ISSN 1999 - 8716
Printed in Iraq

مجلة ديالى
للعلوم الهندسية

المؤتمر العلمي الهندسي الثاني
كلية الهندسة – جامعة ديالى
16 –17 كانون الأول 2015
الصفحات: 753–767

لحام القوس الكهربائي و الليزر للصلب الثنائي الطور

مصطفى أحمد رجب [1] ، ثائر غضبان شعلان [2]
[1] أستاذ مساعد/ المعهد التقني– بعقوبة
[2] مدرس مساعد/ المعهد التقني–بعقوبة

الخلاصة:–يهدف البحث الى دراسة قابلية اللحام للصلب الكربوني المعامل حراريا (من خلال تسخين الصلب المنخفض الكربون (0.15%) الى درجة (800)م° لمدة (15) دقيقة ثم التقسية بالماء بطريقي اللحام بالليزر والقوس الكهربائي ومقارنتها بالحالة الاعتيادية (بدون لحام) وباختلاف درجة حرارة التلدين .
أوضحت نتائج البحث بان زيادة درجة الحرارة الداخلة عند اللحام بطريقة القوس الكهربائي ادت الى حصول هشاشة في الصلب , وسبب ذلك هو نمو الحبيبات عند منطقة التأثير الحراري اما عند اللحام بالليزر فلم يؤدي ذلك الى حصول مثل هذه الهشاشة التي رافقت اللحام بطريقة القوس الكهربائي واستنادا" الى النتائج التي تم التوصل اليها وجد ان قابلية اللحام الصلب تقل مع زيادة الكسر الحجمي للمارتنزايت بسبب هشاشة هذا الطور الصلد. اما تأثير معدل الانفعال على سلوك الصلب فقد وجد ان هناك نقصان في حساسية الصلب لمعدل الانفعال مع قيم الانفعال الحقيقي وبمعدلات عالية عند قيم الانفعال الواطئة نتيجة تحول الاوستينايت المتبقي إلى مارتنزايت ومن ثم نقصان حساسية الصلب بمعدل اقل مع زيادة الانفعال الحقيقي بسبب زيادة التصليد الانفعالي , وهذا هو نفس التأثير بالنسبة للصلب الملحوم بالقوس الكهربائي. بينما يكون هذا التأثير مختلف لقطع الصلب الملحومة بشعاع الليزر حيث تزداد حساسية الصلب لمعدل الانفعال في البداية مع زيادة الانفعال الحقيقي عند قيم الانفعال الواطئة ومن ثم تتناقص تدريجيا" مع زيادة الانفعال الحقيقي

1– المقدمة

التركيب الأساسي للصلب الثنائي الطور عبارة عن مزيج من أرضية الفرايت منتشرة خلاله جزر ألياف من المارتنزايت [1].ظهرت هذه التسمية في عام 1970م [2]. لكن هذه التسمية ليست دقيقة ذلك لأن هذا الصلب في الحقيقة يحتوي على البانيات السفلي والاوستنايت المتبقي [3] . وان هذا الصلب يقوي عن طريق الاندماج القوي للمارتنزايت المتأصل في مزيج من الفرايت الذي يزود الصلب (أي طور الفرايت) بالمطيلية. هذه النتيجة تبين الوضع المفرط في معدل التصليد الانفعالي [4] .في عام 1970م بدأ في الولايات المتحدة الأمريكية التنافس في صناعة السيارات لغرض الاختصار في الوزن والحصول على نسبة عالية من (المقاومة/الوزن) حيث يمتاز هذا الصلب بمطيلية وقابلية تشكيل عاليتين ولإمكانية استخدامه في إنتاج أجزاء السيارات ذات الأشكال المعقدة [5]. إضافة الى أزمة الوقود كانت ايضا سبب مهم وراء ظهور الصلب الثنائي الطور حيث كان التوجه للشركات نحو التقليل من استهلاك الوقود باستخدام المواد الخفيفة الوزن وسهلة التشكيل وذات الكلفة الأقل وغيرها من الخواص الميكانيكية الأخرى وقد وجد ايضا ان الصلب الثنائي الطور يمتاز بالقابلية الجيدة اللحام بسبب وجود الخبث ونسبة منخفضة من الكربون حيث يعمل الخبث كمساعد صهر ذاتي والذي يقوم بتعويم اوكسيد الحديد حالما يتكون لهذا يمكن الحصول على وصلة لحام جيدة وخالية من العيوب , اما

النسبة المنخفضة من الكربون فانه تضمن عدم إمكانية تكون المارتنزايت بالقرب من منطقة اللحام لذلك تكون القطع الملحومة خالية من التقصف الذي يصاحب عملية التصليد [5].

وجد الكثير من الباحثين[7,6] انه خلال التشويه اللدن سوف لن يتوزع الانفعال بصورة متساوية في كلا الطورين حيث ان أعلى كمية من الانفعال تكون في طور الفرايت الهش, وان كلا من أسلوب تساوي الانفعال واختلاف توزيع الانفعال يعطي توافقا" في النتيجة العلمية, التي تعطي علاقة خطية بين مقاومة الشد والكسر الحجمي للمارتنزايت لكن آخرون [9,8] اقترحوا ان أفضل أسلوب لتعديل سلوك التشويه للصلب الثنائي الطور هو باستخدام الأسلوب الذي يعتمد على افتراض ان التصليد بالتشكيل ينتج عن تداخل انخلاعات الانزلاق الابتدائية مع الانخلاعات الثانوية الكثيفة المتولدة في الأرضية نتيجة التشويه حول الطور الصلد (المارتنزايت) حيث ان أرضية الفرايت في الصلب تكون تحت تأثير تشوهات مسبقة تؤدي الى تكون انخلا عات ثانوية قرب جزر الطور الصلد والذي يعجل ذلك هو معدل التبريد من درجة حرارة التلدين خلال التقسية والعلاقة التالية توضح ذلك [11,10] :

$$\sigma - \sigma_o = KG\ (b.Fm/0.14.d)$$

σ = الإجهاد

σ_o = ثابت يتعلق بإجهاد الانسياب الابتدائي

G = معامل القص للأرضية الفرايت ويساوي تقريبا" (82400) MN/mm^2

b = متجه بيركر Burgers Vector لانخلاعات أرضية الفرايت ويساوي تقريبا" (0.247 mm)

Fm =الكسر الحجمي للطور الصلد (المارتنزايت)

d = متوسط قطر دقائق المارتنزايت

K = ثابت ويساوي (1) لكنه وجد ان تطبيق هذا الأسلوب يكون محدد في مثل هذه المعادن كالصلب الثنائي الطور بسبب انه يفترض عدم تشوه طور المارتنزايت وهذا خطأ إذ ان هذا الطور يتشوه عمليا" عند الانفعالات العالية.

