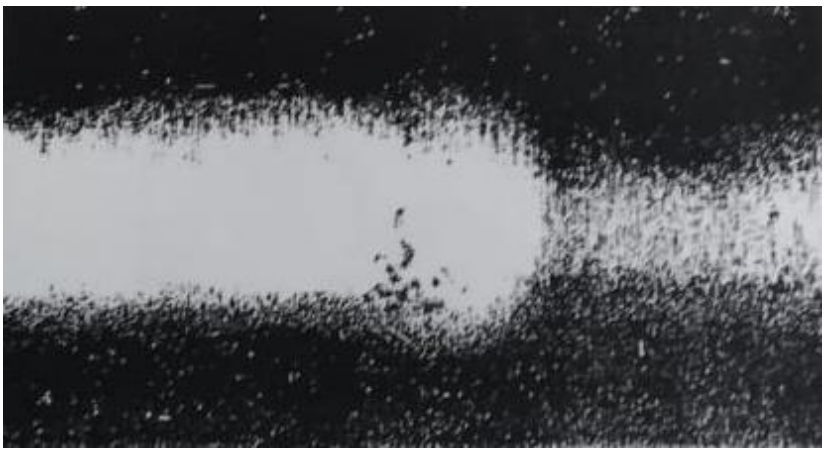
- بواسطة الفحص البصري
- بالاستعانة بعدسات محدودة التكسير
- استخدام الصفات المختلفة.

داخليا:

- بواسطة التصوير الأشعة
- الموجات فوق الصوتية.

ب. **بخبخه البداية (البخبخه الموضعية) Restart porisity:**

تحدث في منطقة صغيرة عند بداية اللحام سواء الأتوماتيكي أو اليدوي كما هو موضح في (شكل رقم ٣٩).



شكل رقم ٣٩: بخبخة البداية Restart porisity

أسباب حدوث البخبخة الموضوعية (البداية):

تحدث نتيجة تأخر حدوث تفاعلات مساعدات الصهر والحماية في بداية اللحام بسبب عدم الوصول لدرجة حرارة الاتزان وعند استخدام لحام القوس المعدني اليدوي – فالبداية الخاطئة بالقوس قد تقع على عائق عامل اللحام إذا استخدم الكترود مكسي بالجر (أكسيد الكالسيوم).

طريقة إصلاح بخبخة البداية:

إزالة الجزء المعيب وإعادة اللحام بنفس الأسلوب مع تركيز الاهتمام على تقنية بدء قوس اللحام.

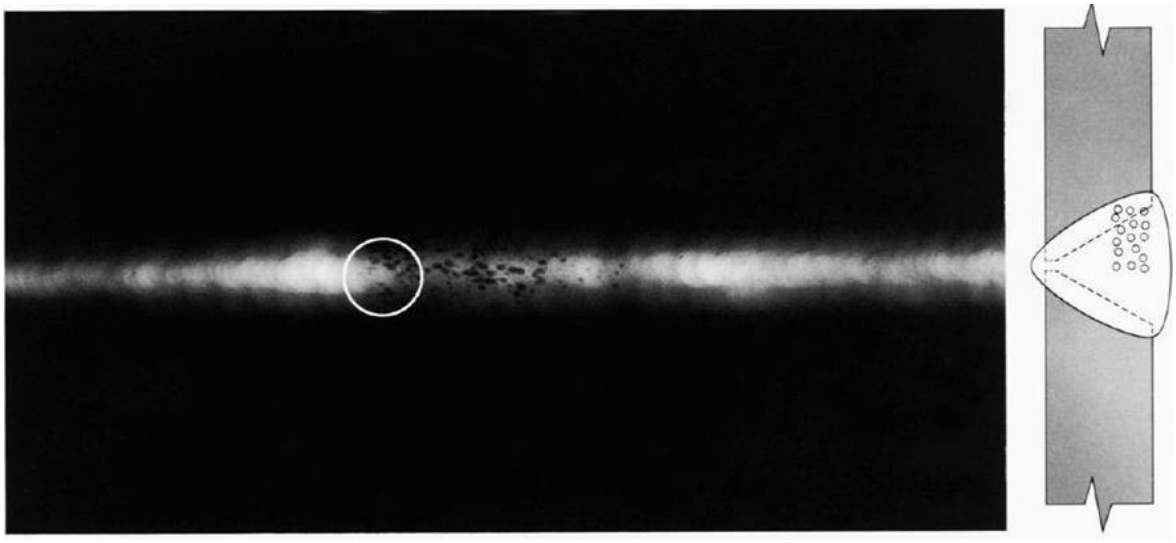
الاحتياطات اللازمة لتفادي البخبخة الموضوعية (البداية)::

التدريب الجيد لفني اللحام على البداية الصحيحة في اللحام اليدوي وإن لم يؤد هذا إلى نتيجة ففي هذه الحالة يجب إزالة بداية اللحام قبل تمام عملية اللحام المتبقية وفي اللحامات القصيرة تلصق شريحة لبدء اللحام عليها ثم تزال مما يسمح باستبعاد بخبخه البداية عن وصلة اللحام الأصلية.

ج. **البخبخة المتجمعة (المتمركزة) Cluster Porosity:**

تحدث البخبة المتجمعة بدون انتظام أثناء اللحام ويوضح (شكل رقم ٤٠) مقطع يظهر البخبخة المتجمعة (المتمركزة) ويبين شكل صورة إشعاعية للبخبخة المتمركزة

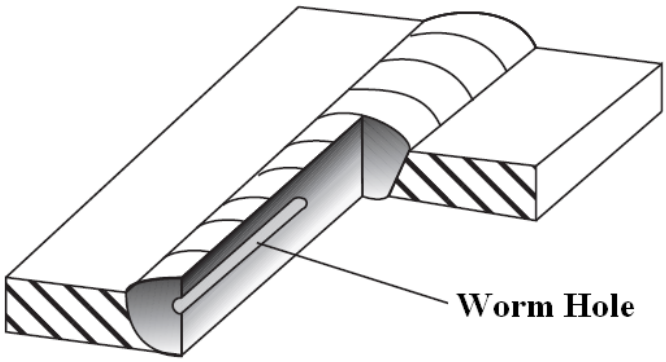
شكل رقم ٤٠: مقطع يظهر البخبخة المتمركزة



شكل رقم ٤١: البخبخة المتمركزة Cluster porosity

د. **بخبخة أسطوانية الشكل (الثقب الدودي) Worm Hole**

وهي فجوات طولية أو أنبوبية ممتدة وتحدث غالبا في الغرز كما هو مبين في (شكل رقم ٤٢) وتتكون نتيجة تداخل الغازات واحتباسها أثناء تجمد معدن اللحام، وهي تحدث أما بشكل منفرد أو على هيئة مجموعات.



شكل رقم ٤٢: مقطع يظهر البخبخة أسطوانية (ثقب الدودة)

أسباب حدوث بخبخة الثقب الدودي:

تنتج من تغلغل الغازات واحتباسها بين بلورات معدن اللحام أثناء تجمدها نتيجة الفجوات الطولية الأسطوانية المقطع ذات الشكل المميز حيث تظهر على شكل تشعيرات منتظمة في صورة الأشعة، هذه الغازات قد تأتي من مصادر عديدة مثل تلوث السطح أو العيوب الناتجة عن الشكل الهندسي لبعض الوصلات (وصلة T في اللحام الزاوي)

طرق إصلاح عيب بخبخة الثقب الدودي

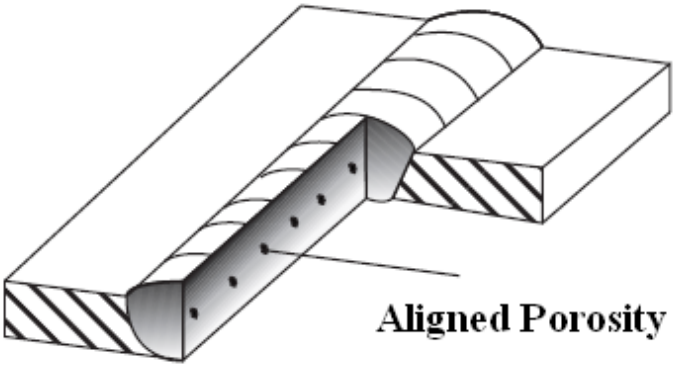
يقطع الجزء المعيب ويتم اللحام مرة أخرى باستخدام نفس الطريقة المتبعة في اللحام الأصلي مع التأكد من إزالة أي مواد ملوثة. وإذا ما كان السبب الرئيسي في البخبخة الدودية هو ترقق اللوح فيجب قطع هذا الجزء وملئه باللحام مرة أخرى قبل إتمام عملية اللحام

الاحتياطات اللازمة لتفادى عيب بخبخة الثقب الدودي

- قبل إعادة اللحام يجب التنظيف الكامل لوصلة اللحام وإزالة أي مواد ملوثة
- استبعاد أي أشكال لوصلات اللحام التي من الممكن ان تكون هذه لفجوات والجيوب

أ. **بخبخة بطول اللحام Aligned Porosity**

وهي تحدث على خط واحد في الغرز كما هو مبين في (شكل رقم ٤٣).



شكل رقم ٤٣: مقطع يظهر البخبخة على طول خط اللحام

ب. **البخبخه السطحية Surface porisity:**

هي عبارة عن فقاقيع سطحيه تتواجد عند سطح اللحام كما هو موضح في (شكل رقم ٤٤).

شكل رقم ٤٤: بخبخة سطحية

أسباب حدوثه البخبخة السطحية:

- وجود كمية كبيرة من الغازات التي تتخلل معدن اللحام أثناء التجمد.
- مصدر هذه الفقاقيع يشبه البخبخه المتجانسة ولكنه يختلف عنها في أن درجة التلوث المطلوبة لحدوثها يكون أكبر بالإضافة إلى أن وجود الكبريت في معدن الأساس بنسبة عالية مثل صلب القطعية يسبب البخبخه السطحية.

طريق إصلاح البخبخة السطحية:

إزالة الجزء المعيب وإعادة اللحام مرة أخرى.

الاحتياطات اللازمة لتفادي البخبخة السطحية:

أسباب منع حدوث البخبخه هي على أساس منع البخبخه المتجانسة ولكن إذا كان السبب الرئيسي هو الكبريت فيمكن استبدال معدن الأساس بآخر يكون أكثر فاعلية.

طريقة اكتشاف الأنواع المختلفة للبخبخة:

سطحيا:

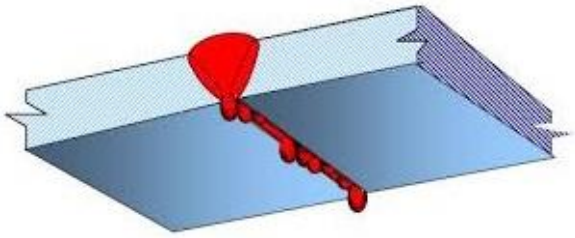
- الفحص البصري.

داخليا:

- التصوير بالأشعة (جاما أو اكس)
- أفضل طريقه وأدق الكشف بالموجات فوق الصوتية

٩- التغلغل الزائد Excessive Penetration

يحدث التغلغل الزائد عند فيضان درزة اللحام عند جذر وصلة اللحام فيما وراء الأبعاد المحددة كما هو مبين في مقطع الوصلة التقابليه المبينة في (شكل رقم ٤٥) وفي الصورة المبينة في (شكل رقم ٤٦).



شكل رقم ٤٥: تغلل لحام زائد في وصلة تقابليه

شكل رقم ٤٦: صورة توضحيه لتغلل اللحام

أسباب حدوث التغلغل الزائد:

- التجهيز والتجميع الخاطئ لوصفه اللحام مثل نحافة الحواف بما لا يسمح بدعم أسفل درزة اللحام عند الجذر.
- اتساع زائد للمسافة الجذرية أو وجود مسافة جذرية كبيرة بدون شريحة خلفية.
- تيار اللحام عالي.

- سرعة اللحام بطيئة.
- عدم انتظام شكل درزة اللحام عند عمل لحام آلي من جانب واحد.
- قلة مهارة عامل اللحام.

طرق إصلاح عيب التغلغل الزائد:

بتسوية السطح.

الاحتياطات اللازمة لتفادي عيب التغلغل الزائد:

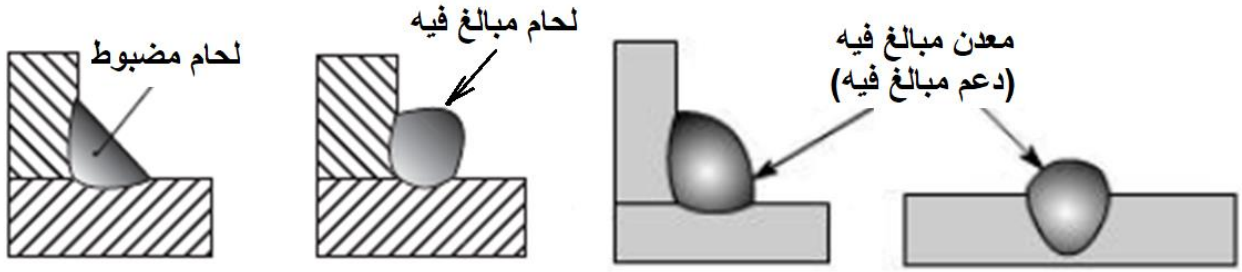
- التحكيم الجيد في المشغول.
- التأكد من ظروف اللحام المستخدمة وذلك باختيار وتأهيل إجراءات اللحام.
- استخدام شريحة خلفية دائمة أو مؤقتة.
- ملاحظة أن يتلاءم التدعيم الخلفي المستخدم مع اللحام من جانب واحد.
- تسوية سطح معدن الأساس إذا لزم الأمر.

كيفية التعرف على عيب التغلغل الزائد:

- بواسطة الفحص البصري
- باستخدام الأشعة لو تعذر فحصها كما في الأنابيب.

١٠- زيادة معدن اللحام (تدعيم) Excess weld metal (Reinforcement)

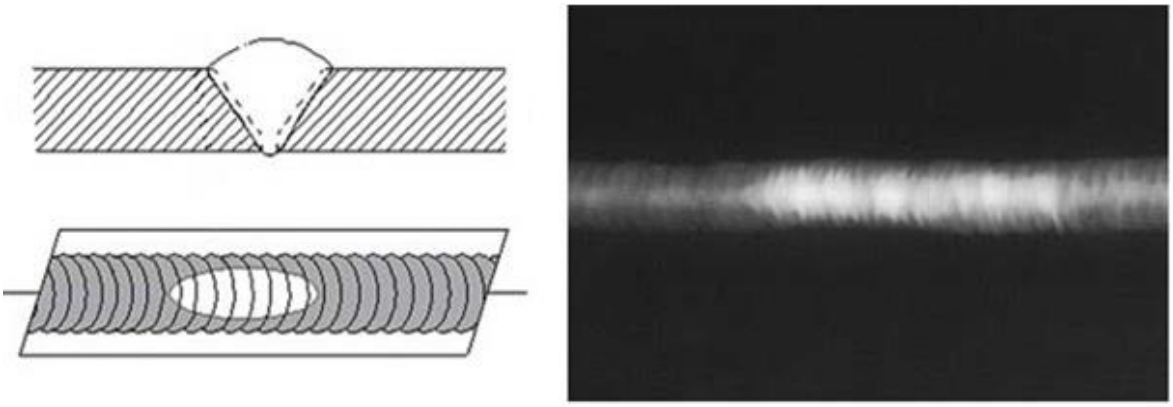
وهو إضافة معدن لحام زائد بهدف التقوية لوصلة اللحام مما يؤدي إلى التحدب في اللحام الزاوي وزيادة سمك معدن اللحام عن سمك معدن الأساس في اللحام التقابلي كما في شكل كما هو مبين في (شكل ٤٧).



شكل رقم ٤٧: دعم مبالغ فيه للحام وصلة تقابليه ولحام الزوايا الداخلية

ولا يعتبر اللحام الإضافي بهدف تقوية وصله اللحام في اللحام التقابلي لكنها تسمية خاطئة وفي بعض الأحيان قد يكون اللحام الزائد مطلوب لأسباب ميتالورجيه وهو يعتبر من العيوب إذا زاد عن الحدود المتعارف عليها.

ويبين (شكل رقم ٤٨) صورة إشعاعية ومقطع لعيوب التقوية الزيادة في وصلات اللحام.



شكل رقم ٤٨: صورة إشعاعية ومقطع لتقوية اللحام الزائدة

أسباب حدوث الزيادة في معدن اللحام:

- تجهيز الوصلة بعمق غير كاف.
- سوء اختيار مقاس الألكترود عند عمل خطوط اللحام (الامرارات) المتعددة
- الطاقة العالية التي تؤدي إلى زيادة معدن اللحام مثل لحامات الحماية بغاز ثاني أكسيد الكربون أو الغازات بوجه عام أو لحام القوس الكهربي أو القوس المغمور.
- قلة الخبرة في استخدام الالكترود.

طرق إصلاح عيب الزيادة في معدن اللحام:

تسوية اللحام الزائد في حالة الضرورة.

لتفادي حدوث عيب الزيادة في معدن اللحام يمكن اتباع التعليمات التالية:

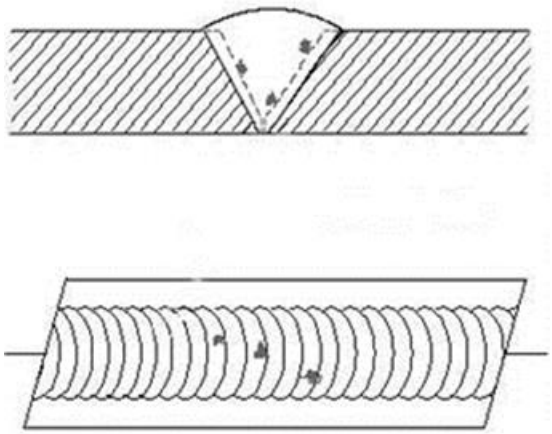
- خفض التيار أو التحكم في الطاقة الكهربية.
- تصحيح تجهيز وصلة اللحام.
- الاختيار السليم لقطر سلك الالكترود.
- تطوير مهارات اللحامين وزيادة مهاراتهم.

طريق اكتشاف عيب الزيادة في معدن اللحام:

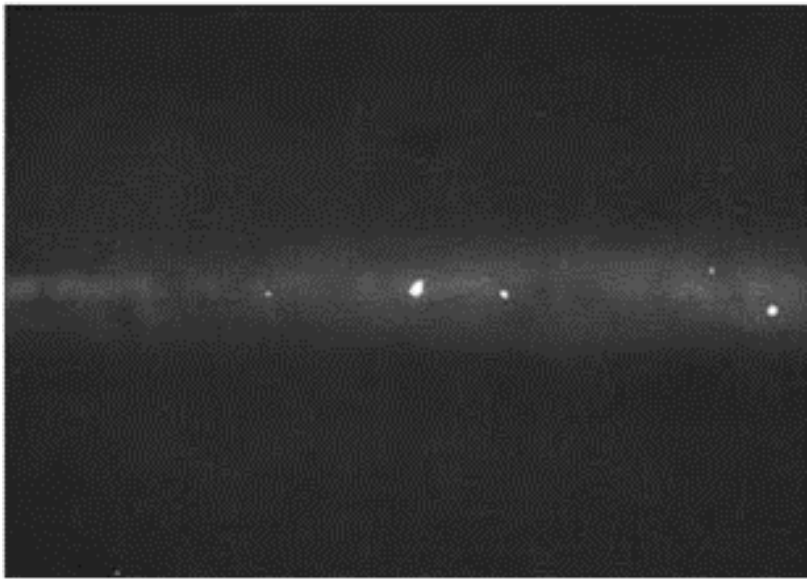
- بواسطة الفحص البصري
- بواسطة استخدام مقياس اللحام.

١١- شوائب معدنية Metallic Inclusion

هي شوائب معدنية (تنجستن) تحدث أثناء اللحام بطريقة البلازما PAW والتيج GTAW وسبب هذا العيب التصاق التنجستن في الوصلة أثناء اللحام كما هو مبين في المقطع المبين في (شكل رقم ٤٩) والصورة الإشعاعية المبينة في (شكل رقم ٥٠).



شكل رقم ٤٩: مقطع للشوائب المعدنية (تنجستن) Tungsten inclusions



شكل رقم ٥٠: صورة إشعاعية للشوائب المعدنية (تنجستن) Tungsten inclusions

١٢- طرطشه أو ترشاش (Spattering)

الطرطشة أو الترشاش هي عبارة عن أجزاء منصهرة متطايرة من سلك اللحام (الالكترود) خارج بركة اللحام ومعدن اللحام المترسب ولا تشكل جزء منه وتتساقط على معدن الأساس وتحدث الطرطشة بسبب نفخ أو هبة القوس مما يسبب تناثر قطرات معدن المليء حول خط اللحام كما هو مبين في (شكل رقم ٥١).

بعض هذه الطرطشة تنتج من قوس كهربي مفتوح.

شكل رقم ٥١: طرطشة اللحام

أسباب طرطشة اللحام

- اختيار خاطئ للتيار (تيار عالي).
- أسلوب لحام غير المناسب.
- ظروف لحام خاطئة على سبيل المثال زيادة طول القوس الكهربي.
- حث غير كافي في لحامات الحماية بغازات الحماية.
- اختيار خاطئ للاكترود (سلك قطره صغير).
- تلوث أسلاك اللحام بالرطوبة كما في لحام القوس الكهربي اليدوي.

للتقليل من حدوث الطرطشة يمكن اتباع التعليمات التالية:

- استعمال التيار المتردد AC
- المحافظة على طول قوس مناسب
- استخدام نوع الالكترود السليم حسب شدة التيار ووضع اللحام.
- خفض التيار أو الطاقة، استخدام قوس كهربي أقصر.
- زيادة الحث في لحام الحماية بالغاز ولكن ليس على حساب الانصهار الكامل.

يكمن منع الطرطشة بمعالجة السطح بغلاف مضاد للطرطشة وهذه المواد متوفرة حاليا.

طرق إصلاح الطرطشة:

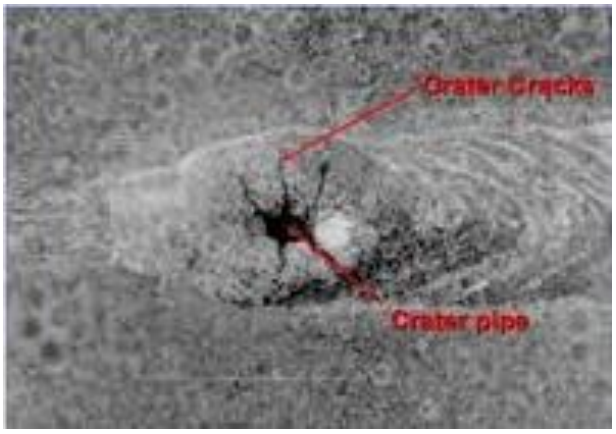
التجليخ الخفيف أو الكشط.

طرق اكتشاف الطرطشة:

بالفحص البصري.

١٣- فوهة أنبوبة (شرخ الفوهة) Crater Pipes

شرخ الفوهة هو انخفاض في نهاية خط اللحام نتيجة الانكماش بعد رفع المصدر الحراري كما هو موضح في (شكل رقم ٥٢).



شكل رقم ٥٢: شرخ الفوهة

أسباب حدوث عيب شرخ الفوهة:

يحدث نتيجة لوقف التفاعلات المختزلة والتغيرات أثناء التحول من الانصهار إلى التجمد.

