

### تأثير تصميم وصلات اللحام على مقاومة الكلال لمعدن فولاذ واطى الكربون (ST-52-3)

أ.د. حسين جاسم محمد العلكاوي\* د. باسم احمد طه الطيار\* عبد الله ضايغ عاصي\*\*  
تاريخ التسليم: ٢٠٠٥/٥/٢٢  
تاريخ القبول: ٢٠٠٥/١٠/٢٤

#### ١ - الخلاصة

إن هدف البحث الحالي هو لتقييم أفضل وصلة لحام للأشكال (UU,U,VV,V) ومقارنتهم مع المعدن الأساس نوع (ST-52-3) والذي يستعمل على نطاق واسع في الصناعة. ومن ثم بيان تأثير هذه الأنواع على حد الكلال تحت تأثير الاحمال الانحنائية المتعكسة. بينت نتائج الفحوصات العملية لهذه الأنواع الأربعة من وصلات اللحام إن مقاومة الكلال للنماذج الملحومة تكون مقاربة جدا لمقاومة الكلال للمعدن الأساس. وأكثر دقة فإن الفرق ما بين هذه الوصلات الملحومة والمعدن الأساسي هو (٣,٧% , ٤,٢% , ٤,٥% و ٥%) وبترتيبهم على أساس الجودة (الأفضلية) فسيكونون (VV,V,U وأخيرا UU) على التوالي.

#### Design Effect of The Welded Joints On Fatigue Strength For Low Carbon Steel Metal (ST- 52- 3)

##### Abstract

The aim of the present research is to evaluate the best welded joints of types (V, VV, U,UU) and comparing them with the base metal type (ST-52-3) which is used in a wide range at industry and then to show the effect of these types on the fatigue limit under the reverse bending loads effect. The results of the experimental tests for these four types of the welded joints show that the fatigue strength of the welded specimens is very nearly to the fatigue strength of the base metal and more precisely and that the difference between these welded joints and the base metal is (3.7 %, 4.2 %,4.5 %, and 5 %) and by quality(better) arrangement will be (U,V,VV, and UU) respectively.

#### ٢ - المقدمة

التوائى... أو مركب . وهذا الفشل يسمى بفشل الكلال [٢]

لوحظت هذه الظاهرة أول مرة عام ١٨٠٠ ميلادية وذلك عندما تم تصميم وتنفيذ مشروع لسكك حديد بالاعتماد على العلاقات الاستاتيكية والمتمثلة بقانون هوك وبفحوصات الشد حيث كانت قيم اجهادات الخضوع للمعادن المستخدمة في المشروع آنذاك أعلى بكثير من قيم الاجهادات المسلطة فعليا أي بحوالي ١,٥ كعامل أمان . ولكن بعد انجاز التصميم ووضع هذه السكك في الخدمة ظهرت بعد أيام شقوق فيها وبدأت بالنمو في بعض الأجزاء حيث

تعرف ظاهرة الكلال على أنها فشل الأجزاء تحت الاجهادات المتكررة حيث أن الاجهادات المسلطة على الأجزاء ليس بالضرورة تكون اعلي من إجهاد الخضوع بل حتى أقل منه بكثير. ويعود هذا إلى إن ظاهرة الكلال تنتج من اجهادات ديناميكية وليس ستاتيكية [١]. في الحياة العملية فإن كثيرا من الأجزاء تتعرض إلى اجهادات مختلفة النوع والسعة وهنا فإن المقصود بالنوع هو نوع الاجهادات أي: إجهاد شدي, ضغطي, انحنائي,

\* قسم التعليم التكنولوجي/ الجامعة التكنولوجية - بغداد - العراق  
\*\* وزارة الصناعة

مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ٢٥، العدد ١، ٢٠٠٧، تأثير تصميم وصلات اللحام على مقاومة الكلال لمعدن فولاذ واطى الكاربون (ST-52-3)

### ٣- الجانب العملي:

#### ٣-١ المعدن المستخدم:

تم استخدام معدن فولاذ واطى الكاربون نوع (ST-52-3) حسب المواصفات الألمانية (DIN 1623) [5] أو بموجب نظام ISO برقم (٩١) ٤٩٩٧ وذلك لشيوع استعماله في الصناعة.

#### ٣-٢ التركيب الكيماوي:

لقد تم قياس التركيب الكيماوي للعناصر المكونة للمعدن الأساس وللمعدن اللحام العملية في مختبرات شركة النصر العظیم وذلك لمقارنتها مع نتائج المواصفات القياسية العالمية على شكل نسب وزنيه (WT %) للعناصر كما في الجدول (١) ادناه:

حدث الفشل. لذلك لجأ المصممون إلى دراسة هذه الظاهرة بشكل كبير وعميق. ومن هنا ظهرت ظاهرة الكلال أو فشل الأجزاء نتيجة الكلال [3,4]. وبما أنه في المجال الواسع في الصناعة ومن الوسائل الفعالة والشائعة الاستخدام لإعادة عدد كبير من الأجزاء بل معظمها إلى الخدمة مرة ثانية وثالثة وأكثر بعد حدوث هذه الظاهرة إلا وهي وسيلة اللحام. لذلك ركز هذا البحث على تنفيذ أربعة وصلات لحام مختلفة ودراستها بالفحوصات الميكانيكية المختلفة لبيان تأثيرها على مقاومة الكلال من جهة ومدى اقترابها من المعدن الأساس من جهة أخرى أي ارجاع المعدن الملحوم بهذه الوصلات المختلفة واقترابه من المعدن الأساس حتى من ناحية التركيب الكيماوي وطول العمر أي الخدمة. [٤]

الجدول (١) ويمثل التركيب الكيماوي لعناصر المعدن الأساس ولعناصر معدن اللحام العملية ومقارنتها مع النتائج القياسية بشكل نسب وزنيه (WT %) للعناصر