2- الجانب العملي Experimental Procedure

في هذا البحث تم دراسة قابلية اللحام للصلب الثنائي الطور الذي تم تحضيره من صفائح الصلب المنخفض الكربون (0.15%C) بسمك (2)ملم والتي تم تقطيعها على شكل عينات شد قياسية حيث اعتمدت الأبعاد القياسية المثبتة في المواصفات البريطانية (B–S–12) [11] , والتركيب الكيماوي لهذا الصلب موضح كما يلي

العنصر	النسبة%
C	0.15
Si	0.12
Mn	0.35
P	0.46
S	0.07
Cr	0.007
Mo	0.71
Ni	0.57
Cu	0.002

وقد تم تسخين الصلب المنخفض الكربون بدرجات حرارة مختلفة وعلى التوالي:–
(880,840,800,760)°م ولمدة (15) دقيقة في كل حالة ثم التقسية بالماء حيث تم إجراء المعاملة الحرارية في فرن كهربائي متوسط الحجم من نوع (ESFI–PID) من شركة (CARBOLITE) وان أعلى درجة حرارية يصل اليها الفرن هي (1200) م° حيث تم في البداية ضبط الفرن على الدرجة الحرارية المطلوبة الى ان يصل اليها , ثم يترك لمدة نصف ساعة لغرض استقرار القراءة ومن ثم توضع العينات داخل الفرن لمدة (15)دقيقة بعد ذلك يتم تقسيتها بالماء للحصول بالنهاية على الصلب الثنائي الطور المكون من طوري الفرايت والمارتنزايت بشكل أساسي والشكل (1) يوضح التركيب الدقيق للصلب الثنائي الطور باختلاف الكسر الحجمي للمارتنزايت بزيادة درجة حرارة التلدين [14,13] وان تركيب الصلب بعد التقسية كان عبارة عن أرضية من طور الفرايت تنتشر داخل جزر من طور المارتنزايت الكثيف والتي تم حسابها بطريقة العد النقطي (Counting Point) وقد وجد ان مقدار الكسر الحجمي للمارتنزايت هو على التوالي وحسب درجات حرارة التلدين: °C(760 , 800 , 840 , 880) = (22.4 , 19.8 , 14.9 , 11.6)%

بعد تحضير الصلب الثنائي الطور تم تقطيع عينات الشد من المنتصف ثم لحاملها تناكبيا" بطريقتي القوس الكهربائي وشعاع الليزر. عند اللحام بالقوس الكهربائي استخدم الكترود مغطى بقطر (3) ملم عراقي الصنع والتيار المستخدم هو (60) أمبير والجهد (230) فولت والجدير بالذكر هنا ان سرعة عملية اللحام لم يمكن السيطرة عليها بشكل دقيق لان عملية اللحام كانت يدوية وليست آلية والتي تؤثر على عدم تساوي كمية الحرارة الداخلة على طول خط اللحام وللحد من هذه المشكلة فقد أجريت عمليات لحام أولية عديدة على نفايات (Scraps) قطع أخرى قبل البدء بلحام أي قطعة وذلك لغرض السيطرة على سرعة اللحام حيث تم لحام قطع الصلب الثنائي الطور لأربع حالات باختلاف الكسر الحجمي للمارتنزايت.
(22.4 , 19.8 , 14.9 , 11.6)% هذه الطريقة (طريقة القوس الكهربائي)وأيضا" لنفس الحالات السابقة ولكن بطريقة أخرى وهي اللحام بالليزر حيث تمت عملية اللحام بالليزر باستخدام جهاز (Nd–YAG) بطاقة واحدة وهي (1.25 K.w) وبزمن نبضة لحام (Pulse duration) مقداره (10) ملي ثانية وبطول موجي (1.06) مايكرومتر في منتصف العينات بعد عملية القطع وذلك من اجل مقارنتها بالحالات الأخرى , وتمت

عملية اللحام هذه بنبضات متداخلة (Over Lapping spots) وبمعدل (20) نبضة/دقيقة بعد اللحام بطريقتي القوس الكهربائي والليزر لقطع الصلب وباختلاف الكسر الحجمي للمارتنزايت تم تثبيت الكسر الحجمي وهو (14.9) أي عند درجة حرارة تلدين (800)م°, من ثم دراسة تأثير اللحام (100,80,60,40,20) أمبير بطريقة اللحام بالقوس الكهربائي على السلوك الميكانيكي للصلب الثنائي الطور , وبنفس مواصفات الالكترود المستخدمة في الحالات السابقة . عند انتهاء عملية اللحام للعينات وبحالاتها المختلفة تم اختبار الشد بصورة مباشرة وبمعدل ثلاث عينات لكل حالة وبدرجة حرارة المختبر حيث تمت جميع تجارب الشد على جهاز اختبار الشد (Instron 1195) بقدرة (10) طن وبمعدل انفعال $(6.67 * 10^{-3})$ Sec.$^{-1}$ أي عند سرعة لرأس الجهاز (Cross Head Speed) تساوي (2)ملم/ دقيقة حيث تم تحميل العينات بالشد لغاية الكسر ومن ثم يؤخذ منحني الحمل– الاستطالة على ورق بياني خاص بالجهاز يستفاد منه في حساب منحني الإجهاد– الانفعال الهندسي الحقيقي لغرض حساب مقاومة الشد القصوى (Ultimate Tensile Strength) ومقاومة الخضوع (Yield Strength) التي تم تحديدها عند نسبة انفعال (0.2)% وذلك لان نقطة الخضوع للصلب الثنائي الطور تكون غير واضحة كذلك لحساب الاستطالة الكلية (Total Elongation) لكل عينة من عينات الاختبار.

