

لحام الفولاذ منخفض السبك DIN 15Mo3 بطريقة اللحام النقطي بالقوس المعدني المحمي بالغاز

د. عدنان نعمة عبود

المعدات الهندسية الثقيلة
وزارة الصناعة

د. نبيل كاظم عبد الصاحب

كلية الهندسة الخوارزمية
جامعة بغداد

د. عدنان نعمة عبود

الكلية التقنية - بغداد
هيئة التعليم التقني

(Received 14 November 2005; accepted 4 April 2006)

ملخص البحث:-

تناول البحث دراسة تأثير متغيرات اللحام في طريقة اللحام النقطي بالقوس المعدني المحمي بالغاز (MIG/MAG spot) باستخدام غاز الأركون وثاني أكسيد الكربون لبيان مدى تأثيرهما في الخواص الميكانيكية والبنية المجهرية لوصلة لحام الفولاذ المنخفض السبك نوع (DIN15Mo3) وتحديد الظروف المثلى لعملية اللحام من تيار وزمن اللحام اعتماداً على اختبار قوة القص. أظهرت النتائج إمكانية استخدام غاز CO₂ بدلاً من غاز الأركون في لحام الفولاذ المنخفض السبك مع انخفاض محدود في قوة القص لا يتعدى (13%) لسماك (4mm) وزمن (2sec). ازدادت قوة القص عند استخدام غاز الأركون بدلاً من CO₂ لتصبح قوة القص (36KN) عند استخدام غاز الأركون ولسمك (2mm) وزمن (8sec) وبتيار (220Amp.) أما عند استخدام غاز CO₂ بدلاً من الأركون فأنخفضت قوة القص إلى (31KN) حيث بلغت نسبة الانخفاض (13%) بينما لسماك (4mm) ولزمن (8sec) وبتيار (290Amp.) كانت (37.9KN) أما عند استخدام غاز CO₂ فبلغت (30.9KN) أي بنسبة انخفاض (18.5%) ولسمك (6mm) ولزمن (8sec) وبتيار (450Amp.) فكانت قوة القص (39KN) وعند استخدام غاز CO₂ بلغت (37KN) أي بنسبة انخفاض (5.2%). أكدت النتائج أيضاً تناسب قطر اللحام ونفاذيته تناسباً طردياً مع زيادة تيار اللحام وزمنه.

١. الجانب النظري

كون هذا النوع من الفولاذ ذو قابلية عالية على التصليد لتواجد عناصر السبك فيه. ويمكن معرفة قابلية اللحام بالاعتماد على حساب المكافئ الكربوني (carbon equivalent) للفولاذ المنخفض السبك^(١).

في حالة لحام الفولاذ المنخفض السبك ترتفع صلادة منطقة اللحام (WM) والمنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ) مهما كان معدل التبريد بطيئاً

الفولاذ المنخفض الكربون SAE1008 لان لهذه الطريقة مواصفات تفيد في الصناعة المذكورة. أجريت عملية لحام النقطة باستخدام نفس حجم سلك اللحام وقوة الضغط وزمن اللحام ولنفس السمك وأجراء فحص متانة الشد عليها. تبين ان مستوى التيار المطلوب في لحام الفولاذ المنخفض السبك ذو المتانة العالية (HSLA) يكون اقل من مستواه في الفولاذ المنخفض الكربوني. وأن

قابلية لحام النقطة للفولاذ Mn- Mo-Cb-steel تكون مشابهة للفولاذ V-N-steel ، وسجل اللحام انخفاضا في مستوى المظلييه (Ductility) في الفولاذ HSLA بالمقارنة مع الفولاذ المنخفض الكربون-SAE 1008 وارتفاع محدود في المظلييه وانخفاض في صلادة منطقة اللحام (Nugget) بالمقارنة مع Mn-Mo-Cb-steel ان كلا من V-N-steel و V-N-steel يعطى قابلية لحام جيدة بالمقارنة مع SAE1008 إذ يعطيان مدى أوسع من التيار وقوة قص أعلى ومتانة شد متساوية⁽⁴⁾

وبالنتيجة فإن معدن HSLA يمكن استخدامه في جميع متطلبات صناعة السيارات لتحقيقه النتائج المطلوبة في جميع الاختبارات. تم الحصول على علاقة جيدة بين متانة القص ومساحة منطقة اللحام وكذلك متانة الشد لمنطقة اللحام ومساحة منطقة اللحام⁽⁴⁾.

$$\text{For Mn-Mo-Cb-steel: } \sigma_{CTS} = -28100 D^2 + 27900 D - 1270 \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{For V-N-steel: } \sigma_{CTS} = -30000 D^2 + 28100 D - 1900 \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{For SAE 1008: } \sigma_{CTS} = -5000 D^2 + 14600 D - 120 \dots \dots \dots (4)$$

where σ_{CTS} = tension strength (psi)