طرق إصلاح عيب شرخ الفوهة:

إزالة الجزء المعيب وإعادة اللحام مع مراعاة التنقية والتحكيم الصحيح أثناء الإعادة.

لتفادي حدوث عيب شرخ الفوهة يمكن اتباع التعليمات التالية:

- يجب استخدام الأسلوب الصحيح خصوصا في اللحام اليدوي حتى نهاية درزه اللحام.
- في اللحام اليدوي بالقوس الكهربي يمكن استخدام الأجهزة التي تساعد على التحكم في تخفيض التيار لتلافي هذا العيب.
- إضافة شريحة عند نهاية خط اللحام الأساسي بحيث لا ينتهي اللحام على الملحوم وإنما ينتهي على الشريحة الزائدة.
- يجب ملء الفوهة بشكل كافي قبل إيقاف القوس.

طريقة اكتشاف عيب شرخ الفوهة:

سطحيا: بالفحص البصري.

داخليا: بالأشعة أو الموجات فوق الصوتية.

يعتبر الفحص البصري كافيا لفحص هذا العيب، ويتم الفحص الداخلي لإيضاح البخبخه المصاحبة وفي اللحام المتعدد الخطوط والامرارات فإن الفحص البصري يتم بعد كل إمراره لحام.

١٤- التشريز (ضربة القوس) أو احتراق القوس (Arc strikes or Arc burns)

ينتج عن إعادة انصهار موضعي لمعدن الأساس أو المنطقة المتأثرة حراريا أو سطح اللحام بسبب خطأ في التعامل مع القوس (تشريز) كما هو مبين في (شكل رقم ٥٣) مثل أن يلمس الالكترود أو الماسك الوصلة عن غير قصد وينتج قوس لفترة وجيزة. يمكن أن يؤدي التشريز إلى تصلد المتعلقة المتأثرة بالحرارة مما يؤدي إلى احتمال تشرحها. على عامل اللحام أن يدرك خطورة التشريز وأنه قد يؤدي إلى حدوث تشريخ.

شكل رقم ٥٣: تشريز أو احتراق القوس Arc strike

أسباب حدوث عيب التشريز:

- صعوبة الوصول إلى مكان الوصلة.
- فقد العزل الموجود على ماسك الالكترود.
- صعوبة وجود مكان معزول لوضع ماسك الالكترود والمشعل عند عدم استخدامهما.
- ضبط تغذية سلك اللحام (في لحام الحماية بالغازات أو لحام ثاني أكسيد الكربون) بدون عزل تيار اللحام.

طرق إصلاح عيب التشريز:

بالتجليخ الخفيف للنحر السطحي لإزالة أي تشرخ مبدئي مع إعادة اللحام مرة أخرى للنحر العميق.

كيفية تفادي عيب التشريز:

- استخدام طورش وماسك معزولين جيدا مع عمل تفتيش وصيانة دورية عليهما.
- تسهيل الوصول إلى وصلة اللحام ربما بتغيير طريقة التجميع.

كيفية اكتشاف عيب التشريز:

- بواسطة الكشف البصري
- استخدام اختبار الحبيبات المغناطيسية
- اختبار الصبغة للتأكد من وجود شروخ في منطقة التشريز من عدمه

ثالثا: عيوب ميتالورجيه Metallographic structure related

تهتم ميتالورجيا اللحام بدراسة تأثير اللحام على المعادن من حيث الخواص الفيزيقية والميكانيكية والتركيب الكيميائي. ومن أساسيات ميتالورجيا اللحام البنية المجهرية لوصله اللحام والتي تؤثر في الخواص الميكانيكية - تغيرات اللحام مثل الدورة الحرارية - التفاعلات الكيميائية في المنطقة المنصهرة - العناصر السبائكية - التركيب الكيميائي لمساعدات الصهر وكل هذه العوامل تؤثر بصفه أساسيه في البنية المجهرية لكل من معدن اللحام والمنطقة المتأثرة بالحرارة.

ومن العيوب الميتالروجية ما يلي:

١. **الشروخ والتصدع cracks and fissures**

الشروخ (Cracks) هي انفصال في استمرارية السطح ويشبه الكسر ويتميز بحافة حادة ونسبة طول إلى عمق الفتحة عالية وتشمل.

الشروخ الحرارية	Heat cracking
شروخ إعادة التسخين (إزالة الإجهادات أو التصليد الانفعالي بالزمن)	Reheat – stress – relief, on strain aging
الشروخ الناجمة عن الهيدروجين	Hydrogen induced cracking (HIC)
التعرق (التمزق) الرقائقي لمعدن الأساس	Lamellar tearing
التصدع أو الشروخ الصغيرة (Fissures)	مثل الشروخ ولكن فتحاتها ضيقة وسطحيه

٢. **الانعزال Segregation**

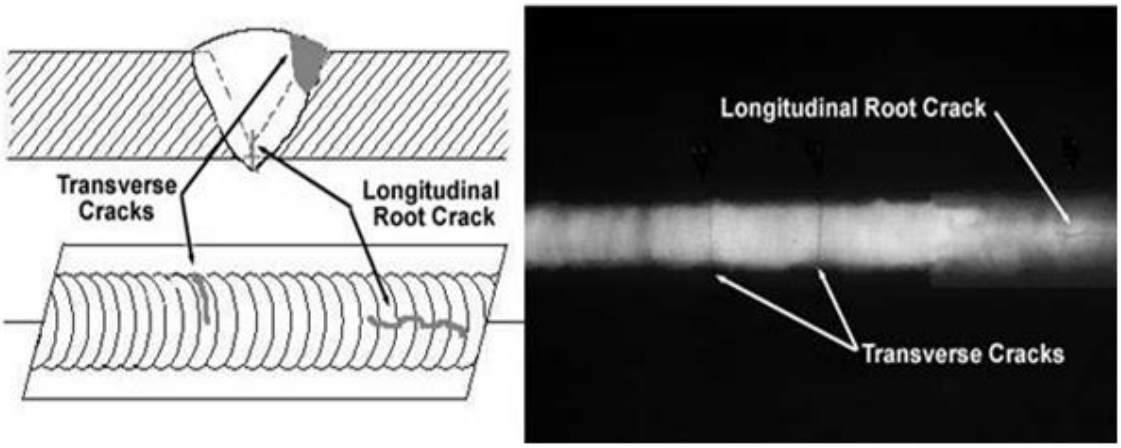
انعزال بعض العناصر السبائيكية في منطقة معدن اللحام والمنطقة المتأثرة حراريا ويحدث نتيجة عدم التجانس في توزيع العناصر السبائكية أو الشوائب الدخيلة الذي تتواجد أثناء تجمد وصلة اللحام.

٣. **عين السمكة (Fisheye)**

ويوجد على سطح الكسر في وصلة لحام الصلب وقد تكون فجوه أو أتواء على شوائب داخيله محاطة بمساحة مستديرة لامعه.

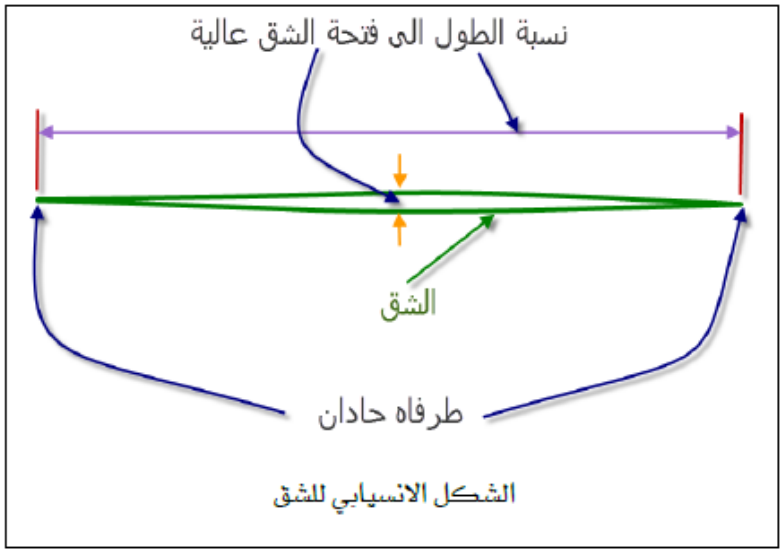
١- الشقوق (الشروخ) CRACKS

الشروخ هي عيب من عيوب وصلات اللحام وتعبر عن انفصال خطي في استمرارية السطح ينتج من كسر كما هو موضح في (شكل رقم ٥٤).



شكل رقم ٥٤: الشروخ (الشقوق) Crackes

تتميز الشروخ (الشقوق) بأن لها طرفاها حادان وبأن نسبة الطول إلى فتحة الشق عالية (شكل انسيابي) كما هو موضح في (شكل رقم ٥٥).



شكل رقم ٥٥: الشروخ في اللحام

الشكل الانسيابي للشقوق يجعلها من أخطر أنواع العيوب لأنها:

- يمكنها التحرك والانتشار حيث أن شكلها الانسيابي يعطيها القدرة على التحرك بأقل طاقة ممكنة.
- تسبب تقليل خطير في متانة قوة خط اللحام.
- تسبب في حدوث انهيار فجائي.

لذا فان الشقوق يجب إصلاحها ولا يتم قبول اللحام في حالة وجودها. وتزداد خطورة الشقوق مع التحميل التصادمي وكذلك عندما يكون اللحام مصمما للخدمة في ظروف باردة.

أسباب الشروخ:

تتولد الشروخ (الشقوق) عادة بسبب تعرض اللحام لاختلافات سريعة في درجات الحرارة مثل:

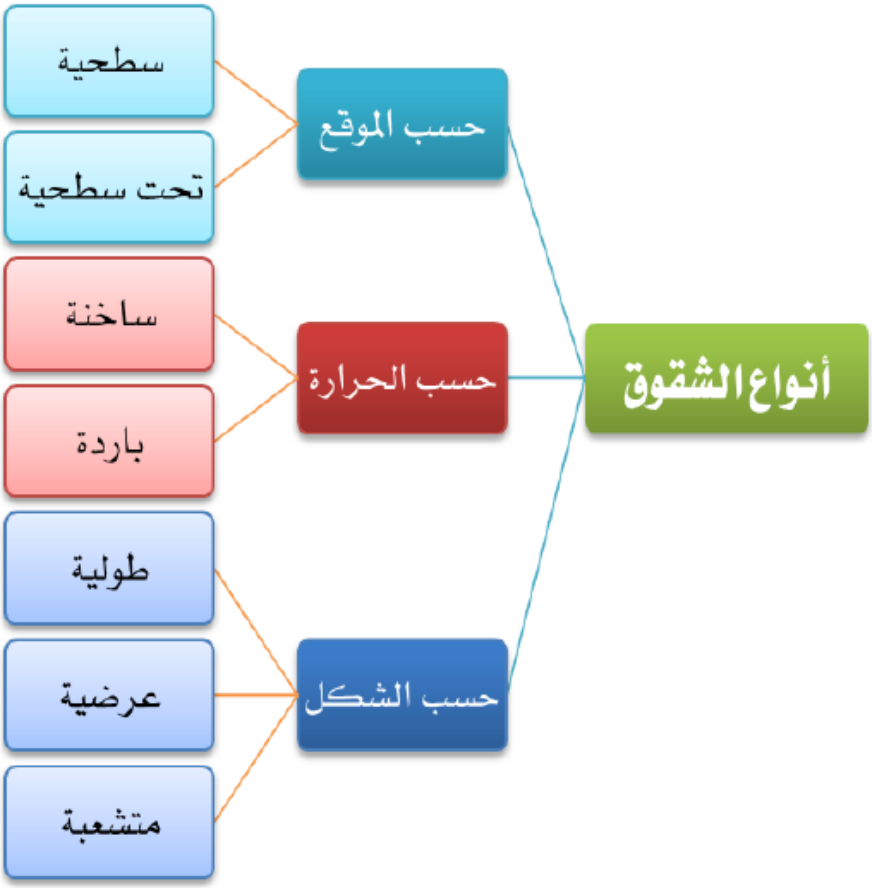
- عمليات التبريد السريع لوصلة اللحام
- عدم التسخين المسبق لمنطقة اللحام.
- عدم تتابع عمليات لحام الوصلة وترك الدرزة تبرد قبل إكمال اللحام.

وهناك أسباب أخرى مثل:

- استخدام سلك غير مطابق
- استخدام سلك به رطوبة شديدة
- تجهيز العينة غير مطابق
- عدم تسخين على حسب المواصفات
- نقص في قابلية المعدن للحام
- خضوع اللحام لإجهادات شديدة أثناء وبعد اللحام
- حرارة عالية أثناء اللحام
- أعادة إصلاح اللحام أكثر من مره لنفس الجزء
- تلوث الوصلة في مكان الشطف قبل اللحام بدهان أو زيت أو شحوم .... الخ.
- ضيق الشطف مقارنة بالثخانة
- أسلوب اللحام خاطئ (عرض طبقة اللحام كبير)
- عدم انتظام التيار والفولت وسرعة اللحام أثناء اللحام (Heat Input)
- عدم خضوع الوصلة للمعالجة الحرارية المطلوبة على حسب المواصفات
- معدل تبريد سريع للوصلة

أنواع الشروخ أو الشقوق:

تنقسم الشروخ إلى شروخ الحرارة (ساخنة، باردة أو التجمد) والشروخ المحورية (طولية، عرضية أو متشعبة)، بالإضافة إلى مكان تواجد هذه الشروخ سواء سطحية أو تحت السطح، ويبين (شكل رقم ٥٦) أنواع الشقوق.



شكل رقم ٥٦: أنواع الشقوق

أ. **الشروخ حسب الحرارة Heat cracking:**

الشروخ الحرارية هي أكثر أنواع الشروخ شيوعا في معدن اللحام في لحامات الصلب وهي تتكون أثناء تجمد معدن اللحام أو أثناء إعادة تسخينه وتنتج من زيادة نسبة المواد ذات الانصهار الحمضي مثل الكبريت، الفوسفور، الرصاص في معدن الأساس، كما تحدث أيضا نتيجة التشريز بطريقة خاطئة أو (عمل خط لحام) إمراره جذرية خاطئة عندما يكون مساحة مقطع اللحام صغيرة مقارنة بمعدن الأساس وتشمل الشروخ الساخنة أنواع عديدة منها (شروخ التجمد، شروخ الاسالة، شروخ انخفاض التحليلية، الشروخ الناتجة من إعادة التسخين) وتقع هذه الشروخ في معدن اللحام أو المنطقة المتأثرة حراريا.

- **شروخ التجمد (Solidification cracking):**

تحدث شروخ التجمد عند حوالي ١٠٠٥م حول درجة انصهار معدن اللحام وذلك بسبب وجود بعض العناصر ذات درجة الانصهار المنخفضة التي تؤدي إلى انخفاض في نقطة تجمد معدن اللحام نتيجة انعزال هذه العناصر في بركة اللحام وفي وجود إجهادات اللحام.

- **شروخ ساخنة أو شروخ الاسالة (Liquation cracking):**

ويطلق عليها أيضا التمزق الرقائقي أو احتراق المنطقة المتأثرة حراريا وهي نوع من أنواع الشروخ في درجات الحرارة المرتفعة التي تحدث في معظم أنواع اللحامات وتحدث نتيجة الاسالة

الموضعية لانعزال بعض العناصر السبائكية ذات الانصهار المنخفض مكونة غشاء في المنطقة بين الحبيبات وفي وجود إجهاد لحام عالي وكاف تتكون شروخ اسالة في هذه المناطق.

أسباب حدوث شروخ اللحام الحرارية:

- وجود انفعالات عرضية عالية في اللحامات المقيدة والناتجة عن لحامات تكون نسبة العمق إلى العرض أكبر ٢: ١ وخصوصا في عمليات اللحام ذات التيار العالي مثل لحام القوس المغمور أو لحام الحماية بغاز ثاني أكسيد الكربون.
- التركيب الكيمائي لمعدن الأساس (وخاصة في الكربون أو الكبريت والفوسفور) فكلما زادت نسبة هذه العناصر زاد احتمال شروخ الاسالة.
- التلوث الموجود على معدن الأساس (الزيوت، الشحوم ... الخ).
- اللحام الزاوي ذو التقعر الزائد – هذه النوعية من اللحامات ليس لها تحمل كافي لإجهادات التقلص بعد اللحام.
- وجود مسافة كبيرة بين وصلتي اللحام الزاوي.
- عدم المليء الكافي للفوهة في نهاية خط (درزه) اللحام.

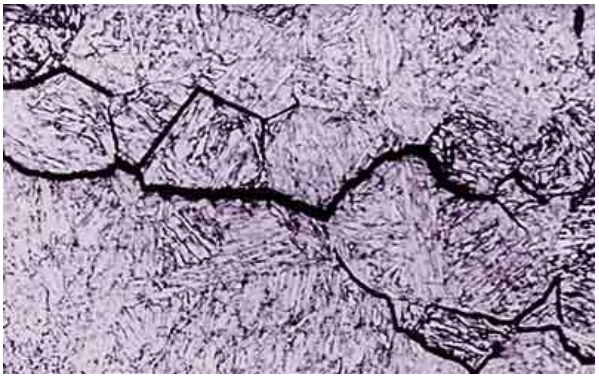
وفي حالة الأجزاء المتصفة ذات الشكل الهندسي المستقيم مثل الأنابيب يمكن استخدام اختبار التيارات الدوامية.

الاحتياطات الأزمة لتفادي شروخ اللحام الحرارية:

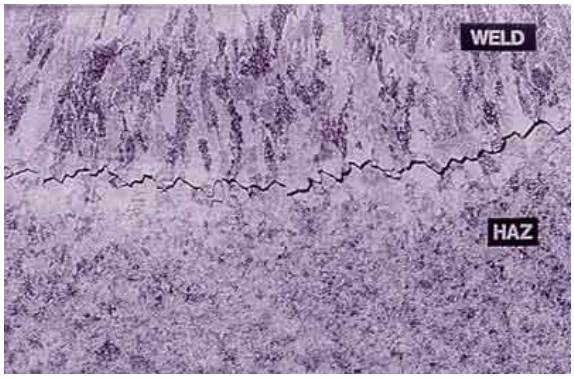
- إجراء اللحام بطريقة تؤدي إلى تقليل الانفعال الحراري الناتج.
- ضبط التيار أثناء اللحام للحصول على نسبة العمق والغرض لوصلة اللحام بحيث لا تزيد عن ١:١.
- تجنب استخدام صلب يحتوي على الكبريت أو الفوسفور بنسبة أعلى من ٠,٠٦% لهما معا.
- تنظيف سطح المعدن قبل إجراء اللحام والتأكد من إزالة أي زيوت أو شحوم عالقة من القطع والتحضير.
- التحكيم الجيد في تصميم الوصلة المسافة بين جزئيها.
- تقليل عملية التخفيف في معدن اللحام.

ب. **شروخ إعادة التسخين Reheat cracking:**

هي حدوث انفصال على الحدود بين الحبيبة، لحبيبات الاوستينيت نتيجة للزحف (creep) تحت درجات الحرارة العالية، يحدث عادة في المنطقة المتأثرة بالحرارة ولكن يمكن حدوثه أيضا في معدن اللحام أيضا ويوضح (شكل رقم ٥٧) شروخ إعادة التسخين.



صورة مكبرة (مايكرو Micro)



صورة شاملة (ماكرو Macro)

شكل رقم ٥٧: شروخ إعادة التسخين

أسباب حدوث شروخ إعادة التسخين:

يظهر هذا النوع من العيوب في الوحدات الصناعية الملحومة التي تعمل عند درجات الحرارة العالية نتيجة لوجود انفعالات اللحام المتبقية والزحف منخفض المطيلية في الصلب ويحدث هذا النوع من الشروخ فقط في الصلب الذي يحتوى على قدر كافي من إضافات الفناديوم أو المولبيدنوم يسبب صلادة ثانوية في المنطقة المتأثرة حراريا ومن المعتقد أن هذه الصلادة الثانوية ترفع من متانة البنية الحبيبية الأوستينية السابقة بحيث ينتقل الانفعال الناتج من اللحام وحمل التشغيل إلى الحدود بين الحبيبات حيث تتجمع الشوائب الموجودة في الصلب مثل القصدير، انتيمون والزرنيخ مما يضعها إلى الحد الذي تنهار فيه تحت الانفعال الحادث ويدعم حدوث هذا العيب وجود نقر عميق – شروخ سابقة – تمزق في ظفر اللحام – نقص انصهار جدر اللحام وتغلغل جزئي لمعدن اللحام.

كيفية التعرف على شروخ اعادة التسخين:

سطحيا:

- الفحص البصري المباشر
- استخدام عدسه مكبرة
- استخدام اختبار الصفات المتغلغلة PT
- الحبيبات المغناطيسية MT

داخليا

- الموجات فوق الصوتية US

طريقة إصلاح شروخ إعادة التسخين:

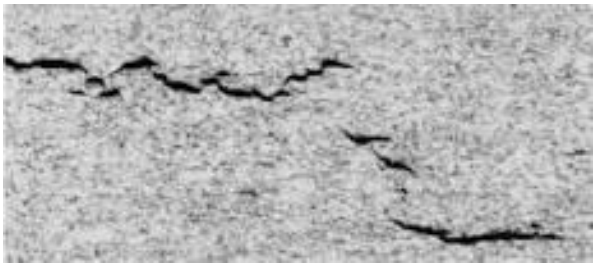
قبل إزالة هذا العيب يجب إجراء معالجة حرارية لإكساب المنطقة المتأثرة بالحرارة المعملية الكافية بعد ذلك يتم إزالة الشرخ بالإضافة إلى ٥ مم بعد نهايته ثم إعادة اللحام مع مراعاة التسخين المسبق والمعالجة الحرارية التي تلي اللحام.

الاحتياطات اللازمة لتفادي شروخ إعادة التسخين:

- إزالة أي نقر أو عيوب قبل المعالجة الحرارية اللاحقة للحام.
- تجليخ ظفر اللحام قبل تبريده إلى درجة الحرارة المحيطة.
- إزالة الإجهاد بين خطوط (امرارات) اللحام يساعد على التحكم في منع حدوث هذه الشروخ.
- التحكيم في درجة الحرارة بين خطوط (امرارات) اللحام وإجراء اللحام عندما يكون معدن الأساس مازال ساخنا.
- استخدام سلك مقو أو التحكم في التركيب الكيميائي للخبث بما يسمح بزيادة قابلية البلل (النماذج) بين معدني اللحام والأساس.

ج. **التشققات أو الشروخ الناجمة عن الهيدروجين (المنطقة المتأثرة بالحرارة) Hydrogen Induced cracking (HIS):**

هو شكل شائع من تكسير كبريتيد الهيدروجين (أو سلفيد الهيدروجين) H_2S الرطب الناجم عن تقشر المعدن بسبب التركيز العالي للهيدروجين. وتسمى أيضا الشروخ على البارد وتحدث بعد تجمد معدن اللحام في كل من المنطقة المتأثرة بالحرارة ومعدن اللحام في أنواع عديده من الصلب مثل الصلب منخفض التسابك أو الصلب عالي التسابك وتحدث إلى حد كبير نتيجة الهيدروجين الذري من تفاعلات التآكل لكبريتيد الهيدروجين H_2S الرطبة التي تدخل إلى الصلب وتتجمع على هيئة شوائب بداخله كما هو مبين في (شكل رقم ٥٨) يمنع كبريتيد الهيدروجين H_2S تفاعل إعادة اتحاد الهيدروجين حيث يتم دفع ذرات الهيدروجين إلى الهيكل المعدني بمنطقة اللحام مما يسبب التآكل والضعف. وقد يشكل المعدن شقوقا داخلية متدرجة تربط بثور الهيدروجين المجاورة والتي يمكن أن تصبح خطيرة إذا ما انتشرت في اللحام.