وأخيرا تم دراسة حساسية معدل الانفعال للصلب عن طريق إجراء الشد بثلاث مجموعات من العينات (الأولى لقطع الصلب الغير ملحومة والثانية لقطع الصلب الملحومة بطريقة القوس الكهربائي (بتيار مقداره 60A)والثالثة لقطع الصلب الملحوم بطريقة الليزر) وعند ثلاث معدلات انفعال مختلفة :

$$6.67 * 10^{-5}\ Sec^{-1},\ 6.67 * 10^{-4}\ Sec^{-1},\ 6.67 * 10^{-3}\ Sec^{-1}$$

الى حد الكسر أي عند سرعة لرأس الجهاز (20,2,0.2) ملم / دقيقة , حيث يتم رسم منحني الإجهاد – الانفعال الحقيقي عند معدلات الانفعال هذه لكل مجموعة وبكسر حجمي ثابت للمارتنزايت مقداره (11.6%) ومن ثم تم إسقاط نقاط عند قيم انفعال حقيقي تتراوح ما بين (0.15) – (0.05) لحساب الإجهاد الحقيقي عند معدلات الانفعالات المختلفة , وبأخذ لوغاريتم هذه القيم تم رسم العلاقة بينها وميل هذه العلاقة. يمثل حساسية الصلب لمعدل الانفعال[8].

$$\sigma = B \cdot E^{m}$$

حيث ان

σ = الإجهاد الحقيقي

E = معدل الانفعال

m = حساسية الصلب لمعدل الانفعال

B = ثابت

اما عند الفحص المجهري للعينات فقد أخذت عينات صغيرة والتي أعطت سلوك الصلب الثنائي الطور بدرجات تلدين مختلفة(760 , 800 , 840 , 880) م˚حيث تم إسنادها على الساخن بأستخدام الضغط والحرارة وبعد ذلك تم اخذ النماذج لأجراء عملية التنعيم والصقل النهائي ومن ثم الإظهار لغرض تصوير العينات لمعرفة الأطوار الداخلة في تركيب هذا الصلب باختلاف درجات حرارة التلدين.

وبعد ذلك تم اخذ النماذج لإجراء عملية التنعيم والصقل النهائي ومن ثم الإظهار لغرض تصوير العينات لمعرفة الأطوار الداخلة في تركيب هذا الصلب باختلاف درجات حرارة التلدين.

النتائج والمناقشة Results and Discussion

1. التركيب الدقيق

1-1 التركيب الدقيق للصلب قبل اللحام

يوضح الشكل (1) زيادة الكسر ألحجمي للمارتنزايت مع زيادة درجة حرارة التلدين بين الدرجة الحرجة, وتوضح كذلك التوزيع الغير متجانس للمارتنزايت في أساس الفرايت ويكون على شكل تجمعات من الجزر او على الحدود الحبيبية للفرايت.

وان حجم حبيبات الفرايت ثابت تقريبا" لان زمن التلدين ثابت لجميع العينات وهذا يوضح تأثير زمن التلدين على الحجم الحبيبي للفرايت , لأنه عند زمن تلدين قليل يكون الناتج عبارة عن فرايت مضلع مع بيرلايت وكمية قليلة من المارتنزايت [10]. اما عند زيادة زمن التلدين فانه يزداد نمو بلورات الاوستينايت المتكون ولا يزيد من كميته [10] حيث ان تسخين الصلب لفترة زمنية طويلة يؤدي الى زيادة في حجم بلورات الاوستينايت وهذا سوف يعطي بلورات غليظة تقود الى

الحصول على بعض المساوئ في الخواص الميكانيكية حيث تنخفض مقاومة الصدمة وتزداد كل من صلادة وهشاشة الصلب . لهذا فان التركيب الدقيق للصلب الناتج عن التقسية بالماء في درجة حرارة الغرفة يعتمد على كل من درجة حرارة التلدين وزمن التلدين والعناصر السبائكية حيث ان نسبة الكربون تؤثر على صلادة طور المارتنزايت وعلى درجة حرارة بداية ظهور هذا الطور [3,12].

2-1 التركيب الدقيق عند اللحام بالقوس الكهربائي

عند اللحام بالقوس الكهربائي وجد ان كل من الحرارة الداخلة أثناء اللحام ومعدل التبريد بعد اللحام لهما التأثير الكبير على البنية الدقيقة لوصلة اللحام حيث انه عند زيادة التيار المستخدم في عملية اللحام تزداد كمية الحرارة وهذه الزيادة في كمية الحرارة تكون مصحوبة بنمو بلوري لحبيبات طور الفرايت بعد ذلك تترك الوصلة لكي تبرد , فإذا كان معدل التبريد سريع فأنه يمنع من حصول النمو البلوري ويمنع من ترسيب الأطوار الهشة (Brittle Phases) الغير مرغوب بها في منطقة اللحام . اما عند اللحام بتيار قليل فأن كمية الحرارة المتولدة تكون قليلة ايضا" لهذا فلا يحصل نمو بلوري في هذه الحالة وان معدل التبريد البطيء يؤدي الى ترسيب الأطوار الهشة بسبب وجود الوقت الكافي لحدوثها.

3-1 التركيب الدقيق عند اللحام بالليزر

ان التركيب الدقيق للصلب الثنائي هو عبارة عن مزيج من أرضية الفرايت تنتشر بداخله جزر او ألياف طور المارتنزايت بشكل أساسي بالإضافة الى الاوستينايت المتبقي والباينايت السفلي بشكل دقيق فعند لحام الصلب تكون لدرجة الحرارة اللازمة لعملية اللحام معدل التبريد بعد عملية اللحام , التأثير الكبير على الأطوار المتكونة في الصلب.

