الجمهورية العربية السورية
هيئة الطاقـة الذريـة

هـ ط ذ س- خ ع/ ت ن ب ع 362
آب 2006

تقرير دائي عن بحث علمي
قسم الخدمات العلمية

تحديد الاهتراءات والترسبات في الأنابيب ذات الأقطار الكبيرة بالتصوير الشعاعي

إعداد
الدكتور وفيق حرارة

هـ ط ذ س- خ ع/ ت ن ب ع 362

تحديد الاهتراءات والترسبات في الأنابيب ذات الأقطار الكبيرة بالتصوير الشعاعي

Corrosion and Deposit Determination in Large Diameter Pipes by Radiography

خلاصة:

تم صناعة أنبوبين مرجعيين من الفولاذ بأقطار 8 إنش و 12 إنش يحوي كـل منهمـا عيوبـاً صنعية تشتمل على درجات داخلية وخارجية بثخانات جدار مختلفة، وحفر داخليـة وخارجيـة مستوية القعر ذات أقطار وأعماق مختلفة تم تشكيلها على الدرجات الداخلية والخارجية، كما تم تشكيل على كل من الأنبوبين مساحة مستوية ومجرى داخلي وذلك لمحاكاة الاهتراءات الطبيعية كالاهتراءات المنتظمة والنقر وكذلك تم ترسيب طبقة من الإسمنت بثخانات مختلفة تحت الجزء من الأنبوب المتضمن للدرجات الخارجية وذلك لمحاكاة الترسبات الطبيعية التي تنشأ في أنابيب المنشآت الصناعية. تم اختبار هذين الأنبوبين بتطبيق تقنية التصوير الشعاعي المماسي باستخدام منبع مشع من الكوبالت – 60 وذلك لتحديد ثخانات الدرجات وأعماق الحفـر مسـتوية القعـر والثخانات المتبقية لجدار الأنبوب تحت المساحة المستوية والثخانات المتبقية لجدار الأنبوب فوق المجرى الداخلي وكذلك الثخانة الصغرى لطبقة الترسبات من الإسمنت التي يمكن كشفها في كل من الأنبوبين وذلك دون وجود عازل حراري عليهما ومع وجود هذا العازل.

كما تم تطبيق تقنية التصوير لجدارين وخيال واحد باستخدام منبع مشع من الإيريـديوم – 192 على كل من الأنبوبين المرجعيين دون وجود عازل حراري عليهما ومع وجود هـذا العـازل، وذلك لتحديد أعماق الحفر مستوية القعر والمجرى الداخلي والمساحة المستوية وذلـك بقيـاس الكثافة الضوئية للأفلام.

بينت نتائج القياسات أنه يمكن تطبيق تقانة التصـوير الشـعاعي المماسـي لكشـف وتقيـيم الاهتراءات المنتظمة الداخلية والخارجية وثخانات الترسبات في الأنابيب وأعماق الحفر مستوية القعر الخارجية ذات الأعماق المتساوية والتي تزيد على 10 % من ثخانة جدار الأنبوب كمـا بينت نتائج القياسات عدم إمكانية كشف الحفر مستوية القعر الداخلية ذات الأعماق 10 % وذات الأعماق 20 % من ثخانة جدار الأنبوب.

كما بينت نتائج القياسات إمكانية تطبيق تقانة التصوير لجدارين وخيال واحد كتقانة بديلة عـن تقانة التصوير الشعاعي المماسي للكشف عن الحفر مستوية القعر ذات الأعماق 10 % و20 % من ثخانة جدار الأنبوب سواء كانت هذه الأنابيب دون وجود عازل حراري أو بوجوده.

الكلمات المفتاحية : التصوير الشعاعي المماسي , الأنابيب ذات الأقطار الكبيرة , الاهتـراءات المنتظمة , النقر , الحفر مستوية السطح .

Abstract:

Two steel reference pipes with outer diameters of 8 and 12 inches were machined to make artificial defects on each of them, such as inside and outside steps of different wall thicknesses, inside and outside flat bottomed holes (FBH) of different diameters and depths on steps, flat area (FA), and ground patch (GP). The artificial defect were made to simulate natural corrosion attack as regular corrosion and pitting. The two reference pipes were tested according to tangential radiography technique and double wall single image technique. Tangential radiography technique had been applied using Co-60 radio-isotope to determine the steps thicknesses, the FBH, the remaining wall thickness under the FA, the remaining wall thickness above the GP, and the minimum detectable thickness of the artificial cement deposit on the two reference pipes, with and without insulation. Double wall Single image technique had also been applied on the two reference pipes with and without insulation using Ir-192 radio-isotope to measure the flat bottomed holes depths, GP depth, and FA depth by density measurement . The measurement results obtained from the radiographs confirm that, tangential radiography technique can be applied to detect and evaluate the inside and outside regular corrosion attack in the large diameter pipes. It can also be applied to detect and evaluate the outside FBH with depth equal or greater than 10%.