شكل رقم ٥٨: الشروخ الناجمة عن الهيدروجين

ولأن الشروخ الناجمة عن الهيدروجين تحدث تحت كبح (ضغط) فأحيانا يطلق عليها شروخ الكبح كذلك يطلق عليها الشروخ المتأخرة أو المؤجلة لأنها تحدث بعد تجمد اللحام بعدة ساعات أو خلال أيام وتوصف هذه الشروخ أيضا بموقعها مثل شرخ طرفي، شرخ جذري وشرخ تحت الدرزة.

أسباب حدوث التشققات أو الشروخ الهيدروجينية:

تحدث نتيجة لانتقال الهيدروجين من معدن اللحام إلى المنطقة المتأثرة حراريا. هذا الهيدروجين ناتج من الرطوبة في مستهلكات أو سلك اللحام أو على وجه الوصلة. في بعض المخلفات كالدهان والزيوت أو في طبقه الاكاسيد الموجودة على الوصلة والتي تزيد احتمال التشقق بزيادة ثخانة الوصلة أو زيادة المكافئ الكربوني. كذلك هناك عوامل أخرى تساعد على التشقق على البارد مثل كبر المسافة الجذرية، عدم كفاية الدخل الحراري أو أن يكون التسخين المسبق للحام غير كاف أو لحامات التبنيط غير منتظمة الحجم أو المسافة أو نتيجة زيادة الإجهادات أثناء التداول بعد اللحام وقبل إجراء المعالجة الحرارية لإزالة الإجهادات.

كيفية التعرف على الشروخ الهيدروجينية

سطحيا	داخليا
الفحص البصري المباشر	الموجات فوق الصوتية UT
استخدام عدسه مكبرة	
استخدام اختبار الصفات المتغلغلة PT	التصوير بالأشعة السينية X-ray بعد ٤٨ ساعة على الأقل من عملية اللحام
الحبيبات المغناطيسية MT	

طريقة إصلاح الشروخ الهيدروجينية:

أولا: الشروخ القصيرة

الشروخ القصيرة المعزولة هي الشروخ المتاحة من السطح، ويتم إصلاحها بإزالة المنطقة المعيبة بزيادة ٥٠ مم من نهاية الشرخ المرئي وإعادة اللحام مرة أخرى.

ثانيا: الشروخ الكبيرة أو المخفية

تحتاج الشروخ الكبيرة أو المخفية إلى استبدال الجزء المعيب وفى حالة إعادة الإصلاح باللحام يراعى إجراء عمليه التسخين المسبق للحام بطريقه صحيحه والتحكم في الدخل الحراري لتقليل احتمال حدوث هذا العيب مرة ثانية.

الاحتياطات اللازمة لتفادي الشروخ الناجمة عن الهيدروجين في (المنطقة المتأثرة بالحرارة)

يجب اختيار أسلوب اللحام المناسب مع أنواع الصلب التي تظهر تصلدا في المنطقة المتأثرة بالحرارة مع مراعاة العوامل الأتية:

- يجب أن يكون الكترود اللحام من النوع منخفض الهيدروجين وتتم عملية اللحام تحت سيطرة وتحكم في ظروف اللحام.
- يجب تجفيف الكترود اللحام طبقا لتعليمات الشركة المنتجة.
- يجب التسخين المسبق لمعدن الأساس وفى حاله الضرورة بحيث ترفع حرارة وصلة اللحام بأكملها للدرجة المطلوبة.

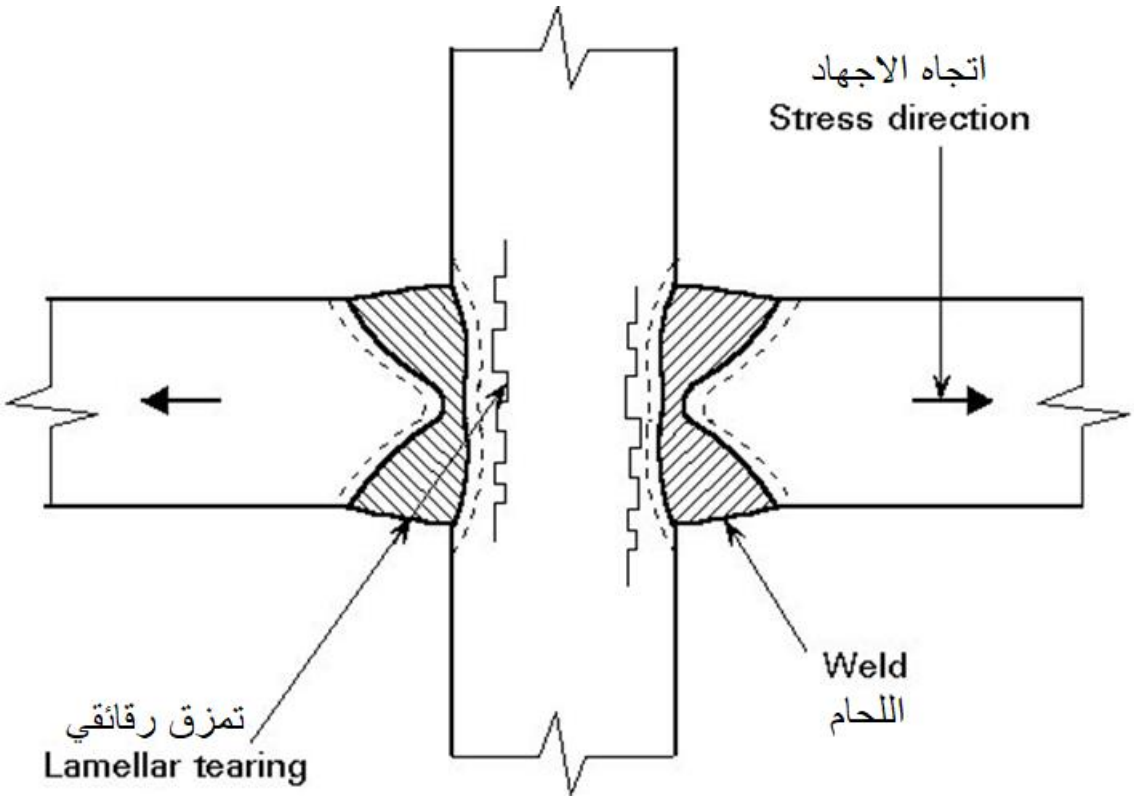
- التحكم في كميه الدخل الحراري أثناء اللحام وأيضا أثناء التبنيط.
- يجب أن يكون التركيب الكيميائي لمعدن الأساس ضمن الحدود المقبولة في طريقة اللحام المستخدمة.

د. **التصدع أو الشروخ الصغيرة (Fissures):**

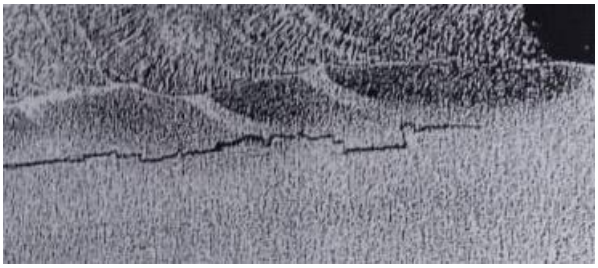
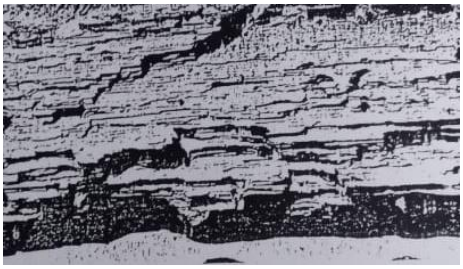
مثل الشروخ ولكن فتحاتها ضيقه وسطحيه.

ه. **التمزق الرقائقي (Lamellar tear):**

وهو نوع من الشروخ يحدث في معدن الأساس أو المنطقة المتأثرة حراريا نتيجة للكبح في وصلة اللحام وينتج عنه قصور في المطيلية في اتجاه سمك الصلب الملحوم، وهو نوع من أنواع الشروخ على البارد ويحدث في ألواح الصلب المدرفله لمعدن الأساس موازيا لسطح المعدن بالقرب من وصلة اللحام كما هو موضح في (شكل رقم ٥٩) وهذه الشروخ ليست مقترنة بالمنطقة المتأثرة بالحرارة فقط ولكن يقترن حدوث التمزق الرقائقي أيضا باحتواء معدن الأساس على نوعيات خبث مثل الأكاسيد، السليكات، الكربيتدات الممتدة في أنحاء الدرفله مما ينتج من انخفاض واضح في عملية الصلب عبر المقطع أو الثخانة. هناك أيضا عدة عوامل أخرى تساعد على تكون التعرق أو التمزق الرقائقي مثل (عيوب التصميم، ثخانة المقطع، مقدار واتجاه الإجهادات الناتجة، نوع وشكل حافة الوصلة) بالإضافة إلى عملية تصنيع معدن الأساس.



شكل رقم ٥٩: التمزق الرقائقي

	
(أ) تمزق رقائقي (نظرة عامة)	(ب) تمزق رقائقي (تشققات سطحية)

شكل رقم ٦٠: صورة أشعة للتمزق الرقائقي

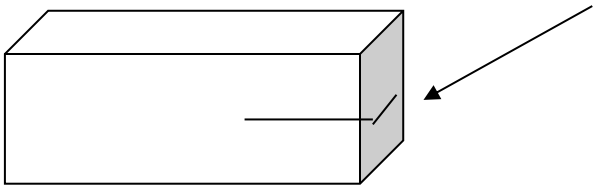
الانفصال الطبقي والانفصال النهائي LAMINATION & DELAMINATION

١. انفصال طبقي LAMINATION

هو حدوث انفصال داخلي لطبقات المعدن الداخلي ويحدث نتيجة وجود عيب قديم في العينة وبعد عمليات الرفلة أثناء التصنيع يحدث الانفصال.

٢. انفصال نهائي DELAMINATION

هو الانفصال النهائي لطبقات المعدن عند التأثير عليه بإجهادات داخليه حرارية أو ميكانيكية وذلك نتيجة للقطع أو اللحام.



شكل رقم ٦١: انفصال نهائي

أسباب حدوث التمزق الرقائقي:

- ضعف المطيلية عبر سمك أو ثخانة لوح الصلب والناتجة عن وجود محتويات خبثيه في معدن الأساس تقع أسفل سطح المعدن وموازيه له.
- خطأ في تصميم وصلة اللحام.
- نتيجة للإجهادات الحرارية في وصلة مكبوحة مما ينتج عنه زيادة الإجهادات عبر مقطع لوح الصلب.

طريقة إصلاح التمزق الرقائقي:

يجب إزالة الجزء المعيب وإعادة اللحام مرة أخرى مع مراعاة تغيير أبعاد الوصلة وشكلها إذا أمكن ذلك لتقليل انفعالات التقلص عبر المقطع، وفي حالة تمزق رقائقي بشكل ملحوظ غالبا ما يتم تغيير معدن الأساس كليه.

الاحتياطات اللازمة لتفادي التمزق الرقائقي Lamellar tear

- الفحص المسبق للعينة في المناطق المعرضة لهذه العيب مكلف وصعب ولا يتم تنفيذه في حالة الضرورة القصوى وعندما لا يحتمل مجال الاستخدام أي مخاطرة.
- يتم تصميم الوصلة بحيث نحصل على أقل قدر من انفعالات التقلص الناتجة من اللحام.
- في حالة تعذر التغيير في تصميم الوصلة تستخدم أساليب اللحام التي تزيد من مطيلية وصلة اللحام في اتجاه انفعال التقلص.

طرق اكتشاف التمزق الرقائقي

سطحيا:

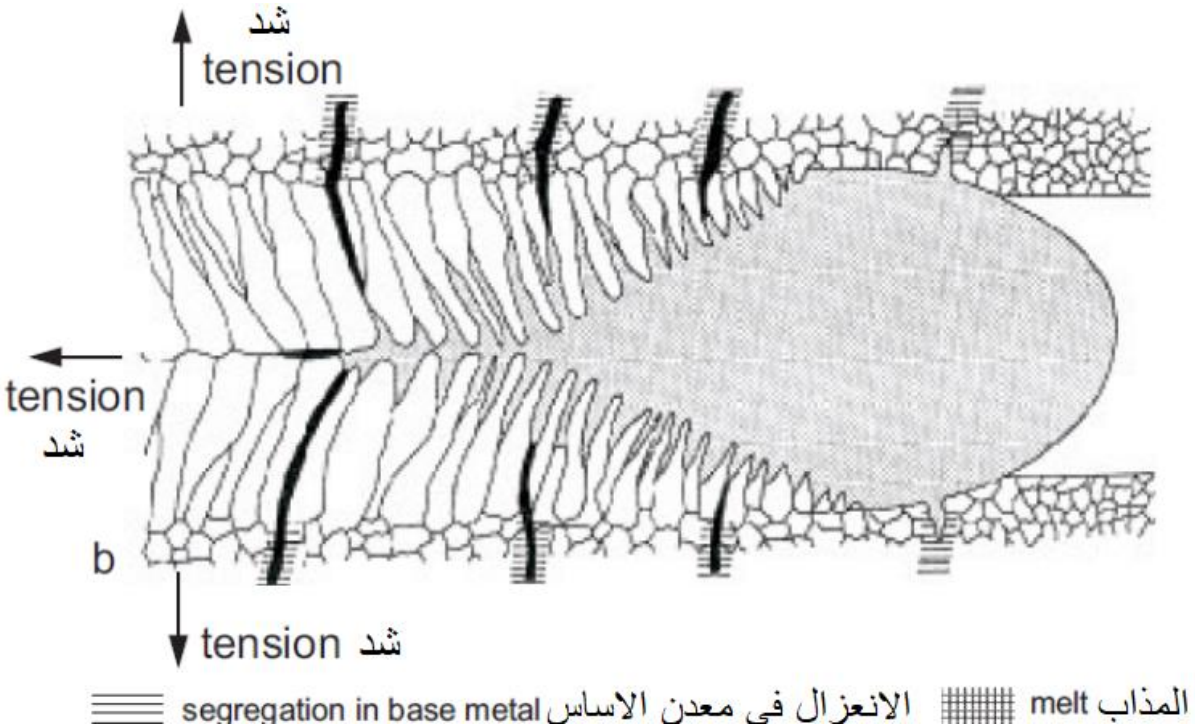
في بعض الحالات يخترق التمزق الرقائقي سطح المعدن ويمكن تمييزه عن الشروخ الناتجة عن أسباب أخرى بمظهره السلمي المتدرج وهذا ممكن فقد في حالة حدوث انهيار كامل بالتمزق الرقائقي، حيث يمكن التعرف على هذه الملامح السطحية المميزة.

داخليا:

الموجات فوق الصوتية UT

٢- الانعزال (Segregation)

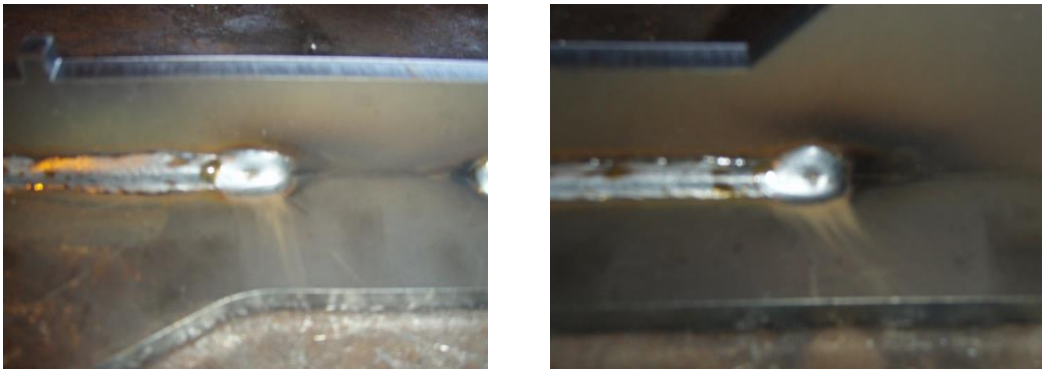
وهو عدم التجانس في توزيع العناصر السبائكية أو الشوائب الدخيلة الذي يحدث أثناء تجمد وصلة اللحام حيث يميل الحديد إلى التصلب أسرع من بقية العناصر للسبيكة مما يؤدي إلى تجمع العناصر الأخرى في وسط السبيكة وبالتالي يؤدي إلى حدوث تشققات كما هو موضح في (شكل رقم ٦٢).



شكل رقم ٦٢: عدم تجانس عناصر اللحام (الانعزال)

٣- عين السمكة (Fisheye)

تظهر على السطح في وصلة اللحام وقد تكون فجوة أو تحتوي على شوائب محاطة بمساحة مستديرة لامعة. وغالبا ما تحدث عند نهاية سلك اللحام كما هو مبين في (شكل رقم ٦٣).



شكل رقم ٦٣: عيب عين السمكة

العوامل والمتغيرات المؤثرة بالنسبة للحام بالقوس الكهربائي المعدني

- قيمة التيار (منخفض، ملائم، عال)
- سرعة اللحام (منخفضة، ملائمة، عالية)
- طول القوس (ARC LENGTH) قصير، ملائم، طويل
- القطبية (موجبة، سالبة)
- المعدن الأصلي (الصفات الميكانيكية، التركيب الكيمياوي، البنية المجهرية .....الخ)
- تغليف أسلاك اللحام
- الغازات الحامية
- مساعدات الصهر الكيميائي وخاصة الرطوبة وامتصاص غاز الهيدروجين
- حجم أسلاك اللحام ومعدن الحشو
- تصميم وصلات اللحام
- فني اللحام (بالنسبة لماكينات اللحام)

وعند حدوث أي عطب بصورة فجائية يجب الرجوع إلى العوامل المشار أليها أعلاه.

عيوب ومشاكل اللحام بالقوس الكهربي

١. **الرذاذ (تطاير اللحام) (Weld spatter)**

وهي عبارة عن انفصال كريات من المعدن المنصهر من سلك اللحام إلى معدن وصلة اللحام وهذه عادة لا تؤثر على قوة اللحام وإنما تجعل مظهره قبيحا.

إن إزالة اللحام المبعثر يزيد في كلفة تنظيف اللحام ولهذا يفضل عدم السماح لهذه الظاهرة في الحدوث وذلك بالإجراءات التالية.

- محاولة على تقليل التيار.
- فحص القطبية والعمل بموجب توصيات المجهزين.
- استخدام قوس قصير.
- ملاحظة انحياز القوس (Arc blow) في التيار المباشر
- تغير زاوية الميلان في حالة كون المعدن المنصهر إمام القوس.
- التأكد من جودة أسلاك اللحام.

٢. نفخ (هبة) القوس (Arc blow)

وهذه تحدث في حالة اللحام بالقوس الكهربائي باستعمال التيار المباشر (D.C) إذ يلاحظ عند اللحام ابتعاد القوس لجهة معينة وان هذه الظاهرة ناتجة عن تداخل القوى المغناطيسية لقوس اللحام مع قوى مغناطيسية أخرى قد تكون من وصلة اللحام نفسها أو كابل كهربائي مار قريبا من منطقة اللحام. غالبا ما نلاحظ هذه الظاهرة إذا كانت شدة التيار المستخدمة في عملية اللحام أكثر من ٢٠٠ أمبير واقل من ٤٠٠ أمبير

وهناك بعض القواعد التي يمكن استعمالها للتقليل من الظاهرة وهي:

- أن يكون القوس بعيدا عن الكابل الأرضي (Earth)
- تغير وضع كابل الأرضي عن مكانه بالنسبة لوصلة اللحام
- يمكن لف كابل اللحام عدة لفات على وصلة اللحام إذا كان هذا بالإمكان
- تغيير وضع وصلة اللحام إذا كانت عملية اللحام فوق منضدة حديدية

وقد تحدث أحيانا متاعب من نفخ القوس وخاصة عند اللحام بواسطة قطب التنجستن مع الارجون (TIG) واللحام بواسطة غاز ثاني أوكسيد الكربون، ويعتبر اللحام بالتيار المتردد في مثل هذه الحالات أكثر نجاحا حيث تختفي هذه الظاهرة نتيجة تغير اتجاه المجال المغناطيسي بنفس تردد التيار.

٣. المسامية والفجوات (الثقوب) السطحية

وهي عبارة عن فجوات ناتجة من تكوين غازات أثناء عملية اللحام لم تستطع الهروب من المعدن المنصهر عند الانجماد، واهم أسبابها:

- الأوساخ مثل الأصباغ والدهون على سطح وصلة اللحام
- الرطوبة في مواد التغليف أو مساعدات الصهر أو الغازات الخاملة الحامية
- غاز الهيدروجين

فجوات أسطوانية داخل اللحام Worm hole porosity in weld metal

وهي على نوعين:

- سطحية يمكن اكتشافها بالعين المجردة والعدسات المكبرة (بالإضافة للفحوصات الغير إتلافيه)
- داخلية يمكن اكتشافها بواسطة الفحوصات الغير إتلافيه (كالتصوير الإشعاعي)

وعندما تتولد هذه العيوب بصورة مكثفة فأنها تسبب ضعفا لمنطقة اللحام وقد تكون سببا في حدوث تشققات شعرية ولتقليل احتمال حدوث تشققات شعرية ولتقليل احتمال حدوث هذه الظاهرة تتبع الأساليب التالية:

أ. إزالة القشرة، الأصباغ، الدهون، الرطوبة وأي نوع من الأصباغ. (التنظيف بواسطة الفرشاة الميكانيكية) من على السطوح المراد لحامها.. ويمكن استعمال أسلاك (E6010) للحام السطوح الفولاذية غير النظيفة.

ب. المحاولة لإبقاء اللحام في حالة سائلة لمدة طويلة للسماح بالغازات من الخروج.

ج. اللحام باستخدام أسلاك لحام قليلة الهيدروجين من نوع (E7016, E7018) الخ.

د. تخفيض التيار.

ه. تجفيف الكترودات اللحام.

و. استعمال مساعدات صهر وغازات خاملة مجففة (أي أن نسبة الرطوبة صفر بعد إجراء التحليل الكيمياوي للغاز في درجة الجو الاعتيادية.

ز. استعمال التسخين الأولي لوصلة اللحام في الجو البارد دون الصفر المئوي أو عندما يكون الجو باردا.

ح. عدم اللحام في ساحات العمل وخارج الورش عندما يكون عاصفا.

٤. صهر (تنافذ) غير كامل (POOR FUSION)

يحدث الصهر الكامل عندما يتنافذ اللحام بحافة وصلة اللحام ويتكون لحام صلب جامد بين سطحي وصلة اللحام المراد لحامها ويحدث الصهر غير الكامل عند عدم وجود التنافذ بين اللحام والسطوح المراد لحامها. وهذه الظاهرة غير مرغوب فيها ووجودها يؤدي إلى:

- تقليل قوة اللحام الميكانيكية.
- قد تؤدي إلى تكون شقوق (crack initiation)
- يمكن أن تكون سببا لتوليد إجهادات عالية (stress raisers) عندما تتعرض وصلة اللحام إلى الاهتزازات أثناء العمل الإجهادات متكررة (cyclic stresses).