وكما هو معروف فأنه عندما يحتوي طوري سبيكة معينة على طاقة حرة فان الطور الذي يحتوي على طاقة اكبر يكون في حالة غير مستقرة ولذلك فهو يتحول الى حالة الطور الآخر , الأكثر استقرارية أي الى الأقل طاقة حرة حيثما يتاح له مثل هذا التحول. وذلك لان المعدن يميل دائما" لان يكون في الحالة التي توفر له اكبر قدر من الاستقرارية وبسبب ذلك فان الاوستينايت يتحول الى بيرلايت في درجات الحرارة التي هي اقل من درجة حرارة (A1). والبيرلايت كما هو معروف يتكون من تركيب طبقتين من السيمنتايت والفرايت المتعاقب ويمتلك خواص متوسطة بين خواص السيمنتايت والفرايت [13,16], وهذا يعني ان كمية الفرايت المتكونة في هذه الحالة يكون أكثر من الأطوار الأخرى بالإضافة الى ذلك فانه الحرارة المتولدة أثناء اللحام تعمل على تحليل المارتنزايت الى فرايت او جسيمات صغيرة من الكاربيدات[14].

يتبين لنا من خلال ذلك بان الحرارة الداخلة للصلب إثناء اللحام لها التأثير الكبير على تكون طور الفرايت فيه. حيث تكون المنطقة المنصهرة التي تتكون عند اللحام بالليزر ضيقة جدا وهذا يعني ان كمية الفرايت المتكونة تكون أكثر وتكون مصحوبة بنمو بلوري لهذه الحبيبات , لكن معدل التبريد السريع (المصاحب لعملية اللحام بالليزر) سوف يمنع حصول النمو البلوري ويمنع من ترسب الأطوار الهشة .

2.السلوك الميكانيكي

1-2 السلوك الميكانيكي للصلب قبل اللحام

تزداد مقاومة الشد القصوى ومقاومة الخضوع مع زيادة الكسر الحجمي للمارتنزايت وذلك بسبب زيادة حجم الطور الصلد (المارتنزايت) أعلى من طوري الفرايت او البيرلايت[15]. وسبب زيادة المقاومة ايضا" هو نتيجة نقصان الحجم الحبيبي للجسيمات مع زيادة كميتها وتوزيعها بشكل متجانس ضمن أرضية البنية الدقيقة , حيث تؤدي بالتالي الى زيادة قوة التماسك بين الجسيمات مع بعضها البعض, لهذا تزداد مقاومة الشد القصوى ومقاومة الخضوع للصلب . وتزداد الاستطالة الكلية للصلب مع زيادة الكسر الحجمي للمارتنزايت بسبب زيادة كمية الاوستينايت المتبقي كلما زادت درجة حرارة التلدين وبالتالي تحول الاوستينايت الى مارتنزايت عند الانفعالات الواطئة [17], وهذا بدوره يعمل على زيادة الإعاقة لحركة

الانخلاعات ومن ثم الى نقصان المطيلية للصلب . بالإضافة الى ذلك فان هناك عدة عوامل تؤثر على هذه الخاصية منها محتوى الكربون في المارتنزايت , لدونة المارتنزايت وتوزيع المارتنزايت[17].

2–2 السلوك الميكانيكي للصلب عند اللحام بالقوس الكهربائي

عند ملاحظة الشكل (2) نجد ان كل مقاومة الشد القصوى ومقاومة الخضوع لعينات الصلب الثنائي الطور الملحومة بالقوس الكهربائي هي اقل مايمكن عند مقارنتها بالعينات الغير ملحومة والعينات الملحومة بطريقة شعاع الليزر. ان سبب مقاومة هذه العينات يعود الى ان الحرارة الناتجة أثناء عملية اللحام لم تكون عالية جدا" عند مقارنتها بشعاع الليزر , لكنها كانت كافية لتحلل طور المارتنزايت الى فرايت او جسيمات صغيرة من الكاربيدات, وبالمقابل فأن معدل التبريد لهذه القطع لم يكن سريعا" جدا عند مقارنته بعملية اللحام بالليزر (حيث يكون معدل التبريد المصاحب للحام بالليزر عالي جدا) مما يؤدي الى ترسب الأطوار الهشة الغير مرغوب بها في وصلة اللحام . ان كل هذه العوامل تؤدي بالنتيجة الى الانخفاض في قيم الاستطالة المئوية للقطع الملحومة بالقوس الكهربائي عند مقارنتها بالقطع الملحومة بالليزر اما عند دراسة تأثير التيار فقد وجد انه عند استخدام تيار قليل فان مقاومة وصلة اللحام تكون ضعيفة بسبب عدم تولد الحرارة الكافية لصهر الوصلتين المراد لحامها أي عدم حصول اختلاط مابين القطعتين المراد لحامها نتيجة الحرارة القلية , لهذا فانه عند استخدام تيار عالي فان كمية الحرارة المتولدة تكون عالية جدا وهذا يفسر لنا سبب الانخفاض في المطيلية حيث تكون قيمة الاستطالة المئوية قليلة للصلب . وسبب ذلك واضح يعود الى ان زيادة قيمة الحرارة الداخلة يؤدي الى حصول على حبيبات اوستينايتية غليظة في منطقة التأثير الحراري (HAZ) وكذلك بقاء هذه المنطقة عند حرارة عالية لفترة زمنية طويلة نسبيا" يؤدي الى احتمالية ترسيب أطوار هشة في هذه المنطقة رغم ان ذلك لم يتم الكشف عنه بشكل واضح في البحث.

2–3 السلوك الميكانيكي للصلب عند اللحام بالليزر.

ان سلوك الصلب الملحوم بطريقة الليزر يختلف عن سابقه الملحوم بطريقة القوس الكهربائي وخصوصا" في منطقة اللحام ومنطقة التأثير الحراري (HAZ) وسبب ذلك يعود الى كون ان عملية اللحام بالليزر تصاحبها حرارة عالية مركزة بمنطقة ضيقة جدا و بالتالي يكون معدل تبريد عالي جدا , حيث تكون المنطقة المنصهرة التي تتكون عند اللحام بالليزر ضيقة جدا . فعند ملاحظة الشكل (2) يتضح لنا ارتفاع كل من مقاومتي الشد والخضوع مع الصلادة لهذا الصلب عند اللحام بالليزر.