D = diameter (inches)

٢. الجانب العملي

$$CE = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15 \dots \dots \dots (1)$$

يعطي ناتج هذه المعادلة انطباعاً عن قابلية التصليد وقابلية اللحام، وكلما كانت قيمة المكافىء الكربوني عالية كانت قابلية التصليد عالية إذ يحتمل تكون طور المارتنسايت (martensite) في المنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ) لذلك تكون قابلية اللحام واطنة. وكلما كانت قيمة المكافىء الكربوني اقل من (0.4) كانت قابلية لحام الفولاذ جيدة بدون الحاجة إلى تحضيرات مسبقة. أما إذا كانت قيمة المكافىء (0.4 - 0.7) فان قابلية اللحام تكون اقل وتظهر أحاجه إلى التسخين المسبق بين (400°C) و (100°C). أما إذا كانت قيمة المكافىء الكربوني أكثر من (0.7) فتكون قابلية اللحام واطنه^(٤-١).

أن اللحام بطريقة MIG/MAG بالقوس الكهربائي القصير يستخدم للحام المعادن ذات السمك القليل وفي موضع اللحام الأفقي وكذلك يمكن استخدام غاز (CO₂) أو (Ar) أو خليط الغازات (Ar-CO₂). إذ أن استخدام (25%CO₂-75%Ar) يعطي استقراراً للقوس الكهربائي ومظهراً جيداً لخط اللحام ويقلل من مستوى تناثر المعدن ويعطي خواص ميكانيكية مقبولة. وبشكل عام فان استخدام هذا الخليط يعطي أفضل النتائج مع تقنية اللحام بالقوس القصير (5-27)

يمكن أيضاً اللحام بالقوس الكهربائي الرشي مع خليط الغازات (Ar-O₂) و (Ar-CO₂) وان هذه ألتقنيه تستخدم في الوضع الأفقي في اللحام بتمريرة واحد أو اللحام بعدة تمريرات للمعادن ذات السمك العالي. وعند مستوى تيارات اللحام المنخفضة يمكن اللحام بالوضع العمودي. أستخدم

الفولاذ Mn-Mo-Cb-steel , V-N-steel بطريقة لحام النقطة في صناعة السيارات بدلاً من

أنجزت عملية اللحام بعد تحضير العينات وتهيئة الماكينة عن طريق الإعداد المسبق لظروف اللحام كسلك اللحام المستخدم بقطر (1.2mm) وزاوية رأس القطب (90°) وقطبية اللحام (DCRP). تم اللحام بتيارات لحام مختلفة ابتداءً من حدوث اللحام وصولاً إلى مرحلة الفشل (Failure) بمعدل ثلاث إلى خمس عينات لكل ظرف. أن شكل منطقة اللحام يكون دائري لاتخاذ شكل فوهة اللحام المصنوعة من النحاس التي تحافظ على حرارة القوس داخلها ويمدى تيار من (510-190) أمبير ولازمان لحام (٢،٤،٨) ثانية.

تم إجراء عملية اللحام بطريقة لحام (MIG/MAG spot) لصفائح مختلفة في السمك 2mm , 4mm , 6mm من الفولاذ المنخفض السبب (جدول 2,1) نوع (DIN15Mo3) في ظروف لحام متغيرة من تيار وزمن لحام وباستخدام غازات حماية متنوعة وهي غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز الأركون. لتقييم هذه الملحومات تم فحص قوة القص لوصلات اللحام باستخدام جهاز اختبار الشد لتحديد أفضل الظروف لمتغيرات عملية اللحام.

تم استخدام سلك اللحام المصنف حسب مواصفة جمعية اللحام الأمريكية (AWS) بالرمز ER80S-G والتركييب الكيماوي والخواص الميكانيكية لهذه النوع مبينة في الجداول (3,4) مع الإشارة إلى أنه فحص بموجب المواصفة الأمريكية ASME section II part C (28).

تم استخدام نوعين من الغازات الأول هو غاز ثاني أكسيد الكربون بمعدل جريان (12L/min) والثاني غاز الأركون وهو من الغازات الخاملة وبمعدل جريان ثابت (4L/min). تم تحضير العينات لعملية اللحام وحسب المواصفة القياسية (AWS) والجدول (5) يوضح العلاقة بين أبعاد العينة وسمك المعدن المراد لحامه. (29)

| Material | yield strength MPa | tensile strength MPa | elongation % | hardness HB |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|----------------|
| Nominal mechanical properties | 265 | 440-570 | 23 | 130-170 |
| DIN15Mo3 | 274 | 510 | 25 | 153 |