إن عدم تكامل الصهر أو نقص الصهر (lack of fusion) ولخطورته يجب أن يتم اكتشافه بالعين المجردة بعد (macro-etching) بالتعامل مع محاليل كيميائية معينة وكذلك الفحوصات اللا إتلافيه وخاصة بالأصباغ النافذة أو بطريقة الفحص المغناطيسي.

ولمنع هذه الظاهرة تتبع التوصيات التالية.

- محاولة استعمال تيارات عالية.
- التأكد من نظافة سطحي وصلة اللحام.
- استعمال الكترودات لحام سريعة التنافذ مثل (E6010 , E6011) للتمريرات الجذرية.
- تقليل فتحة اللحام، وفي حالة الفتحة كبيرة يمكن تقليصها باستعمال أسلوب الحياكة (weaver technique) أو استخدام المليء باللحام (weld build up) وفي هذه الحالة يجب اللجوء إلى كفاءة أسلوب اللحام.

٥. **نفاذية غير كاملة (shallow penetration)**

وهي عبارة عن قلة نفاذية اللحام بالمعدن الأصلي (وصلة اللحام) وان عدم تكامل النفاذية يؤدي إلى توليد حز (groove) والذي يعمل على توليد إجهادات تؤدي إلى قلة مقاومة المعدن لظاهرة الكلل ولهذا يجب عدم السماح لتكوينها في اللحام عندما تكون ضغوط التشغيل عالية وخاصة في حالة الاهتزازات أو الإجهادات المتكررة (cyclic stresses).

- عدم حصول النفاذية الكاملة في منطقة الجذر
- عدم حصول نفاذية كاملة في الملحومة

<u>ولتقليل احتمال توليد هذه الظاهرة تتبع التوصيات التالية:</u>

- استعمال تيار عال بقدر المستطاع
- تقليل سرعة اللحام
- استعمال أسلاك لحام ومعدن حشو ذات أقطار صغيرة
- تكبير الفتحة الجذرية
- الربط باللحام من الداخل والخارج قدر المستطاع(Double V-Joint)
- استعمال الكترودات لحام ذات نفاذية عالية مثل (E6010) للفولاذ للتمريرات الجذرية

١. **النحر السفلي (Under-cut)**

ويحدث عند وجود حز في وصلة اللحام لا يصل أليها اللحام المنصهر ولهذا يمكن اعتبار هذا العيب من صنف قلة الصهر ويؤدي هذا العيب إلى التالي:

- تشويه في المظهر الخارجي.
- تقليل قوة إجهاد اللحام.
- تقليل مقاومة الكلل للحام.

ولمنع احتمال تكون هذا النوع من العيوب يمكن إتباع التوصيات التالية:

- تقليل التيار

- تقليل أقطار الكتروادات اللحام
- التقيد بتصاميم وصلات اللحام والعمل بموجبها بكل دقة.

٢. المظهر الخشن (Rough welding)

ولمنع هذه الظاهرة تتبع الخطوات التالية:

أ. فحص القطبية.

ب. فحص أسلاك اللحام (قد تكون رطبة) وفي مثل هذه الحالة يجب تسخينها.

ج. فحص اللحام وغازات الحماية من حيث الرطوبة.

د. عندما تكون وصلة اللحام رطبة يفضل التسخين الابتدائي.

ه. التأكد من مهارة اللحام.

٣. المحاذاة الخطأ (Misalignment)

وهذه الحالة ناتجة من اختلاف مستوى السطحين المراد لحامهما وهو خطر جدا عند تعرض اللحام إلى اهتزازات.

٤. التشققات (CRACKING)

تعتبر جميع التشققات خطرة ووجودها في اللحام قد يؤدي إلى تلف القطع الملحومة (معدن اللحام). ولهذا في حالة العثور عليها يجب تصليحه بأساليب يعتمد عليها ومؤهلة.

وتظهر بالحالات التالية:

- يمكن رؤيتها بالعين المجردة.
- سطحية ← يمكن الكشف عنها من خلال الفحص المغناطيسي أو المحاليل النافذة.
- داخلية ← يمكن الكشف عنها باستخدام الفحوصات الغير إتلافيه Non-destructive tests (التصوير الإشعاعي / الفحص بالموجات الصوتية).

ولمنع حدوث التشققات:

أ. استعمال أسلاك لحام قليلة الهيدروجين ومساعدات صهر قاعدية.

ب. التقيد بقواعد التسخين الابتدائي للمعدن أو السبيكة المراد لحامها وهي:

- سمك المادة الملحومة (بالنسبة) للفولاذ ٢ملم
- التراكيب المعقدة
- الظروف الجوية الباردة
- العوامل الميتالويجية (توليد أطوار ذات صلادة عالية)
- الصفات الفيزيائية للمعدن أو السبيكة المراد لحامها (مثل الحاجة إلى التسخين الأولي لجميع سبائك النحاس)

ج. التقيد بقواعد التسخين أثناء اللحام وبعده.

د. تقليل التيار.

ه. استعمال أسلاك اللحام ومعدن حشو التي لا تحتوي على عناصر تؤدي إلى صعوبة اللحام والتي عادة تعمل على زيادة الصلادة.

و. تدقيق تصميم وصلة اللحام وخاصة في الأمور المتعلقة بتوزيع الإجهادات.

ز. بالنسبة إلى اللحام الأتوماتيكي فتتبع الخطوات التالية أيضا بالإضافة إلى العوامل المذكورة أعلاه.

- تقليل التيار والفولتية وسرعة اللحام.
- زيادة فتحة اللحام الجذرية.

أساليب اللحام القياسية

لوضع ضوابط تطبيقية وعملية يجب أن يكون العمل بموجب مواصفات عالمية معترف بها كما ويجب العمل بموجبها (بعد المصادقة عليها) ١٠٠% بدون انحرافات ومن جملة هذه المواصفات:

مواصفات الجمعية الأمريكية للحام (A.W.S):

١. مواصفات الجمعية الأمريكية للمهندسين (ASME)

٢. مواصفات الجمعية الأمريكية للبترول (API)

كما وتوجد مواصفات مماثلة منها:

١. البريطانية (B.S)

٢. ألمانية (DIN)

٣. ابانية (JIS)

كفاءة اللحام (Welding qualification)

تشترط المواصفات الدولية على تعيين كفاءة اللحام بمجموعة اختبارات محددة، وهناك ثلاثة اختبارات مختلفة وفق المواصفات الأمريكية (AWS) وهي:

١. اختبار كفاءة أسلوب اللحام(Welding procedure)

٢. اختبار مهارة عامل اللحام باستخدام طرائق اللحام اليدوي أو النص الأتوماتيكي.

٣. اختبار مهارة المشغلين باستخدام طرق اللحام الأتوماتيكي.

وعادة يتم اختبار كفاءة اللحام وفق مواصفات الجمعية الأمريكية للحام (A.W.S) وستكون بشقين

أولا: اختبار وصلات اللحام

أ. اختبار كفاءة أسلوب اللحام لوصلات لحام من نوع التجويفات (Welding groove) PROCEDURE QUALIFICATION).

ب. اختبار وصلات لحام من نوع الزاوية Fillet weld.

وكلا الاختبارين السابقين عادة ما تجرى للحام الخزانات الكبيرة والمستخدمة غالبا في المستودعات النفطية، إذ يسمح لمن اجتاز الاختبار بالعمل كلحام فيها.

ثانيا: اختبار كفاءة لحام الأنابيب وفق جمعية اللحام الأمريكية (AWS) (غير مغطاة في الوحدة)

اشتملت موافقة الجمعية الأمريكية للحام (AWS) ذي الرقم (D10.9) على اختبار أسلوب اللحام وكفاءة عامل اللحام للحام الأنابيب وتضمنت المواصفات ثلاث مستويات من الكفاءة سميت بمتطلبات القبول (acceptance requirement) ويعبر عنها اختصارا (AR-1) و (AR-2) و(AR-3).

- (AR-1) أعلى مستوى من الكفاءة ويستخدم مع المنظومات التي تحتاج إلى لحام عالي النوعية كما في محطات توليد الطاقة الذرية والصناعات الفضائية وأوعية الضغط العاملة عند درجات حرارية عالية وفي الصناعات الكيمياوية أيضا.
- (AR- 2) يستخدم مع المنظومات التي تحتاج إلى كفاءه عالية) اقل من (AR-1 كما في بعض وحدات محطات توليد الطاقة الذرية والمنظومات التجارية ووحدات تكرير النفط والغاز.
- (AR-3) يستخدم مع المنظومات التي تحتاج إلى نوعية لحام مقبولة كأوعية واطئة الضغط ومنظومات التبريد.... الخ.

طرق الكشف عن عيوب اللحام

يمكن الكشف عن عيوب اللحام بإحدى الطرق التالية:

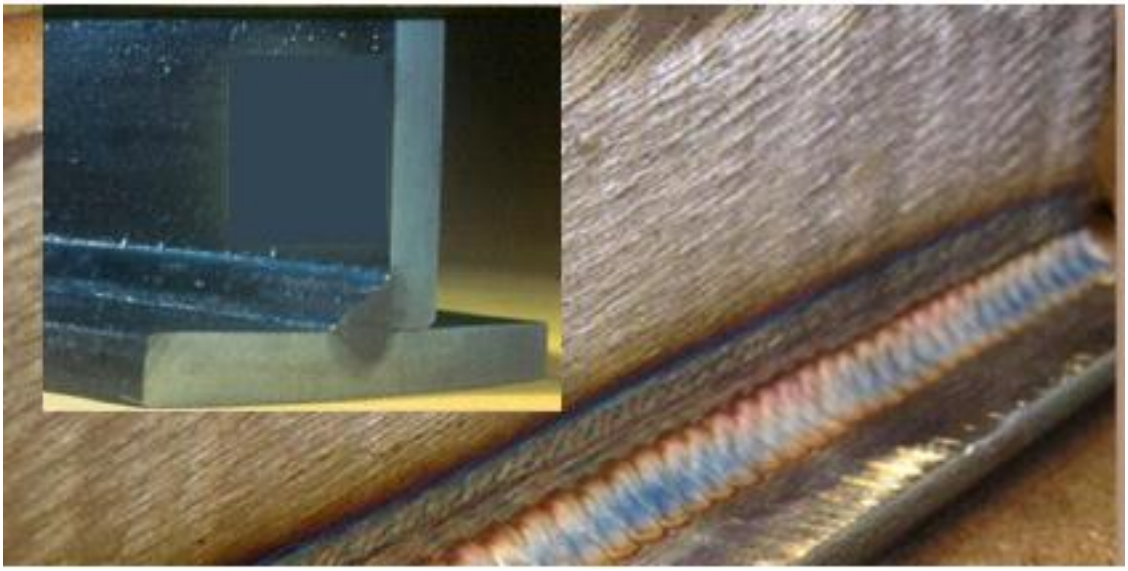
١. **الاختبارات الإتلافيه:** يتم فحص اللحام بإتلاف العينة الملحومة للتأكد من قوتها ومتانتها، وتستخدم قبل البدء في عمليات التصنيع وذلك لوضع جميع اشتراطات ومعايير اللحام المطلوبة والتأكد من جودتها قبل التنفيذ والتصنيع.
٢. **الاختبارات الغير إتلافيه:** أي فحص المعدات بغير أحداث أي ضرر فيها من خلال طرق وجود تقنيات مختلفة.

أولا: الاختبارات الإتلافيه:

تهدف الاختبارات الإتلافيه إلى اختبار قوة الكسر ومتانة وليونة خط اللحام، ولإجراء اختبارات التأهيل لمواصفات إجراء اللحام (WPS) واختبارات تأهيل اللحامين فان عينة الاختبار تجهز حسب المواصفات المعتمدة. يوجد عدد من الاختبارات الإتلافيه والتي تختلف حسب القوانين والأنظمة التي تغطيها، وسيتم التركيز في هذا البحث على نوعين من الاختبارات المشهورة فقط وهي:

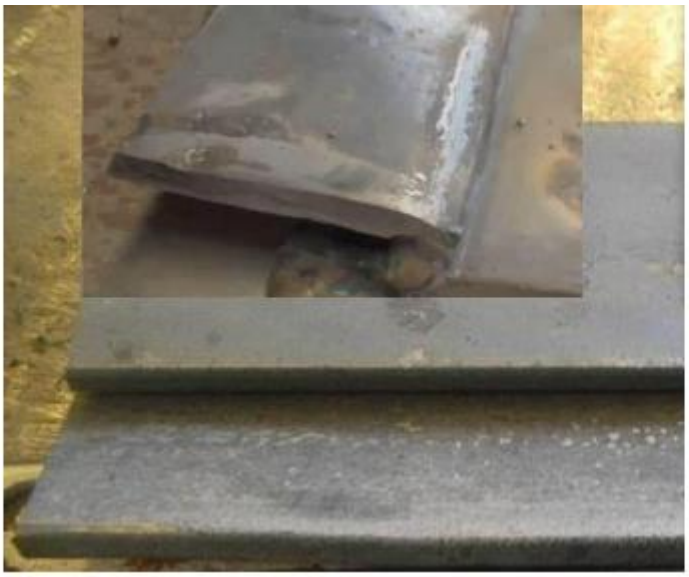
١. اختبار كسر اللحام الزاوي Fillet Break Test:

اختبار الكسر الزاوي هو اختبار لفحص جودة لحام وصلة الزاوية الداخلية حرف T من حيث القوة والمتانة والمرونة وكذلك الكشف عن النقص في التغلغل. ويتم فيه لحام الوصلة من طرف واحد كما هو مبين في (شكل رقم ٦٤).



شكل رقم ٦٤: لحام وصلة حرف T من جانب واحد

ثم تبذل قوة على الطرف الأخر للوصلة إلى أن يتم تسطيح الوصلة أو كسرها كما هو مبين في (شكل رقم ٦٥).



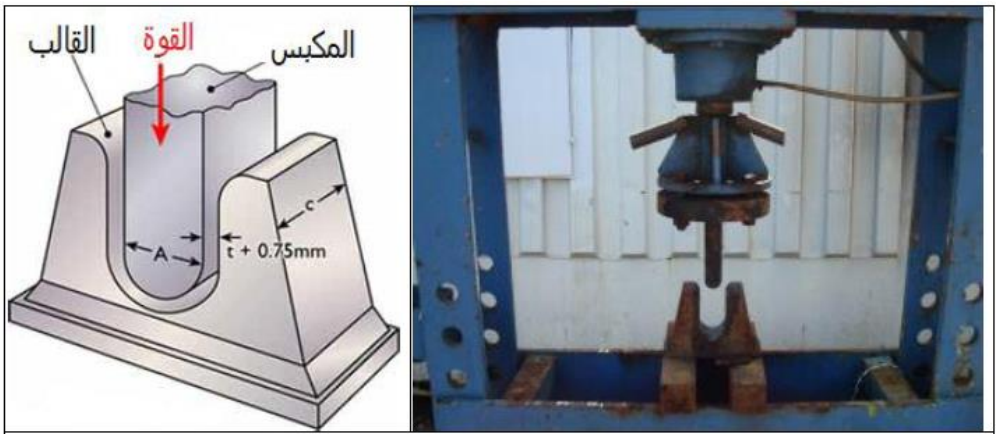
تسطيح وصلة اللحام

كسر وصلة اللحام

شكل رقم ٦٥: تسطيح وكسر وصلح لحام زاوي (وصله حرفT من جانب واحد)

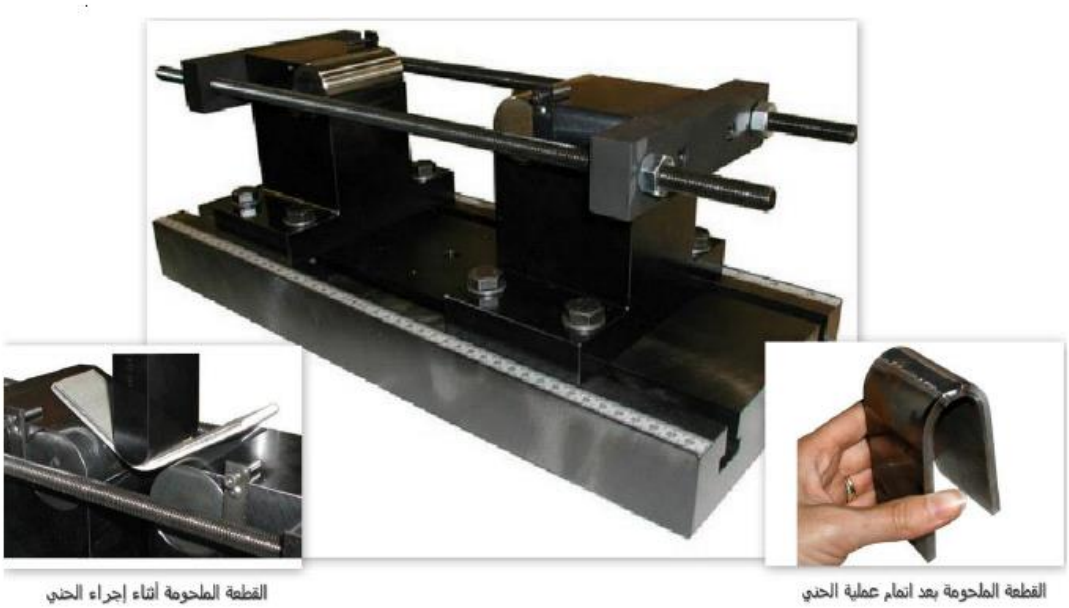
٢. اختبار الثني الموجه Guided Bend Test

اختبار الثني الموجه هو اختبار يفحص جودة اللحام التقابلي بأشكاله المختلفة (I-V-X-U) من حيث القوة والمتانة والمرونة وكذلك الكشف عن النقص في التغلغل وسلامة الوصلة الملحومة ويتم فيه لحام الوصلة التقابليه ثم تحنى داخل قالب الثني كما هو موضح في (شكل رقم ٦٦).



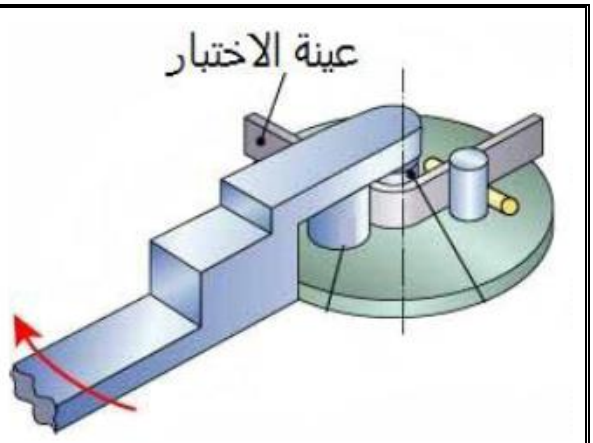
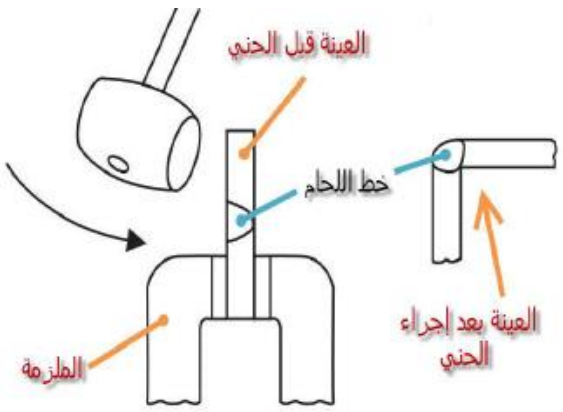
شكل رقم ٦٦: قالب اختبار الثني الموجه الثابت

يفضل استخدام قالب الثني الموجه القابل للضبط Adjustable كالموضح في (شكل رقم ٦٧) حيث أن القوالب الثابتة يجب تغيرها كلما تغير سمك عينة الاختبار.



شكل رقم ٦٧: قالب الثني الموجه القابل للضبط

في حالة عدم توفر التجهيزات الضرورية لأجراء اختبار الثني الموجه، فيمكن تطبيق الاختبار باستخدام معدة الثني اليدوية أو باستخدام المطرقة الثقيلة وذلك بعد تثبيت العينة بالمنجلة (الملزمة) كما هو مبين في (شكل رقم ٦٨).

	
آلة الثني اليدوي	تثبيت العينة بالمنجلة والثني باستخدام المطرقة

شكل رقم ٦٨: وسائل أخرى لثني الوصلات التقابليه

يجب ملاحظة بانه في اختبار الثني الموجه يتم ثني العينة بزاوية ١٨٠° بينما في معدات الثني اليدوية وباستخدام المطرقة فأن زاوية الحني ٩٠° فقط.

ثانيا: الاختبارات غير الإتلافيه Non-Destructive Tests (NDT)

الاختبارات غير الإتلافيه NDT هي طرق لاختبار جودة اللحام وذلك باستخدام القواعد الفيزيائية لكشف العيوب والفجوات في خط اللحام دون الحاجة لتشويه أو إتلاف المشغولة. والاحتياج الاختبارات غير الإتلافيه NDT في ازدياد مستمر ومتسارع وخصوصا مع زيادة الحاجة إلى تصنيع منتجات موثوقة وذات جوده عالية، فالاختبارات الغير الإتلافيه NDT تضمن لنا أن كل جزء من اللحام قد تم وفق الجودة المقبولة. وتمتاز الاختبارات غير الإتلافيه بانها سريعة النتائج وذات مصداقية وموثوقية عالية.

يوجد العديد من أنواع الاختبارات غير الإتلافيه NDT وسيتم التركيز على أربعة اختبارات وهي كالتالي:

أ. الفحص البصري Visual Inspection
ب. اختبار السوائل النافذة (Liquid Penetrant Testing)
ج. اختبار الجسيمات الممغنطة (Testing magnetic Particle).
د. اختبار الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Testing)
ه. التصوير الإشعاعي (Radiography)

١. اختبار الفحص البصري Visual Inspection

الفحص البصري هو أحد طرق الاختبارات غير الإتلافيه ويتم فيه فحص جودة اللحام باستخدام البصر وبمساعدة أدوات القياس والمحددات. ويعتبر الفحص البصري من أكثر الاختبارات غير الإتلافيه شيوعا واستخداما. ويستخدم لفحص اللحام غير الحرج والهام، ويساعد على اكتشاف عيوب اللحام مبكرا. ويمتاز بسهولة تطبيقه، سرعة اجرائه، ورخص تكلفته. ويعتبر ذو فعالية عالية جدا لاكتشاف عيوب اللحام السطحية. كما ويمكن استخدامه خلال عملية إنتاج خط اللحام

بالكامل (قبل وأثناء وبعد اللحام) ولكنه يحتاج إلى تدريب ومهارة عالية ولا يكتشف العيوب الداخلية لخط اللحام.

يحتاج فني فحص اللحام إلى الأدوات والعدد التالية:

أولا. الأدوات المساعدة:

يوضح (شكل رقم ٦٩) بعض الأدوات المساعدة التي يفضل أن يحملها الفاحص وهي:

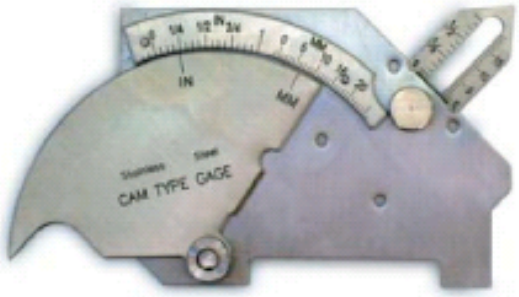
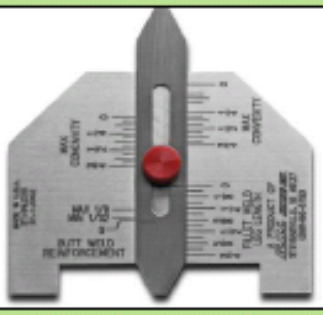
- عدسة: مكبرة لاستخدامها عند الحاجة لتكبير منطقة الفحص.
- كشاف: لإنارة المناطق المظلمة مثل داخل المواسير أو الفحص الليلي.
- مرآه لاستخدامها في فحص المناطق الضيقة والتي يصعب الوصول اليها.
- شنطة الأدوات: لوضع الأدوات بداخلها للمحفظة عليها من التلف والضياع.

