دراسة تاثير اللحام على خواص الشد والصلادة للفولاذ الكاربوني باستخدام طريقتيArc Welding &Tig Welding

د.عباس خماس حسين* ، محمد مهدي جبار*
و سحر حسين احمد*

تاريخ التقديم:2010/1/14
تاريخ القبول:2010/11/4

الخلاصـــة

يعتبر اللحام واحد من أهم العمليات الصناعية لذلك تم تطوير العديد من الطرق لغرض الحصول على لحام كفؤ وواطئ الكلفة ولأنواع مختلفة من المعادن .في هذا البحث تم المقارنة بين طريقتين من أنواع اللحام هي طريقة القوس الكهربائي الاعتيادية (Arc Welding) وطريقة اللحام بالقوس الكهربائي باستخدام غاز حماية (Tig Welding) باستخدام معدن من الفولاذ الواطئ الكربون, تم إجراء الاختبارات الميكانيكية كاختبار الشد وقياس الصلادة واخذ صور للبنى المجهرية للعينات الملحومة ومقارنتها بعينة من نفس المعدن غير ملحومة, ووجد أن إجهاد الشد الأقصى للعينة الملحومة نوع (Arc) بلغ (22.5%) اكبر منها لغير الملحومة, أما للعينة الملحومة بطريقة (Tig) فيكون اقل بنسبة (7.5%) , أما القيمة العليا للصلادة فكانت(255 HV) بطريقة (Tig) بينما بلغت (200 HV) في طريقة (Arc) .

Study the Effect of Welding on Tensile and Hardness Properties for Carbon- Steel by Using Arc Welding &Tig Welding

Abstract

Welding is one of important industrial processes, Therefore many techniques are development to get an efficient and low cost welding for different kind of materials. This research is compared between two technique procedures of welding , (Arc welding) & (Tig welding)for a specimen from low carbon steel, The mechanical tests like tensile and hardness are measured and taking a microstructure pictures ,We found that for the max strength in (Arc welding) is greater than unwelded specimen by (22.5%) , and for (Tig welding) it is smaller by (7.5%),The high value of hardness in (Arc welding) is (200 HV) and high value in (Tig welding) is (255 HV) .

المقدمة

تتلخص عملية التطـــور لطريقتـــي (Arc) و(Tig) انه وبعد اكتشاف القوس الكهربائي من قبل العالم humphry Davy الـــى ان استحدث العالم C.l.Coffin فكرة استخدام لحام في جو غاز خامد في 1890 , لكـــن حتى القرن ال1900 كان لحام المواد اللا معدنية كالالمنيوم والمغنسيوم صـــعبا لان هذه المعادن تتاثر بالهواء وهكذا اصبح لحام Tig من افضل انواع اللحام خاصة فـــي صناعة الطائرات , استمر التطـــور لســـنة 1941 باستخدام قطب من التنكستن وغاز هليوم ولكن بزيادة التسخين للقطب بـــدات دقائق التنكستن تنتشر داخل اللحيم ولمعالجة هذه الظاهرة تم تغير القطبية الكهربائية من موجبة الى سالبة وهكذا كان تطوير وحدات التيار المتناوب الى جعـــل القـــوس ثابتـــا واعطاء نوعية لحام عالية الجودة , استمرت التطورات حتى قامت منتجات ليندا الجوية

*قسم هندسة المواد،الجامعة التكنولوجية /بغداد

https://doi.org/10.30684/etj.28.23.17
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

بعمل وصلات مبردة بالماء لمنع زيادة الحرارة وفي 1950 تم استخدام CO2من ضمن الغازات الاخرى ولكنه اثبت عدم فعاليته في لحام الالمنيوم والمغنسيوم لانه خفض نوعية اللحام , وفي 1953 تم استحداث لحام قوس البلازما المستند على لحام (Tig) ولكنه يعتمد على الانظمة الالية بينما طريقة (Tig) تبقى عملية يدوية محمولة واستمر التطور الى يومنا هذا ليشمل التيار النابض , السلك الحار , طريقة البرمجة[1]

.تم في هذا البحث استخدام اللحام بطريقة الصهر وهي الطريقة الاكثر شيوعا للاعتبارات التالية:

1- اقل الطرق كلفة
2- توفر المعدن حيث تعطي اكبر استفادة **من المعدن**
3- تستخدم في لحام جميع المعادن
4- يمكن استخدامها في اي مكان وفي اي وضع
5- تعطي مرونة عالية في التصميم

وقد استخدمت طريقتين هما

اولا : طريقة اللحام بالقوس الكهربائي (الكترود مغلف)(Stick Arc welding)

تعتبر هذه العملية احدى انواع اللحام بالقوس الكهربائي الناتج بين الكترود مغلف والشغلة

وتتم عملية اللحام عند مرور التيار بين الالكترود والشغلة عبر الثغرة بينهما فينشا القوس الكهربي الذي يولد حرارة كافية لصهر المعدن الاساس ومعدن الالكترود وينتقل معدن الالكترود المنصهر الى بركة اللحام المتكونة (حوض الانصهار) في المعدن الاساس ويترسب المعدن المنصهر مكونا شريط اللحام واما مكونات غلاف الالكترود فينتج عنها غازات حول منطقة القوس تعمل على عزل منطقة الانصهار عن الهواء الجوي , كما ينتج تحلل لمكونات غلاف الالكترود تتحد مع الشوائب والغازات مكونة خبث يطفو فوق شريط اللحام يعمل على حمايته من التعرض للهواء الجوي,وتستخدم في لحام معظم المواد وفي جميع الاوضاع ولاسماك مختلفة ولا يستخدم في لحام المغنسيوم وا المعادن المشعة ونادرا ما يستخدم في لحام الالمنيوم.