ان الذي يحصل خلال هذه العملية هو زيادة كمية الحرارة الداخلة في منطقة اللحام ومنطقة التأثير الحراري (HAZ) ان وجود طور الفرايت داخل البنية يسهل من عملية حركة وانسياب الانخلاعات داخل البلورات لان التشويه اللدن يحدث بواسطة حركة هذه الانخلاعات , لهذا نجد ان قيم الاستطالة المئوية للقطع الملحومة بالليزر تكون أعلى من القطع الملحومة بالقوس الكهربائي. كذلك فأن الحرارة العالية تؤدي الى الحصول على حبيبات فرايتية غليظة في منطقة التأثير الحراري وحصول النمو البلوري لهذه الحبيبات عند بقاء هذا الطور لفترة زمنية طويلة نسبيا" , لكن الذي يمنع حدوث ذلك هو التبريد السريع المصاحب لعملية اللحام بالليزر , حيث يمنع من حدوث النمو للحبيبات ويمنع من ترسيب الأطوار الهشة الغير مرغوب في تكوينها في منطقة اللحام لهذا تكون وصلة اللحام الملحومة بالليزر ذات مقاومة وصلادة عاليتين عند مقارنتها بالطريقة الأخرى.

3– حساسية الصلب لمعدل الانفعال

في هذه الحالة تم اختيار ثلاث مجاميع (صلب غير ملحوم , صلب ملحوم بالقوس الكهربائي , وصلب ملحوم بالليزر)وعند كسر حجمي للمارتنزايت لكلا المجاميع مقداره (11.6%) ثم تم تحميل العينات بالشد عند ثلاثة معدلات مختلفة

$6.67 * 10^{-5}\ Sec^{-1}$, $6.67 * 10^{-4}\ Sec^{-1}$, $6.67 * 10^{-3}\ Sec^{-1}$

فعند ملاحظة الشكل (4) نجد ان حساسية الصلب الثنائي الطور لمعدل الانفعال للقطع الغير ملحومة مع الانفعال الحقيقي في البداية كبيرة , وسبب ذلك هو وجود الاوستينايت المتبقي الذي يتحول بدوره عند انفعالات واطئة الى مارتنزايت وهذا يؤدي بدوره الى انتشار جسيمات طور المارتنزايت الصلد في أرضية الفرايت والتي تتطلب اجهادات أعلى لحدوث الانسياب اللدن. بعد ذلك يكون نقصان معدل الانفعال بشكل اقل مع زيادة الانفعال الحقيقي وهذا نتيجة لزيادة التصليد الانفعالي الذي يحدث بسبب الإعاقة لحركة الانخلاعات في البلورات , اما بالنسبة للقطع الملحومة بطريقة القوس الكهربائي فأن حساسيتها لمعدل الانفعال يكون اقل من القطع الغير ملحومة, لأن كمية الفرايت المتحولة من طور الاوستنايت تكون قليلة إضافة الى ترسب الكاربيدات والأطوار الهشة التي تصاحب العملية . هذه العوامل تقود الى انخفاض حساسية الصلب لمعدل الانفعال.

وعند دراسة تأثير معدل الانفعال للقطع الملحومة بطريقة الليزر , وجد ان حساسية معدل الانفعال للصلب الثنائي الطور الملحوم بالليزر في البداية تزداد مع زيادة الانفعال الحقيقي , وسبب ذلك قد يرجع الى ان كمية الفرايت المتحولة من طور الاوستنايت تكون كبيرة في هذه الحالة , مما يسهل من انفعال (تشويه) الصلب في البداية , لكنه بعد ذلك تبدأ حساسية الصلب لمعدل الانفعال تقل مع زيادة الانفعال الحقيقي , وهذا نتيجة للتصليد الانفعالي الذي يحدث للصلب بعد تشويهه. وعند مقارنة القطع الملحومة بطريقة الليزر والقوس الكهربائي مع القطع الغير ملحومة وجد ان المنطقة المنصهرة التي تتكون عند اللحام تكون مقاومتها ضعيفة جدا" ويحصل عندها الكسر وهذا يدل على ان منطقة اللحام تبقى دائما"اضعف من منطقة المعدن الأساسي.

الاستنتاجات Conclusions

1. تزداد هشاشة الصلب الثنائي الطور مع زيادة قيمة الحرارة الداخلة أثناء عملية اللحام , وذلك لان قيمة الحرارة الداخلة لوصلة اللحام تؤدي الى زيادة كمية الفرايت المتكونة لحصول النمو البلوري لهذه الحبيبات.
2. اللحام بطريقة الليزر للصلب الثنائي الطور أفضل من طريقة القوس الكهربائي والسبب في ذلك كون عملية اللحام بالليزر تصاحبها حرارة عالية ومعدل تبريد عالي جدا مما لايعطي وقت كافي للأطوار الهشة بالتكون.
3. تنخفض قابلية اللحام للصلب الثنائي الطور مع زيادة الكسر الحجمي للمارتنزايت بسبب صلادة هذا الطور وتكونه بالقرب من منطقة اللحام , وما يتحتم عنها من تقصف لوصلة اللحام الذي يصاحب عملية التصليد.
4. تقل حساسية الصلب الثنائي الطور لمعدل الانفعال مع قيم الانفعال بسبب تحول الاوستينايت المتبقي الى مارتنزايت عند الانفعالات الواطئة , مع قيم الانفعال , وهذا هو نفس سلوك قطع الصلب الملحومة بالقوس الكهربائي .
5. تزداد حساسية الصلب الثنائي الطور لمعدل الانفعال في البداية مع قيم الانفعال لقطع الصلب الملحومة بالليزر بسبب قلة الاوستينايت المتكون في هذه الحالة . لكنه سرعان ما تنخفض هذه الحساسية مع قيم الانفعال نتيجة التصليد الانفعالي الذي يصاحب عملية التشويه.
6. زيادة او نقصان مقدار التيار المستخدم في اللحام وبشكل كبير , يضعف من مقاومة وصلة اللحام للأجهادات المسلطة عليها . لان زيادة مقدار التيار تؤدي الى تكون حبيبات غليظة في منطقة التأثير الحراري . أما نقصانها فلا يؤدي الى توليد الحرارة الكافية لصهر القطعتين المراد لحامها.