شكل رقم ٦٩: العدد والأدوات المساعدة للفحص البصري

ثانيا. أدوات القياس والمحددات:

تستخدم أدوات القياس ومحددات اللحام لفحص خط اللحام والتأكد من أن قياسات خط اللحام مناسبة لمتطلبات مواصفات إجراء اللحام WPS وكذلك قياس حجم عيوب اللحام السطحية. وتمتاز أدوات القياس

والمحددات بأنها سهلة الاستخدام وصغيرة الحجم ويمكن وضعها في الجيب. ويبين (شكل رقم ٧٠ (أ)) اهم أدوات القياس ويبين (شكل رقم ٧٠ (ب)) اهم المحددات.

أدوات القياس	الاستخدام
	١. قياس زاوية القطع (زاوية التجهيز). ٢. قياس عمق القطع السفلي. ٣. قياس عمق المسامات والفجوات. ٤. قياس عمق اللحام الزاوي ٥. قياس طول ساق اللحام الزاوي. ٦. قياس ارتفاع غطاء الدرزة التقابلية ٧. محاذاة قطعتي اللحام.
مقياس جسر الحدبة Bridge Cam Weld Gauge	
	١. قياس عمق اللحام الزاوي ٢. قياس طول ساق اللحام الزاوي. ٣. قياس ارتفاع غطاء الدرزة التقابلية.
مقياس قياس حجم الدرزة الآلي Automatic Weld Size Weld Gauge	
	١. فحص مقاس زاوية القطع . ٢. قياس عمق اللحام الزاوي ٣. قياس ارتفاع غطاء الدرزة التقابلية.
مقياس اللحام الرقمي Digital Welding Gauge	

شكل رقم ٧٠ (أ): أدوات القياس

المحددات	الاستخدام
	١. فحص عمق اللحام الزاوي ٢. فحص طول ساق اللحام الزاوي (العدد سبع قطع)
مجموعة الدرزة الزاوية – ٧ قطع 7-Piece Fillet Weld Set	
	١. فحص عمق اللحام الزاوي ٢. فحص طول ساق اللحام الزاوي (العدد ثماني قطع)
مجموعة الدرزة الزاوية – ٨ قطع 8-Piece Fillet Weld Set	
	١. فحص عمق اللحام الزاوي. ٢. فحص طول ساق اللحام الزاوي. ٣. فحص مقدار التحدب المسموح به. (العدد ثماني قطع)
محدد الدرزة الزاوية الجيبي Pocket Fillet Weld Gauge	

شكل رقم ٧٠ (ب): محددات القياس

يلزم فحص خطوط اللحام فحصا بصريا جيدا حتى لو تقرر إجراء اختبارات غير إتلافيه أخرى عليها.

وتجرى عملية الفحص البصري على ثلاث مراحل:

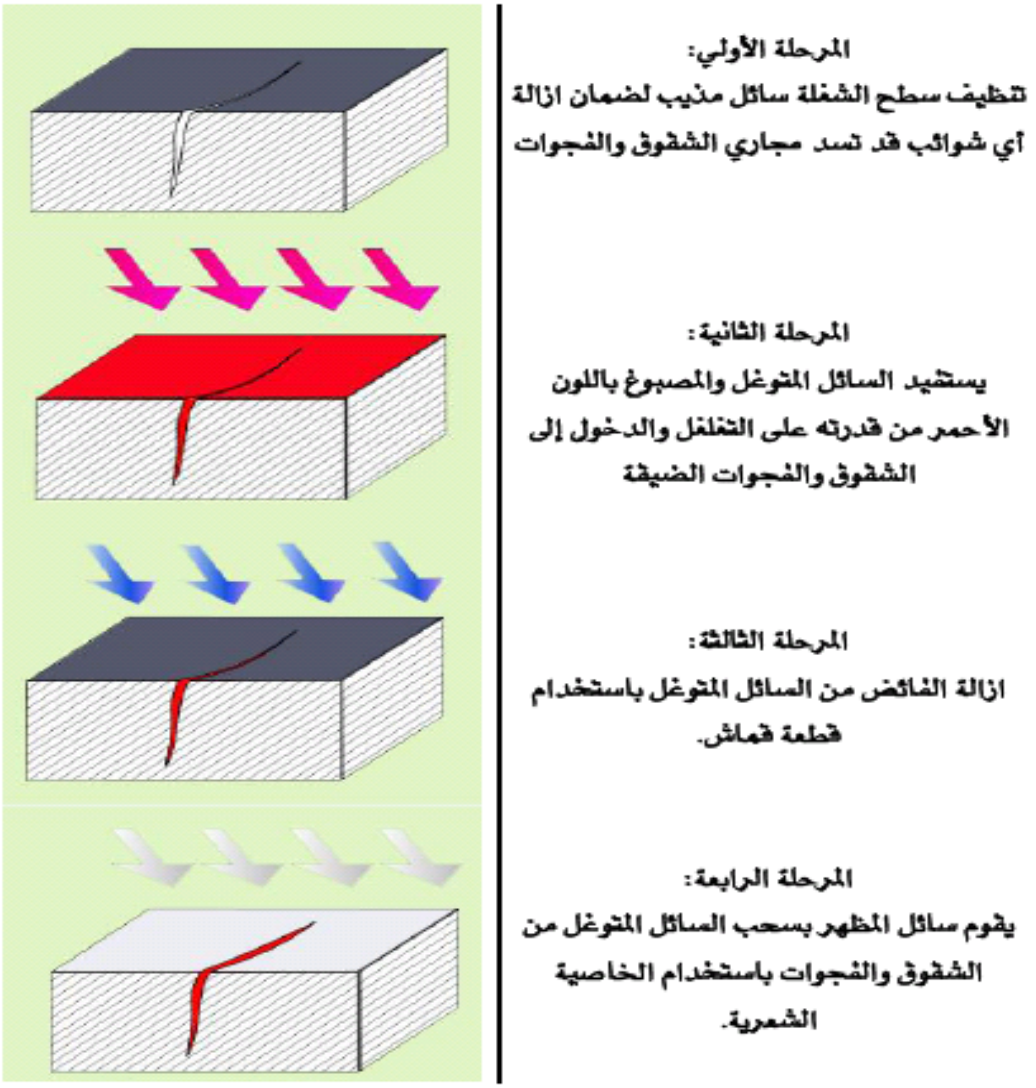
أولا: الفحص البصري قبل عملية اللحام.

ثانيا: الفحص البصري أثناء عملية اللحام.

ثالثا: الفحص البصري بعد الانتهاء من اللحام.

٢. اختبار السوائل النافذة (Liquid Penetrant Testing)

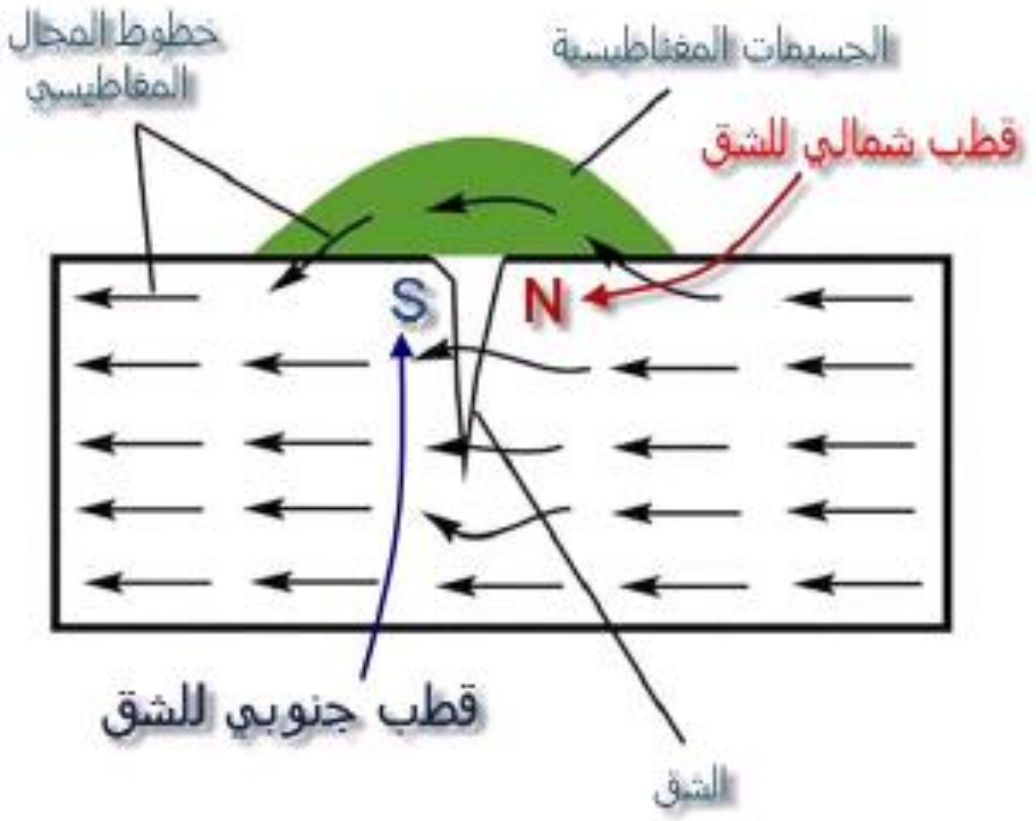
اختبار السوائل النافذة PT هو أحد طرق الاختبارات غير الإتلافيه NDT والتي يتم فيها استخدام قدرة تغلغل سائل الصبغة للتوغل في الشقوق والفجوات لاكتشاف عيوب اللحام السطحية. ومن أهم متطلبات تطبيق اختبارات السوائل المخترقة الملونة هو تنظيف الأسطح المراد اختبارها بشكل كامل. ثم يوضع السائل المخترق (Penetrant) على السطح المراد اختباره، ويتم ذلك في العادة بتفريغه من علبة رذاذ (Aerosol). ويجد السائل المخترق طريقه إلى التشققات أو العيوب الأخرى الموجودة في السطح وبعد فترة محددة ولتكن ١٥ دقيقة، يتم تنظيف السطح وإزالة السائل الزائد عن الحاجة في حين يبقى السائل المخترق في التشققات. أما الخطوة التالية فهي وضع المادة المظهرة ويطلق عليها (Developer) ووظيفتها امتصاص السائل المخترق من التشققات ومرة أخرى نحتاج إلى فترة ١٠ إلى ١٥ دقيقة لتأخذ المادة مفعولها بشكل كامل والنتيجة هي امتصاص السائل المخترق من التشققات مع بقاء علامة واضحة على مكانه كما هو موضح في (شكل رقم ٧١).



شكل رقم ٧١: مراحل اختبار بالسوائل النافذة

٣. اختبار الجسيمات الممغنطة (Magnetic Particle Testing).

اختبار الجسيمات المغناطيسية MT هو اختبار غير إتلافي NDT، يستخدم المجال المغناطيسي لاكتشاف الشقوق والمسامات والفجوات في التغلغل السطحي أو القريب من السطح. هذا الاختبار يستخدم بدلا من الصبغة جسيمات من اوكسيد الحديد الممغنطة لتحديد موضع العيوب. وتتم مغنطة قطعة الاختبار بحيث نخلق مجالا مغناطيسيا متدفقا ثم يتم العمل على نشر مسحوق الجسيمات الحديدية البالغة الدقة على سطح المادة المراد اختبارها. إن وجود أي عيب ما وليكن العيب في شكل تشققات مستعرضة، من شأنه أن يجعل بعض خطوط القوة المغناطيسية تخرج خارج المادة وتشكل مجالا مغناطيسيا خارجيا بمعنى آخر يحصل تشوه للمجال المغناطيسي وهذا يدفع الجسيمات المعدنية الدقيقة إلى تشكيل نتوء على قمة التشققات، ويتم التعرف بسهولة على النتوءات حيث أنها اعرض بكثير من التشققات نفسها كما هو مبين في (شكل رقم ٧٢).



شكل رقم ٧٢: تجمع البودرة (الجسيمات) الحديدية حول الشق بسبب خواصه المغناطيسية

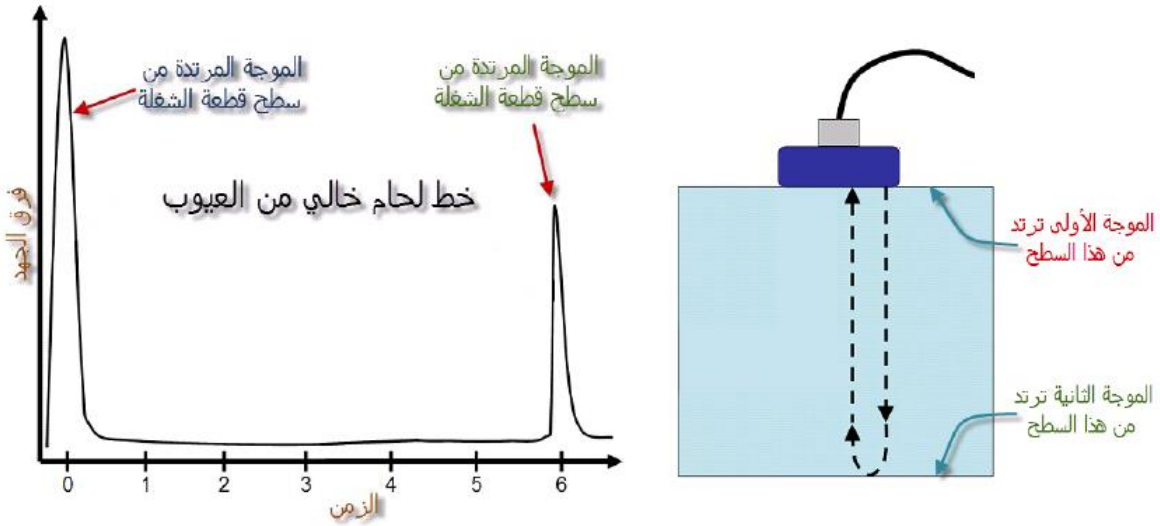
٤. اختبار الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Testing)

اختبار الموجات فوق الصوتية U T هو أحد طرق الاختبارات غير الإتلافيه يتم فيها فحص اللحام باستخدام موجات فوق صوتية للكشف عن عيوب اللحام السطحية والداخلية. يعد من أهم التقنيات المطبقة اليوم لاختبار سماكة المواد والكشف عن العيوب المادية العميقة. وتعمل الاختبارات فوق

الصوتية بالطريقة نفسها التي تعمل بها الرادارات، أي بالنبضات والصدى كما هو موضح في (شكل رقم ٧٣).

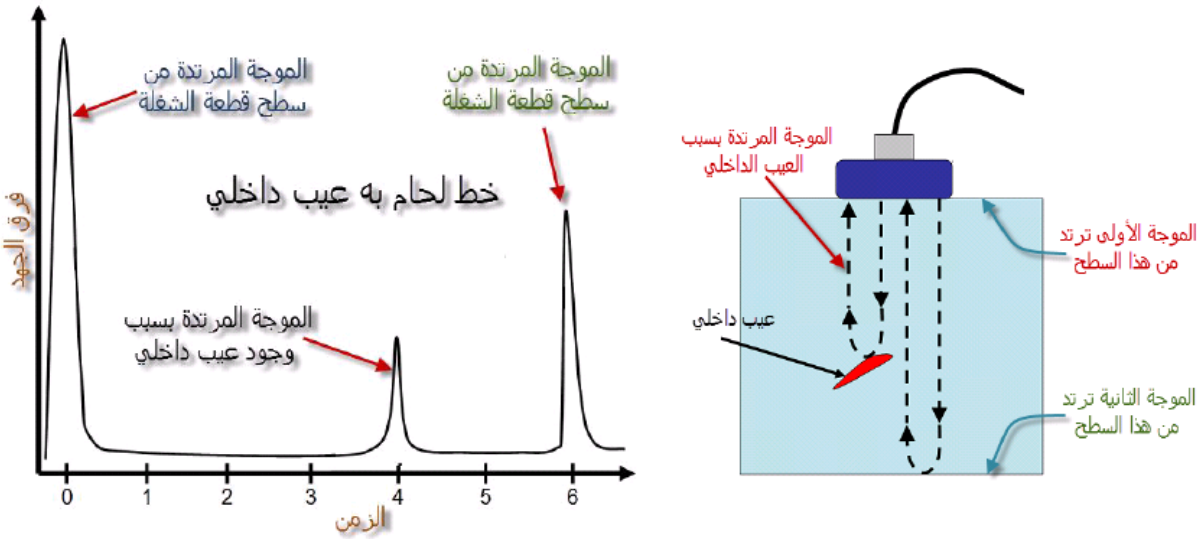
شكل رقم ٧٣: فحص اللحام بالموجات فوق الصوتية

خلال فترات زمنية قصيرة بحدود جزء من ألف من الثانية، تنتقل ذبذبات ميكانيكية إلى المادة المختبرة، أي قطعة الاختبار وتنتقل الذبذبات عالية التردد عبر المادة في حزمة ضيقة إلى أن تصل إلى الطرف الثاني من قطعة الاختبار كما هو مبين في (شكل رقم ٧٤).



شكل رقم ٧٤: شكل موجات (الذبذبات) على الشاشة عند خلو اللحام من العيوب الداخلية

وفي حال صادفت الموجة فوق الصوتية عيبا في المادة، فإنها ستنعكس بحيث تعيد الإشارة إلى المصدر وهنا علينا قياس الفترة الزمنية إذا ما أردنا أن نحسب بدقة عمق العيب داخل قطعة الاختبار كما هو مبين في (شكل رقم ٧٥).

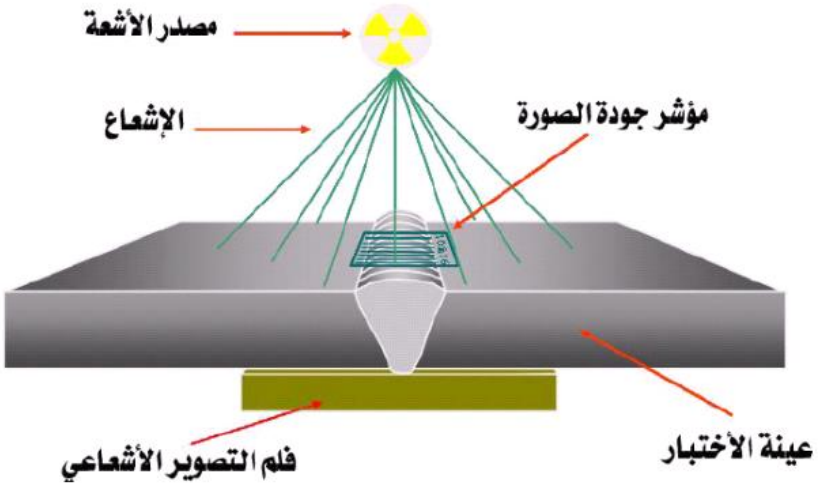


شكل رقم ٧٥: شكل راسم الذبذبات في حالة وجود عيب داخلي باللحام

وتستخدم الترددات العالية لان الترددات الصوتية لا تحقق النتيجة المرجوة.

٥. **اختبار التصوير الإشعاعي (Radiography Test)**

من الطرق الأخرى المستخدمة لرصد العيوب العميقة هي التصوير الإشعاعي وحسب هذه الطريقة، يخرج الإشعاع من قطعة الاختبار على أن يتم التقاط النتائج على فيلم من الجانب الأخر كما هو موضح في (شكل رقم ٧٦).



شكل رقم ٧٦: طريقة ترتيب التجهيزات لتنفيذ اختبار التصوير الإشعاعي RT

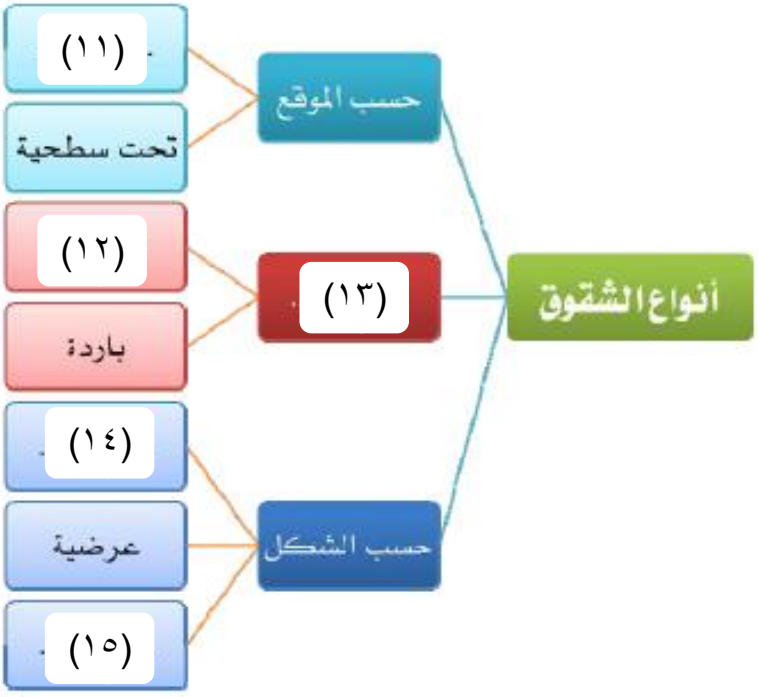
وتظهر أية عيوب في المادة على الفيلم عند تظهيره. ومن أجل الحصول على صورة واضحة ودقيقة، يجب وضع مصدر الإشعاع على مسافة بعيدة من قطعة الاختبار وبالمقابل، فإن الفيلم على الجانب الآخر يجب أن يكون قريبا قدر المستطاع من قطعة الاختبار.

أسئلة المعارف النظرية

ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (×) أمام العبارة الخاطئة:

١. الطرطشة هي أجزاء متطايرة من سلك اللحام خارج معدن اللحام المترسب ( )
٢. فحص جودة اللحام للمشاريع الصناعية متطلب غير أساسي ( )
٣. تجمد المادة هو انتقالها من الحالة المنصهرة إلى الحالة الجامدة ( )
٤. تحدث الشقوق الباردة أثناء تجمد بركة اللحام المنصهرة ( )
٥. قد تحدث الشقوق في خط اللحام أو لمعدن الأساس ( )
٦. القطع السفلي عيب سطحي ينتج عن إذابة المعدن الأساس عند وصلة اللحام ( )
٧. تصنف جميع انقطاعات البنية الداخلية للحام كعيب يجب إصلاحه ( )
٨. تتولد التجاويف عادة بسبب وجود غازات دخيلة في منطقة اللحام ( )
٩. النقص في الانصهار أو التغلغل هو احد مزايا اللحام ( )
١٠. الاختبار الإتلافي هو فحص جودة اللحام من بإتلاف عينة ( )

أكمل الفراغات التالية طبقا للأرقام الموجودة على الرسم:



١١. .....

١٢. .....