ثانيا: طريقة اللحام بالقوس الكهربائي مع استخدام غاز حماية (Tig welding)

في هذا النوع يتم التسخين نتيجة القوس الكهربي بين الالكترود والشغلة مع وجود غاز حماية من الهواء حيث تعزل وصلة اللحام بدفع غاز خامل مثل الاركون او الهليوم حول القطب المستعمل وفوق وصلة اللحام ,فيقوم الغاز بحماية معدن اللحام المنصهر من التماس مع الاوكسجين والنتروجين الموجودين في الهواء الخارجي , وتمتاز هذه الغازات بكونها خاملة فلا تشترك باي تفاعل كيميائي اثناء عملية اللحام ويتم اللحام باستخدام قطب من التنكستن الذي لا يستهلك وذلك لان درجة انصهاره اعلى من درجة انصهار معدن اللحام وكذلك درجة حرارة القوس المتولدة وتستخدم هذه الطرقة في لحام كل المعادن وخاصة غير الحديدية.[3]

العوامل المؤثرة في اختيار لحام الفولاذ

هناك عدة عوامل تؤثر على قابلية الفولاذ للحام تتضمن التركيب الكيمياوي والخواص الفيزيائية والمعاملات الحرارية فزيادة نسبة الكاربون مثلاً تؤثر على مقاومة وصلادة ومتانة اللحام فاذا ازدادت نسبة الكاربون عن 0.3 % فسوف تزداد قابلية التقسيةعند التبريد في الهواء لمنطقة التحول في المعدن الاصلي ويصبح الفولاذ هشاً ويكون هذا التأثير قليلاً في لحام القوس الكهربائي مقارنتاعنه في لحام الغاز . ويتصف الفولاذ الانشائي الكاربوني بلحامية جيدة حتى حد 0.27 % كاربون ويكون اللحام ناجحاً حتى 0.35 % كاربون ويتوقف بنجاح اللحام على الشروط المتوفرة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

كالوقاية من الغازات في الهواء اما اذا احتوى الفولاذ الانشائي الكاربوني اكثر من 0.36 % كاربون فانه سوف يتعرض للتشقق ولهذا السبب فانه قد يحتاج الى تسخين اولي قبل اللحام والى معاملات حرارية بعد اللحام واستعمال معدن حشو يحتوي على كاربون قليل مما يؤدي الى تقليل التقسية في منطقة اللحام كما ان اضافة الفسفور بنسبة اكثر من 0.04 % يؤثر بشكل سيء على الخواص الميكانيكية حيث تزداد الهشاشية اما الكبريت فيحدث تشققات في منطقة اللحام اذا ازدادت نسبة عن اكثر 0.04 % وخاصة في لحام الغاز

ان قابلية لحام هذه المجموعة من الفولاذ تعتمد على التركيب الكيميائي وقابلية التقسية فالانواع التي تملك قابلية تقسية منخفضة يمكن لحاملها بسهولة اما الانواع التي لها قابلية تقسية عالية فانها تحتاج الى تسخين اولي وتسخين لاحق وبذلك يشبه لحام المجموعة هذه لحام الفولاذ الكاربوني ذي نسبة كاربون مشابه . ويمكن لحام مقاطع الى حد 6 ملم سمك باستخدام معدن حشو من الفولاذ المنخفض الكاربون واذا كان الفولاذ من النوع العالي المقاومة فيستعمل معدن حشو مشابه للمعدن الاساس اما اللحام الفولاذ المقاوم للتآكل الكيمياوي فيستعمل معدن حشو له تركيب كيميائي يشبه المعدن الاساس ويلاحظ عند اللحام تفادي حدوث التشقق البارد او شقوق تحت الدرز ويتم ذلك باستخدام معدن حشو منخفض الهيدروجين الذي لا يحتاج عادة الى تسخين اولي مع تأمين معدل تبريد بطئ والتسخين الاولي ضروري في حالة عدم استخدام معدن حشو منخفض الكاربون ويمكن استخدام ذلك بعدة طرق اللحام منها لحام الاوكسي استيلين ولحام القوس الكهربائي المغلق ولحام القوس المغمور ولحام المقاومة الكهربائية ولحام القوس مع الغاز الواقي ويتوقف على نسبة الكاربون فيه فيكون لحاماً جيداً الى حد 0.2 % ويكون متوسطاً عنده 0.35 % كاربون ويكون محدداً الى حد 0.4 % كاربون وبزيادة نسبة الكاربون اكثر من 0.4 % يكون اللحام ردئ وبشكل عام نحصل على لحام جيد عنده التسخين المسبق والتلدين بعد اللحام وبالتالي نحصل على بنية مجهرية (البرلايت) جيدة في اللحام

المعاملات الحرارية والميكانيكية التي تجرى على الملحومات .

