

التصوير القطبي باستخدام أشعة جاما في اختبارات جودة اللحم لأنابيب خط الغاز الطبيعي الخمس - طرابلس

* آمنة شاكر محمود ، عياد مفتاح شاحوت

1. المقدمة

تعتبر طريقة التصوير الإشعاعي من أهم الطرق اللاتدميرية المستخدمة في الصناعات الحديثة باستخدام الأشعة السينية وأشعة جاما أو أي أنواع أخرى من الإشعاعات التي لا تدمر الجزء المراد فحصه، تجهز عملية التصوير الإشعاعي فلماً دائماً وجزئياً للتراكيب الداخلية، متضمناً معلومات أساسية عن متانة ذلك الجزء. إن عملية التصوير الإشعاعي مهمة في الكشف عن وصلات اللحام في أنابيب المبرد في المفاعلات النووية وأنابيب وقود الطائرات وأنابيب ضخ النفط والغاز الطبيعي، وذلك بسبب خطورة المواد المتدفقة والضغط الكبير في هذه الأنابيب، مما يتطلب الدقة العالية في عمليات اللحام.

إن عملية التصوير الإشعاعي بأشعة جاما لها مزايا خاصة من حيث بساطة الأجهزة المستخدمة وصغر حجم المصدر المشع وعدم الحاجة إلى استخدام مجهز قدرة خارجي كما هو الحال في الأشعة السينية.

الإشعاعي اعتماداً على قطر الأنبوب [1]:

1- التصوير الدائري الشامل Panoramic Sight Radiography

تستخدم هذه الطريقة للكشف الإشعاعي عن وصلات لحم الأنابيب التي يزيد قطرها عن 50.8 cm وتسمى هذه الطريقة single wall single image

2- التصوير القطبي Polar Radiography

تستخدم هذه الطريقة للكشف الإشعاعي عن وصلات لحم الأنابيب التي أقطارها أصغر من 25.4 cm وتسمى double wall single image

والهدف من هذا البحث هو دراسة التصوير القطبي

باستخدام أشعة جاما في اختبارات عيوب اللحام في أنبوب خط الغاز الطبيعي من مدينة الخمس إلى طرابلس. طول هذا الخط 150.8 km وتستخدم فيه أنابيب بطول 12 m وقطر 86.36 cm وبسمك 9.52 mm - 14.27mm وهذا يتطلب 83-100 وصلة لحم للكيلومتر الواحد وأكثر من 14000 وصلة لحم لكل المشروع. وستتم في هذا البحث مناقشة العيوب في بعض وصلات اللحام وفي مناطق معينة.

2- طرق التصوير الإشعاعي

لاختبار جودة اللحام هناك ثلاثة طرق رئيسة للتصوير

تقنيات الطاقة

الأولى عند منتصف الفلم والثانية عند إحدى نهايتيه لقياس قابلية اختراق الأشعة لمادة الأنبوب والتي تستخدم كمرجع أساسي لاختبار جودة الصور الإشعاعية على الفلم (بعد تحميضه) حسب مواصفات الجودة API-1140

3- معايير وشروط الكشف:

تتطلب عمليات الاختبارات اللاتدميرية لوصلات اللحام لأنبوب الغاز الطبيعي باستخدام أشعة جاما بطريقة التصوير القطبي (لاحظ البند 2) وضع شروط معينة للحصول على صورة إشعاعية قابلة للتحليل بحيث تعكس جميع نقاط الكشف وهذه الشروط هي:

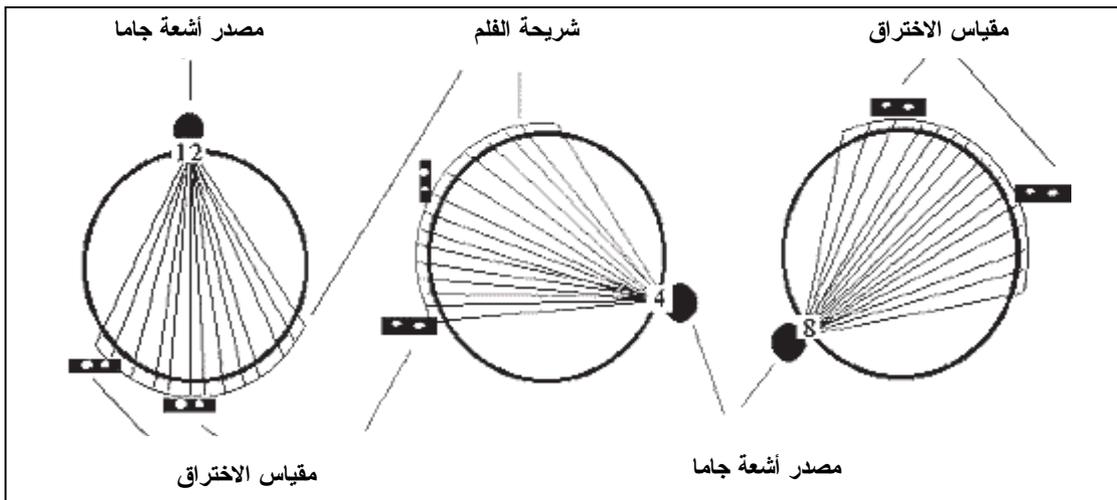
1- الاختبار المناسب لنوع النظير المستخدم حسب نوع مادة الأنبوب وسمكها.

2- اختيار زمن التشعيع بحيث يكون متلائماً مع سمك الأنبوب ومع الفاعلية الإشعاعية للمصدر.

3- اختيار المسافة بين مصدر أشعة جاما ونقطة الكشف بحيث تعطي أقصى حساسية ممكنة، وتبقى ثابتة

3- التصوير البيضاوي Elliptical Radiography

تستخدم هذه الطريقة للكشف عن وصلات لحام الأنابيب التي أقطارها أصغر من 25.4 cm وتسمى double wall double image والطريقة الثانية هي التي تمت دراستها في هذا البحث قطر الأنبوب المراد فحصه 20.32 cm وتتطلب هذه الطريقة ثلاث مراحل لتصوير محيط دائرة اللحام بالكامل، في كل مرحلة يتم تشعيع قوس من محيط دائرة يقابل 120 درجة وبذلك يمكن الحصول على صورة لجزء يمثل ثلث المحيط الدائري للأنبوب في منطقة اللحام. ويتم ذلك بوضع فلم عرضه 70 mm على هذا الجزء من وصلة اللحام ومن الخارج، كما يوضع مصدر أشعة جاما على سطح الأنبوب من الخارج (أي عند النقطة $F=D$ ، حيث D قطر الأنبوب) عند أحد الأقطاب الثلاثة [مثل الأقطاب 12، 4، 8 الشكل (1)] وبذلك يقابل الفلم زاوية مركزية مقدارها 120 درجة في كل مرحلة، شرط أن لا تزيد الزاوية بين اتجاه الأشعة وسطح منطقة الكشف عن 5 درجات. كما توضع على الفلم شريحتان معدنيتان [2] penetrameters



الشكل (1) المراحل الثلاثة للتصوير الإشعاعي القطبي لوصلة لحام واحدة

لكل نظير مستخدم.

4- استخدام فلم التصوير الإشعاعي نوع D₄

5- مدى الكثافة الضوئية optical density للصورة الإشعاعية (2-4) وحدة كثافة ضوئية.

1.3- مصدر أشعة جاما:

إن اختيار المصدر المشع وقوته يعتمد على عدة عوامل، من أهمها نوع النموذج المراد تصويره إشعاعياً وزمن التشعيع، والجدول (1) يوضح المصادر المشعة المستخدمة للتصوير الإشعاعي الصناعي وعمر النصف لهذه المصادر وطاقة أشعة جاما المنبعثة منها [2, 3].