Inside 10% FBH and inside 20% FBH can not be detected if their diameters are not larger than certain value related to diameter and wall thickness of the pipe under test.

Increasing the film density up to 5 outside the pipe did not provide any detection improvement of 10% and 20% inside FBH.

Tangential radiography technique can also be applied to detect and measure the deposit inside the pipes.

Double wall technique can be applied as an alternative method of the tangential radiography technique to detect and to evaluate the shallow and small diameter, 10% and 20% inside FBH, in the insulated and non-insulated large diameter pipes.

Key words : Tangential radiography , Larg diameter pips , Regular corrosion , Pintting , Flat bottomed holes .

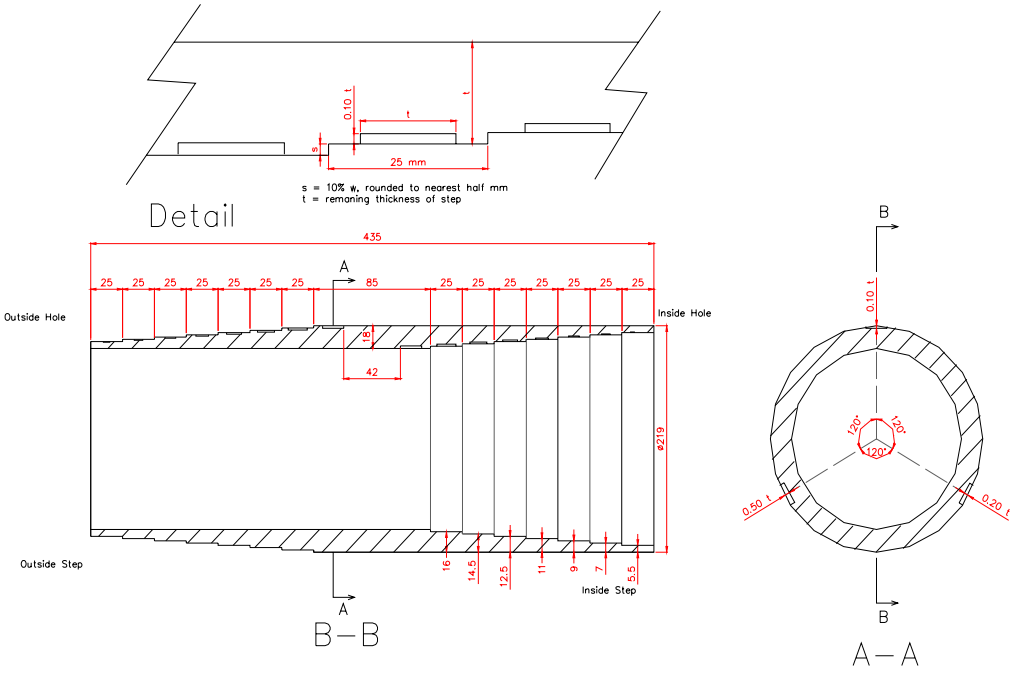
الفهرس

المقدمة:

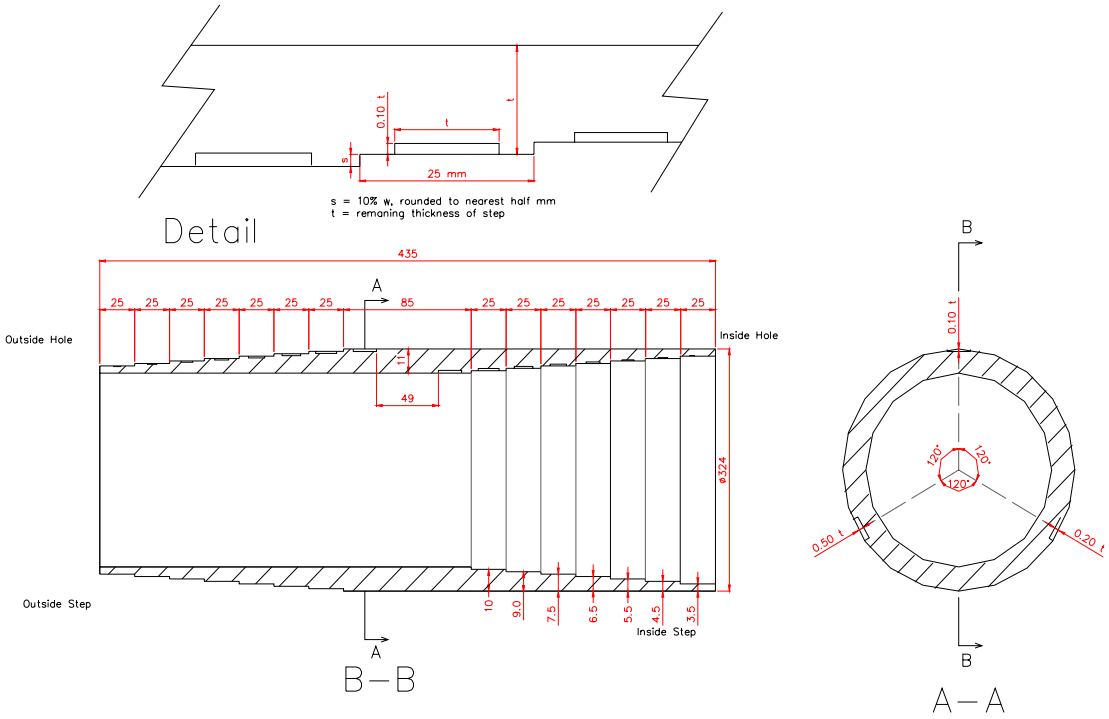
تم صناعة أنبوبين مرجعيين من الفولاذ الأول ذو قطر خارجي 8 إنش وثخانة جـدار 18 مـم وطول 435 مم والثاني ذو قطر خارجي 12 إنش وثخانة جدار 11 مم وطول 435 مم.

تم تشكيل على كل من الأنبوبين بواسطة فارزة مبرمجة (CNC) ثمانية درجات داخليـة (مـن IS0 إلى IS7) وثمانية درجات خارجية (من OS0 إلى OS7)، بحيـث تكـون ثخانـة هـذه الدرجات من (1.0 إلى 0.3) من ثخانة جدار الأنبوب على الترتيب مدورة إلى أقـرب نصـف ملليمتر وذلك لمحاكاة الاهتراءات المنتظمة التي تنشأ على الأنابيب [1-2].

حفر على كل درجة خارجية من الأنبوبين بواسطة آلة الحفر بالشـرر (EDM) ثـلاث حفـر خارجية غير نافذة مستوية القعر بأقطار تساوي ثخانة الدرجة وبأعماق (10 % و 20 % و 50 %) من ثخانة الدرجة مدورة إلى أقرب نصف ميليمتر، بحيث تكون مراكز الحفر متباعدة عـن بعضها بمقدار ° 120 ،(2π/3)، وذلك لمحاكاة الاهتراءات غير المنتظمة التـي تنشـأ علـى الأنابيب كالنقر[3]. وكذلك حفر على كل درجة داخلية ثلاث حفر داخلية غير نافـذة مسـتوية القعر(FBH) بأقطار تساوي إلـى ثخانـة الدرجـة الميكانيكيـة وبأعمـاق (10 % و 20 % و 50 %) من ثخانة الدرجة مدورة إلى أقرب نصف ميليمتر، بحيث تكـون مراكـز الحفـر متباعدة عن بعضها بمقدار °120 كما هو مبين في الشكل رقم 1 والشكل رقم 2.



الشكل 1: مقطع عرضي في الأنبوب ذي القطر 8 إنش



الشكل 2 : مقطع عرضي في الأنبوب ذي القطر 12 إنش

بالإضافة إلى العيوب الصنعية المذكورة أعلاه صقل على السطح الخارجي لكل من الأنبوبين مساحة مستوية (FA) ذات عمق 15 % من ثخانة الأنبوب وذالك على طول الدرجات الداخلية. وكذلك فتح على السطح الداخلي لكل من الأنبوبين مجرى داخلي (GP) وبعمق 15 % من ثخانة الجدار وعلى طول الدرجات الخارجية.

تم قياس أبعاد الأنبوبين المرجعيين والعيوب الصنعية عليهما بالبياكوليس وبالأمواج فوق الصوتية حيث بينت القياسات أن الأبعاد الحقيقية للأنبوبين المرجعيين والعيوب المشغلة عليهما مطابقة للأبعاد التصميمية.

يبين الجدول رقم 1 الأبعاد الحقيقية للأنبوبين المرجعيين والأبعاد الحقيقية للعيوب الصنعية المشكلة عليهما.