تؤدي غالباً معاملات ميكانيكية وكحرارية مختلفة الى تخفيف الاجهادات والتشوهات في الملحومات وتتضمن هذه المعاملات التسخين و المسبق والنقر و المعاملة الحرارية بعد اللحام علاوة على عملية التحميل بأجهاد الصمود , وهذه المعاملات ليست فقط تخفض الاجهادات المتبقية والتشوه وانما تقوم بتغير الخواص المعدنية للملحومات احياناً .

المعاملات الحرارية الميكانيكية ضرورية للحفاظ على خواص المعدن الاساس او لاسترجاعها اذ تتأثر هذه الخواص بحرارة اللحام زيادة على ذلك فان خواص معدن اللحام المترسب قد تحسن او تعدل باستخدام هذه العمليات والمعروف ايضاً ان ازالة الاجهادات والحصول على بنية دقيقة للمعدن الاساس ومعدن الحشو تعتمد درجة التغيرات هذه على عدة عوامل واهمها :

1- درجة الحرارة التي يتعرض لها المعدن
2- الفترة الزمنية لتعرض المعدن لدرجة الحرارة .
3- تركيب المعدن
4- معدل التبريد
5- تصميم الوصلة
6- طريقة اللحام
7- خطوات اللحام والمتغيرات في اثناء عملية اللحام .

والخواص التالية بين الخواص التي يسيطرعليها او تحسن باستخدام المعاملات المناسبة سواء الميكانيكية اوالحرارية التي تتأثر بشكل بازالة الاجهادات والتشوه :

1- قابلية اللحام التي تتحسن بالتسخين المسبق .
2- الاستقرار البعدي
3- قابلية التشغيل

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

4- تخفيض تأثير الحز المعدني الناتج من اختلاف الصلادة الدقيقة حول منطقة اللحام باستخدام التسخين اللاحق المناسب .
5- زيادة مقاومة المعدن في منطقة التأثير الحراري لنمو التشقق باستخدام التسخين المسبق واللاحق .
6- زيادة مقاومة التآكل باستخدام التسخين اللاحق .[4]

الجزء العملي

تم استخدام قطع من الفولاذ الواطئ الكاربون تم تنظيفها ثم اجريت عليها العمليات التالية :

1-تم تحضير عينة اولية بدون لحام لغرض اجراء المقارنة ابعادها(98.8 *26 *6)ملم وتم اجراء التحليل الكيميائي وتم اعطاء النتائج في جدول (1).

2- تم تحضير عينتين كل واحدة نصف ابعاد العينة القياسية وباستخدام جهاز لحام القوس الكهربائي(Arc welding) تم عمل شريط لحام واحد شكل (1) وبعد تبريد القطعة بالهواء تم ازالة الخبث باستعمال جهاز تجليخ كهربائي وعمل تحليل كيميائي في منطقة اللحام جدول (2) .
3- تم تحضير عينتين ابعاد كل واحدة نصف ابعاد العينة الاساسية وباستخدام جهاز لحام القوس الكهربائي(Tig welding) واستخدام غاز الاركون وعمل تحليل كيميائي جدول (3) .
4- تم اعادة العمليتين 2و3 تم تحضير عينتين ملحومة تم تقطيعهاوتحضيرها بشكل عينات اختبار الشد ابعادها حسب مواصفات (ASTM A370) شكل (2) .
5- تم اخذ عينة من كل نوع لحام (Arc1) و(Tig1) والعينة الاساس (Base Metal) وتم فحص الصلادة (HV) بجهاز الصلادة الدقيقة وبتسليط حمل (9.8 KN)وتم الحصول على النتائج جدول رقم (4) .

6- تم اخذ عينة من كل نوع لحام (Arc1) و(Tig1) والعينة الاساس (Base Metal)وتم اجراء اختبار الشد بجهاز الشد وتم الحصول على الاشكال البيانية مباشرة من الجهاز شكل (6,4,3).
7- تم اجراء المعاملة الحرارية للعينات (Arc1) و(Tig1) وباستخدام الفرن الانبوبي وبدرجة حرارة (C^o 600) وزمن تثبيت (15 min) ثم تبريد داخل الفرن .