المصادر :

1- Mustafa A Rijab1, Ali I Al-Mosawi2*, Muhanad A Al-Najar1, "Efficiency of Butt-Welded Joints of Low-Carbon Steel for Different Types of the Cooling Rate and Annealing Time "EC Chemistry Research Article 1.2 April 24, 2015. PP. 30- 34. Vol(3).

2- Mostafa A Rijab1, Ali I Al-Mosawi2* and Shaymaa Abbas Abdulsada3 "Evaluate the Weldability of Stainless Steel Welded in Different Methods "EC Chemistry Research Article 1.2 September 05, 2015. PP. 56-62. Vol. (2).
3- Mustafa A. Rijab1, Ali I. Al-Mosawi2, " Effect of Austempering Time on Microstructure and Wear Resistance of Ductile Iron Castings , Open Access Library Journal, Vol. 5 , 6 November 2014 | Volume 1 | e1032, pp. 1 - 5.
4- J. D embury and J .L doncan, "formability of dual-phase steels" J .of metal, march 1982. pp. 24-28
5- M.Y. demery, "the formability of dual - phase steel" met. trans .., vol. 12 A July 1981.pp.1187-1196
6- W. S. Ouen "can a simple heat treatment help to save Detroit? Metal technology", January. 1980, pp. 1-13.
7- D .A. korze kwa, R. D. lawson, D. K matlock and G. Krass, "A consideration of models describing the strength and ductility of dual – phase steels script met., vol 14 1980 , pp. – 1023
8- P, R, Rios, J.R.C. Guimaraes and K.K. Guimaes and K.K. Chawla Modeling the stress-strain. Tl curves of Dual phase steels) script. Met, 15 pp. 899-904.
9- F. A. A. Crana, "Mechanical. Working of metals deep drawing and pressing" London 1964 pp. 14-17
10- N. K. balliger and T. glaman, "work - hardening of dual - phase steel" metal sci. March 1981, pp. 95-108
11- Metals book hand, mechanical. Testing American society for metals ninth edition, vol. (8)
12- R. Stevenson, D S. Bailey and G. Thomas "High strength low carbon sheet steel by thermo mechanical treatment, 11, microstructure" met. Trans, vol. 10A, January 1979,pp.57 – 62
13- المعاملات الحرارية للمعادن الحديدية,تأليف د.عويد زهمك الراوي مع د.عبد الرزاق إسماعيل خضر – الجامعة التكنولوجية/قسم هندسة الإنتاج والمعادن 1989.
14- مبادئ هندسة المعادن والمواد تأليف د. بيلي . ترجمة د. حسين باقر رحمه الله . الجامعة التكنولوجية/ قسم هندسة الإنتاج والمعادن 1985.
15- A.K. Jeba and M.C. Chaturvdi, "On the effect of the volume fraction of martensite on the tensile, strength of dual-phase steel", materials science and engineering, March 31, 1988 pp. 1-6.
16- Peter. D. and M.C. Chaturvide, "Thermo mechanical treatment of a plain low carbon steel", strength of metals and alloys, 16-20 august 1982 vol. (1).
17- S. R Mediratta, V. Ramaswamy, V. singh and O.ramaro "Microstructure mechanical property correlation in dual- phase steel", Trans of the indicant, of metals, vol.38 no 4. August 1985. pp. 350-372.

جدول رقم (1) بين الخواص الميكانيكية للصلب الثنائي الطور باختلاف الكسر ألحجمي للمارتنزايت وباختلاف طرق اللحام وبمعدل انفعال$3- 10 \times 6.67$

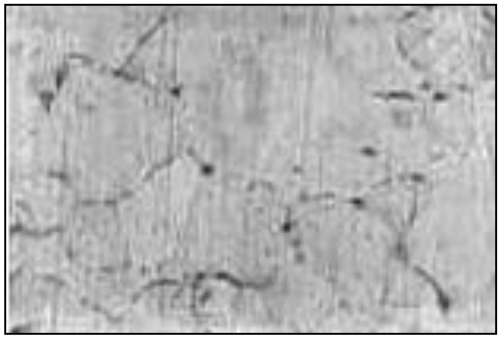
الحالة	درجات حرارة التلدين(م)	الكسر الحجمي للمارتنزايت %	مقاومة الشد القصوى Mpa	مقاومة الخضوعMpa	الاستطالة الكلية %
بدون لحام	760	11.6	656	340	26.3
	800	14.9	700	392	24.3
	840	19.8	738	451	23.0
	880	22.4	760	500	22.0
لحام القوس كهربائي	760	11.6	631	320	24.1
	800	14.9	676	368	23.0
	840	19.8	718	420	20.3
	880	22.4	731	469	18.9
اللحام بالليزر	760	11.6	640	328	25.0
	800	14.9	688	380	23.2
	840	19.8	712	439	21.8
	880	22.4	748	487	20.3

جدول رقم (2) يوضح الخواص الميكانيكية للصلب الثنائي الطور الملحوم بطريقة القوس الكهربائي وباختلاف تيار اللحام وبمعدل انفعال ثابت مقداره 6.67×10^{-3}

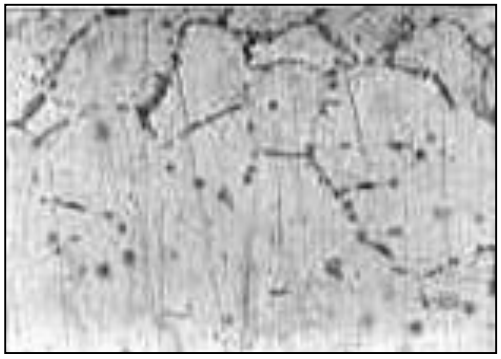
مقدار التيار (أمبير)	مقاومة الشد القصوى Mpa	مقاومة الخضوعMpa	الاستطالة الكلية %
20	636	340	20.7
40	653	357	21.2
60	676	368	22.0
80	666	360	21.5
100	650	352	20.2

جدول رقم (3) يبين قيم الانفعال الحقيقي وحساسية الصلب لمعدل الانفعال (m) وبكسر حجمي ثابت للمارتنزايت (11.6)%.