الجدول 1: الأبعاد الحقيقية للأنبوبين المرجعيين والعيوب الصنعية المشكلة عليهما

المحددات	الأنبوب المرجعي ذو القطر 8 إنش	الأنبوب المرجعي ذو القطر 12 إنش
الطول (مم)	435	435
ثخانة جدار الأنبوب (مم)	18	11
طول الدرجة (مم)	25	25
ثخانة الدرجات الداخلية والخارجية (مم)	S0 = 18.0, S1 = 16.0, S2 = 14.5, S3 = 12.5, S4 = 11.0, S5 = 9.0, S6 = 7.0, S7 = 5.5	S0 = 11.0, S1 = 10.0, S2 = 9.0, S3 = 7.5, S4 = 6.5, S5 = 5.5, S6 = 4.5, S7 = 3.5
أقطار الحفر الداخلية والخارجية مستوية القعر (مم)	H0 = 18.0, H1 = 16.0, H2 = 14.5, H3 = 12.5, H4 = 11.0, H5 = 9.0, H6 = 7.0, H7 = 5.5	H0 = 11.0, H1 = 10.0, H2 = 9.0, H3 = 7.5, H4 = 6.5, H5 = 5.5, H6 = 4.5, H7 = 3.5
أعماق الحفر الداخلية والخارجية مستوية القعر- (10 %) من ثخانة الدرجة -(مم)	H0-10 = 2.0, H1-10 = 1.5, H2-10 = 1.5, H3-10 = 1.5, H4-10 = 1.0, H5-10 = 1.0, H6-10 = 0.5, H7-10 = 0.5	H0-10 = 1.0, H1-10 = 1.0, H2-10 = 1.0, H3-10 = 1.0, H4-10 = 0.5, H5-10 = 0.5, H6-10 = 0.5, H7-10 = 0.5
أعماق الحفر الداخلية والخارجية مستوية القعر-(20 %) من ثخانة الدرجة -(مم)	H0-20 = 3.5, H1-20 = 3.0, H2-20 = 3.0, H3-20 = 2.5, H4-20 = 2.0, H5-20 = 2.0, H6-20 = 1.5, H7-20 = 1.0	H0-20 = 2.0, H1-20 = 2.0, H2-20 = 2.0, H3-20 = 1.5, H4-20 = 1.5, H5-20 = 1.0, H6-20 = 1.0, H7-20 = 0.5
أعماق الحفر الداخلية والخارجية مستوية القعر- (50 %) من ثخانة الدرجة- (مم)	H0-50 = 9.0, H1-50 = 8.0, H2-50 = 7.0, H3-50 = 6.5, H4-50 = 5.5, H5-50 = 4.5, H6-50 = 3.5, H7-50 = 3.0	H0-50 = 5.5, H1-50 = 5.0, H2-50 = 4.5, H3-50 = 4.0, H4-50 = 3.0, H5-50 = 2.5, H6-50 = 2.5, H7-50 = 2.0
عمق المساحة المستوية (مم)	2.7	1.7
عمق المجرى الداخلي (مم)	2.7	1.7

التجارب المخبرية:

تم تعريض كل من الأنبوبين المرجعيين إلى أشعة غاما وفقاً لتقانة التصوير الشـعاعي المماسـي [4-9] وذلك بوجود عازل حراري من الصوف الزجاجي Fiber glass ذي ثخانـة (50) مـم وكذلك أيضاً دون وجود العازل وذلك للحصول على مجموعتين من الصور الشعاعية متمـايزتين في الكثافة الضوئية ، كثافة المجموعة الأولى واقعة في المجال (4 – 3.5) وكثافة المجموعـة الثانية واقعة في المجال (5 – 4.5). تم التعريض باستخدام منبع مشع من الكوبالت – 60 وأفلام من نوع كوداك (400 – AA) وصفائح رصاصية أمامية وخلفية ذات ثخانة (0.125) مم.

تضم المجموعة الواحدة من الصور الشعاعية من أجل كل أنبوب ومن أجل كل كثافة ضوئية ستة صور وفقاً لما يلي:

- صورة شعاعية وفق لطريقة التصوير التقليدية.
- صورة شعاعية تم توجيهها وضبطها على المساحة المستوية الخارجية (FA).
- صورة شعاعية تم توجيهها وضبطها على المجرى الداخلي (GP).
- صورة شعاعية تم توجيهها وضبطها على مجموعة الحفر مستوية القعر ذات العمق 10 %.
- صورة شعاعية تم توجيهها وضبطها على مجموعة الحفر مستوية القعر ذات العمق 20 %.
- صورة شعاعية تم توجيهها وضبطها على مجموعة الحفر مستوية القعر ذات العمق 50 %.