8 – تم اخذ عينة من كل نوع لحام (Arc2) و(Tig2) واجراء اختبار الشد بجهاز الشد وتم الحصول على النتائج شكل (7,5) .
9- تم اخذ عينة من كل نوع لحام (Arc) و(Tig) والعينة الاساس (Base Metal) وتم تحضيرها
للفحص المجهري باستخدام اوراق تنعيم وبدرجات (p240,500,1000) ومن ثم تم صقلها بمحلول الالومينا تم عمل اظهار للبنية باستخدام مادة النايتل التي تتالف من (98% كحول +2% حامض النتريك) ولمدة(5 ثواني) ثم باستخدام المجهر الضوئي وبتكبير (200x) تم الحصول على البنى المجهرية شكل (8) .
10- تم اخذ عينة من كل نوع لحام (Arc2) و(Tig2) والعينة الاساس (Base Metal) وتم تحضيرها للفحص المجهري باستخدام اوراق تنعيم وبدرجات (p 240,500,1000) ومن ثم تم صقلها بمحلول الالومينا وتجفيفها بالمجفف تم عمل اظهار للبنية باستخدام مادة النايتل التي تتالف من (98% كحول +2% حامض النتريك) ولمدة(5 ثواني) ثم باستخدام المجهر الضوئي وبتكبير (200x) تم الحصول على البنى المجهرية شكل (9) .
11- تم اخذ عينة من كل نوع لحام (Arc2) و(Tig2) والعينة الاساس (Base Metal)وتم فحص الصلادة (HV) بجهاز الصلادة الدقيقة وتم الحصول على النتائج جدول رقم (4) .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

النتائج والمناقشة

الجدول التالي يبين نتائج الاختبارات التي خضعت لها عينات البحث (العينات الملحومة وغير الملحومة) وهذه الاختبارات تتضمن :

1) اختبار الشد Tensile test
2) اختبار الصلادة Hardness test

specimen	$б_{max}$	$б_y$	HV
Base metal	400	285	190
Arc welding before heat treatment	490	240	190
Arc welding after heat treatment	395	275	180
Tig welding before heat treatment	300	250	215
Tig welding after heat treatment	370	260	210

الاشكال (7,6,5,4,3) تبين منحنيات الاجهاد – الانفعال

لعينات الاختبار , ونلاحظ بشكل واضح تاثير عمليات اللحام على خواص الشد والتي تتضمن مقاومة الشد القصوى ($б_{max}$) ومقاومة الخضوع ($б_y$) (التي تم الحصول على قيمها مباشرة من برنامج رقمي متصل بجهاز الشد) وللعينات الملحومة قبل وبعد المعاملة الحرارية ومقارنتها بالعينة الغير ملحومة, نلاحظ تحسن في خواص الشد ونقصان الصلادة في وصلات لحام القوس (Arc welding) المعاملة والغير معاملة يمكن ان يعزى الى تكون الفرايت عند المكتنفات المعدنية (inclusions) حيث ادى التسخين الى درجات حرارة عالية الى فقدان الكاربون من الطبقة السطحية وبالتالي تقليل الصلادة كما مبين في صور البنية المجهرية شكل (8)حيث تتكون اكثر البنية من ارضية الفرايت [5] , اما التحسن في الخواص الميكانيكية التي تتضمن الصلادة ومقاومة الشد ومقاومة الخضوع في حالة لحام (Tig welding) فانه يعزى الى البنية المجهرية الناعمة نتيجة التبريد السريع كما مبين في الشكل (9) وكلما كان البنية ناعمة كلما حسن ذلك من الخواص الميكانيكية [6] , ومن الجدول (3) نلاحظ نتائج التحليل الكيميائي في منطقة اللحام وجد زيادة في نسب بعض العناصر الذي ادت زيادتة في لحام (Tig)الى تحسين خواص الملحومة في منطقة الصهر وقلل من العيوب التي تودي حدوث شقوق وذلك لتكون بنية متجانسة حيث عمل الغاز الخامل على منع تحرير غازات تتفاعل مع الحديد وتكوين اكاسيد [7], ان العيوب التي تظهر في بعض وصلات اللحام يمكن ان يعزى الى تكون طبقة سائلة على امتداد الحدود البلورية [9,8].

الاستنتاجات

من الدراسة السابقة , يمكن ان نستنتج ان وصلات اللحام (Arc) المعاملة والغير معاملة تودي الى تحسن واضح في بعض الخواص الميكانيكية كمقاومة الشد ولكن على حساب الصلادة اقل مقارنة مع العينة غير الملحومة وذلك نتيجة تكون الفرايت الذي يتكون عند مراكز الشوائب (المكتنفات المعدنية) .

1- وصلات اللحام ب(Tig)اعطت مقاومة شد اقل مع زيادة ملحوضة في الصلادة نتيجة تكون بنية من البرلايت الناعم الذي تكون نتيجة التبريد السريع .
3- قلة العيوب في لحام ال(Tig) مقارنة مع (Arc) بسبب تكون بنى متجانسة نتيجة زيادة في نسب العناصر الكيميائية .

المصادر

[1] . Wales.J , "Gas tungsten arc welding ", Wikipedia ,article, www.google.com .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

[2] . Hussien . M. A , "technical of electronic welding " , Egypt,Page (7-44), 2001.

[3] . Steven .J.B ," How to choose thebest welding method for your mold application" , feature article ,www.google.com .

[4] .Khtan.K.M ,"Welding Metallurgy"
, Uot,2008.

[5] .Van .D.E.,Grong, Babu,David , "Effects of Interactive Partical on Steel Weld ability", norwegian university , D. of .M ,Aug / 13 /1998.