يتضح من هذا الجدول أن أشعة جاما المنبعثة من المصدر Co^{60} لها قدرة اختراق عالية نسبياً، ولذا فهي تستخدم لتصوير أنابيب الفولاذ التي سمكها 177.8 mm أو ما يعادله أما الإشعاعات المنبعثة من المصادر الأخرى فلها طاقات أقل وعلى سبيل المثال، يلاحظ أن نظير الأريديوم يستخدم لأنابيب الفولاذ ذات سمك 6.35 mm - 76.2 mm أو ما يعادله، وبذلك يكون استخدامه مناسباً لأنابيب الغاز الطبيعي ذات سمك في المدى 8.18 mm - 2 mm والتي هي قيد الدراسة في هذا البحث.

3.2- زمن التشعيع:

إن عملية الحصول على صورة إشعاعية واضحة تعتمد على زمن التشعيع أثناء التصوير، لذلك يجب إجراء عدة صور تجريبية لتعيين زمن التشعيع المناسب والذي يعطي أعلى مستوى حساسية أثناء الكشف، ونظراً للتناقص الأسّي للفاعلية الإشعاعية للنظير مع الزمن، ولكون عمر النصف للنظير ^{192}Ir 73.83 يوماً، فإن هذا يتطلب زيادة زمن التشعيع أسبوعياً وهذا يمكن حسابه بقسمة القيمة الأولية لزمن التشعيع (الذي تم تعيينه تجريبياً ووجد أنه يساوي 15 ثانية في هذا البحث) على معامل التصحيح K للنظير ^{192}Ir . والجدول (2) يوضح العلاقة بين قيم K وزمن التشعيع لكل أسبوع [1] علماً أن قيم K يتم حسابها من منحنى انحلال النظير. وبذلك تكون أشعة جاما متناسبة مع الفاعلية الإشعاعية للمصدر ومع زمن التشعيع أي مع حاصل ضربهما ويعرف تعرّض أشعة جاما gamma - ray exposure (E) كالآتي:

$$E = A.t$$

حيث A الفاعلية الإشعاعية بالكوري، و t زمن التشعيع، وبذلك تبقى كمية أشعة جاما ثابتة طالما بقي E ثابتاً. حينئذ يمكن التحدث عن التعرض بوحدات كوري - ساعة بدلاً

الجدول (1) المصادر المشعة المستخدمة في التصوير الإشعاعي الصناعي

نوع المصدر المشع	عمر النصف	طاقة أشعة جاما (MeV)	سمك الهدف (mm)
الأريديوم ^{192}Ir	73.83 يوم	0.137 - 0.651*	6.35 - 76.2 فولاذ أو ما يعادله
السيزيوم ^{137}Cs	33 سنة	0.66	25.4 - 76.2 فولاذ أو ما يعادله
الكوبالت ^{60}Co	5.3 سنة	1.17 ، 1.33	25.4 - 177.8 فولاذ أو ما يعادله

تقنيات الطاقة

الإشعاعية للمصدر وزمن التعرض والمسافة وفق المعادلة:

$$\text{معامل التعرض} = \frac{\text{الزمن} \times \text{كوري}}{(\text{المسافة})^2}$$

في معظم الأحيان، تُعطى التقنيات الإشعاعية بدلالة النظير المشع ومعامل التعرض وفي هذه الحالة تُحدّد المسافة بين المصدر المشع والفلم بحيث عند ضربها في معامل التعرض تعطي القيمة المطلوبة للتعرض.

من الجدير بالذكر هنا بأن كمية الإشعاع الممتصة من قبل الفلم تعتمد أيضاً على كمية الإشعاع النافذة من النموذج الذي امتص جزءاً من هذا الإشعاع المار خلاله، وتعتمد كمية الإشعاع الممتصة من قبل النموذج على سمكه وكثافته وعدده الذري.

4.3- اختيار الفلم:

يعتمد اختيار الفلم المناسب للتصوير الإشعاعي على العوامل الآتية [2]:

1- سمك ونوع المادة للنموذج المراد فحصه.