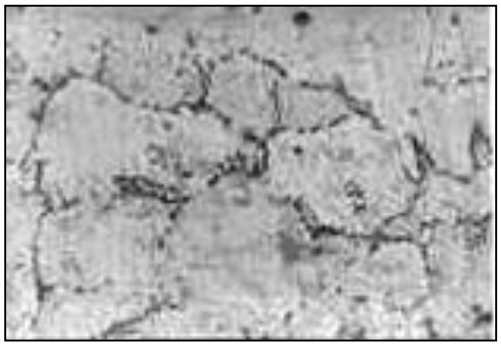
طريقة اللحام	(m) عند انفعال $10^{-3} \times 6.67$	(m) عند انفعال $10^{-4} \times 6.67$	(m) عند انفعال $10^{-5} \times 6.67$
	9.375	7.91	7.60
	8.600	7.32	7.02
	8.720	11.4	8.11



التركيب المجهري للصلب الثنائي الطور الملدن بدرجة(760) م° والملحوم بالقوس الكهربائي.



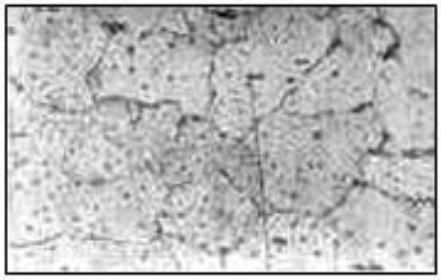
التركيب المجهري للصلب الثنائي الطور الملدن بدرجة(800) م° والملحوم بالقوس الكهربائي.



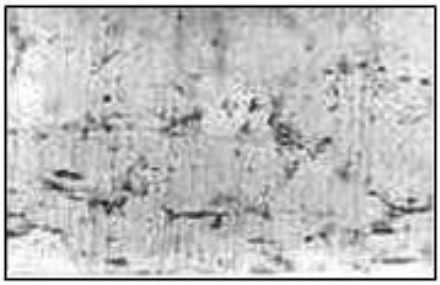
التركيب المجهري للصلب الثنائي الطور الملدن بدرجة(840) م° والملحوم بالقوس الكهربائي.

التركيب المجهري للصلب الثنائي الطور الملدن بدرجة(880) م° والملحوم بالقوس الكهربائي.

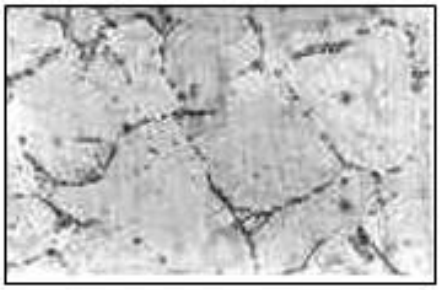
شكل (1A) التركيب المجهري لوصلات الصلب الثنائي الطور باختلاف الكسر الحجمي للمارتنسايت بدون لحام (قوة التكبير 1000).



التركيب المجهري للصلب الملدن بدرجة(760) م°
والملحوم بالقوس الكهربائي.



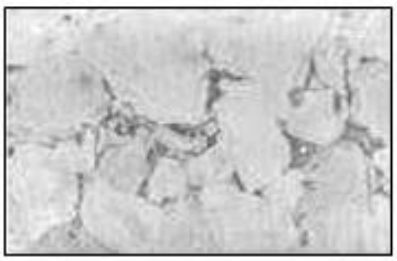
التركيب المجهري للصلب الملدن بدرجة(800) م°
والملحوم بالقوس الكهربائي.



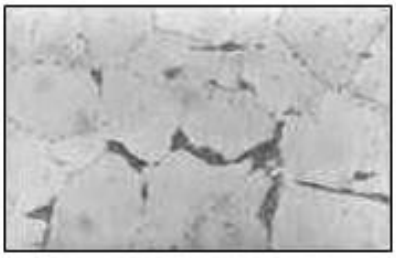
التركيب المجهري للصلب الملدن بدرجة(840) م°
والملحوم بالقوس الكهربائي.

التركيب المجهري للصلب الملدن بدرجة(880) م°
والملحوم بالقوس الكهربائي.

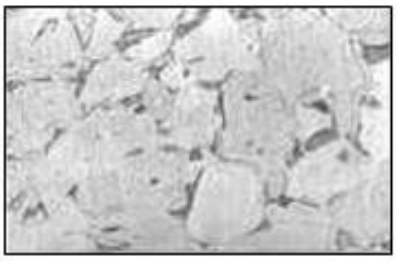
شكل (1B) التركيب المجهري لوصلات الصلب الثنائي الطور الملحومة بالقوس الكهربائي بتيار (6) أمبير باختلاف الكسر الحجمي للمارتنسايت (قوة التكبير 1000).



التركيب المجهري للصلب الملدن
بدرجة(760) م° والملحوم بالليزر.



التركيب المجهري للصلب الملدن
بدرجة(800) م° والملحوم بالليزر.



التركيب المجهري للصلب الملدن
بدرجة(840) م° والملحوم بالليزر.

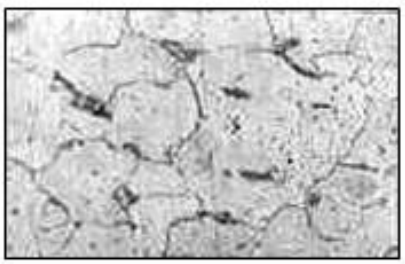
التركيب المجهري للصلب الملدن
بدرجة(880) م° والملحوم بالليزر.

شكل (1C) التركيب المجهري لوصلات الصلب الثنائي الطور الملحومة بشعاع الليزر باختلاف الكسر الحجمي للمارتنسايت (قوة التكبير 1000).

التركيب المجهري للصلب الملحوم بالقوس الكهربائي بتيار (20أمبير).