[6] . Akca.C , Karaaslan .A , "Weldability Of Class 2 Armor steel using gas tengstan arc weldhng ", D of M & M .E , Yilidz Technical university , V34.Issue2 , ,Page 110-112, December 2008.

[7] . Vishniakas . I. " The Structure of Welded Austenitic and Non-austenitic Steel Joints ", Vilnius Gediminas Technical University ,23/ may / 2003.

[8] . Kazoo.O, Hiroshi.Y ,Sadaahirio.Y,
"Leading High Performance Steel Plates with Advanced Manufacturing Technologies",Nkk Technical Review No.88,2003.

[9] Hastuhiko.O,Tatsuya.S,Tadashi , "Weld ability of High Strength Steel" ,(HSS)Sheets for Automobiles, Nippon Steel Technical ,No.95,2007.

جدول (1) التحليل الكيميائي للمعدن الاساس

Fe	C	Ni	Si	Mn	A1	Co	Ti	Cr	Cu	Mo	V
97.9	<1.0	<0.2	0.352	0.217	0.029	<0.02	<0.02	<0.1	0.061	<0.05	0.02

جدول (2) التحليل الكيميائي للمعدن الملحوم (Arc) في منطقة اللحام

Fe	C	Ni	Si	Mn	A1	Co	Ti	Cr	Cu	Mo	V
97.7	<1.0	<0.05	1.01	0.123	<0.02	0.05	<0.02	<0.03	0.261	<0.03	0.019

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول (3) التحليل الكيميائي للمعدن الملحوم (Tig) في منطقة اللحام

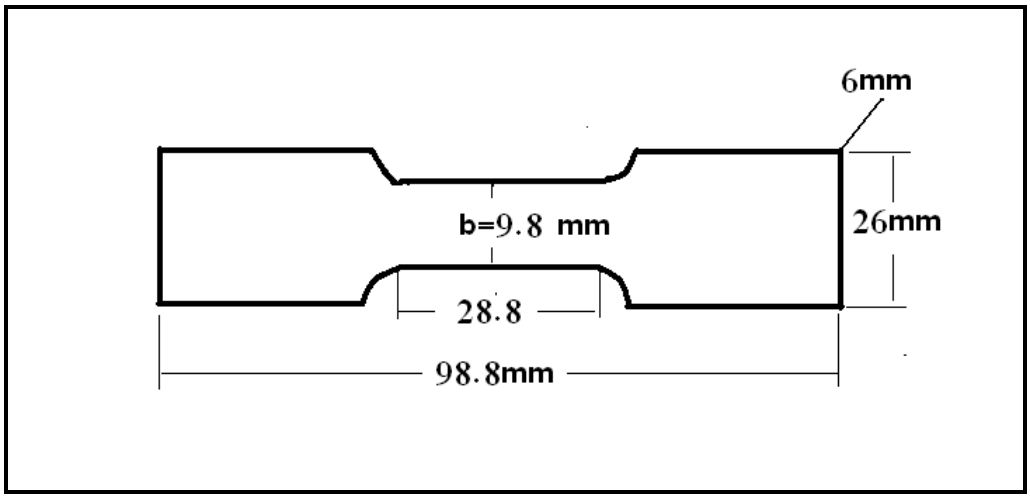
Fe	C	Ni	Si	Mn	A1	Co	Ti	Cr	Cu	Mo	V
97.3	<1.0	0.104	1.11	0.141	<0.02	<0.02	<0.02	<0.03	0.217	<0.03	0.02

جدول (4) قيم الصلادة

Process	BASE MATEL ZONE HV KN/mm^2	HEAT EFFECT ZONE HV KN/mm^2	FUSION ZONE HV KN/mm^2
Arc welding before heat treatment	188	185	200
Arc welding after heat treatment	170	188	190
Tig welding before heat treatment	185	209	255
Tig welding after heat treatment	190	200	236

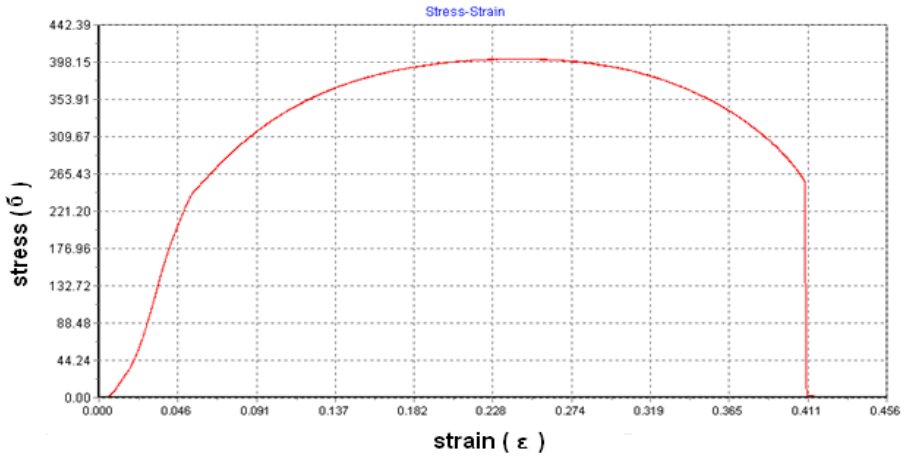
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