وكذلك تم تعريض الأنبوبين المرجعيين في حالة إحاطتهما بالعازل الحراري ودون وجود العازل وفقاً لتقانة تصوير جدارين وخيال واحد (DW/SI) وذلك باستخدام منبع مشع من الإيريـديوم – 192 وأفلام من نوع كوداك (AA-400) وصفائح رصاصية أمامية وخلفية ذات ثخانة (0.125) مم.

تم حساب زمن التعريض للحصول على صور شعاعية ذات كثافة ضوئية مقدارها (2) عند ثخانة الدرجة الوسطى للأنبوب[11،10]، وبحيث تضم المجموعة الواحدة من الأفـلام خمـس صـور شعاعية وفقاً لما يلي:

- المساحة المستوية في مركز الصورة الشعاعية
- المجرى الداخلي في مركز الصورة الشعاعية
- الحفر مستوية القعر ذات العمق 10 % في مركز الصورة الشعاعية.
- الحفر مستوية القعر ذات العمق 20 % في مركز الصورة الشعاعية.
- الحفر مستوية القعر ذات العمق 50 % في مركز الصورة الشعاعية.

المعالجة الكيميائية وتقييم الصور الشعاعية:

قبل البدء بالمعالجة الكيميائية لأفلام التصوير الشعاعي تمت معايرة جهاز قياس الكثافة الضـوئية للصور الشعاعية وذلك باستخدام شريط من فلم تصوير شعاعي يحوي كثافات ضوئية معياريـة. وكذلك تم التأكد من جودة السوائل المستخدمة في المعالجة الكيميائية وفقـاً لمـا نصـت عليـه المواصفات الدولية (كالمواصفة المطبقة في أوربا تحت الـرقم 1996 EN 584-2 والمواصفة الدولية 1998 ISO 11699-2).

تم التأكد من جودة سوائل المعالجة الكيميائية باستخدام خمسة أفلام معيارية مسبقة التعريض مـن نوع فوجي (80 IX) وذلك وفقاً لتعليمات الشركة المصنعة وقد تم الحصول على القيم المبينة في الجدول رقم (2) والتي تظهر جودة السوائل المستخدمة في المعالجة الكيميائية.

الجدول 2: نتائج المعالجة الكيميائية للأفلام مسبقة التعريض

الفلم	الدرجة المرجعية		التباين المرجعي		Do	Sr	Cr	Sx	Cx
	رقم الدرجة	الكثافة	رقم الدرجة	الكثافة					
الفلم (1)	4	2.05	8	3.09	0.21	2.1	1.1	1.9	1.2
الفلم (2)	4	2.05	8	3.08	0.21				
الفلم (3)	4	2.04	8	3.08	0.21				
الفلم (4)	4	2.07	8	3.18	0.21				
الفلم (5)	4	2.07	8	3.15	0.21				

حيث: Cx = مؤشر التباين، Sx = مؤشر السرعة.

Cr = مؤشر التباين المرجعي، Sr = مؤشر السرعة المرجعي.

Do = كثافة ضبابية فلم التصوير الشعاعي.

بعد التأكد من جودة سوائل التحميض، تمت معالجة الأفلام المعرضة للأنبوبين المرجعيين وفقـاً لتقانة التصوير الشعاعي المماسي وتم تقييم الصور الشعاعية، حيث تبين عدم وجود أي تـأثير للعازل الحراري على دقة قياس العيوب المتواجدة على الأنبوبين، وتبين الجداول (3- 6) نتائج القياسات:

الجدول 3: نتائج التصوير الشعاعي المماسي للأنبوب ذي القطر 8 إنش من أجل كثافة $D \leq 4$

المؤشر		الدرجة	10 % FBH	20 % FBH	50 % FBH	GP	FA
الانحراف المعياري	العيوب الداخلية	0.2 – 0.0	-	0.2 – 0.1	0.2 – 0.1	0.1 إلى 0.4	– 0.1 +0.2
	العيوب لخارجية	0.5 – 0.1	0.0 – 0.4	0.3 – 0.1	0.1 – 0.4		
دقة القياس	العيوب الداخلية	0.4 - إلى 0.3	-	0.4 إلى 0.3 -	0.2 – إلى 0.3	0.5 – إلى 0.1	0.5 – إلى 0.1
	العيوب الخارجية	0.4 – إلى 0.4	0.6 – إلى 0.1	0.2 إلى 0.4 -	0.3 – إلى 0.3		
ملاحظات			لا يمكن كشف 10 % FBH الداخلية	يمكن كشف كافة % 20 FBH	يمكن كشف كافة % 50 FBH		

الجدول 4: نتائج التصوير الشعاعي المماسي للأنبوب ذي القطر 8 إنش من أجل كثافة $D > 4.5$