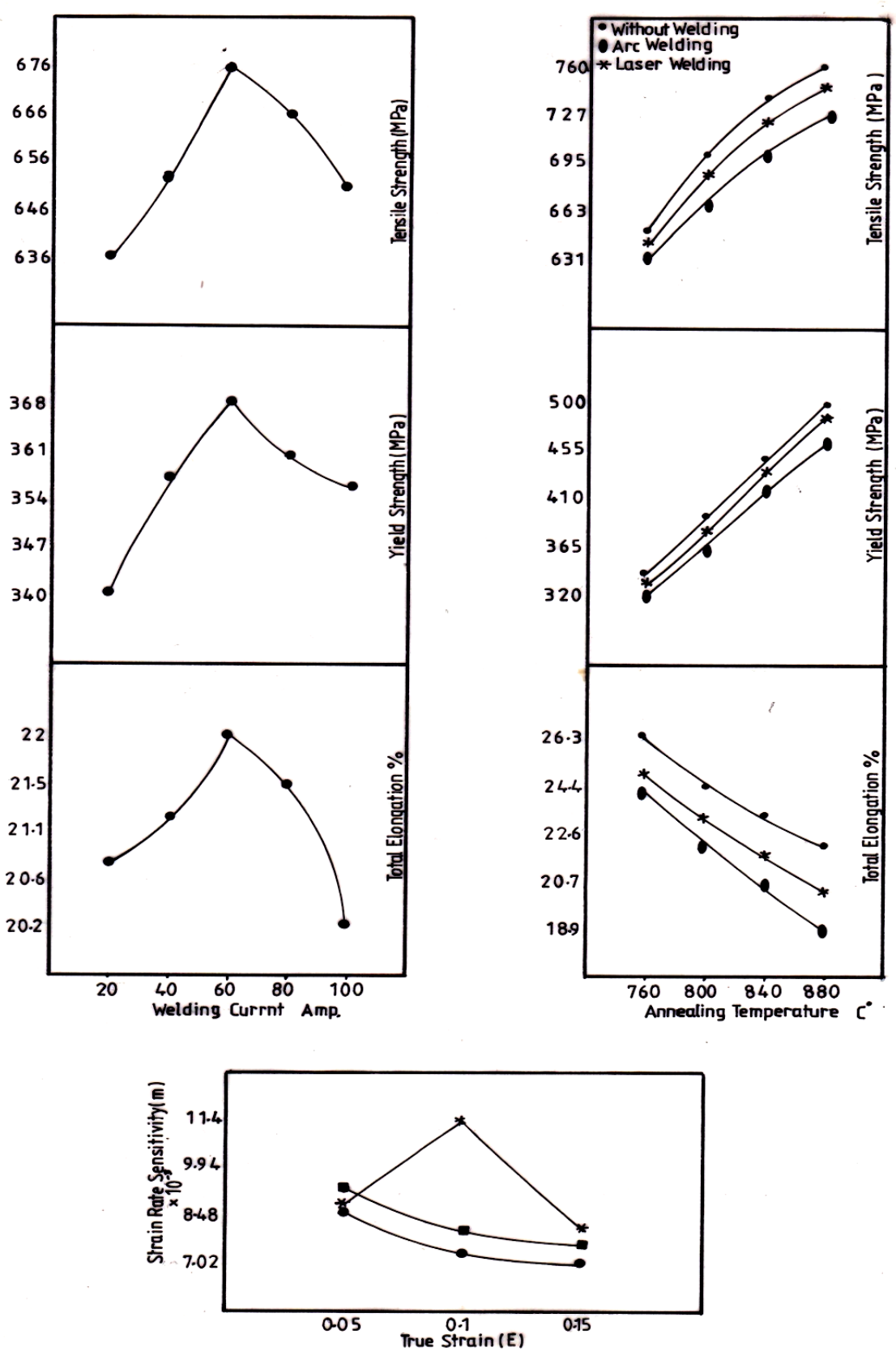
التركيب المجهري للصلب الملحوم بالقوس الكهربائي بتيار (40أمبير).

التركيب المجهري للصلب الملحوم بالقوس الكهربائي بتيار (80أمبير).



التركيب المجهري للصلب الملحوم بالقوس الكهربائي بتيار (100أمبير).

شكل (1D) التركيب المجهري لوصلات الصلب الثنائي الطور الملحومة بالقوس الكهربائي باختلاف تيار اللحام (قوة التكبير 1000).



شكل (2) السلوك الميكانيكي (مقاومة الشد , مقاومة الخضوع , الاستطالة الكلية , حساسية معدل الانفعال) للصلب عند اللحام بالليزر و القوس الكهربائي.

The Second Scientific Conference of Engineering Science

Mustafa Ahmed Rijab, [2] Thaer Gadban Shaalan ,
[1] Assistant Professor. Technical Institute- Baquba Email: mustafaalnajar677@yahoo.com
[2] Assistant Lecturer. Technical Institute- Baquba Email: m.tech.thaer@gmail.com

ABSTRUCT

The aims of this research are to study the weldability of low carbon steel thermally (through heating low carbon steel (0.15%) to (800) C° for 15 minutes and then water hardening in a electric arc welding and compared the normal situation (without welding) with Different volume fraction of Martensit.

Search results that showed increasing the degree of incoming heat when electric arc welding led to obtain the fragility of the steel, and the reason for that is the growth of the grains when the thermal impact area either when laser welding did not lead to obtain such fragility that accompanied the electric arc welding and based on "the Results reached found that the weldability of steel decreases with increasing fraction volumetric Martensit because of the fragility of this phase hardwood. The effect of Strain Rate on steel behavior has been found that there is a decrease in steel sensitivity to the rate of emotion with real emotion values and high rates when the emotion of low-lying values result Austenite remaining turned into Martensit and then decrease steel sensitivity at a lower rate with the increase in the real emotion because of the increased hardening emotional, this is the same effect steel welded arc. While this effect is different for steel welded by laser beam where increasingly hard to rate emotional sensitivity in the beginning with increase the real emotion when the emotion of low-lying values and then gradually decreasing, "with the increase in the real emotion