شكل (1) العينة الملحومة

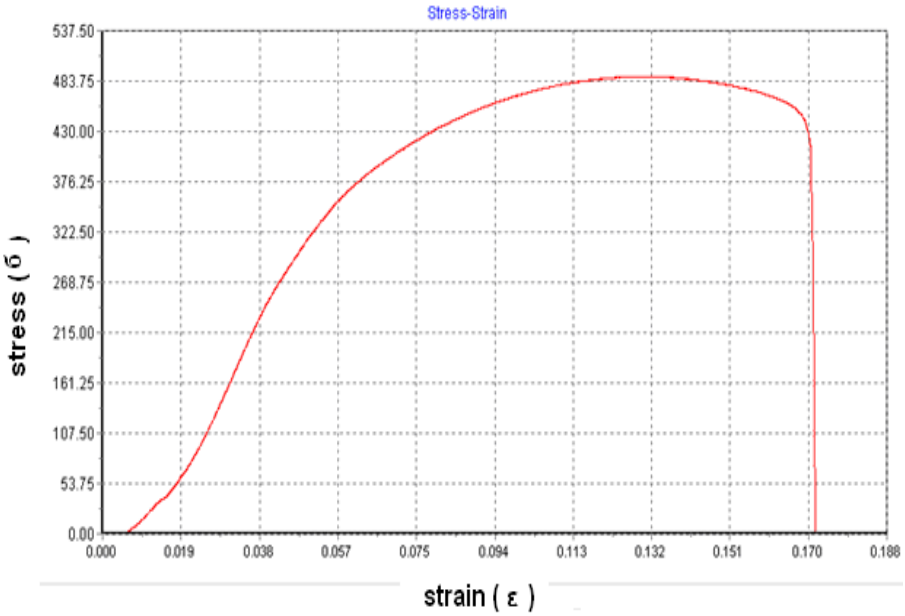


شكل (2) ابعاد عينة الشد المستخدمة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