المؤشر		الدرجة	10 % FBH	20 % FBH	50 % FBH	GP	FA
الانحراف المعياري	العيوب الداخلية	0.5 – 0.1	-	0.3 – 0.1	0.5 – 0.1	0.1 إلى 0.4	– 0.1 0.3
	العيوب الخارجية	0.5 – 0.1	0.5 – 0.1	0.3 – 0.1	0.4 – 0.1		
دقة القياس	العيوب الداخلية	0.5 - إلى 0.0	-	0.3 - إلى 0.4	0.3 – إلى 0.0	0.3 - إلى 0.5	0.9 – إلى - 0.1
	العيوب الخارجية	0.7 – إلى 0.4	0.7 – إلى 0.3	0.4 - إلى 0.2	0.5 – إلى 0.0		
ملاحظات			لا يمكن كشف 10 % FBH الداخلية	يمكن كشف كافةFBH % 20	يمكن كشف كافة 50% FBH		

الجدول 5: نتائج التصوير الشعاعي المماسي للأنبوب ذي القطر 12 إنش من أجل كثافة $D \leq 4$

المؤشر		الدرجة	10 % FBH	20 % FBH	50 % FBH	GP	FA
الانحراف المعياري	العيوب الداخلية	0.1 – 0.2	-	-	0.1	0.0 إلى 0.2	0.1 – 0.2
	العيوب الخارجية	0.1 – 0.3	0.2 – 0.1	0.2 – 0.1	0.2 – 0.1		
دقة القياس	العيوب الداخلية	0.3 - إلى 0.1	-	-	0.2 – إلى 0.2	0.2 – إلى 0.4	0.2 – إلى 0.3
	العيوب الخارجية	0.2 – إلى 0.2	0.8 – إلى 0.3	1.1 - إلى 0.4	0.3 – إلى 0.0		
ملاحظات			لا يمكن كشف 10 % FBH الداخلية	من الصعب الكشف عن 20% FBH الداخلية			

الجدول 6: نتائج التصوير الشعاعي المماسي للأنبوب ذو القطر 12 إنش من أجل كثافة $D > 4.5$

المؤشر		الدرجة	10 % FBH	20 % FBH	50 % FBH	GP	FA
الانحراف المعياري	العيوب الداخلية	0.2 – 0.1	-	–	0.4 – 0.1	0.1 إلى 0.3	0.4 – 0.1
	العيوب الخارجية	0.3 – 0.1	0.2 – 0.1	0.5 – 0.1	0.3 – 0.1		
دقة القياس	العيوب الداخلية	0.3 - إلى 0.1	-	-	0.3 – إلى 0.3	0.4 - إلى 0.2	0.7 – إلى 0.2
	العيوب الخارجية	0.2 – إلى 0.2	0.6 – إلى 0.6	1.1 - إلى 0.0	0.6 – إلى 0.1		
ملاحظات			لا يمكن كشف 10 % FBH الداخلية	من الصعب الكشف عن 20% FBHالداخلية			

ويبين الجدول رقم 7 نتائج حساب كل من الثخانة الأعظمية للمعدن الذي تخترقه الأشعة ضمن الأنبوب للوصول إلى فلم التصوير الشعاعي (L_{max}) ومعامل الامتصاص الفعال للأشعة عند مرورها بالمعدن (μ_{eff}) وذلك عندما يتم التعريض وفقاً لتقانة التصوير الشعاعي المماسي وباستخدام منبع من الكوبالت – 60.

حيث:

$$L_{\max} = 2t\sqrt{\frac{2r_0}{t} - 1}$$

L_{max} = الثخانة الأعظمية للمعدن الذي تخترقه الأشعة في الأنبوب للوصول إلى فلم التصوير الشعاعي مقدره بالميليمتر.

t = ثخانة جدار الأنبوب.

r_0 = نصف القطر الخارجي للأنبوب.

وإن:

$$I_{ero} = I_{nom} \cdot e^{-\mu_{eff} \cdot \Delta w} \rightarrow \mu_{eff} = L_n(I_{nom} / I_{ero})\Delta W$$

حيث:

I_{ero} = شدة الإشعاع في موضع التغير في ثخانة جدار الأنبوب بمقدار Δw.

I_{nom} = شدة الإشعاع عند الثخانة الاسمية لجدار الأنبوب.

μ_{eff} = معامل الامتصاص الفعال للأشعة.

Δw = التغير في ثخانة جدار الأنبوب.