العناصر المكونة للمعدن (WT%)	C الكاربون	Si السليكون	Mn المنغيز	P الفوسفور	S الكبريت	Cr الكروم	Ni النيكل
المعدن الأساس حسب المواصفات القياسية	٠,٢٠٠	٠,٥٥٠	١,٦٠٠	٠,٠٣٥	٠,٠٣٥	-	-
المعدن الأساس حسب نتائج شركة النصر العظیم	٠,١٨٩	٠,٢٢٠	١,٢٤٠	-	٠,٠٠١١	<٠,٠١٤	٠,٠٠٧
المعدن اللحام حسب المواصفات القياسية	٠,٠٦٠	٠,٥٠٠	٠,٩٠٠	-	-	-	-
المعدن اللحام حسب نتائج شركة النصر العظیم	٠,٠٥٠	٠,٣١٠	١,٢٠٠	-	٠,٠١٠	<٠,٠١١	٠,٠٣٤

على شكل قطع صغيرة وتم إنتاج هذه العينات باستخدام ماكينة CNC المبرمجة وكما موضحة في الشكل (١) [5,6]. وبعد انجاز هذه العينات تم صقلها وتنعيم أسطحها وذلك لتلافي حدوث أي شقوق على سطحها وجعلها جاهزة للاختبار.

### ٣-٣ تحضير عينات الفحص وتصميم وصلات اللحام:

تم تحضير عينات الفحص بموجب المواصفات الخاصة بجهاز فحص الكلال ذو النوع (Avery 7305) حيث تم تقطيع المعدن

مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ٢٥، العدد ٢٠٠٧، ١ تأثير تصميم وصلات اللحام على مقاومة الكلال لمعدن فولاذ واطى الكربون (ST-52-3)

للمعدن الأساس وللمعدن اللحام مبينة في الجدول (٢) وتمثل النتائج في هذا الجدول المعدل لثلاث قراءات. تم الحصول على النتائج العملية لمعدن اللحام من العينات الموضحة في الشكل (٤) [14,9] وتمثل المعدل لثلاث قراءات أيضا. لقد تم اخذ النتائج العملية لثلاثة عينات من المعدن الأساس (بدون لحام) ولثلاثة عينات من معدن اللحام (العينات الملحومة) وتمثل المعدل لثلاث قراءات وقد عبر عنهما بمنحني (الإجهاد- الانفعال) وكما في الشكلين (٥) و (٦) على التوالي.

إما تصميم وصلات اللحام فقد قطعت العينات اعلاه ثم لحامها وكما موضح ذلك في الشكل (٢) [11,7] والذي يمثل خصائص أنواع اللحام من الأنواع المستخدمة في هذا البحث.

### ٣-٤ المواصفات الميكانيكية:

#### ٣-٤-١ فحص الشد:

تم إجراء فحص الشد للمعدن الأساس (عينات بدون اللحام) وللمعدن اللحام (عينات ملحومة) المستخدمة في هذا البحث حيث إن شكل العينة (النموذج) موضحة في الشكل (٣) [11,8] وان نتائج العينات القياسية والعملية

الجدول (٢) ويبين المواصفات الميكانيكية (فحص الشد) للمعدن الأساس (عينات بدون لحام) وللمعدن اللحام (عينات ملحومة) المستخدمة في هذا البحث

نتائج الفحص	اجهاد الخضوع $\sigma_y$ (MPa)	مقاومة الشد $\sigma_u$ (MPa)	الاستطالة E%	معامل يونك $\mu$ (MPa)
النتائج القياسية للمعدن الأساس	355 (MPa)	630-490 (MPa)	22	٢٠٦ (MPa)
النتائج العملية للمعدن الأساس	348 (MPa)	518 (MPa)	18	-
النتائج القياسية لمعدن اللحام	490 (MPa)	575 (MPa)	30	١٩٢ (MPa)
النتائج العملية لمعدن اللحام	389 (MPa)	520 (MPa)	21	-

وفيكس (HV) وروكويل (HRB) معتمدين على نتائج معهد التحريير لمقارنتها مع نتائج فحوصات البحث الحالي والمبينة في الجدول (٣) ادناه.

### 3-4-2 فحص الصلادة:

تم إجراء فحص الصلادة على عينات من المعدن الأساس (بدون لحام) وعلى عينات من معدن اللحام (ملحومة) المستخدمة في هذا البحث بثلاثة طرق هي برينبيل (HB)

مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ٢٥، العدد ١، ٢٠٠٧، تأثير تصميم وصلات اللحام على مقاومة الكلال لمعدن فولاذ واطى الكربون (ST-52-3)

للمعيار (٣) ويبين نتائج فحص الصلادة للمعدن الأساس (عينات بدون لحام) ولمعدن اللحام (عينات ملحومة) المستخدمة في هذا البحث بالاعتماد على نتائج معهد التحرير للمقارنة.

نوع المعدن	فحص الصلادة	برينيل HB	فيكر HV	روكويل HRB
المعدن الأساس: معهد التحرير		١٣٨	١٤٥	٧٥
المعدن الأساس: البحث الحالي		١٤٣	١٥٠	٨٠
معدن اللحام: معهد التحرير		١٦٣	١٧٠	٩٠
معدن اللحام: البحث الحالي		١٦٩	١٧٦	٩٤

الأساس مبين في الشكل (٧a و 7b) كما يمثل الشكل (٨) التركيب المجهرى لمعدن اللحام (العينات الملحومة) والشكلان (٨٠٧) مكبران بدرجة تكبير مقدارها ١٥٠ مرة.

### 3-4-3 التركيب المجهرى:

تم التوصل إلى النتائج المبينة في الجدول (٤) [15,10] وذلك من خلال الفحص المجهرى. وان التركيب المجهرى للمعدن

الجدول (٤) ويمثل نتائج النسبة المئوية لطورى الفيررايت والبيرلايت للمعدن المستعمل [15,10]

حالة الفحص	الفحص المجهرى	Fe%	الفيررايت %	Pe%	البيرلايت %
	الحالة القياسية		75.91		24.09
	الحالة العملية		77.22		22.78

L : طول الخط المراد حساب قطر الحبيبة من خلاله وان هذا الخط موجود في الميكروسكوب بوحدات (مايكرن)  
X : درجة التكبير  
N : عدد الحبيبات على طول الخط (L)  
Dg : قطر الحبيبة بوحدات (مايكرومتر μm)  
ويمثل الجدول (٥) حجم (قطر) الحبيبة للمعدن الأساس ولمعدن اللحام .