١٣. .....

١٤. .....

١٥. .....

١٦. .....

١٧. .....

١٨. .....

صل العبارة المناسبة من العمود (أ) بما يناسبه من العمود (ب) وأكمل الجملة:

م	العمود (أ)		العمود (ب)
١٩.	عيوب اللحام هي	(أ)	تعرض اللحام لاختلافات سريعة في درجات الحرارة
٢٠.	تتولد التجاويف عادة بسبب	(ب)	استخدم إلكترودات جديدة وجافة أو أعادة تسخين الإلكترودات لإزالة الرطوبة
٢١.	تحدث الشقوق الساخنة أثناء	(ج)	عيب في وصلة لحام ينتج عن احتباس غازات داخل اللحام أثناء تجمد البركة المنصهرة
٢٢.	من أنواع العوالق الصلبة التالي	(د)	الأسلوب الذي يتبعه اللحام في لحام قوس التنجستن والغاز GTAW غير صحيح
٢٣.	يمكن تجنب حصول الشقوق	(ه)	عيب في خط اللحام بسبب انحصار مواد صلبة غريبة داخل البنية الداخلية لخط اللحام
٢٤.	العوالق الصلبة هي	(و)	وصف الانقطاعات أو الفجوات التي تحصل في بناء درزة اللحام وتتسبب في رفض خط اللحام حسب المواصفات والقوانين
٢٥.	النقص في الانصهار أو التغلغل هو	(ز)	تجنب التبريد السريع لخط اللحام وتركه يبرد ببطء
٢٦.	من أسباب وجود عوالق صلبة	(ح)	إزالة طبقة الخبث المتجمدة بعد لحام كل طبقة
٢٧.	تتولد الشقوق بسبب	(ط)	وجود غازات دخيلة في منطقة اللحام ناتجة عن الهواء الجوي أو تبخر الماء أو الزيوت في منطقة اللحام
٢٨.	لمنع تكون تجاويف داخل اللحام	(ي)	تجمد البركة المنصهرة أو بعد اكتمال تجمدها مباشرة
٢٩.	التجاويف هي	(ك)	طبقة الخبث ومعدن التنجستن وطبقة الأكاسيد
٣٠.	لتجنب وجود عوالق صلبة داخل اللحام	(ل)	احد عيوب اللحام التي تصف عدم اكتمال انصهار سلك اللحام مع المعدن الأساس

ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (×) أمام العبارة الخاطئة:

٣١. الفحص البصرى هو احد طرق الإختبارات الإتلافية ( )

٣٢. اختبار الحني الموجه هو اختبار جودة اللحام التقابلي بأشكاله المختلفة U-X-V-I ( )

٣٣. يساعد الفحص البصري على اكتشاف أخطاء اللحام مبكرا ( )

٣٤. من أسباب حدوث القطع السفلي في اللحام استعمال مقاس إلكترود مناسب ( )

٣٥. إذا انهار أو تمزق اللحام أثناء الحني فيعني ذلك بأن اللحام غير جيد ( )

٣٦. يحق لمفتش اللحام إيقاف وطلب إعادة تأهيل أي لحام يشك في قدرته ( )

٣٧. تتدفق خطوط القوة المغناطيسية للمغناطيس من القطب الجنوبي للشمالي ( )

٣٨. يستخدم اختبار الصبغة المتوغلة DPT لفحص المواد الحديدية فقط ( )

٣٩. مبدأ الخاصية الشعرية مبني على انتقال السائل من الأسفل إلى الأعلى ( )

٤٠. اختبار الموجات الفوق صوتية UT فحص عيوب اللحام السطحية والداخلية ( )

اذكر ميزتين وعيبين لكل نوع من أنواع الاختبارات غير الإتلافية NDT الموضحة بالجدول:

م	الاختبار	المزايا	العيوب
٤١.	اختبار الصبغة المتوغلة		
٤٢.	اختبار الجسيمات المغناطيسية		
٤٣.	اختبار الموجات الفوق صوتية		
٤٤.	اختبارات التصوير الإشعاعي		

اذكر السبب للعبارات التالية:

٤٥. استعمال مقياس الاختراق عند إجراء اختبار التصوير الإشعاعي لخط اللحام.

٤٦. اختبار الصبغة المتوغلة DPT انتظار من ٥ إلى ١٠ دقائق بعد رش السائل المتوغل على درزة اللحام.

٤٧. عند إجراء الاختبار MT يجب تحريك مصدر المجال المغناطيسي بشكل متصالب باستمرار.

٤٨. ضرورة تنظيف منطقة اللحام قبل إجراء الاختبارات عليها.

٤٩. في اختبار التصوير الإشعاعي RT ضرورة تساوى سمك القطعتين.

٥٠. يتم دهن منطقة الاختبار باستخدام طبقة من الزيت.

إجابات أسئلة المعارف النظرية

رقم السؤال	الإجابة الصحيحة	رقم السؤال	الإجابة الصحيحة
١	√	٢٦	(د)
٢	×	٢٧	(أ)
٣	√	٢٨	(ب)
٤	×	٢٩	(ج)
٥	√	٣٠	(ح)
٦	×	٣١	×
٧	√	٣٢	√
٨	×	٣٣	√
٩	×	٣٤	×
١٠	√	٣٥	√
١١	سطحية	٣٦	√
١٢	الساخنة	٣٧	×
١٣	حسب الحرارة	٣٨	×
١٤	طولية	٣٩	√
١٥	متشعبة	٤٠	√
١٦	التجاويف	٤١	سهل الاستخدام، رخيص الثمن بطيء، يؤثر مستوى التنظيف على جودة الاختبار
١٧	العوائق الصلبة	٤٢	القدرة على كشف الشقوق، تجهيزاته قليلة يستخدم للمعادن الحديدية فقط، مهارة عالية
١٨	الشكل غير التام	٤٣	كشف جميع العيوب الداخلية، يستخدم لجميع المواد مهارة عالية، مكلف جدا
١٩	(و)	٤٤	دقتها وموثوقية، الدقة العالية خطورة التعامل، مهارة عالية
٢٠	(ط)	٤٥	لأنه مؤشر يدل على جودة الصورة
٢١	(ى)	٤٦	لاكتمال ظهور الفجوات السطحية
٢٢	(ك)	٤٧	لإظهار الشقوق العرضية والطولية
٢٣	(ز)	٤٨	لإزالة الأوساخ والصدأ والشحوم والدهون والرايش
٢٤	(هـ)	٤٩	لتلافى ظهور نصف الدرزة بلون غامق
٢٥	(ل)	٥٠	لنقل الاهتزازات الميكانيكية من محول الطاقة إلى قطعة العمل

التدريبات العملية للوحدة

اختبار كسر اللحام الزاوي لوصلة حرف T			
تدريب رقم	١	الزمن	٣٢ ساعة

أهداف

أن يكون المتدرب قادرا على:

- تجهيز مكبس الضغط.
- عمل اختبار كسر اللحام الزاوي لوصلة حرف T.
- تنفيذ الاختبار بدقة

متطلبات التدريب

العدد والأدوات	المواد والخامات
جهاز اختبار الضغط (مكبس هيدروليكي) بالملحقات	قطعة من الحديد ملحومة زاوية خارجية الحديد بمقاس طول ١٠٠مم وعرض ٥٠ مم، سمك ٦ مم (أو حسب المتاح في المخازن).
سندان	
مطرقة	
فرشاة سلك	مواد وأدوات تنظيف مناسبة
سندان حدادي	
أدوات الوقاية الشخصية وطفايات الحريق	

جدول رقم ٢: متطلبات التدريب

الاحتياطات والأمان

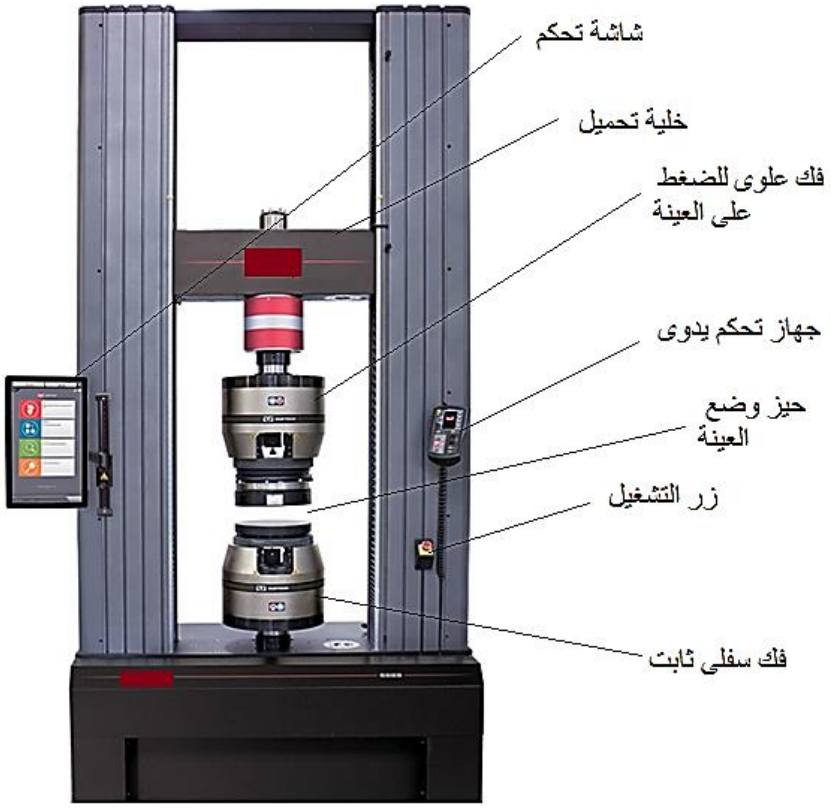
- يجب عدم الاقتراب من العينة أثناء إجراء الاختبار.
- التأكد من إحكام تثبيت العينة في ماكينة أو مكبس اختبار الضغط قبل التحميل عليها.
- إعلام الطلاب بمكان زر الطوارئ الموجود بالماكينة.
- ارتداء نظارة واقية.
- ارتداء القفازات اليدوية.

المعارف المرتبطة بالتدريب

يستخدم اختبار كسر اللحام بالضغط عادة كأساس لقبول الوصلات المعدنية الملحومة محل الاختبار وقياس قدرتها على تحمل أحمال الضغط، والغرض الأساسي من إجراء اختبارات كسر اللحام للمواد المعدنية هو تعيين خواص اللحام وقياس مقاوم الوصلة الملحومة لقوة الانضغاط.

شرح مكونات وطريقة عمل الجهاز

يوضح (شكل رقم ٧٧) ماكينة اختبار الضغط حيث يتكون سندان الجهاز من فكين أحدهما ثابت (الفك السفلى) والأخر متحرك (الفك العلوي) ويتم وضع العينة بين فكي السندان بالطريقة التي تضمن أن يكون حمل الضغط محوريا على العينة بحيث يكون سطحي نهايتي العينة المختبرة مستويين ومتوازيين وعموديين على محور العينة وحتى يتم توزيع التحميل على مسطح قاعدتي العينة بانتظام. يحتوي الجهاز على ما يسمى بخلية التحميل الإلكتروني والتي تتحكم في مقدار حمل الضغط الموزع على العينة ويحتوي الجهاز أيضا على جهاز تحكم يدوي لرفع وخفض الفك العلوي للجهاز حسب الحاجة كما يحتوي على زر التشغيل والذي يمكن استخدامه في حالة الطوارئ أيضا لفصل الطاقة عن الجهاز. وتتصل الماكينة بجهاز الحاسوب لتسجيل النتائج التي نحصل عليها من الاختبار فبعد الانتهاء من تثبيت العينة يقوم المتدرب باستخدام الحاسوب لمراقبة سلوك العينة أثناء الاختبار والتحكم في قيمة الحمل ومعاينة إزاحة الانضغاط المقابلة لها.



شكل رقم ٧٧: جهاز اختبار الانضغاط الهيدروليكي لعينات اللحام

خطوات تنفيذ التدريب

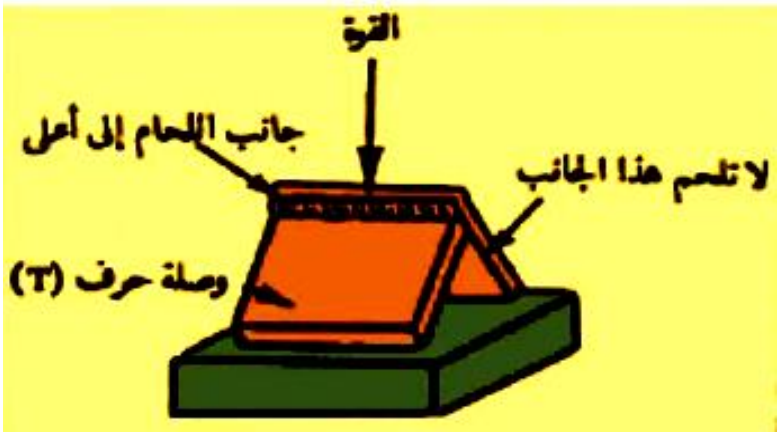
١. تطبيق إجراءات السلامة والأمان الخاصة بالورشة، ومن أهمها أن يكون المتدرب قد ارتدى أدوات الحماية الشخصية الخاصة به لأهميتها البالغة والموضحة في (شكل رقم ٧٨).

شكل رقم ٧٨: أدوات الحماية الشخصية اللازمة بالورشة (PPE)

٢. قم بإعداد وتجهيز قطعة العمل وتنظيفها من الصدأ إن وجد.

٣. جهز مكان العمل واحضر المعدات اللازمة.

٤. ضع قطعة على طاولة العمل في وضع مسطح على جهاز مكبس الاختبار كما هو موضح في (شكل رقم ٧٩).



شكل رقم ٧٩: تجهيز مكان و أدوات العمل

٥. اضغط على زر تشغيل مكبس الضغط حتى يلمس العينة ويضغطها.

شكل رقم ٨٠: بدء الضغط بالمكبس

٦. استمر في كبس الزاوية حرف T حتى يحدث الكسر.

شكل رقم ٨١

٧. سجل قيمة إجهاد (قوة) الكسر من على شاشة الماكينة.

٨. قم بتسليم قطعة العمل للمدرب لإجراء عملية الفحص والتقييم.

شكل رقم ٨٢: قطعة الاختبار بعد الكسر

٩. قم بإغلاق ماكينة الاختبار بشكل أمن.

١٠. نظف مكان العمل واعد الأدوات المستخدمة إلى مكانها بشكل منظم.

المشاهدات

.....

.....

.....

.....

.....

تقييم الأداء

أن يصبح المتدرب قادرا على أن:

م	معيار الأداء	تحقق		ملاحظات
		نعم	لا	
١	يطبق تعليمات السلامة والصحة المهنية			
٢	يجهز مكان وأدوات العمل			

م	معيار الأداء	تحقق		ملاحظات
		نعم	لا	
٣	يفحص جهاز الاختبار (المكبس) قبل التشغيل			
٤	يضبط ويشغل الأجهزة والأدوات بطريقة صحيحة وآمنة.			
٥	ينظف عينة الاختبار بطريقة صحيحة.			
٦	يثبت عينة الاختبارات جيدا باستخدام الوسائل المناسبة.			
٧	يستخدم الطريقة الصحية في تنفيذ الاختبار			
٨	ينفذ اختبار كسر اللحام لوصلة حرف T بطريقة صحيحة.			
٩	يقوم بتنظيف مكان العمل وإعادة الأدوات إلى أماكنها.			

جدول رقم ٣: معايير تقييم أداء المتدرب

توقيع المدرب

الاسم: ..... التوقيع: ..... التاريخ: .....

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب الأجزاء التالية:

- ماكينة اختبار مكبس هيدروليكي
- قطعتين من الحديد ملحومة زاوية قائمة من الداخل

ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٤٥ دقيقة:

- إجراء اختبار كسر اللحام الزاوي لوصلة حرف T

اختبار كسر اللحام الزاوي لوصلة زاوية خارجية			
تدريب رقم	٢	الزمن	٣٢ ساعة

أهداف

يتوقع أن يصبح المتدرب قادرا على أن:

- تشغيل جهاز اختبارات اللحام.
- اختبار كسر اللحام لوصلة زاوية خارجية بطريقة صحيحة.

متطلبات التدريب

العدد والأدوات	المواد والخامات
مكبس هيدروليكي وملحقاته	قطعة من الحديد ملحومة زاوية خارجية الحديد بمقاس طول ١٠٠مم وعرض ٥٠ مم، سمك ٦ مم (أو حسب المتاح في المخازن)
منجلة مثبته على تزجه	
مطرقة	
فرشاة سلك	مواد وأدوات تنظيف مناسبة.
سندان حدادي	
أدوات الوقاية الشخصية وطفايات الحريق	

جدول رقم ٤: متطلبات التدريب

الاحتياطات والأمان

- يجب عدم الاقتراب من العينة أثناء إجراء الاختبار.
- التأكد من إحكام تثبيت العينة في ماكينة أو مكبس اختبار الضغط قبل التحميل عليها.
- إعلام الطلاب بمكان مفتاح الطوارئ الموجود بالماكينة.
- ارتداء نظارة واقية.
- ارتداء القفازات اليدوية.

المعارف المرتبطة بالتدريب

يستخدم اختبار كسر اللحام لزاوية ملحومة من الخارج باستخدام مكبس الضغط الهيدروليكي أو المطرقة والسندان، عادة كأساس لقبول الوصلات المعدنية الملحومة محل الاختبار وقياس قدرتها على تحمل أحمال الضغط، والغرض الأساسي من إجراء اختبارات كسر اللحام للمواد المعدنية هو تعيين خواص اللحام وقياس مقاوم الوصلة الملحومة لقوة الانضغاط.

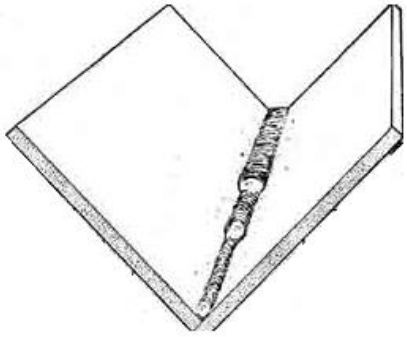
خطوات تنفيذ التدريب

١. تطبق إجراءات السلامة والأمان الخاصة بالورشة، ومن أهمها أن يكون المتدرب قد ارتدى أدوات الحماية الشخصية الخاصة به لأهميتها البالغة والموضحة في (شكل رقم ٨٣).

شكل رقم ٨٣: أدوات الحماية الشخصية اللازمة بالورشة (PPE)

٢. قم بإعداد وتجهيز قطعة العمل وتنظيفها من الصدأ أن وجد.

٣. ضع الزاوية الملحومة على تزجه العمل.



شكل رقم ٨٤: وصلة زاوية ملحومة

٤. نظف عينة الاختبار بجاكوش إزالة الخبث للتخلص من طبقة خبث متراكمة وبالفرشاة السلكية.

٥. جهز مكان العمل واحضر المعدات اللازمة للاختبار

أولا: تنفيذ الاختبار على المكبس الهيدروليكي

٦. تأكد من سلامة المكبس الهيدروليكي إذا أتيح عمل الاختبار علية أو المنجلة اليدوية لتنفيذ الاختبار.

٧. افحص قطعة الإسناد المثبتة لعينة الاختبار والتأكد من سلامة وضعيتها وقوتها.

٨. نفذ الضغط التدريجي بالمكبس الهيدروليكي على عينة الاختبار إلى أن يتم تسطيح العينة أو انكسارها.

٩. قم بتسجيل قيمة إجهاد الكسر.

١٠. قم بفصل الكهرباء عن مكبس الاختبار.

١١. قم بفك عينة الاختبار وتسليمها للمدرب لفحصها.

١٢. قم بتنظيف الشغلة مرة أخرى بالفرشاة السلك.

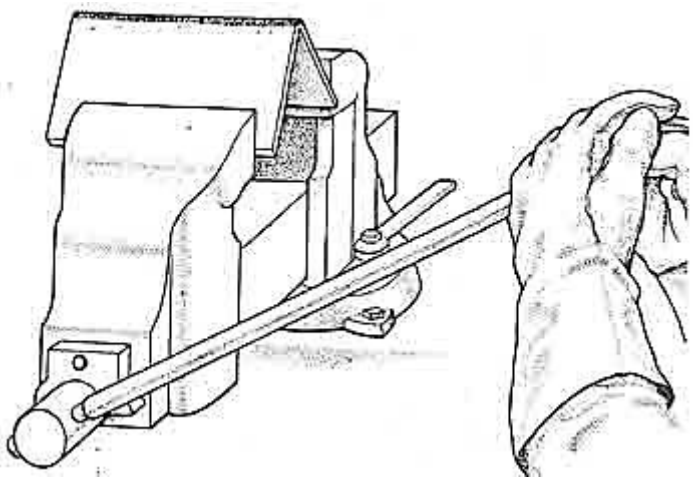
١٣. قيم نتائج الاختبار.

١٤. نظف مكان العمل واعد الأدوات المستخدمة إلى مكانها بشكل منظم.

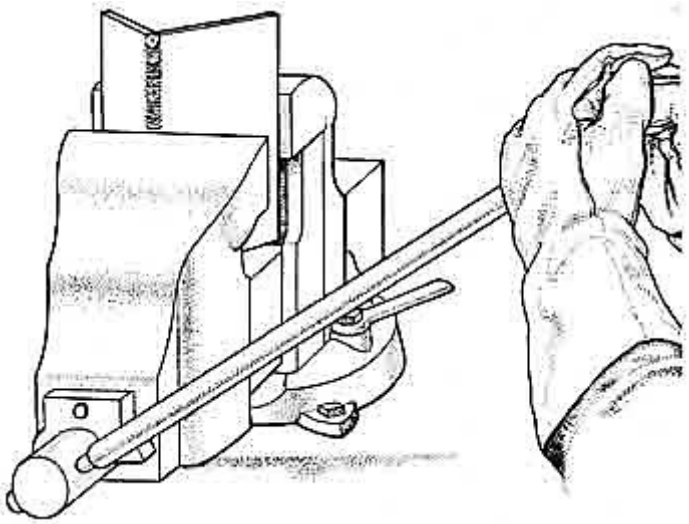
ثانيا: تنفيذ الاختبار على المنجلة

بعد تنفيذ الخطوات من ١ إلى ٥

٦- ضع عينة الاختبار فوق قطعة الإسناد في المنجلة كما هو موضح في (شكل رقم ٨٥).



شكل رقم ٨٥: تثبيت عينة اللحام في وضع أفقي



شكل رقم ٨٦: يجب أن لا يظهر شروخ في خط اللحام

١٥. اربط المنجلة بقوة مناسبة للتأكد من متانة اللحام.

١٦. نفذ الكبس التدريجي لعينة الاختبار إلى أن يتم تسطيح العينة أو انكسارها.

- **يمكن استخدام المطرقة الثقيلة والسندان لإجراء الاختبار بدلا من المكبس الهيدروليكي بحيث يتم لحام عينة الاختبار في طاولة العمل بخط كامل من الطرف الأخر لاتجاه خط اللحام (اللحام من طرف واحد فقط) واستخدام المطرقة للطرق على جانب الزاوية الحر حتى يحدث الثني والانكسار.**
- **يجب عدم تثبيت عينة الاختبار على منجلة الربط عند استعمال المطرقة الثقيلة لإجراء الاختبار.**

١٧. قم بفك عينة الاختبار.

١٨. قم بتنظيف الشغلة مرة أخرى بالفرشاة السلك.