الجدول 7: قيم L_{max} و μ_{eff} للأنبوبين المعياريين

قطر الأنبوب (إنش)	المنبع المشع المستخدم من أجل TRT	المنبع المشع المستخدم من أجل DW/SI	الكثافة من أجل TRT	L_{max}	μ_{eff} [1/cm]
8	Co - 60	Ir - 192	4 – 3.5	120	0.42
8	Co – 60	Ir – 192	5 – 4.5	120	0.42
12	Co – 60	Ir – 192	4 – 3.5	117	0.44
12	Co - 60	Ir - 192	5 - 4.5	117	0.44

لدراسة فعالية تقانة التصوير الشعاعي المماسي على كشف الترسـبات التـي تنشـأ داخـل منظومات الأنابيب المعزولة أو غير المعزولة عند استثمارها في محطات الطاقة الكهربائية أو في منشآت الصناعات البترولية والبتروكيميائية [12-13]، تم تطبيق تقانة التصوير الشعاعي المماسي لتحديد قيمة الثخانة الصغرى لترسبات من الإسمنت الصنعي التـي يمكـن كشـفها وقياس ثخاناتها. ولمحاكاة الترسبات تم صب الإسمنت على محيط الجدار الـداخلي للجـزء الحاوي على الدرجات الخارجية في كل من الأنبوبين المرجعيين وبشكل غير متناظر بالنسبة للمركز الهندسي للأنبوب (eccentric centre) وذلك للحصول على ثخانات ترسبات متغيرة وبحيث تكون الثخانة الصغرى والعظمى للترسبات مساويةً إلى 20% وحتـى 300% مـن ثخانة جدار الدرجة الرابعة للأنبوب على الترتيب كما هو مبين في الشكل رقـم 3 والشـكل رقم 4.

الشكل 3 : شكل طبقة الترسبات في الأنبوب المرجعي ذي القطر 8 إنش

الشكل 4 : شكل طبقة الترسبات في الأنبوب المرجعي ذي القطر 12 إنش

وقد بينت دراسة الصور الشعاعية التي تم تنفيذها من أجل قيمتين مختلفتين للكثافات الضوئية إمكانية كشف القيمة الصغرى لثخانة طبقة الإسمنت المتوضعة على الجدار الـداخلي وقياسـها لكـل مـن الأنبوبين المرجعيين عند عدم وجود عازل وعند وجوده كما هو مبين في الجدول رقم 8.

الجدول 8: القيم الدنيا لثخانة الطبقة المترسبة على الأنبوبين المرجعيين التي يمكن كشفها وقياسها

الأنبوب المرجعي	ثخانة الترسبات (mm)	الكثافة الضوئية للفلم خارج الأنبوب	الكثافة الضوئية للفلم على الدرجة الرابعة
الأنبوب ذو القطر (8) إنش (مع عازل)	2.2	5	1.7
	2.2	5.2	1.8
الأنبوب ذو القطر (8) إنش (بدون عازل)	2.2	5	1.7
	2.2	5.2	1.8
الأنبوب ذو القطر (12) إنش (مع عازل)	1.3	4.4	1.3
	1.3	5.1	1.8
الأنبوب ذو القطـر (12) إنـش (بـدون عازل)	1.3	4.4	1.4
	1.3	5.4	1.9

النتائج والمناقشة:

بينت النتائج التي تم الحصول عليها بأنه يمكن تطبيق تقانة التصوير الشعاعي المماسـي لكشـف الاهتراءات المنتظمة التي تحدث على الجانب الخارجي أو على الجانب الـداخلي للأنابيـب ذات الأقطار الكبيرة وتقييم هذه الاهتراءات ، كما يمكن تطبيق التقنية لكشف الحفـر مسـتوية القعـر (FBH) التي تنشأ على السطح الخارجي للأنبوب وبأعماق 10% من ثخانة جـدار الأنبـوب أو الحفر ذات العمق الأكبر من ذلك وتقييم هذه الحفر.

إن الحفر مستوية القعر التي تنشأ على السطح الداخلي للأنبوب وبأعماق 10% لا يمكـن كشـفها وكذلك الحال بالنسبة للحفر مستوية القعر ذات الأعماق 20% إن كانت ذات أقطار أصـغر مـن قيمة محددة تتعلق بقطر جدار الأنبوب تحت الاختبار وثخانته.

أن زيادة الكثافة الضوئية لفلم التصوير الشعاعي خارج الأنبوب المختبر عن القيمة 5 لا تفيد فـي تحسين مقدرة الكشف للحفر مستوية القعر الداخلية ذات الأعماق 10% و 20% حيث يمكن فـي هذه الحالة تطبيق تقانة تصوير جدارين وخيال واحد كتقنية بديلة عن تقنية التصـوير الشـعاعي المماسي لكشف وتقييم الحفر مستوية القعر الداخلية ذات الأقطار والأعماق الصغيرة كالحفر ذات الأعماق 10% التي تنشأ في الأنابيب ذات الأقطار الكبيرة غير المعزولة والمعزولة حرارياً.