### 4-4-3 قياس قطر الحبيبة:

تم قياس قطر الحبيبة بطريقة التقاطع الخطية (Linear Intercept Method) وبموجب المعادلة التالية [١١]

$$D = L / N \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$Dg = D/X \quad \dots\dots\dots (2)$$

حيث إن :

D : الحجم الكلى لحبيبات الفيررايت والبيرلايت بوحدات (مايكرن)

مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ٢٥، العدد ١، ٢٠٠٧، تأثير تصميم وصلات اللحام على مقاومة الكلال لمعدن فولاذ واطى الكربون (ST-52-3)

الجدول (٥) يمثل حجم الحبيبة لكل من المعدن الأساس ومعدن اللحام .

نوع المعدن المقاسة حبيبه	حجم (قطر) الحبيبة بوحدات (مايكرومتر $\mu\text{m}$ )
المعدن الاساس (بدون لحام)	$32 (\mu\text{m})$ (مايكرومتر)
معدن اللحام (عينة ملحومة)	$19 (\mu\text{m})$ (مايكرومتر)

5-4-3 فحص خشونة السطح: تم قياس خشونة الأسطح للعينات باتجاه الطول والعرض والسمك لعينات قبل إجراء فحص الكلال بواسطة جهاز فحص الصلادة Tally Surface [٤]، ويبين الجدول (٦) نتائج قياس خشونة السطح وبوحدات (مايكرومتر  $\mu\text{m}$ )

الجدول (٦) و يبين خشونة الاسطح المقاسة لعينتين عشوائيتين بوحدات (مايكرومتر mm) وفي ثلاث اتجاهات .

رقم العينة	الاتجاه	معدل خشونة السطح Ra ( $\mu\text{m}$ )	أقصى قيمة لخشونة السطح R <sub>t</sub> ( $\mu\text{m}$ )
١	الطول	$0.09 (\mu\text{m})$ (مايكرومتر)	$0.96 (\mu\text{m})$ (مايكرومتر)
١	العرض	$0.13 (\mu\text{m})$ (مايكرومتر)	$1.8 (\mu\text{m})$ (مايكرومتر)
١	السمك	$0.3 (\mu\text{m})$ (مايكرومتر)	$1.6 (\mu\text{m})$ (مايكرومتر)
٢	الطول	$0.09 (\mu\text{m})$ (مايكرومتر)	$0.73 (\mu\text{m})$ (مايكرومتر)
٢	العرض	$0.12 (\mu\text{m})$ (مايكرومتر)	$1.7 (\mu\text{m})$ (مايكرومتر)
٢	السمك	$0.32 (\mu\text{m})$ (مايكرومتر)	$0.98 (\mu\text{m})$ (مايكرومتر)

مستقر وغالبا ماتستخدم هذه الأقطاب في لحام صفائح السفن وذلك لمقاومة معدن اللحام للتآكل الكيماوي [16,12]. لقد تم استخدام المواصفات التالية في عملية لحام الوصلات المستخدمة في هذا البحث للأقطاب اعلاه وكما مفصلة في الجدول (٧) ادناه

5-3 خصائص اللحام (المعدن وأقطاب اللحام): تم استخدام أقطاب لحام ذات نوع (E7018) التي تمتاز بجودة لحام عالية وخواص ميكانيكية جيدة وتستخدم عادة في لحام التراكيب التي تتحمل اجهادات عالية. كما ويمكن استخدام تيار كهربائي نوع (AC) أو (DC) معها. وتتماز هذه الأقطاب بنوعية لحام

الجدول (٧) ويفصل مواصفات القطب وعملية اللحام المستخدمة في هذا البحث [16,12]

رقم القراءة	نوع القطب	الفولتية (فولت)	التيار (امبير)	قطر القطب (ملم)	سرعة اللحام (ملم/دقيقة)
١	E7018	23 (V.)	١١٠ (A)	٣,٢٥(mm)	٨٥(mm/min)
٢	E7018	23 (V.)	١٢٠ (A)	٣,٢٥(mm)	٨٠(mm/min)

الصنع حديثة. إما التركيب الكيماوي لمعدن قطب اللحام فقد تم توضيحه في الجدول (٨)

لقد تم ضبط سرعة ودقة اللحام بالاعتماد على الجهاز المستخدم وهي ماكينة لحام ألمانية

مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ٢٥، العدد ١، ٢٠٠٧، تأثير تصميم وصلات اللحام على مقاومة الكلال لمعدن فولاذ واطى الكربون (ST-52-3)

ادناه بشكل نسب وزنية للعناصر المكونة للقطب (WT %) [17,12]

الجدول (٨) ويوضح التركيب الكيميائي لمعدن أقطاب اللحام القياسية على شكل نسب وزنية للعناصر المكونة (WT %) [17,12]

نوع القطب	الكربون C	السليكون Si	المنغنيز Mn
E7018	0.06	0.5	0.9

٣-٦ جهاز فحص الكلال :  
لقد تم اختبار العينات المحضرة باستخدام جهاز فحص الكلال نوع (AveryType7305) حيث يعمل بمتوسط إجهاد مختلف. وفي هذا البحث تم اخذ إجهاد متوسط صفري أي إن نسبة الإجهاد (-1). ويمكن استخدام عينات دائرية المقطع أو عينات مسطحة كالتي استخدمت في هذا البحث علما إن :  
 $\sigma_m = \text{mean stress} = 0$  ويمثل متوسط الإجهاد = ٠  
 $R = \text{stress ratio} = -1$  ويمثل نسبة الإجهاد = -1  
ويصور الشكل (٩) جهاز فحص الكلال ذو النوع (Avery Type 7305) المستخدم في هذا البحث.