١٩. قيم نتائج الاختبار.

٢٠. نظف مكان العمل واعد الأدوات المستخدمة إلى مكانها بشكل منظم.

المشاهدات

.....

.....

.....

.....

تقييم الأداء

أن يصبح المتدرب قادرا على أن:

م	معيار الأداء	تحقق		ملاحظات
		نعم	لا	
١	يطبق تعليمات السلامة والصحة المهنية			
٢	يجهز مكان وأدوات العمل			
٣	يفحص جهاز الاختبار (المكبس) قبل التشغيل			
٤	يضبط ويشغل الأجهزة والأدوات بطريقة صحيحة وآمنة.			
٥	ينظف عينة الاختبار بطريقة صحيحة.			

م	معيار الأداء	تحقق		ملاحظات
		نعم	لا	
٦	يثبت عينة الاختبارات جيدا باستخدام الوسائل المناسبة.			
٧	يستخدم الطريقة الصحية في تنفيذ الاختبار			
٨	ينفذ اختبار كسر اللحام لوصلة زاوية بطريقة صحيحة.			
٩	يقوم بتنظيف مكان العمل وإعادة الأدوات إلى أماكنها.			

جدول رقم ٥: معايير تقييم أداء المتدرب

توقيع المدرب

الاسم: ..... التوقيع: ..... التاريخ: .....

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب الأجزاء التالية:

- مكبس هيدروليكي أو منجلة للاختبار.
- قطعتين من الحديد ملحومة زاوية قائمة من الخارج

ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٤٥ دقيقة:

- إجراء اختبار كسر اللحام الزاوي لوصلة ملحومة من الخارج.

اختبار الثني الموجه (اختبار وجه اللحام)			
تدريب رقم	٣	الزمن	٣٢ ساعة

أهداف

يتوقع أن يصبح المتدرب قادرا على:

- تحضير قطع العمل وتنظيفها.
- تشغيل جهاز اختبار الثني.
- تنفيذ اختبار الثني بطريقة صحيحة وبدون عيوب.

متطلبات التدريب

العدد والأدوات	المواد والخامات
مكبس هيدروليكي لاختبار الثني بالملحقات أو جهاز اختبار الثني	وصلة ملحومة لحام تقابلي من الحديد بمقاس ١٥٠ × ٥٠ مم، سمك ٨ مم أو حسب المتاح في المخازن
منجلة	
مطرقة	
قالب اختبار الثني	مواد وأدوات تنظيف مناسبة
أدوات الوقاية الشخصية	

جدول رقم ٦: متطلبات التدريب

الاحتياطات والأمان

- يجب عدم الاقتراب من العينة أثناء إجراء الاختبار.
- التأكد من إحكام تثبيت العينة في ماكينة أو مكبس اختبار الضغط قبل التحميل عليها.
- إعلام الطلاب بمكان زر الطوارئ الموجود بالماكينة.
- ارتداء نظارة واقية.
- ارتداء القفازات اليدوية.

المعارف المرتبطة بالتدريب

اختبار الثني نوع من الاختبارات الإتلافيه الذي يتم تنفيذه على وصلات اللحام التقابليه، ويتم إجراءه على المكبس الهيدروليكي السابق توضيحه في تمرين رقم (١) وباستخدام قالب خاص لاختبار الثني. يهدف اختبار الثني للكشف عن النقص في التغلغل وسلامة الوصلة التقابليه الملحومة.

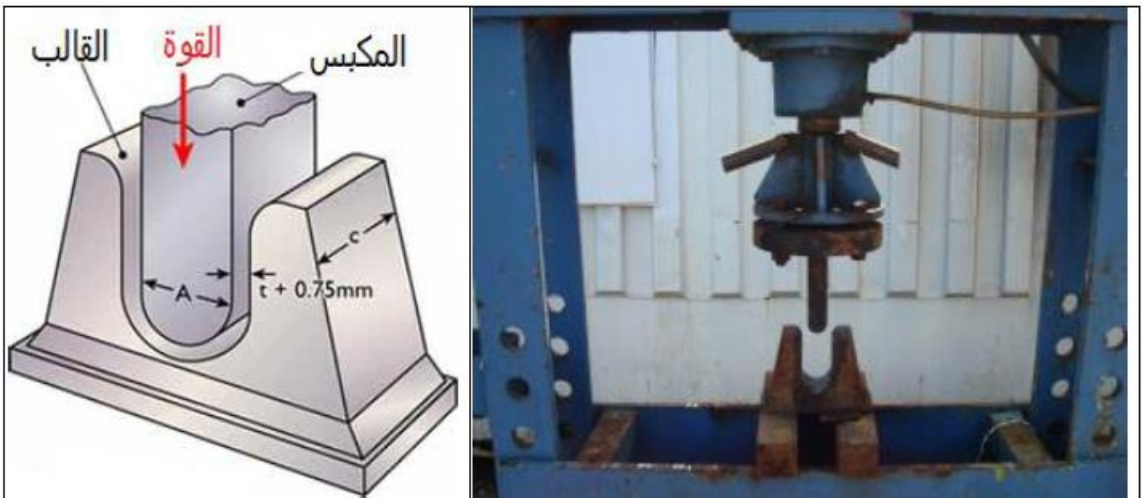
خطوات تنفيذ التدريب

١. تطبيق إجراءات السلامة والأمان الخاصة بالورشة، ومن أهمها أن يكون المتدرب قد ارتدى أدوات الحماية الشخصية الخاصة به لأهميتها البالغة والموضحة في (شكل رقم ٨٧).

شكل رقم ٨٧: أدوات الحماية الشخصية اللازمة بالورشة (PPE)

٢. قم بإعداد وتجهيز قطعة العمل وتنظيفها من الصدأ.

٣. ضع قطعة العمل (وصلة اللحام التقابلية) على قالب المكبس بشكل مسطح بحيث تكون في مستوى أفقي كما هو مبين في (شكل رقم ٨٨).



شكل رقم ٨٨: قالب اختبار الثني

٤. جهز مكان العمل واحضر المعدات اللازمة للاختبار.

٥. تأكد من سلامة المكبس الهيدروليكي.

٦. افحص قطعة الإسناد المثبتة لعينة الاختبار والتأكد من سلامة وضعيتها وقوتها.

٧. تأكد من سلامة فك وقالب المكبس الثقيلة.

٨. ثبت عينة الاختبار جيدا فوق قالب الثني.

٩. نظف عينة الاختبار بجاكوش إزالة الخبث للتخلص من أي طبقة خبث متراكمة وبالفرشاة السلكية.

١٠. قم بتجليخ اللحام الزائد عن سطح الشغلة بماكينة التجليخ (الصاروخ).

يفضل استخدام قالب الثني القابل للضبط Adjustable كالموضح في (شكل رقم ٨٩) حيث أن القوالب الثابتة يجب تغيرها كلما تغير سمك عينة الاختبار.

شكل رقم ٨٩: قالب الثني الموجه القابل للضبط

١١. ضع عينة الاختبار فوق قالب الثني مع ملاحظة بأن يكون خط اللحام بالأعلى قريبا من القوة المسلطة كما في (شكل رقم ٩٠).

شكل رقم ٩٠: بدء اختبار الثني

١٢. نفذ الكبس التدريجي لعينة الاختبار إلى أن يتم ثني العينة بزاوية ١٨٠° أو انكسارها.

شكل رقم ٩١: ثني العينة

- **يمكن استخدام المطرقة الثقيلة لإجراء الاختبار بدلا من المكبس الهيدروليكي بحيث يتم تثبيت عينة الاختبار على قالب من الحديد فوق طاولة العمل ويتم الطرق بالمطرقة على فك معدني موضوع فوق خط اللحام.**
- **يجب عدم تثبيت عينة الاختبار على ملزمة الربط عند استعمال المطرقة الثقيلة لإجراء الاختبار.**

١٣. قم بتسجيل قوة (إجهاد) الثني أو الكسر قم برفع وصلة اللحام.

شكل رقم ٩٢: العينة بعد الثني

١٤. قم بفصل الكهرباء عن مكبس الاختبار.

١٥. قم برفع الشغلة

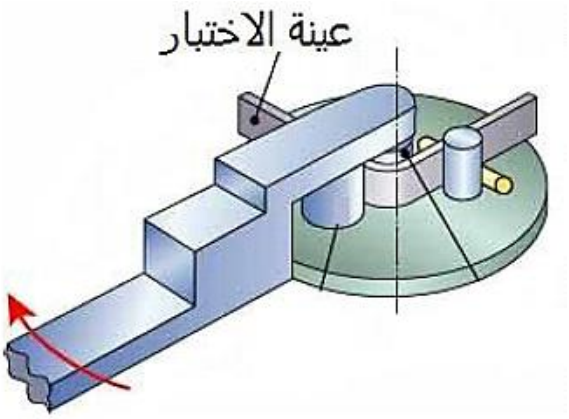
١٦. قم بتنظيف الشغلة مرة أخرى بالفرشاة السلك.

١٧. قيم نتائج الاختبار.

١٨. نظف مكان العمل واعد الأدوات المستخدمة إلى مكانها بشكل منظم.

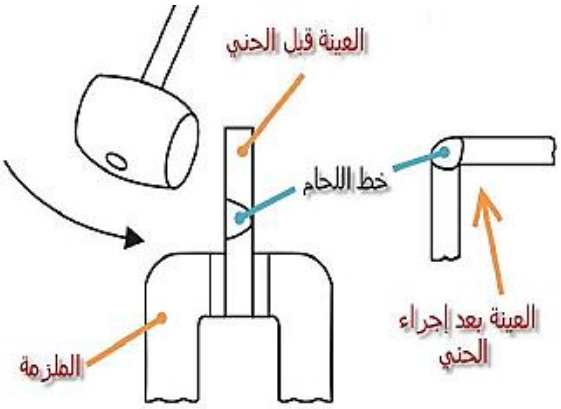
ملحوظة:

- في حالة عدم توفر التجهيزات الضرورية لأجراء اختبار الثني الموجه على مكبس هيدروليكي، فيمكن تطبيق الاختبار باستخدام آلة الثني اليدوية المبينة في (شكل رقم ٩٣).



شكل رقم ٩٣: آلة الثني اليدوي

- يمكن كذلك استخدام المطرقة الثقيلة وذلك بعد تثبيت العينة بالمنجلة كما هو في (شكل رقم ٩٤).



شكل رقم ٩٤: تثبيت العينة بالمنجلة والثني باستخدام المطرقة

- عند تنفيذ اختبار الثني في آلة الثني اليدوية أو باستخدام المطرقة فأن زاوية الثني تكون ٩٠° فقط.

المشاهدات

.....

.....

.....

.....

تقييم الأداء

أن يصبح المتدرب قادرا على أن:

م	معيار الأداء	تحقق		ملاحظات
		نعم	لا	
١	يطبق تعليمات السلامة والصحة المهنية			
٢	يجهز مكان وأدوات العمل			
٣	يفحص جهاز الاختبار قبل التشغيل			
٤	ينظف عينة الاختبار بطريقة صحيحة.			
٥	يضبط ويشغل المكبس الهيدروليكي والأدوات بطريقة صحيحة وآمنة.			
٦	تثبيت وصلة اللحام جيدا باستخدام الوسائل المناسبة.			
٧	ينفذ اختبار الثني بطريقة صحيحة			
٨	يقيم نتائج اختبار الثني بدقة			
٩	يقوم بتنظيف مكان العمل وإعادة الأدوات إلى أماكنها.			

جدول رقم ٧: معايير تقييم أداء المتدرب

توقيع المدرب

الاسم: ..... التوقيع: ..... التاريخ: .....

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب الأجزاء التالية:

- مكبس هيدروليكي أو جهاز اختبار الثني
- وصلة من الحديد ملحومة لحام تقابلي أبعادها ١٥٠ × ٥٠ مم، سمك ٨ مم

ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٤٥ دقيقة:

- إجراء اختبار الثني لوصلة اللحام التقابلي.

اختبار الفحص البصرى وصلة تقابلية تناكبية			
تدريب رقم	٤	الزمن	٢٤ ساعة

أهداف

يتوقع أن يصبح المتدرب قادرا على أن:

- تجهيز مكان العمل.
- تحضير قطع العمل وتنظيفها.
- ينفذ إجراء اختبار بطريقة الفحص البصري لوصلات اللحام.
- يستخدم الأدوات المناسبة في الفحص البصري.
- إتقان مهارة اكتشاف العيوب الموجودة بوصلات اللحام دون إتلافها.

الاحتياطات والأمان

- ارتداء نظارة واقية.
- ارتداء القفازات اليدوية.
- ارتداء كمامة الوجه للحماية من الروائح الكيميائية.

متطلبات التدريب

العدد والأدوات	المواد والخامات
محددات قياس جودة اللحام	قطعة ملحومة من الحديد
بوروسكوب	
فيديو بوروسكوب	
عدسة مكبرة	
مرآة مكبرة	
مايكروسكوب مجهري	مواد وأدوات تنظيف مناسبة.
مايكرومتر	
جاكوش إستعدال	
مسطرة صلب	
فرشاة سلكية	
أدوات الوقاية الشخصية وطفايات الحريق	

جدول رقم ٨: متطلبات التدريب

المعارف المرتبطة بالتدريب

شكل رقم ٩٥: أجهزة رؤية بصرية

شكل رقم ٩٦: أدوات قياس يدوية (ميكرومتر- قدمة ذات ورنية)

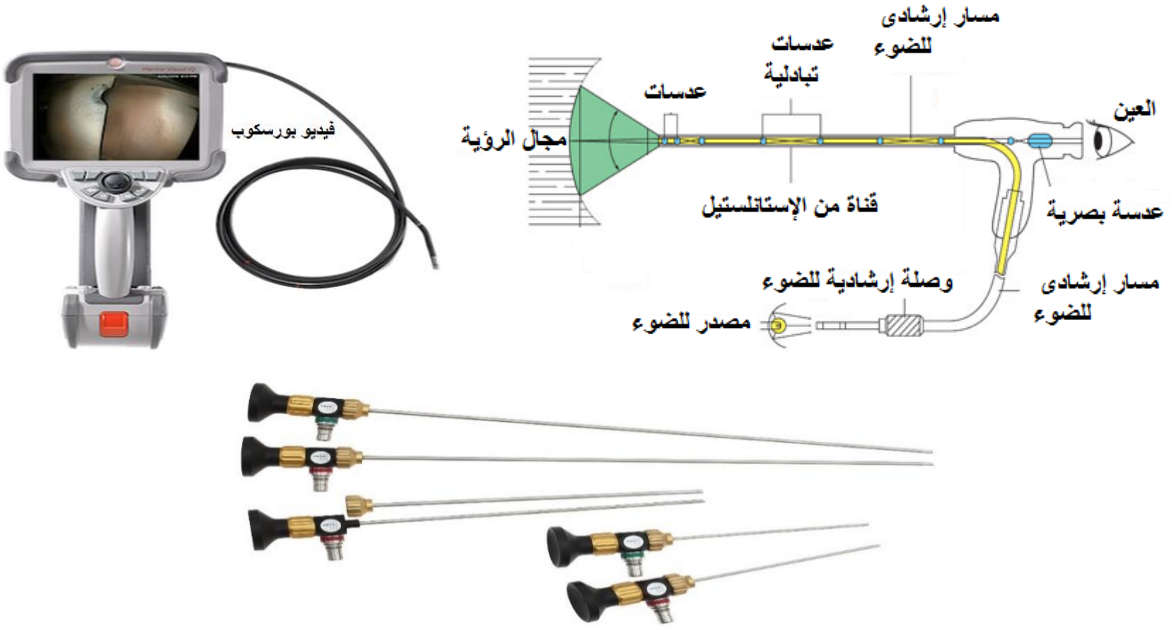
الاختبار بطريقة الفحص البصري Visual Inspection هو طريقة مكملة لكل طرق الاختبارات الائتلافية الأخرى حيث يتم تطبيقها أولا قبل أي طريقة اختبار أخرى في الكشف عن العديد من العيوب في اللحام والمصبوبات والمشغولات والمكونات المعالجة حراريا.

يقوم المدرب بتكليف الطالب بفحص السطح الداخلي لمكبس أسطوانة معينة وسطح غرفة الاحتراق الخاصة بها لمحرك موجود بورشة العمل ويسأل الطالب ليختار الجهاز المناسب لهذه العملية.

شرح مكونات وطريقة عمل جهاز البوروسكوب:

يستخدم جهاز البوروسكوب والمرأة المكبرة حتى نتمكن من رؤية العيوب أو التآكلات الموجودة بالأسطح الداخلية لجسم الألة الميكانيكية نظرا لصعوبة الوصول إليها لضيق المكان أو لوجود الجزء المراد رؤيته داخل الماكينة ولا يسمح الوقت أو الظروف للفك والتركيب حتى نراه بالعين المجردة مباشرة. ويوضح في

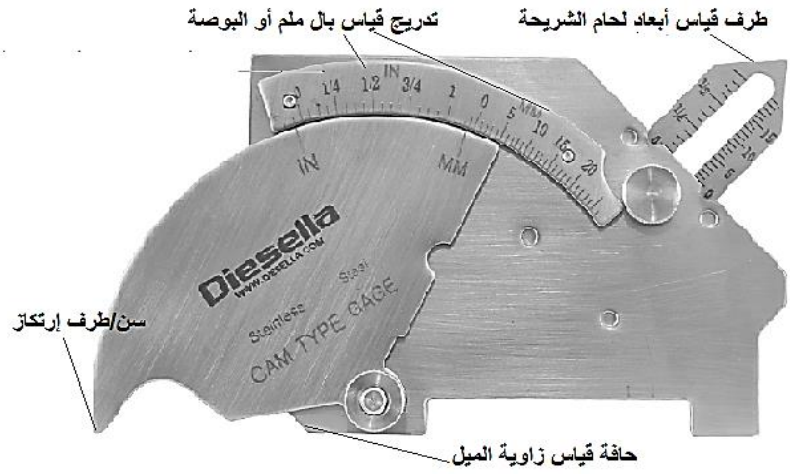
(شكل رقم ٩٧) التركيب الداخلي لأداة البوروسكوب حيث تحتوي على فتحة تسمح بدخول الضوء وأنبوبة أو قناة من الإستانلستيل تحتوي على مجموعة من العدسات التبادلية والمكبرة والتي تقوم بتوضيح ونقل الصورة من منطقة مجال الرؤية إلى عين الرائي حتى يتمكن من رؤية الأسطح والأجزاء الداخلية للماكينات.



شكل رقم ٩٧: التركيب الداخلي لأداة البوروسكوب.

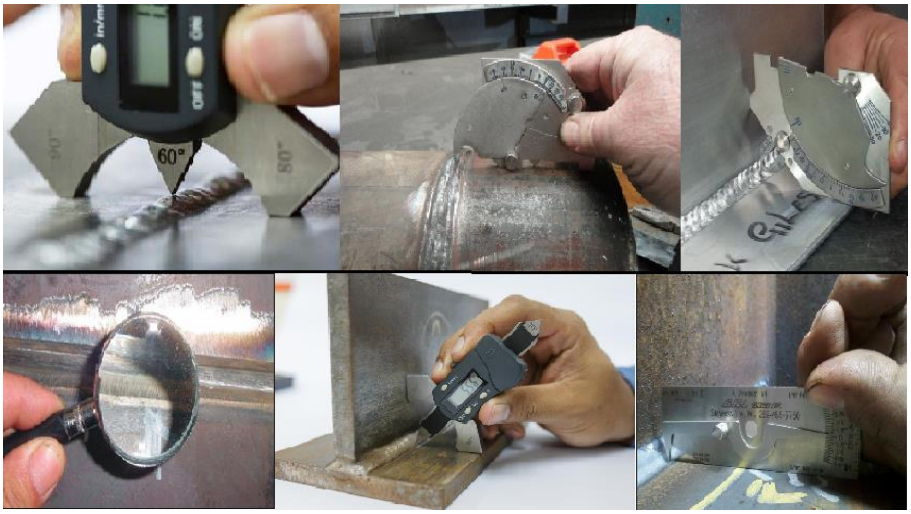
يقوم المدرب بإحضار بعض قطع العمل الملحومة والعادية ويطلب من الطالب أن يتأكد من جودة اللحام الموجود بالقطع الملحومة وأن يحدد مقدار محاذاة بعض القطع من عدمه وزاويا ميل بعض القطع وأن يختار الأدوات المناسبة لهذه الوظيفة من أدوات الفحص البصري.

يوضح (شكل رقم ٩٨) محددات قياس شكل اللحام وهي تشبه منقلة قياس الزوايا العادية وبها سن ارتكاز يمكن تثبيته فوق غطاء اللحام لقياس ارتفاعه وبها حافة لقياس مقدار زاوية الميل أو الانحراف المراد قياسه لأي جزء أو قطعة وبها أيضا طرف لقياس أبعاد لحام الشريحة.



شكل رقم ٩٨: أداة قياس شكل وأبعاد اللحام

ويوضح (شكل رقم ٩٩) بعد الأدوات الأخرى التي تستخدم لقياس جودة اللحام بطريقة الفحص البصري.



شكل رقم ٩٩: بعض الوسائل المستخدمة في الفحص البصري للحام.

خطوات تنفيذ التدريب

١. تطبق إجراءات السلامة والأمان الخاصة بالورشة، ومن أهمها أن يكون المتدرب قد ارتدى أدوات الحماية الشخصية الخاصة به لأهميتها البالغة والموضحة في (شكل رقم ١٠٠).

شكل رقم ١٠٠: أدوات الحماية الشخصية اللازمة بالورشة (PPE)

٢. قم بتنظيف العينة أو السطح المختبر جيدا في البداية بواسطة سائل مناسب أو رمل أو غيرها من وسائل التنظيف الملائمة للموقف.

٣. قم بالتأكد من إضاءة المكان الذي تتم فيه عملية الفحص لتسهيل رؤية واكتشاف العيوب.

٤. ضع قطعة العمل الملحومة بشكل مسطح بحيث تكون في مستوى أفقي كما هو مبين في (شكل رقم ١٠١).

شكل رقم ١٠١: عينة اللحام

٥. افحص العينة بواسطة العين أو بواسطة اختيار الأداة المناسبة للحالة من أدوات الفحص البصري وأحيانا يتطلب الأمر أخذ العينة وفحصها بأحد الأدوات المكبرة للصورة كالميكروسكوب للتمكن من الرؤية والفحص الجيد للعينة.

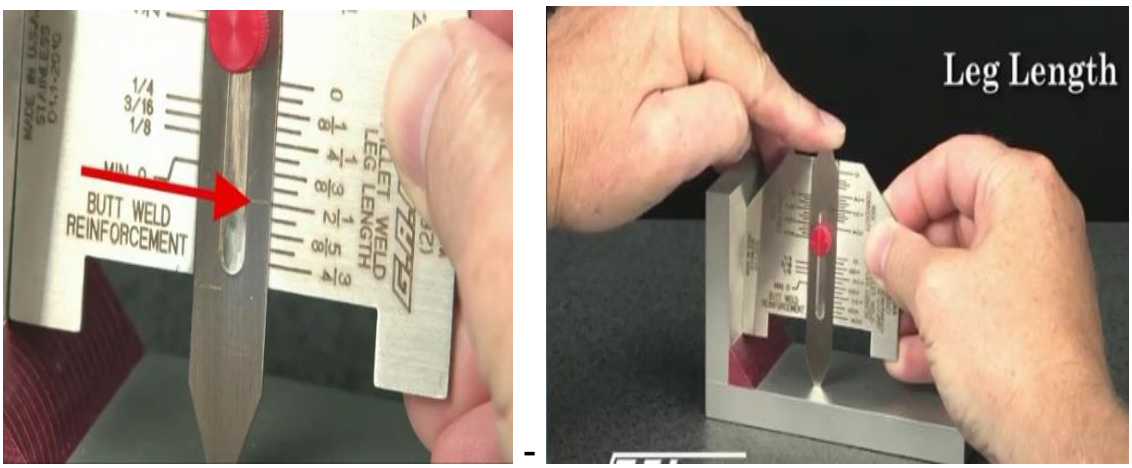
٦. استخدام النظر لاستنتاج العيوب الظاهرة وللمساعدة أكثر استخدم العدسة المكبرة لتوضيح العيوب الصغيرة ابحث عن العيوب الظاهرة. مثل:

- الشقوق بأنواعها.
- القطع السفلي.
- صعقة القوس.
- الطرطشة الزائدة.
- المسامات السطحية.
- نقص الانصهار أو التغلغل.