2- نوع الإشعاع المستخدم هل هو أشعة سينية أم أشعة جاما.

3- فولتية أنبوبة الأشعة السينية أو أشعة جاما.

والفلم المستخدم في هذا البحث هو من نوع D_4 (Agfa Gevart)

من التحدث عن الفاعلية الإشعاعية للمصدر أو زمن التشعيع. وبذلك يكون تغيير المصدر المشع هو الطريقة الوحيدة لتغيير قابلية الاختراق لأشعة جاما .

3.3- المسافة بين المصدر المشع والفلم:

إن كثافة الصورة الإشعاعية تعتمد على كمية الإشعاع الممتص من قبل الطبقة الحساسة للفلم، وهذه الكمية تعتمد على كمية الإشعاع المنبعثة من المصدر والتي عبرنا عنها بالتعرض E ومع كمية الإشعاع التي تصل النموذج والتي تحددها المسافة بين المصدر والنموذج من خلال التناسب العكسي مع هذه المسافة، وهنا نعرّف معاملاً آخر هو معامل التعرض [2] exposure factor الذي يربط بين الفاعلية

الجدول (2) العلاقة بين قيمة المعامل K وزمن التشعيع لأسابيع متعاقبة من التصوير الإشعاعي

الزمن بالأسبوع	قيمة المعامل K	الزمن بالأسبوع	الزمن بالتشعيع (ثانية)	قيمة المعامل K	الزمن بالتشعيع (ثانية)
0	1	11	15	0.486	31
1	0.937	12	16	0.455	33
2	0.877	13	17	0.426	35
3	0.821	14	18	0.399	38
4	0.769	15	20	0.374	40
5	0.720	16	21	0.350	43
6	0.675	17	22	0.328	46
7	0.632	18	24	0.307	49
8	0.592	19	25	0.288	52
9	0.554	20	27	0.269	56
10	0.519	21	29	0.252	60

5.3- الكثافة الضوئية:

تُعرّف الكثافة الضوئية [2] بأنها المقياس الكمي لاسوداد الفلم ويعبر عنها بالمعادلة:

$$d = \log \frac{I_0}{I_t}$$

حيث d الكثافة الضوئية و I_0 شدة الضوء الساقط على الفلم و I_t شدة الضوء الذي يخترق الفلم، كما ذكرنا سابقاً يجب أن تكون الكثافة الضوئية في المدى 2-4.

4- معدات وأجهزة الاختبار بالتصوير الإشعاعي:

تختلف معدات وأجهزة اختبار جودة اللحام المستخدمة في الكشف عن عيوب اللحام في مشروع خط الغاز الخمس - طرابلس وذلك حسب نوعية الكشف الذي يعتمد بالدرجة الأولى على قطر الأنبوب. لذلك سوف نتطرق إلى الأجهزة والمعدات التي تستخدم في طريقة الكشف القطبي بأشعة جاما والذي هو موضوع هذا البحث، حيث استخدمت المعدات والأجهزة الآتية [1]:

1- كاشف لأشعة جاما 660 / 693 مع نظير الأريديوم 192 بفاعلية إشعاعية ابتدائية (100.6 Ci) بتاريخ 2001/7/9 [1].

2- فلم إشعاعي نوع D₄ (Agfa Gevart)

3- معمل آلي للتحميم اليدوي والأوتوماتيكي للصور الإشعاعية.

4- جهاز إضاءة مستطيل Negatiscope لقراءة الصور الإشعاعية وتحليلها.

5- جهاز تعيين الكثافة الضوئية للصور الإشعاعية الإشعاعية (Densitometer) نوع (Radix-D) [4] حيث يعطي قيمة رقمية في المدى 0.00 - 4.00 بقدرة تبيين 0.01.