٤- عرض وتحليل النتائج العملية :  
تم فحص خمسة مجاميع من العينات حيث خصصت للمجموعة الأولى (٧) عينات للمعدن الأساس (بدون لحام). بينما خصصت للمجاميع الأربعة المتبقية لمعدن اللحام (عينات ملحومة) وهم على التوالي : المجموعة الثانية (٦) عينات ملحومة بلحام حافة تناكبية أحادية (V). المجموعة الثالثة (٦) عينات ملحومة بلحام حافة تناكبية مزوجة (VV). المجموعة الرابعة (٥) عينات ملحومة بلحام حافة تناكبية أحادية (U) والمجموعة الخامسة (٥) عينات ملحومة بلحام حافة تناكبية مزدوجة (UU). ويمثل الجدول (٩) الفحوصات الكاملة للمجموعات الخمسة. بينما يوضح الجدول (١٠) النتائج العملية للمجموعات الخمسة بشكل تفصيلي لعدد الدورات ( $N_f$ ) بوحدات (كيلو دورة - k.cycle) وأقصى إجهاد تتحمله كل عينة منظرًا لعدد الدورات التي تعرضت لها بوحدات (ميكا باسكال Mpa) عند إجراء الاختبارات العملية على كل عينة من عينات المجاميع اعلاه.

الجدول (٩) ويمثل الفحوصات الكاملة للمجموعات الخمسة مع عدد العينات الملحومة ونوع اللحام لكل مجموعة

المجموعة الأولى للمعدن الأساس	المجموعة الثانية لمعدن اللحام	المجموعة الثالثة لمعدن اللحام	المجموعة الرابعة لمعدن اللحام	المجموعة الخامسة لمعدن اللحام
عدد العينات بدون لحام	عدد العينات الملحومة	عدد العينات الملحومة	عدد العينات الملحومة	عدد العينات الملحومة
٧	٦	٦	٥	٥
نوع اللحام بدون لحام	نوع اللحام V	نوع اللحام VV	نوع اللحام U	نوع اللحام UU

مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ٢٥، العدد ١، ٢٠٠٧، تأثير تصميم وصلات اللحام على مقاومة الكلال لمعدن فولاذ واطى الكربون (ST-52-3)

الجدول (١٠) ويوضح النتائج العملية للمجموعات الخمسة اعلاه بشكل تفصيلي

المجموعة الاولى معدن اساس بدون لحام			المجموعة الثانية معدن لحام V			المجموعة الثالثة معدن لحام VV			المجموعة الرابعة معدن لحام U			المجموعة الخامسة معدن لحام UU		
رقم العينة	$S_f$ Mpa	$N_f$ k.cyc.	رقم العينة	$S_f$ Mpa	$N_f$ k.cyc.	رقم العينة	$S_f$ Mpa	$N_f$ k.cyc.	رقم العينة	$S_f$ Mpa	$N_f$ k.cyc.	رقم العينة	$S_f$ Mpa	$N_f$ k.cyc.
B1	٣٠٠	٤٧٣	C1	٢٨٠	570	D1	٢٨٠	561	E1	٢٦٠	٥٦٤	F1	٢٦٠	٤٦٠
B2	٢٨٠	٦١٥	C2	٢٦٠	575	D2	٢٦٠	580	E2	٢٤٠	٦١٠	F2	٢٤٠	٤٩٧
B3	٢٦٠	٧٨٠	C3	٢٤٠	940	D3	٢٤٠	690	E3	٢٢٠	١١٩	F3	٢٢٠	٩٩٨
B4	٢٤٠	٠١٤	C4	٢٢٠	1122	D4	٢٢٠	1115	E4	٢٠٠	١٩٦	F4	٢٠٠	١٧٨
B5	٢٢٠	٢١٩	C5	٢٠٠	1200	D5	٢٠٠	1192	E5	١٨٠	٥٥٠	F5	١٨٠	٥٦٠
B6	٢٠٠	٥٠٠	C6	١٨٠	1500	D6	١٨٠	1500						
B7	١٨٠	٥٠٠												

يبين الشكل (١٠) منحنيات (عدد الدورات - والمسماة Best Curve Fitting Method وتم الحصول على حد الكلال للمجموعات اعلاه وكما موضحة في الجدول (١١)).  
 الإجهاد (S-N Curves) والتي تعني منحنيات العمر للمجموعات الخمسة اعلاه. حيث تم استخدام طريقة أفضل منحنى يمر بالنقاط العملية

الجدول (١١) ويوضح حد الكلال ومعادلة منحنى العمر لكل مجموعة من المجاميع الخمسة التي مر ذكرها وشرحت تفاصيلها اعلاه.

رقم المجموعة	معادلة منحنى العمر $\sigma_f = A(N_f)^\alpha$	حد الكلال (Mpa)
الاولى (المعدن الاساس بدون لحام)	$\sigma_f = 52217.6(N_f)^{-0.998034}$	196.2 MPa
الثانية (معدن لحام: عينات ملحومة V)	$\sigma_f = 15341.3(N_f)^{-0.309459}$	188.2 MPa
الثالثة (معدن لحام: عينات ملحومة VV)	$\sigma_f = 52217.6(N_f)^{-0.395761}$	187.75 MPa
الرابعة (معدن لحام: عينات ملحومة U)	$\sigma_f = 9666.26(N_f)^{-0.27661}$	189.18 MPa
الخامسة (معدن لحام: عينات ملحومة UU)	$\sigma_f = 7978.26(N_f)^{-0.263443}$	186.9 MPa

## ٥ - المناقشة:

ماتكون بحوالي (٠,٤-٠,٦) من مقاومة المعدن الاساس [١٩]. إلا إن الذي حصل في بحثنا هذا هو ان عملية اللحام أعطت مقاومة عالية للأحمال المسلطة عليها أثناء الخدمة. وذلك لأنه بمقارنتها مع المعدن الأساس كانت قريبة جدا منه وكانت وصلات تصميمية جيدة حيث تراوحت المقاومة للأحمال المسلطة عليها أثناء الخدمة مقارنة مع مقاومة المعدن الأساس بحوالي (٠,٩٥٣-٠,٩٦٤) وبذلك حصلنا على وصلات تصميمية جيدة [٢٠,١٤]. وما كنا لنحصل على هذه النتائج الجيدة لهذه الوصلات التصميمية الجيدة لولا نوعية اللحام وجودته وطريقة اللحام ودقتها ونوعية القطب المستخدم وكفاءته وسرعة اللحام وتفاعلها الجيد مع شدة التيار والفولتية وقطب اللحام حيث إن ضبط جميع هذه المعامل (المتغيرات) قد لعبت أدوارا مهمة في إظهار هذه النتائج الجيدة .