كما بينت نتائج الاختبارات فعالية تطبيق تقانة التصوير الشعاعي المماسي في الكشف عن وجـود طبقات الترسبات داخل الأنابيب ذات الأقطار الكبيرة وقياس قيم ثخاناتها.

الخلاصة والتوصيات:

طبقت تقانة التصوير الشعاعي المماسي باستخدام أشعة غاما الصادرة عن النظير المشع الكوبالت – 60 بنجاح في قياس ثخانات الأنابيب الفولاذية وقياس ثخانات جدرانها المتبقية بعد اسـتثمارها في المنشآت الصناعية وقياس أعماق النقر الخارجية التي تنشأ على الأنابيب وبأعمـاق أكبـر أو تساوي 10% من ثخانة جدار الأنبوب وقياس أعماق النقر الداخلية عندما تتجاوز قيمها 20% من ثخانة جدار الأنبوب وكذلك في قياس ثخانة طبقة الترسبات المتوضعة داخل الأنابيب ذات الأقطار 8 و12 إنش سواء كانت هذه الأنابيب معزولة أو غير معزولة حرارياً. وقد تبـين مـن خـلال التجارب حدود تطبيق هذه التقنية وفق لما يلي:

- إن القياسات في هذه التقنية تكون مقتصره فقط على المنطقة التي تكون فيها الأشعة على تماس مع جدار الأنبوب.
- من الصعب الكشف عن النقر التي تنشأ على السطح الداخلي لجدار الأنبوب بالمقارنة مـع النقـر الخارجية.

- إن رفع الكثافة الضوئية للصورة الشعاعية خارج الأنبوب إلى قيم تتجاوز القيمة 5 لا يفيد في تحسين مقدرة الكشف للنقر ضعيفة العمق المتشكلة داخل الأنبوب حيث إنه من المفيد في هذه الحالة اللجوء إلى تطبيق تقنية جدارين وخيال واحد في الكشف عنها وقياس أعماقها ومقدار تغلغلها في جدار الأنبوب.

المراجع:

1- Herbert H Uhlig, R Wincton Revie, Corrosion and corrosion control , 3rd edition, John Wiley & Sons, Inc, N.Y., 1985, PP165-186.

2- Marsg. Fontana, Corrosion Engineering, 3rd edition, Mc Graw-Hill, Inc., N.Y., 1986, pp220-256.

3- R. Griffiths, Over view of oil refinery corrosion monitoring, Non destructive testing, Australia Vol.26, No.1, 1989.

4- J. Kenneth Billeaudeaux, Tangential radiography using a radiation gage, Materials Evaluation, February1992.

5- R. P. Krolicki, Internal corrosion examination and wall thickness measurement of pipe by radiographic method, Materials Evaluation, February 1977.

6- W. Harara, Critical comments on the optimum determination of remaining wall thickness in insulated pipes by tangential radiography, Insight, October 2001.

7- W. Harara, Corrosion evaluation and wall thickness measurement on large-diameter pipes by tangential radiography using Co-60 gamma-ray source, Insight, October 2003.

8- P.Willems, B.Vaessen – Applicability of CR for corrosion and wall thickness measurement, 7TH European Conference on Non Destructive Testing, Copenhagen, 26-29 may 1998.

9- W.S. Burkle, Application of the tangential radiographic technique for evaluating pipe system erosion / corrosion, Materials Evaluation, October 1989.

10- Industrial radiography, Agfa- Gevaert N.V. 1986 Pp 67-72.

11- Non destructive testing hand book, eds. Rdbert C. Mc Master, Vol.1. pp.1915-1916.

12- S. Ekinci, N. Bas, M. Aksu, A. Yildirim, M. Binggoldag, T. Kurtcebe, M. Dogruoz, S. Saricam and N. Yilmaz, "Corrosion and deposit measurements in pipes by radiographic techniques" Insight, Vol.40, No. 9, Sep.1998.

13- U. Zscherpel, "Corrosion and deposit determination in large diameter pipes by radiography", IAEA report, BAM, Germany, Feb. 2003.

Syrian Arab Republic
Atomic Energy Commission(AECS)
Damascus P. O. Box 6091

Report on Scientific Research
Department of Scientific Services

Corrosion and Deposit Determination in Large Diameter Pipes by Radiography

Dr. W .Harara

AECS - SS \ FRSR 362 August 2006