6- رموز لتعريف الصور الإشعاعية، وهي عبارة عن أرقام وحروف من مادة الرصاص أو الجرافيت، توضع في تماس مع الفلم، وذلك لتصنيف الصورة الإشعاعية بعد تحميمها حسب موقعها ورقمها في الكيلومتر تحت الاختبار وتاريخها... الخ. ولهذا السبب عند تعريف الصورة الإشعاعية يجب إدراج البيانات من اليسار إلى اليمين حسب الترتيب الآتي [1]:

1- الرمز الخاص بالشركة الممولة للمشروع Sc⁽¹⁾

2- تاريخ الكشف الإشعاعي dd,mm,yy

3- قطر أنبوب الغاز بالبوصة.

4- سمك أنبوب الغاز بالمليمتر.

5- رقم نوع فولاذ أنبوب الغاز.

6- رمز الخط الرئيسي EKT⁽²⁾

7- رقم الكيلومتر أو رقم الخطة تحت الاختبار SAZ

8- رمز عملية اللحام ورقم وصلة اللحام.

9- رقم الارتباط إذا كان إعادة لحام R أو قطع NI

7- مقياس اختراق ASTM E142 لاختبار جودة

الصور الإشعاعية. يتكون مقياس الاختراق من نفس

مادة النموذج المراد تصويره (أو من مادة مشابهة لها في

التصوير الإشعاعي)، وهو عبارة عن شريحة معدنية

مستطيلة حاوية على ثلاثة ثقوب ذات أقطار T₁، T₂،

T₄ حيث T₄ سمك المقياس [الشكل (2)] وله علاقة

بسمك طبقة معدن الأنبوب، ويُحدد كل مقياس برقم

الثقب المطلوب ظهوره في الصورة الإشعاعية.

5- المواصفات المقبولة لجودة اللحام

وفقاً للمعيار API – 1104

Standards of Welds Acceptability

According to API Standard - 1104

تتم عملية الرجوع إلى مواصفات الجودة لتحليل الصور الإشعاعية حسب المعيار API – 1104 لوصلات اللحام، بعد عملية تبيض الفلم والتأكد من كثافته الضوئية والتي يجب أن تكون في المدى 2-4 وحدة كثافة ضوئية وكذلك حساسية الفلم لمقياس الاختراق والتي يجب أن تساوى 2-1T أو 2-2T حسب مواصفات ASTM E142 .

إذا لم يتحقق هذين الشرطين على الصورة الإشعاعية لا يمكن الشروع في عملية تحليل وفك شفرة الصورة الإشعاعية وملاحظة مدى مطابقتها للمواصفات المقبولة لجودة اللحام، وفي هذه الحالة يجب أن تُعاد عملية التصوير الإشعاعي لهذا المقطع مرة أخرى للحصول على صورة إشعاعية واضحة وقابلة للتحليل لمعايرتها بمواصفات الجودة API – 1140 .

الجدول (4) يتضمن كل العيوب المقبولة للحكم على اللحام بالجودة، وذلك باعتبار وجود هذه العيوب بأبعادها ومواصفاتها وأشكالها الموضحة في الجدول في وصلات اللحام أمراً مقبولاً ولا يُسمح بوجود عيوب ذات أبعاد أكبر منها.

6- النتائج والمناقشة

لقد استخدمت طريقة التصوير القطبي بأشعة جاما في اختبار جودة اللحام لعينات من وصلات

مصنوع من الرصاص يوضح سمكه بأجزاء من الألف من المليمتر وكما موضح في الجدول (3) [1].

إن مقياس الاختراق يسمح بتحديد عدد من مستويات حساسية التصوير الإشعاعي، اعتماداً على متطلبات العمل، وكمثال على ذلك إذا كان مستوى الحساسية المطلوب 2-2T ، الرمز الأول يدل على أن سمك مقياس الاختراق يجب أن يكون 2% من سمك النموذج، الرمز الثاني يتطلب ظهور الثقب الذي قطره ضعف سمك مقياس الاختراق. وحالات أخرى تتطلب مستوى حساسية أكثر وبهذا يكون مستوى الحساسية المطلوب 2-2T أو 1-1T .