## ٦ - الاستنتاجات:

(١) إن مقاومة الكلال للعينات الملحومة بالأنواع الأربعة من الوصلات وهم وصلة لحام بحافة تناكيبية أحادية V ووصلة لحام بحافة تناكيبية مزدوجة VV ووصلة لحام بحافة تناكيبية أحادية U ووصلة لحام بحافة تناكيبية مزدوجة UU كانت جيدة مقارنة مع مقاومة المعدن الأساس من حيث حد الكلال وأعمار العينات .

(٢) إن اللحام بأي نوع من الأنواع الأربعة المذكورة اعلاه يعطي مقاومة جيدة للكلال وان عمليات اللحام بالموصفات المذكورة من حيث أنواع الأقطاب والتيار والفولتية وسرعة اللحام المستخدمة في هذا البحث قد أعطت لحاما متماسكا وجيدا من حيث الشكل والجودة وأكثر دقة كان ترتيبهم من حيث جودة مقاومتهم للكلال كالتالي (UU 95.3%, VV 95.7%, U 95.9% ) على التوالي مقارنة بمقاومة الكلال للمعدن الأساس.

(٣) يعتبر اللحام ظاهرة علمية وعملية مهمة جدا في الحياة العملية إذ بواسطته أعيدت ملايين الملايين من القطع والأجزاء المكونة

يتضح من خلال ماتم عرضه في الجدول (١١) إن حد الكلال للمعدن الأساس (بدون لحام) أعلى بنسبة قليلة لا تتجاوز (٥ %) عن حد الكلال لأقل جودة (لوصلة اللحام نوع UU) و (٣,٧ %) عن حد الكلال لأعلى جودة لوصلة اللحام نوع U) و (٤,٢٥%) عن حد الكلال (لوصلة اللحام نوع V) و (٤,٥%) عن حد الكلال (لوصلة اللحام نوع VV). وهذا دليل واضح على إن مقاومة العينات الملحومة تكون تقريبا مساوية إلى المعدن الأساس من حيث مقاومة الأحمال الديناميكية المتكررة وخاصة الفشل الناتج عن كلل المعدن أي فشل الكلال. ويعود هذا بالطبع إلى جودة اللحام أي إلى عملية اللحام والى نوعية القطب المستخدم وكفاءته العالية وكذلك إلى سرعة اللحام المتلائمة جدا مع قطر قطب اللحام ومع شدة التيار والفولتية المستخدمتين والتي تم ضبطهم ومعايرتهم بواسطة الجهاز المستخدم وهي ماكينة لحام ألمانية الصنع حديثة من اجل إعطاء هكذا مقاومة . يتضح من خلال الفشل الذي حصل في العينات أثناء تسليط اجهادات ثابتة السعة عليها (اجهادات الكلال) إن الفشل يحدث في مناطق اللحام وان أعمار هذه العينات الملحومة تكون قريبة من أعمار المعدن الأساس. ويعزى هذا إلى ان عملية اللحام بالطرق الأربعة وهم على التوالي لحام حافة تناكيبية أحادية V, لحام حافة تناكيبية مزدوجة VV, لحام حافة تناكيبية أحادية U, ولحام حافة تناكيبية مزدوجة UU كانت جيدة وأعطت نتائج أكثر دقة [18,13]. إن عملية اللحام الجيدة تعطي مقاومة عالية للأحمال المسلطة عليها أثناء الخدمة وتكون المقارنة أساسا مع المعدن الأساس. فإما إن تكون قريبة من المعدن الأساس وبذلك تكون وصلة تصميمية جيدة. وإما إن تكون بعيدة عن المعدن الأساس وبذلك تكون وصلة تصميمية رديئة وذلك لان نوعية أقطاب اللحام تكون رديئة وتؤدي إلى إن المقاومة تصبح واطئة وغالبا

مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ٢٥، العدد ١، ٢٠٠٧، تأثير تصميم وصلات اللحام على مقاومة الكلال لمعدن فولاذ واطى الكربون (ST-52-3)

[9] "Annual Book of ASME standards: Boiler and Pressure vessel code" Part C Welding, Rode, Electrodes, Filler Metals, 1989.

[١٠] بيلى ف ترجمة د. حسين باقر رحمة الله "مباديء هندسة المعادن والمواد" قسم هندسة الانتاج والمعادن / الجامعة التكنولوجية، ١٩٨٥.

[11] DE LOSE RIOS E.R., MOHAMMAD H.J., MILLER K.J. "A Micro Mechanics Analysis For short Fatigue crack Groth" "Fatigue Eng. Mater. Struc., Vol.8, No.1, 1985, pp.49-63.

[12] ESAB "Welding Handbook" Product catalogue, Filler Material For Manual and Automatic Welding, 1988.

[13] MIANNAY D.P. "Fracture Mechanics" Mech. Eng. Ser., Springer- Verlag New York, Inc. 1998.

[14] FIGLIDLA R.S., BEASLEY D. E. "Theory And Design For Mechanical Measurements." 3<sup>rd</sup> Ed. John Wiley & Sons Inc. 2000.