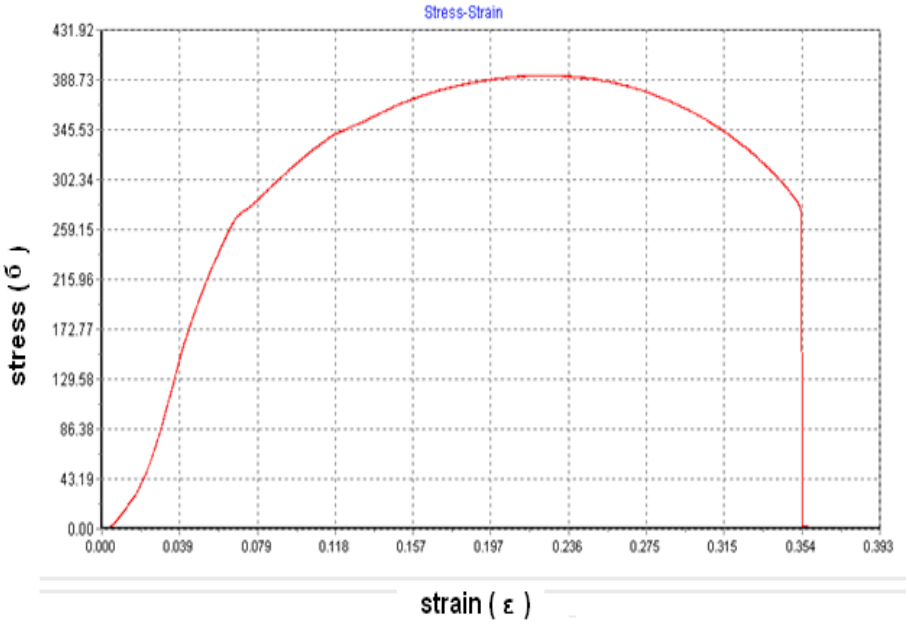


شكل (3) يبين الاجهاد – الانفعال لعينة غير ملحومة

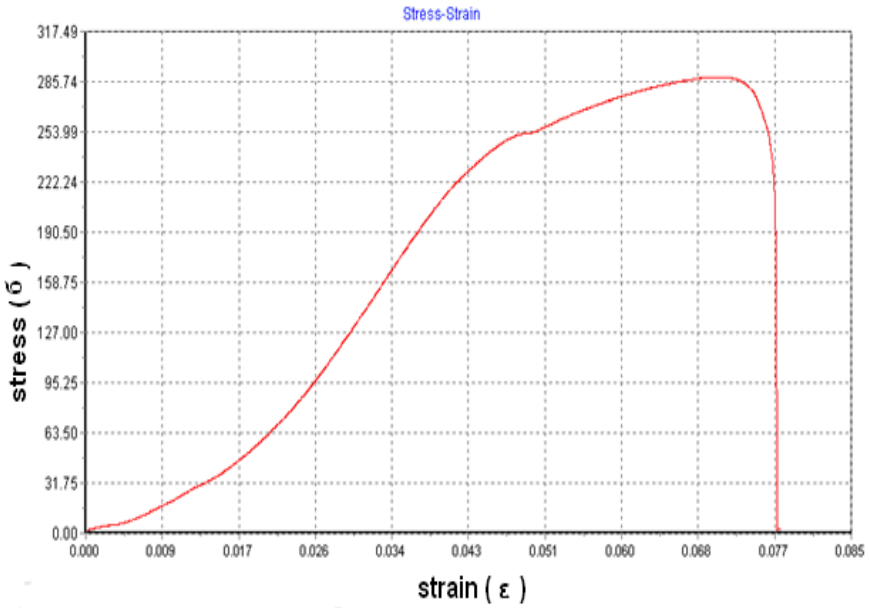


شكل (4) يبين الاجهاد – الانفعال لعينة ملحومة (Arc1) قبل المعاملة الحرارية

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

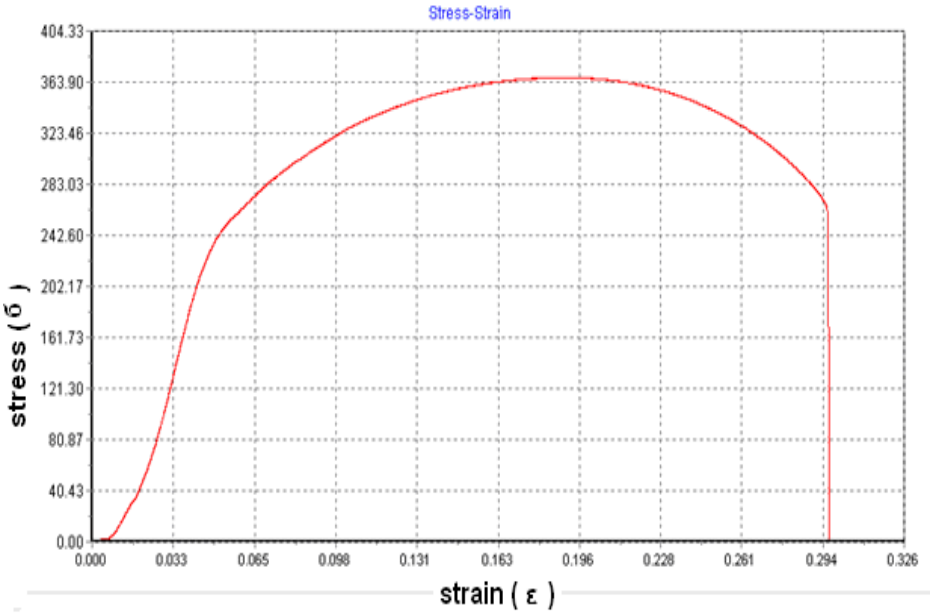


شكل (5) يبين الاجهاد – الانفعال لعينة ملحومة (Arc2) بعد المعاملة الحرارية



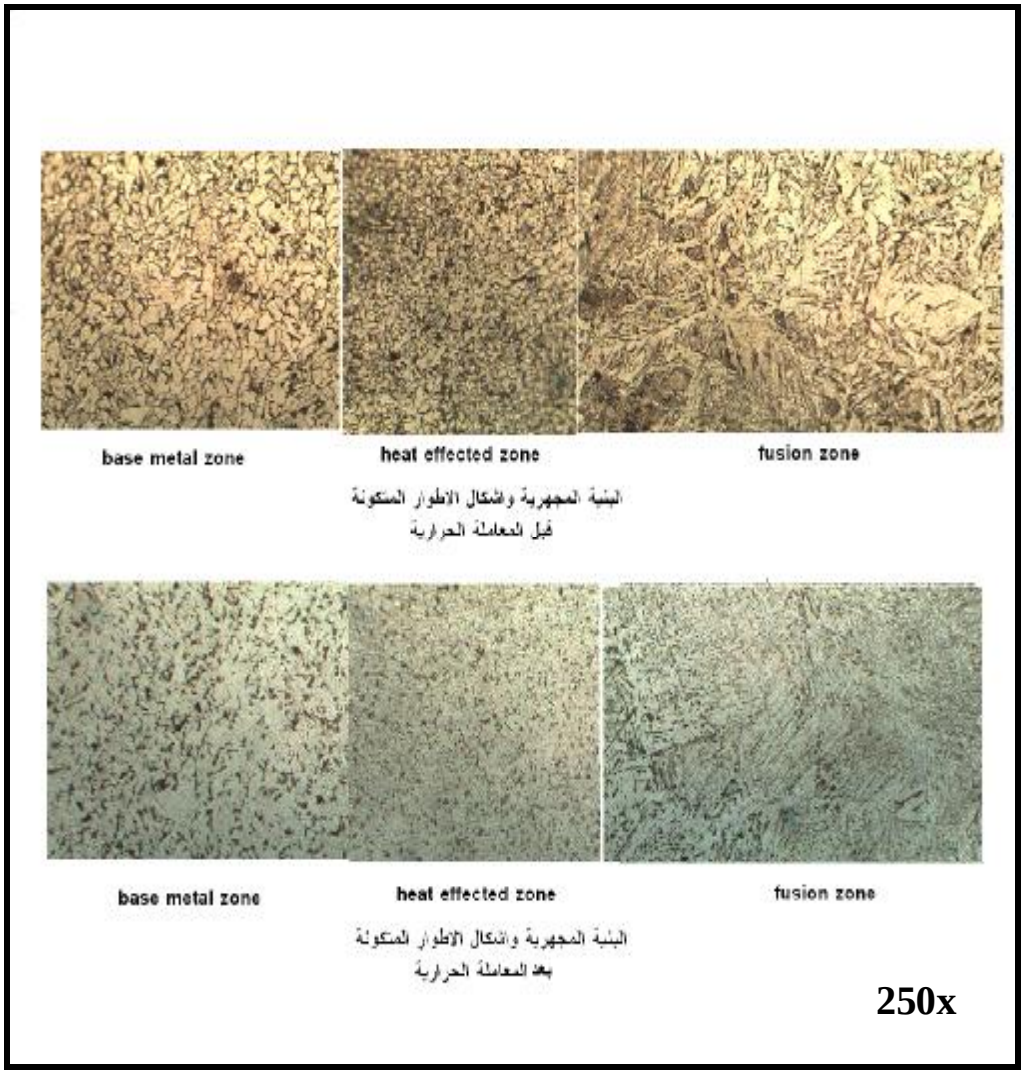
شكل (6) يبين الاجهاد – الانفعال لعينة ملحومة (Tig1) قبل المعاملة الحرارية