من جهة أخرى قد يتطلب أحياناً مستوى حساسية أقل وبهذا يكون مستوى حساسية 2-4T أو 4-4T كافيًا . أي كلما كان المستوى المطلوب أكثر حساسية كلما قل قطر

الجدول (3) العلاقة بين سمك الأنبوب وسمك مقياس

رقم التصنيف	أقصى سمك لمقياس الاختراق (mm)	سمك أنبوب الغاز (mm)
5	0.127	6.35-0
7	0.190	9.52-6.35 <
10	0.254	12.7-9.52<
12	0.317	15.88-12.7<
15	0.381	19.05-15.88<
17	0.444	22.22-19.05<
20	0.508	25.4-22.22<
25	0.635	31.75-25.4<
30	0.762	38.10-31.75<
35	0.889	50.80-38.10<

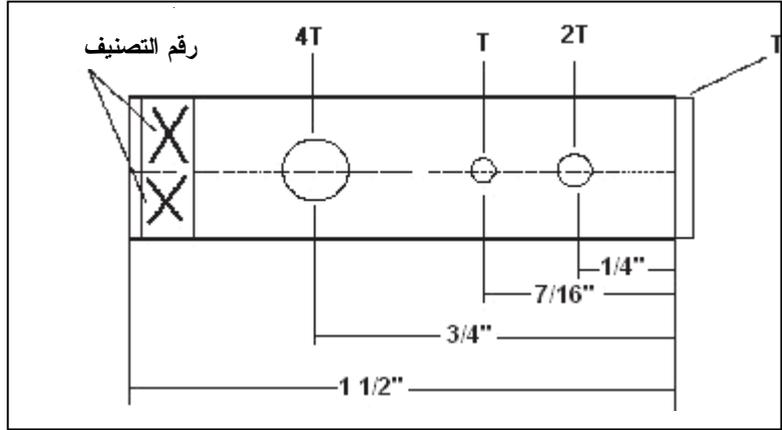
الحالة يتم اعتبار هذه العيوب مقبولة ويرمز لها بالرمز OK .

ثانياً: عيوب غير مقبولة:

وهي كل أنواع العيوب التي تتجاوز أبعادها تلك المسموح بها في مواصفات الجودة API - 1104 سواء كانت عيوب منفردة أو متكررة أو مختلطة، بحيث تكون نسبة ظهورها منفردة أو مجتمعة للوصلة الواحدة أكبر من الحد الأقصى

المقبول لجودة اللحام، لذلك يتم تصنيف هذه العيوب على أنها غير مقبولة unacceptable ويجب إصلاحها إذا كانت محصورة في نطاق ضيق من محيط دائرة اللحام ويرمز لها بالرمز R، أما إذا كان انتشارها متكرراً فيجب قطع كل وصلة اللحام وإعادة لحامها والكشف عنها من جديد ويرمز لها بالرمز CO يوضح الجدول (5) نتائج تحليل الصور الإشعاعية لعينات من اللحام في المنطقتين الكيلومتر 118 والكيلومتر 123، حيث تم أخذ ثلاث صور إشعاعية لكل وصلة لحام، ويلاحظ أن جميع وصلات اللحام خالية من العيوب، وهذا يدل على جودة عملية اللحام.

أما الجدول (6) فيوضح نتائج التحليل لعينات من اللحام في الخطة SLR7 في منطقة الكيلومتر 125، حيث تم أيضاً أخذ ثلاث صور إشعاعية لكل وصلة لحام، ويلاحظ أن وصلات اللحام SAZ V461 و SAZ V462 خالية من العيوب، بينما ظهرت أربعة عيوب من نوع SP (spherical porosity) في الوصلة SAZ V470، اثنان منها في الصورة الأولى في المنطقتين mm0 و mm 3 في القوس الأول من محيط دائرة اللحام، والآخران في الصورة