[١٥] الخزعلي، منذر عبد الجليل قاسم "تقنية اللحام، علوم ومهارات" دار الفرقان.

[16] SINDOKOU "Welding Metallurgy" John Wiley & Sons Inc. 2003.

[17] LEE H.T., KUO T.Y., Science Technology Welding Join, 4, 94, 1999.

[18] KOTECKI D.J., Welding, Journal, 79, 346S, 2000.

[١٩] الفهداوي، اسيل حمد "تأثير اللحام بالقوس الكهربائي على سلوك الكلال" رسالة ماجستير - قسم الانتاج والمعادن - الجامعة التكنولوجية، بغداد ١٩٩٩.

[٢٠] ناوي، سامي علي "تقييم بعض الخواص الميكانيكية لوصلات اللحام غير المتشابهة" رسالة ماجستير - كلية الرشيد للهندسة والعلوم - الجامعة التكنولوجية بغداد ٢٠٠٥.

للأجهزة والمعدات والمكائن إلى الحياة والعمل من جديد مرات عديدة. ولتكون عملية اللحام مفيدة وذات مغزى فإنه يجب إن يقترب المعدن الملحوم من المعدن الأساس أكثر فأكثر وتتأثر جودة اللحام

بنوع قطب اللحام ويسرعة اللحام وبنوع معدن اللحام وبطريقة اللحام وكذلك بشدة التيار والفولتية ويجب إن تتوافق هذه العوامل جميعها فيما بينها لتصل إلى اللحام الأمثل ليقتررب بمواصفاته ومقاومته أكثر فأكثر من مواصفات ومقاومة المعدن الأساس وهذا ماهدفنا وسعينا اليه وبيناه في هذا البحث .

#### المصادر

[1] FAJDIGAG, FLASKERJ., GLODEZS. "Numerical Analysis of surface Fatigue Crack Groth Using FEM Method" at Int. Design Conf. 2000, pp.527-532.

[2] BOLTON W. "Engineer-ing Materials Technology" 3<sup>rd</sup> Ed. Butter Worth-Heinemann, 1988, pp.415-418.

[3] CALLISTER W.D. "Materials Science and Engineering: An Introduction" 4<sup>th</sup> Ed. John Wiley & Sons Inter science Pub. 1977

[4] NORTON R.L. "Machine Design: An Integrated Approach" Prentice- Hall Inter science Pub. 1998.

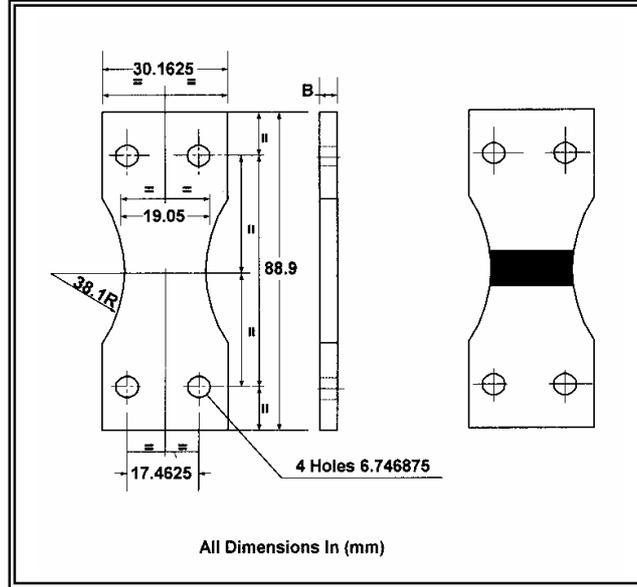
[5] "Catalogue of key to Steel" Federal Republic of Germany 1988.

[6] "Catalogue of Avery Type 7305-Fatigue Testing Machine".

[7] SEDMAKS., NIKOLICM., VOJNOVIC V. "Manual For Design of Process Equipment" University of Beogradu 2000.

[8] "Annual Book of ASTM standards: Metal Test Methods And Analytical Procedures catalogue" Sec. 3, Vol. 03.01, 1988.

مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ٢٥، العدد ١، ٢٠٠٧، تأثير تصميم وصلات اللحام على مقاومة الكلال لمعدن فولاذ واطى الكربون (ST-52-3)

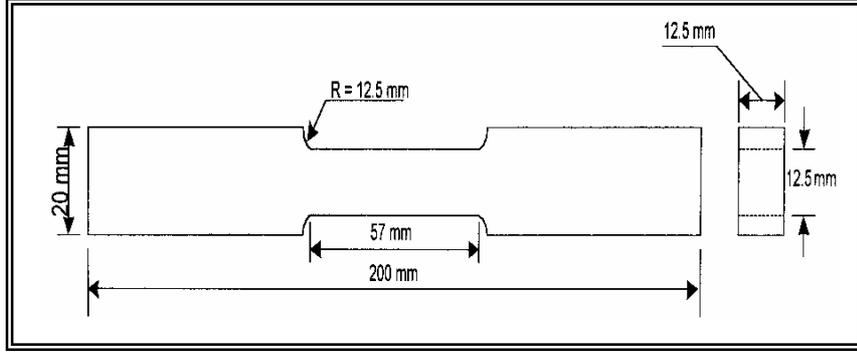


الشكل (١) يمثل الشكل الهندسي لعينة انحناء متعكس قياسية: - جميع الأبعاد بالمليمترا (عينة فحص الكلال استناداً الى جهاز) (Avery Type 7305) [6,5]