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



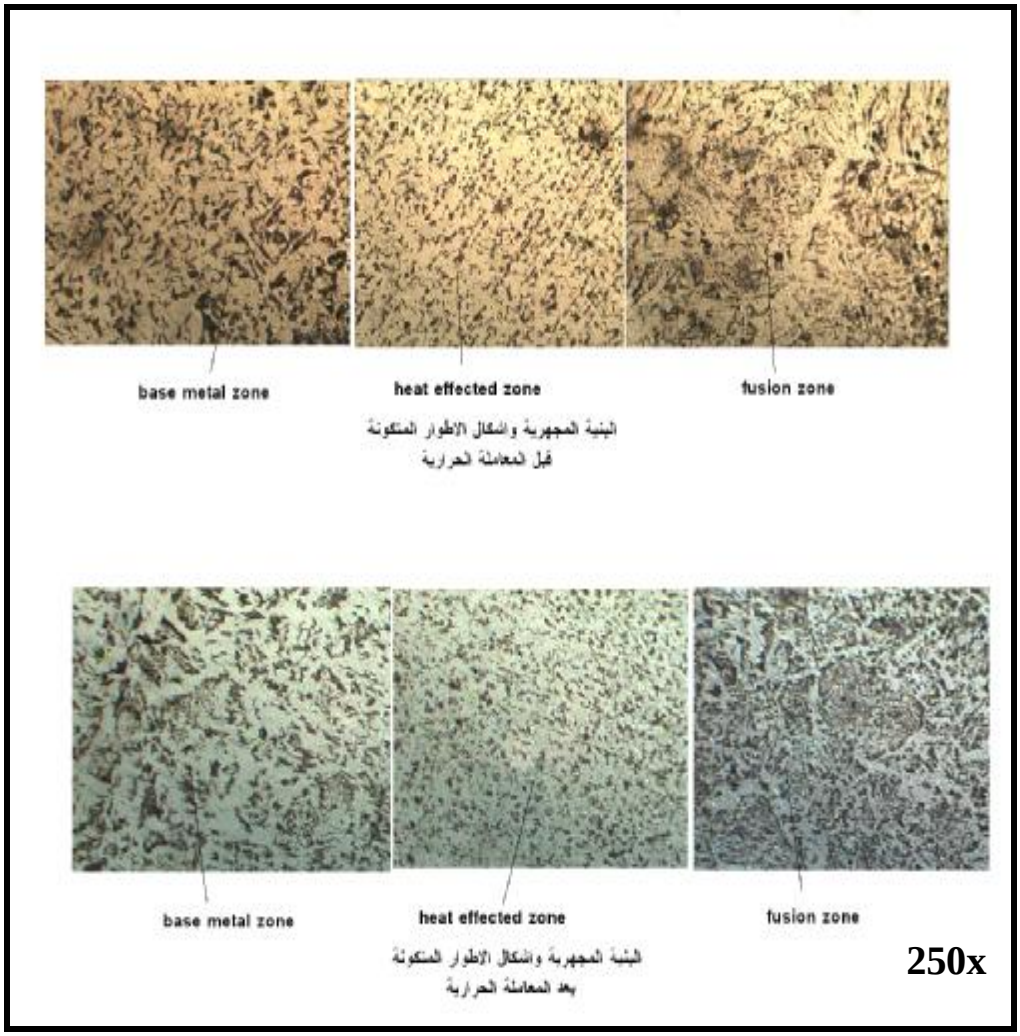
شكل (7) يبين الاجهاد – الانفعال لعينة ملحومة Tig2)بعد المعاملة الحرارية

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل (8) البنية المجهرية Arc

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل (9) البنية المجهرية Tig

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com