٧. قم بختيار الأداة المناسبة لهذه الوظيفة وهي أداة قياس شكل اللحام.

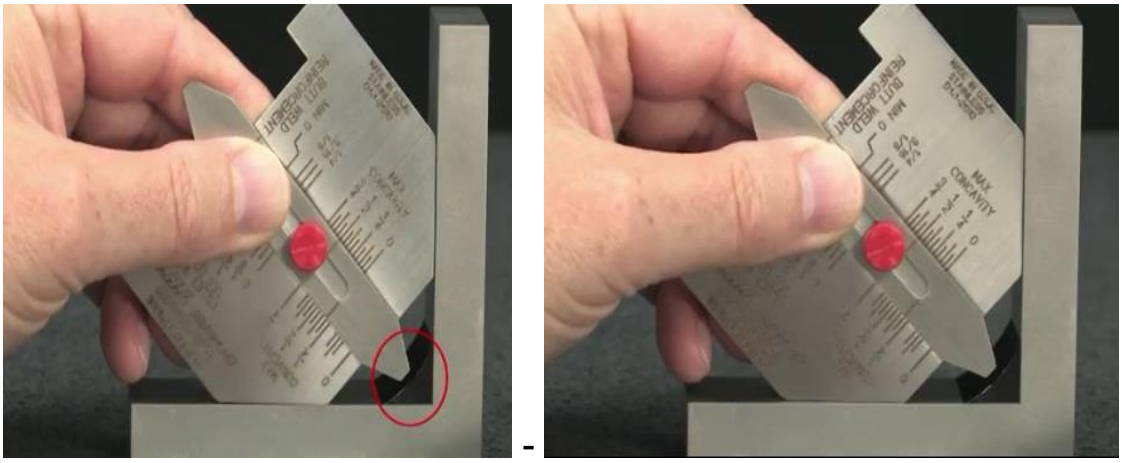
٨. ابدأ في تنفيذ خطوات التأكد من جودة اللحام واكتشاف أي عيوب ناتجة عن عملية اللحام ولاكتشاف زوايا الميل وقيمة عدم المحاذاة الموجودة بالقطع الأخرى.

٩. قم بقياس طول شريحة اللحام كما هو مبين في (شكل رقم ١٠٢) وسجل قيمة القراءة على التدريج بجدول النتائج في نهاية التمرين.



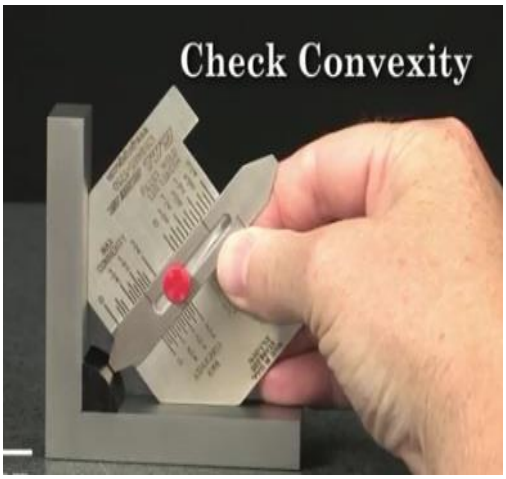
شكل رقم ١٠٢: فحص اللحام

١٠. قم بقياس مدى التقعر الموجود باللحام فإذا كان طرف ارتكاز الأداة غير متلامس مع اللحام كما هو مبين في (شكل رقم ١٠٣) فهذا دليل على أن اللحام غير كافي ويحتاج إلى لحام مرة أخرى لتزويد طبقة اللحام الخارجية.



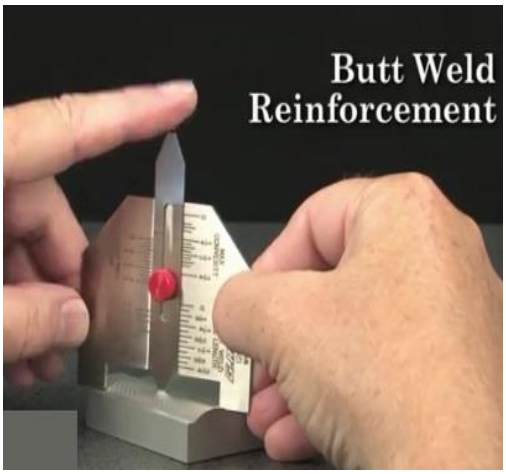
شكل رقم ١٠٣: فحص مدى تقعر اللحام

١١. قم بقياس مدى التحدب الموجود باللحام كما هو مبين في (شكل رقم ١٠٤).



شكل رقم ١٠٤: قياس مدى تحدب اللحام

١٢. قم بقياس أبعاد اللحام لتحديد مناطق الاحتياج للتعزيز كما هو مبين في (شكل رقم ١٠٥).



شكل رقم ١٠٥: قياس أبعاد اللحام

١٣. قم بقياس القطع الداخلي الموجود باللحام كما هو مبين في (شكل رقم ١٠٦).

شكل رقم ١٠٦: قياس القطع الداخلي الموجود باللحام

١٤. قم بقياس قيمة عدم المحاذاة بين الأجزاء الملحومة كما هو مبين في (شكل رقم ١٠٧).

شكل رقم ١٠٧: قياس عدم المحاذاة بين أجزاء الحام

١٥. قم بقياس زاوية الميل كما هو مبين في (شكل رقم ١٠٨).

شكل رقم ١٠٨: قياس زاوية الميل

١٦. قم بقياس ارتفاع اللحام لتحديد احتياجه للتعزيز كما هو مبين في (شكل رقم ١٠٩).

شكل رقم ١٠٩: قياس ارتفاع اللحام

١٧. قيم عينة الاختبار.

١٨. قم برفع العينات

١٩. نظف مكان العمل واعد الأدوات المستخدمة إلى مكانها بشكل منظم.

تسجيل النواتج

يقوم الطالب بتسجيل قراءاته ويملئ الجدول التالي ثم يقارن نتائجه مع بقية زملائه

رقم القطعة	قيمة عمق القطع الداخلي	ارتفاع غطاء اللحام	طول شريحة اللحام	قيمة عمق شريحة اللحام	زاوية الميل	قيمة اللامحاذاة
١						
٢						
٣						

جدول رقم ٩

بعد مقارنة النتائج يتناقش الطلاب للحكم على جودة اللحام ومناقشة العيوب إن وجدت وكيف يمكن تلافيها أو معالجتها وتسجيل المشاهدات.

المشاهدات

.....

.....

.....

.....

تقييم الأداء

أن يصبح المتدرب قادرا على أن:

م	معيار الأداء	تحقق		ملاحظات
		نعم	لا	
١	يطبق تعليمات السلامة والصحة المهنية			
٢	يجهز مكان وأدوات الفحص البصري			
٣	ينظف عينة الاختبار بطريقة صحيحة			
٤	يستخدم الأجهزة والأدوات بطريقة صحيحة وآمنة			
٥	يفحص العينات بوسائل الفحص البصري			
٦	يقيس سمك اللحام ويفحصه بدقة			

م	معيار الأداء	تحقق		ملاحظات
		نعم	لا	
٧	يقيس عدم المحازة للحام بشكل سليم			
٨	يستخدم الطريقة الصحية في تنفيذ الاختبار			
٩	يختبر اللحامات بدقة.			
١٠	يقوم بتنظيف مكان العمل وإعادة الأدوات إلى أماكنها.			

جدول رقم ١٠: معايير تقييم أداء المتدرب

توقيع المدرب

الاسم: ..... التوقيع: ..... التاريخ: .....

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب الأجزاء التالية:

- وصلات لحام متنوعة
- أجهزة الفحص البصري
- محددات اختبار اللحام

ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٤٥ دقيقة:

- إجراء اختبار الفحص البصري لوصلة ملحومة

اختبار الصبغة المتوغلة Dye Penetrating Test (DPT)			
تدريب رقم	٥	الزمن	٢٤ ساعة

أهداف

يتوقع أن يصبح المتدرب قادرا على أن:

- تجهيز مكان العمل.
- تحضير قطع العمل وتنظيفها.
- تنفيذ اختبار السوائل النافذة للأجزاء الميكانيكية المختلفة.
- إتقان مهارة اكتشاف العيوب الموجودة بالأجزاء الميكانيكية دون إتلافها.
- اكتشاف الشروح أو عيوب اللحام الموجودة بالمشغولات.

الاحتياطات والأمان

يلزم أخذ الاحتياطات التالية عند إجراء اختبار المخترق:

- ارتداء نظارة واقية.
- ارتداء القفازات اليدوية وغسل الأيدي بعد استعمال المخترق، قد يكون أساس الزيت المستخدم كمخترق مسببا لتهيج البشرة
- ارتداء كمامة الوجه للحماية من الروائح الكيميائية.
- بعض المخترقات متطايرة Volatile لذا فقد يكون البخار المنبعث من المخترق خانقا، لذا يلزم تهوية مكان الاختبار بشكل جيد.
- يجب عدم استنشاق المظهرات مواد التطوير (التي على شكل بودرة).
- يمنع استعمال الفرشاة السلكية لتنظيف سطح عينة الاختبار قبل إجراء اختبار الصبغة المتوغلة.

متطلبات التدريب

العدد والأدوات	المواد والخامات
رشاش مزيل أو منظف	عبوة سائل منظف لتنظيف السطح المراد اختباره
رشاش مخترق	عبوة سائل مخترق للنفاذ خلال الشروخ
رشاش مظهر	عبوة تحتوي سائل مطهر
مسطرة صلب	قطع ووصلات ملحومة
جاكوش إستعدال	فوطة من القماش الأبيض
فرشاة سلكية	فوطة من القماش الأبيض
سندان حدادي	
أدوات الوقاية الشخصية وطفايات الحريق	

جدول رقم ١١: متطلبات التدريب

المعارف المرتبطة بالتدريب

يستخدم الاختبار بطريقة السوائل النافذة أو المخترقة في الكشف عن العيوب السطحية في العينة كالشروخ والتشققات المفتوحة على السطح والتي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة حتى من مرتبة الميكرومتر. ويمكن استخدام هذه الطريقة مع جميع المعادن وحتى يمكن استخدامها في حالة السيراميك والبلاستيك.

يوضح (شكل رقم ١١٠) ثلاث عبوات تحتوي كل منها على نوع مختلف من السوائل حيث تحتوي العبوة الأولى (١) على سائل منظف لتنظيف السطح المراد اختباره وتحتوي العبوة الثانية (٢) على سائل مخترق له قدرة عالية على النفاذ خلال الشروخ والفتحات الضيقة الموجودة بالأسطح والعبوة الثالثة (٣) تحتوي سائل مطهر له قدرته على إخراج السوائل المحتجزة داخل التشققات والشروخ الموجودة بالأسطح المراد اختباره بهدف إظهار مواضع تواجد العيوب أو الشروخ.

شكل رقم ١١٠: السوائل الثلاثة المستخدمة طريقة الاختبار بالسوائل النافذة

ويوضح (شكل رقم ١١١) بعض العينات التي يمكن استخدامها في الاختبار بطريقة السوائل النافذة أو المخترقة.

شكل رقم ١١١: العينات التي سيستخدمها الطالب في الاختبار

- **يجب التنظيف التام لسطح العينة الخاضعة للاختبار والتأكد من عدم وجود صدأ أو شحوم أو حتى طلاء أو أي مواد أخرى يمكن أن تغلق الشروخ، وهناك العديد من الوسائل التي من الممكن استخدامها لتنظيف السطح كسوائل التنظيف أو استخدام ضغط البخار أو التنميش بالحامض**
- **يجب عدم استخدام وسيلة السفح بالرمل في تنظيف الأسطح حتى لا يغلق الرمل الشروخ.**

خطوات تنفيذ التدريب

١. تطبيق إجراءات السلامة والأمان الخاصة بورشة اللحام، ومن أهمها أن يكون المتدرب قد ارتدى أدوات الحماية الشخصية لأهميتها البالغة والموضحة في (شكل رقم ١١٢).

شكل رقم ١١٢: أدوات الحماية الشخصية اللازمة بالورشة (PPE)

٢. احضر العدد المساعدة (مثل مطرقة الخبث تستخدم لا أزاله الخبث من درزات ووصلات اللحام وكذلك فرشاه من السلك وملاقط حداده للامساك بالمشغولات آو الأجزاء ومطرقة للاستعدال).

٣. جهز منضدة الاختبار وضع عليها العينة الخاضعة للاختبار والعبوات الثلاث وعدد ٢ فوطة (ذو لونين مختلفين وليكن أحدهما بيضاء والأخرى حمراء) ليتم استعمالهم في تنظيف العينة أثناء الاختبار كما هو موضح في (شكل رقم ١١٣).

شكل رقم ١١٣

٤. ضع قطع وصلات اللحام على طاولة العمل بشكل مسطح.

٥. استخدم العبوة الأولى التي تحتوي على المادة المنظفة ورش بها على الفوطة البيضاء كما هو موضح في (شكل رقم ١١٤).

شكل رقم ١١٤: رش الصبغة من العبوة الأولى

٦. نظف سطح العينة باستعمال الفوطة المشبعة بسائل التنظيف كما هو موضح في (شكل رقم ١١٥) وكرر هذه الخطوة أكثر من مرة حتى تتأكد من خلو سطح العينة تماما من أي شوائب أو زيوت قد تؤثر على نتائج الاختبار.

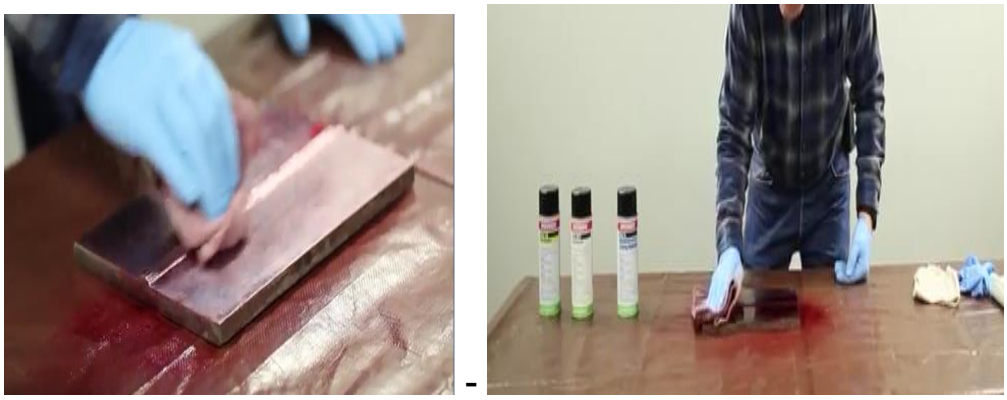
شكل رقم ١١٥: تنظيف سطح العينة

٧. استعمل العبوة الثانية التي تحتوي على المادة النافذة وقم برش السائل مباشرة على سطح العينة كما هو موضح في (شكل رقم ١١٦). ويكون الرش في اتجاه السهم على طول اللحام (ويركز في رش على خط اللحام الموجود بسطح العينة).

شكل رقم ١١٦: رش صبغة العبوة الثانية

٨. اترك العينة فترة عشرة دقائق حتى تتمكن المادة النافذة من اختراق الشقوق أو الشروخ الموجودة بسطح العينة الملحومة.

٩. نظف سطح العينة بعد انتهاء مدة العشر دقائق باستخدام فوطة تنظيف كما هو موضح في (شكل رقم ١١٧).



شكل رقم ١١٧: تنظيف سطح العينات

١٠. رش السائل المنظف على الفوطة البيضاء مرة أخرى كما هو موضح في شكل ..... لتنظيف سطح العينة مع ملاحظة ألا يتم رش السائل المنظف مباشرة من العبوة على العينة حتى لا يؤثر على نتائج الاختبار

شكل رقم ١١٨: تنظيف سطح العينة

١١. بعد الانتهاء من التنظيف الكامل لسطح العينة يتم استعمال عبوة السائل المظهر كي يتم رشه على سطح العينة كما هو موضح في (شكل رقم ١١٩) ويترك لمدة ١٠ دقائق حتى يتمكن من إخراج السائل المخترق من الشقوق الموجودة بسطح العينة

شكل رقم ١١٩: رش السائل على العينة ويترك لمدة ١٠ دقائق

١٢. افحص العينة بعد انتهاء مدة العشر دقائق وابحث عن مواضع تجمع السائل المخترق على سطح العينة والتي تمثل مواضع الشقوق أو الشروخ الموجودة بسطح العينة كما هو موضح في (شكل رقم ١٢٠).

شكل رقم ١٢٠: قم بالتقاط صورة لها لمواضع الشقوق والشروخ وسجل مشاهداتك

١٣. قم بتكرار نفس الخطوات على عينات أخرى مع فحص مواضع الشروخ أو الشقوق الموجودة بها ويلتقط صورة لسطح العينة في نهاية الاختبار.

١٤. نظف مكان العمل واعد الأدوات المستخدمة الى مكانها بشكل منظم.

تسجيل النواتج

اسم العينة	هل يوجد بها شقوق أم لا	عدد الشقوق الموجودة بها	تفاصيل الشقوق الموجودة بالسطح (الموضع-الطول-السمك)

جدول رقم ١٢

المشاهدات

.....

.....

.....

.....

.....

تقييم الأداء

أن يصبح المتدرب قادرا على أن:

م	معيار الأداء	تحقق		ملاحظات
		نعم	لا	
١	يطبق تعليمات السلامة والصحة المهنية			
٢	يجهز مكان وأدوات العمل			
٣	ينظف عينة الاختبار بطريقة صحيحة.			
٤	يستخدم الأجهزة والأدوات بطريقة صحيحة وآمنة.			
٥	ينجز التجربة بالوقت المطلوب			
٦	يستخدم سوائل الفحص بترتيب منظم			
٧	يرش كمية سائل مناسبة عند عمل الاختبار			
٨	يكتشف الشقوق والشروخ بسهولة			
٩	يقوم بتنظيف مكان العمل وإعادة الأدوات إلى أماكنها.			

جدول رقم ١٣: معايير تقييم أداء المتدرب

توقيع المدرب

الاسم: ..... التوقيع: ..... التاريخ: .....

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب الأجزاء التالية:

- قطعة معدنية ملحومة
- سوائل اكتشاف الشروخ

ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٢٥ دقيقة:

- إجراء اختبار الفحص بالسوائل لقطع معدنية ملحومة لاكتشاف الشروخ

قائمة المصطلحات العلمية

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية
رزاز	Aerosol
على طول	Aligned Porosity
انحياز (هبة أو نفخ) القوس	Arc blow
تشريز أو احتراق القوس	Arc strikes
معدن الأساس	base metal
ثني	Bend
الحام المونة	Brazing
ملئ	build up
اللهب المكربن	Carbonizing Flame
التجاويف	Cavities
سنبك العلام	Centre Punch
البخبخة المتمركزة	Cluster Porosity
الشروخ (الشقوق)	Cracks
مشعل القطع	Cutting Torch
إجهادات متكررة	cyclic stresses
عيوب	Defects
انفصال نهائي	DELAMINATION
اختبارات أتلافية	Destructive Tests
كمامة	Dust Mask
سدادات أذن	Ear Plugs
طولي	Elongated
نظارة حماية	Eye Wear
اختبار الكلال	Fatigue Stress
وصلة زاوية	Fillet Weld
المليء	filling
عين السمكة	Fisheye
تصدع (شروخ صغيرة)	Fissures
مساعد صهر	Flux
صهر	FUSION

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية
منظم الغاز	Gas Regulator
محدد قياس	gauge
اللحام بالقوس المعدني والغاز	GMAW
حز	Groove
وصلة تقابلية	Groove Weld
اللحام بقوس التنجستن والغاز	GTAW
المطرقة (الجاكوش)	Hammer
سدادات الأذن	Hearing Protection
المنطقة المتأثرة بالحرارة (المجهدة حراريا)	Heat affected zone (HAZ)
خوذه	Helmet
شوائب	Inclusion
نقص في الانصهار	Incomplete Fusion
نقص الانصهار	lack of fusion
انفصال طبقي	LAMINATION
متر القياس	measuring tape
أكاسيد المعدن	Metal Oxides
معدني	Metallic
ميتالورجية	Metallographic
اللهب المتعادل	Neutral Flame
اختبارات لا أتلافية	Nondestructive Tests
القطع بالأكسي استلين	OAC
اللحام بالأكسي استلين	OAW
اللهب المؤكسد	Oxidizing Flame
جزيء	Particle
نفاذية (اختراق)	penetration
أدوات الحماية الشخصية	Personal Protective Equipment (PPE)
سيء	POOR
البخبخة أو المسامية	Porosity
بودرة	Powder
حذاء الحماية (الأمان)	Protective (safety) boots

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية
خوذة حماية للراس	Protective Helmet
تصوير إشعاعي	Radiography
اختبار التصوير الإشعاعي	Radiography Test
جذر	Root
قفاز أمان	Safety Gloves
صمام أمان	Safety valve
انعزال	Segregation
مجوف	shallow
خبث	Slag
اللحام بالقوس المعدني المحجب	SMAW
الحام القصدير	Soldering
حاجز الشرر	Spark arrestor
رزاز	spatter
طرطشة أو ترشاش	Spattering
القدم الصلب	Steel Ruler
تكوين	structure
تمزق	Tear
قطع	Undercut
العشوائية	Uniformly Scattered
القدمة ذات الورنية	Vernier caliper
ملابس مرئية	Vis clothes
فحص بصري	Visual Inspection
الحياكة	Weaver
لحام	Weld
جذر اللحام	Weld Root
جذر اللحام	Weld root
اللحام	Welding
أوضاع اللحام	Welding Positions
مشعل اللحام	Welding Torch
الثقب الدودي	Worm Hole

قائمة المراجع

المصادر العربية:

١. كتاب تكنولوجيا اللحام - الدكتور أحمد ذكى.

٢. المؤسسة المصرية للتكنولوجيا والصناعات الهندسية.

المصادر الأجنبية:

3. Unitor maritime welding handbook- Wilhelmsen (14th edition). Fabrication and welding Engineering, Roger Timings
4. TWI Ltd, Training and Examination Services. World Center For Materials Joining Technology
5. Welding defects, causes and correction. By Leigh Baughurst and Grant Voznaks, Aspec Engineering

٦. اختبارات اللحام في تخصص اللحام. الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج / المملكة العربية السعودية

7. ASME B31.3-2006. The American society of Mechanical Engineers.
8. Welding Inspection and Metallurgy. API Recommended Practice 577 First Edition, October 2004