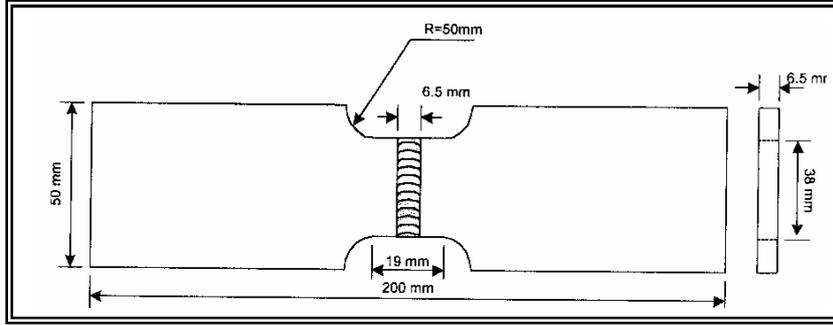
design	properties	type of weld joint	NO.
	$\alpha=90$ $s=2\text{ mm}$ $g=2\text{mm}$	single V-butt edge	1
	$\alpha=60$ $s=2\text{ mm}$ $g=2\text{mm}$	Double V-butt edge or (x)	2
	$\alpha=20$ $s=2\text{ mm}$ $g=2\text{mm}$ $r=7\text{ mm}$	single U-butt edge	3
	$\alpha=20$ $s=2\text{ mm}$ $g=2\text{mm}$ $r=7\text{ mm}$	Double U-butt edge	4

الشكل (٢) يمثل تصميم وصلات اللحام [11,7]

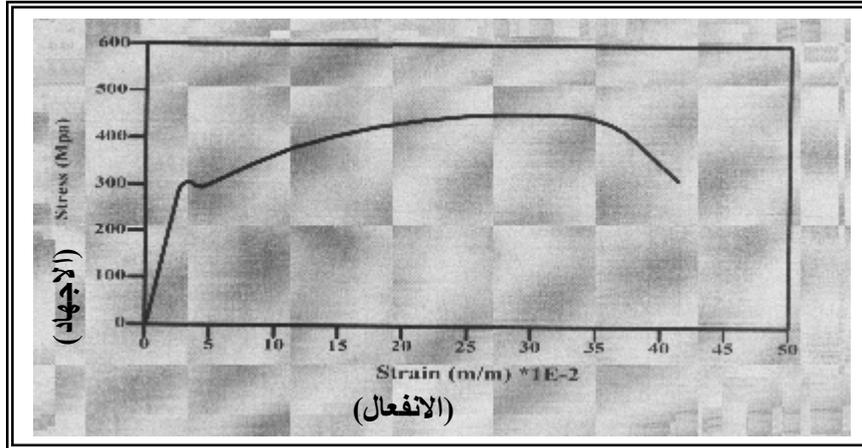
مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ٢٥، العدد ١، ٢٠٠٧، تأثير تصميم وصلات اللحام على مقاومة الكلال لمعدن فولاذ واطى الكربون (ST-52-3)



الشكل (٣) يمثل عينة فحص الشد القياسية للمعدن الاساس [11,8]

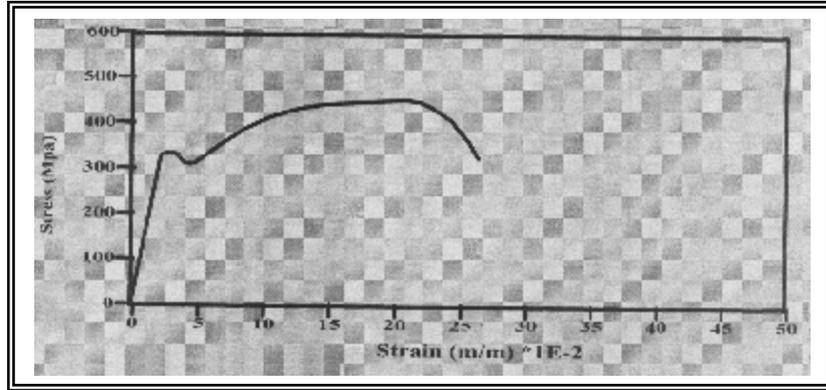


الشكل (٤) يمثل عينة فحص الشد القياسية لعتبة ملحومة [14,9]

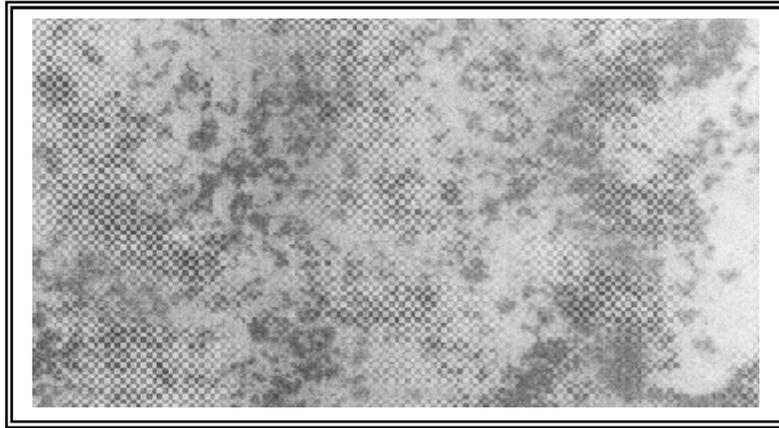


الشكل (٥) يمثل منحنى (الاجهاد - الانفعال) للمعدن الاساس.

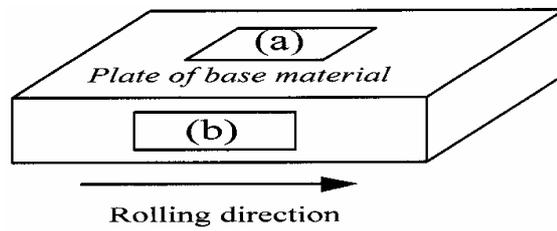
مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ٢٥، العدد ١، ٢٠٠٧، تأثير تصميم وصلات اللحام على مقاومة الكلال لمعدن فولاذ واطى الكاربون (ST-52-3)