الشكل (2) رسم تخطيطي لمقياس الاختراق

اللحام في المنطقتين الكيلومتر 118 والكيلومتر 123 لأنابيب ذات قطر 20.32 cm و SNA 54T و SNA 75T على التوالي، حيث يصعب استخدام طريقة التصوير الدائري الشامل، وكذلك في منطقة الكيلومتر 125 لأنابيب ذات قطر في الخطة SLR7 (SAZ V461 و SAZ V462 و SAZ V470). بعد تبيض الفلم الخاص بكل وصلة لحام وقياس كثافته الضوئية وتحديد مدى حساسيته (باستخدام مقياس الاختراق)، تمت عملية تحليل كل صورة حسب مواصفات الجودة API - 1104 لاحظ الجدول (4). وبما أن عمليات اللحام لا تخلو من عيوب ولكن الهدف هو التعرف عليها وتصنيفها إلى عيوب مقبولة وغير مقبولة وذلك بالرجوع إلى مواصفات الجودة API - 1104، لذا تقسم العيوب إلى فئتين:

أولاً: عيوب مقبولة:

وهي كل أنواع العيوب التي لا تتجاوز أبعاد تلك المسموح بها في مواصفات الجودة API - 1104 سواء كانت عيوب منفردة أو متكررة أو مختلطة، بحيث لا تزيد نسبة ظهورها أو مجموع ما تشكله من أبعاد في طول محدد 304.8 mm عن الحد الأقصى المقبول لجودة اللحام، في هذه

الجدول (4) المواصفات المقبولة لجودة اللحام

Type of defects		Designation Group	Schematic defect description		Acceptable Sizes			Additional re-quirements
			On weld	On film	Isolated Defects		Total For 304.8 mm	
					Length mm	Width Diamete	Length mm	
Inadequate penetration	Inadequate penetration of weld root	IP			25.4	N/A	25.4	N/A
	Inadequate penetration due to high-low	IPD			50.8	N/A	76.2	N/A
	Incomplete fusion at root or at top of joint between weld metal and base metal	IF			25.4	N/A	25.4	N/A
	Incomplete fusion due to cold lap	IFD			50.8	N/A	50.8	N/A
	Internal concavity	IC			N/A	N/A	N/A	Not darker than base metal/all weld perimeter
Internal concavity Burn-through	Burn through for pipe over 60 mm O.D.	BT			6.35	N/A	12.7	N/A
	Burn through for pipe below 60 mm O.D.				6.35	N/A	N/A	Not more than one
Slag Inclusions	Elongated slag inclusions for pipe over 60 mm O.D.	ESI			50.8	1.59	50.8	N/A
	Elongated slag inclusions for pipe below 60 mm O.D.				3S	1.59	N/A	Parallel slag lines to considered as separate if the width of either of them exceeds 0.79 mm
	Isolated slag inclusions for pipe over 60 mm O.D.	ISI			N/A	3.17	12.7	The aggregate length of ESI and ISI indications exceeds of not less than 8% of the weld length
	Isolated slag inclusions for pipe below 60 mm O.D.				N/A	1/2S	2S	
Gas Cavity	Spherical porosity	SP			N/A	f2-3	N/A	%25S ; max 3.17
					N/A	f1.6-2	N/A	
					N/A	f0.6-1	N/A	
	Cluster porosity in finish pass	CP			N/A	12.7	12.7	Max pore size 1.59 mm
	Hollow bead	HB			12.7	N/A	50.8	N/A
Cracks	Crater cracks	CC			3.96	N/A	N/A	Other not allowed
Under Cuts	External Under Cuts Internal Under Cuts	EU IU			50.8	N/A	50.8	Depth - 0.4 mm Max
					Depth < 0.4 mm - acceptable regard less of length			

الجدول (5) تقرير الكشف الإشعاعي في المنطقتين (EKT 118) و (EKT 123)