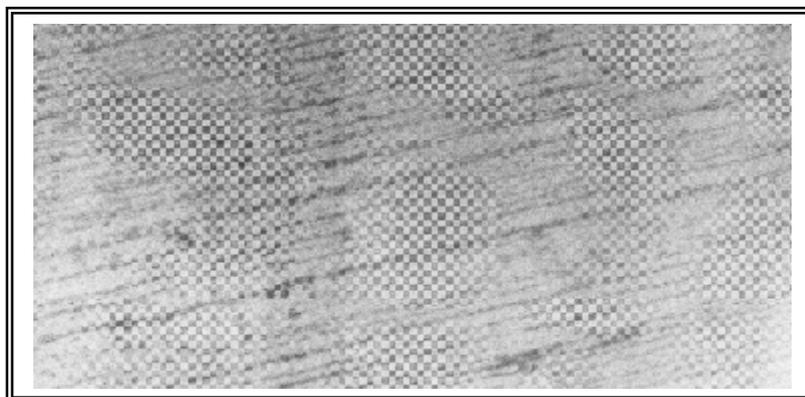
الشكل (٦) يمثل ( الاجهاد - الانفعال ) لمعدن اللحام



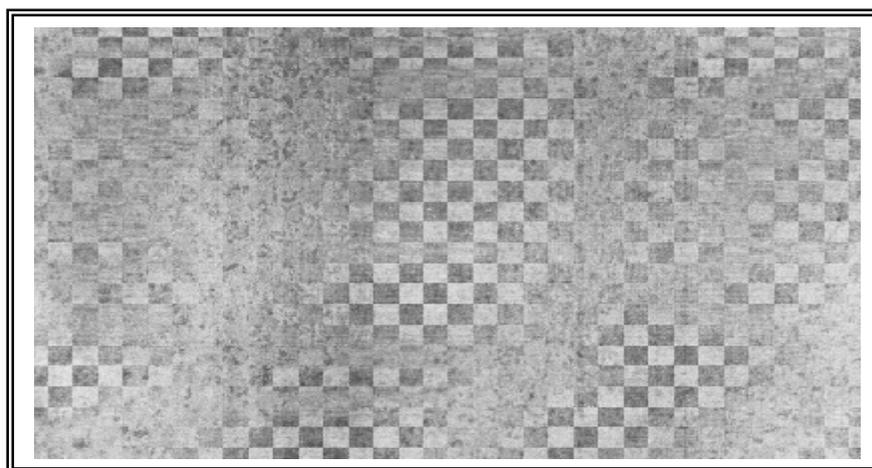
الشكل (٧a) ويمثل التركيب المجهرى للمعدن الاساس (درجة التكبير 150مرة).



مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ٢٥، العدد ١، ٢٠٠٧، تأثير تصميم وصلات اللحام على مقاومة الكلال لمعدن فولاذ واطى الكاربون (ST-52-3)

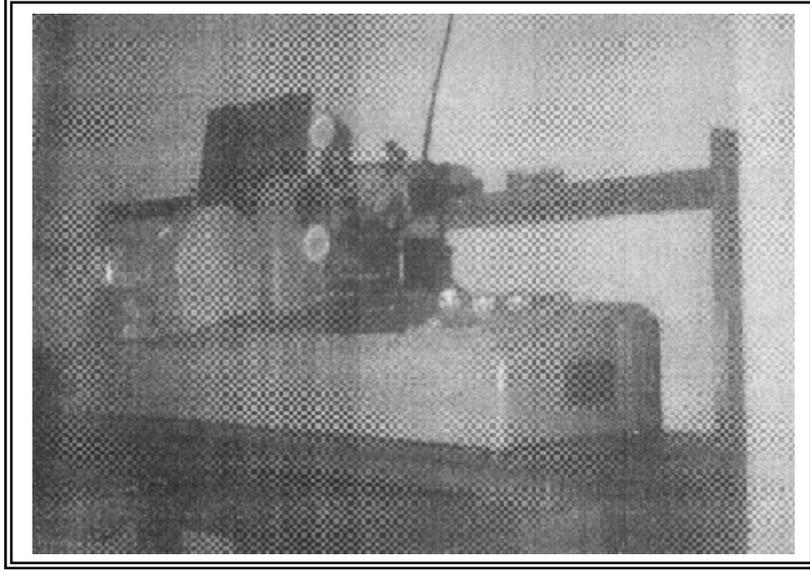


الشكل (٧b) ويمثل التركيب المجهرى للمعدن الاساس (درجة التكبير 150مرة).

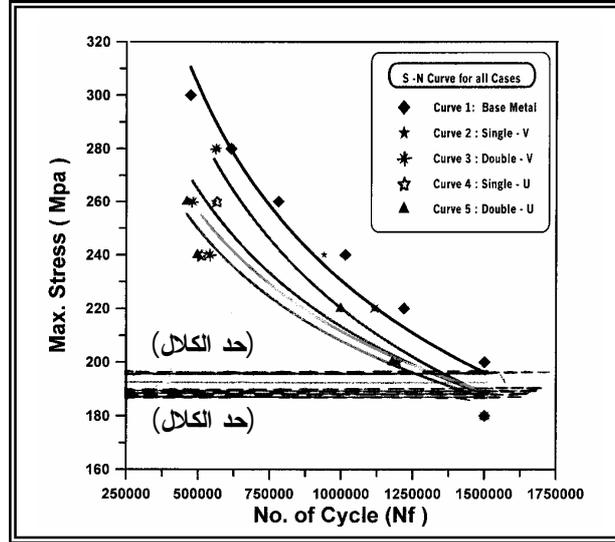


الشكل (8) ويمثل التركيب المجهرى لمعدن اللحام (درجة التكبير 150مرة) وعبارة عن حبيبات خشنة ويتكون من البيرلايت والفيرايت وبعض الكاربيدات

مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ٢٥، العدد ١، ٢٠٠٧، تأثير تصميم وصلات اللحام على مقاومة الكلال لمعدن فولاذ واطي الكربون (ST-52-3)



الشكل (٩) يمثل الجهاز فحص الكلال نوع (Avery 7305) المستخدم في تحضير العينات.



الشكل (10) ويمثل منحنيات عدد الدورات - الإجهاد (S-N) للنتائج العملية للمجموعات الخمسة وحدود الكلال بالخط المتقطع ( - - - - )