المصدر المشع Ir^{192}		نوع الإشعاع γ -RAY	نوع الفلم D_4	تقنية الفحص: قطبي			صنف الفولاذ (X-60)		
الاستنتاج النهائي		مواصفات وموقع العيب	الكثافة الضوئية	السمك	رقم الفلم	مواصفات الأنابيب		رقم وصلة اللحم	الموقع
مقبولة	OK					السمك mm	القطر cm		
إعادة اللحام	R	لا توجد	3.3	T2	1	11.91	863.6	SNA54T	EKT118
إعادة تصوير	RX		3.1	T2	2				
ثقوب القطع	CO		3.4	T2	3				
مقبولة	OK		3.4	T2	1	11.91	863.6	SNA75T	EKT123
إعادة اللحام	R	3.3	T2	2					
ثقوب القطع	CO	3.3	T2	3					

الجدول (6) تقرير الكشف الإشعاعي في المحطة SLR7 في المنطقة (EKT 125)

المصدر المشع Ir^{192}		نوع الإشعاع γ -RAY	نوع الفلم D_4	تقنية الفحص: قطبي			صنف الفولاذ (GRB)		
الاستنتاج النهائي		مواصفات وموقع العيب	الكثافة الضوئية	السمك	رقم الفلم	مواصفات الأنابيب		رقم وصلة اللحم	الموقع
مقبولة	OK					السمك mm	القطر cm		
إعادة اللحام	R	لا توجد	3.1	T2	1	8.18	203.2	SAZV461	EKT125
إعادة التصوير	RX		2.9	T2	2				
ثقوب القطع	CO		3.1	T2	3				
مقبولة	OK	لا توجد	3.1	T2	1	8.18	203.2	SAZV462	EKT125
إعادة اللحام	R		3.1	T2	2				
ثقوب القطع	CO		3.1	T2	3				
إعادة اللحام	R	SP (0,3)	3.1	T2	1	8.18	203.2	SAZV470	EKT125
إعادة التصوير	RX	لا توجد	3.0	T2	2				
ثقوب القطع	CO	SP (62 69)	3.1	T2	3				

المراجع

- [1] Maximlyuk, Y. V., Radiographic Inspection of Weld Joints. Quality System Procedures Manual, Moscow, 2nd. ed., 1999, pp. 1-21.
- [2] Quinn R. A., and Sigl C. C. (Eds.), Radiography in Modern Industry, (Eastman Kodak Company 4th ed.), 1980, pp. 3-72
- [3] Pherigo, G. L., Radiography Method. (The American Society for Nondestructive Testing), 1980, p. 57.
- [4] Wogan, Q. J., Radix-D Densitometer. Directions for Use. 1980, pp. 1-4

الثالثة في المنطقتين mm 62 و mm 69 في القوس الثالث من محيط دائرة اللحام. هذه العيوب عبارة عن تشوهات كروية تحدث في العادة داخل منطقتي اللحام Hot Pass و Root Pass وظهرت في الفلم على شكل دوائر بقطر أكبر من 3 mm مما يتطلب إصلاح المناطق وإعادة لحامها وتصويرها من جديد.

بشكل عام فإن عدد العيوب قليل وهذا يعود إلى جودة عملية اللحام وإلى صغر محيط الأنابيب بحيث يصبح الكشف عن العيوب في وصلات اللحام أمراً صعباً.

ملخص

تمت في هذا البحث دراسة طريقة التصوير القطبي باستخدام أشعة جاما الصادرة من نظير الأريديوم Ir192 للكشف عن عيوب اللحام أثناء تنفيذ مشروع خط الغاز الطبيعي من مدينة الخمس إلى طرابلس وذلك حسب مواصفات الجودة (1) ASTM الخاصة بعمليات الكشف الإشعاعي وكذلك مواصفة الجودة (2) API 1104 الخاصة بتحليل الصور الإشعاعية لوصلات اللحام.

تمت عمليات التصوير الإشعاعي القطبي لعينات من وصلات اللحام للأنابيب المستخدمة في هذا الخط في المناطق (الكيلومتر 118 والكيلومتر 123 (3)) ووصلات اللحام في المحطة (SLR 7) في المنطقة (الكيلومتر 125) ، ثم تمت مناقشة نتائج الصور الإشعاعية الناتجة وتحليلها.