الجدول (٢) الخواص الميكانيكية للفلادز ألسبانكي DIN15Mo3

| element | C% | Si% | Mn% | Mo% |
|---------------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Nominal Chemical composition | 0.07-0.12 | 0.50-0.080 | 1.60-2.10 | 0.40-0.60 |
| ER80S-G | 0.٠٨ | 0.51 | 1.93 | 0.54 |

الجدول (٣) التركيب الكيميائي للسلك ER80S-G

| Material | C% | Mn% | Cr% | Ni% | Mo% | Cu% | V% | Co% |
|---------------------------------|----------|---------|-------|------|---------|------|-------|-------|
| Nominal Chemical composition | 0.1-0.35 | 0.4-0.9 | <0.35 | <0.3 | 0.2-0.3 | / | / | <0.3 |
| DIN15Mo3 | 0.15 | 0.58 | 0.24 | 0.23 | 0.26 | 0.11 | 0.012 | 0.012 |

الجدول (٤) الخواص الميكانيكية للسلك ER80S-G

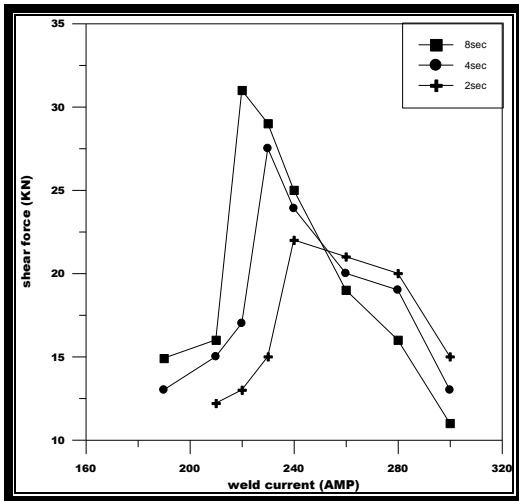
| Material | yield strength MPa | tensile strength MPa | elongation % |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|
| Nominal Mechanical properties | 460 | 530-670 | 22 |
| ER80S-G | 468 | 610 | 25 |

الجدول (٥) العلاقة ما بين أبعاد العينة وسمك المعدن

| thickness of thinner sheet (T) (mm) | Specimen width(W) (mm) | recommended length(L) (mm) |
|--|---------------------------|-------------------------------|
| up to 0.73 | 16 | 76 |
| 0.76-1.5 | 25.4 | 102 |
| 1.5-2.9 | 38 | 127 |
| 3-4.8 | 50.8 | 152.5 |
| 5 and over | 76 | 203 |

تم اختبار قوة القص لوصلات اللحام بجهاز الشد

التيار ينخفض مع زيادة زمن مرور التيار. وقد سجل الزمن (4sec) و (8sec) أعلى قوة قص عند تيار (240AMP) بقيمة (27.5KN) و (31KN) على التوالي. وسجلت أعلى قوة قص لزمن (2sec) عند تيار (240AMP) إذ بلغت قيمتها (22KN). ثم تصرفت المتغيرات بذات الصيغة من حيث انخفاض قوة القص بعد زيادة زمن اللحام وتياره عن القيم المؤثرة. أن زيادة الزمن من (4sec) إلى (8sec) ساعد على زيادة قوة القص بنسبة تصل إلى (١١,٢%) أما زيادة زمن التيار عن (8sec) فقد رافقتها زيادة في نسبة تناثر المعدن مما يشير إلى أن الزمن (8sec) وتيار (240 AMP) يعطيان أعلى قوة قص للسلك 2mm.



الشكل (1) العلاقة بين تيار اللحام وقوة اللحام لسلك 2mm باستخدام غاز CO₂ وبأزمان مختلفة

بدء اللحام (الشكل 2) في تيارات وأزمان مختلفة لسلك (4mm) مقارنة بالسلك (2mm). بلغت قيمة قوة القص (14KN) عند تيار (260Amp.) وزمن (4sec) ثم تبدأ قيمة قوة القص بالزيادة مع ازدياد التيار وصولاً إلى قيمتها العظمى (30.9KN) عند تيار (290AMP) وزمن (8sec) ومن ثم إلى مرحلة الفشل عند تيار (360 AMP).

الذي يعد من الاختبارات الميكانيكية المهمة والأكثر شيوعاً في اللحام النقطي إذ يمكن به معرفة أقصى قوة قص لوصلة اللحام إذ لا يمكن الاعتماد على فحص مقاومة الشد لعدم انتظام مساحة نقطة اللحام للتغير الذي يطرأ عليها مع اختلاف ظروف اللحام. ويستخدم هذا الاختبار غالباً لتحديد الظروف المثالية لعملية اللحام والتي تسجل عند أعلى قوة قص لوصلات اللحام.

٣. النتائج والمناقشة تأثير متغيرات

اللحام على خواص الملحومات اللحام

بغاز الحماية نوع CO₂

تم اختيار سلك اللحام AWS ER80S-G بموجب متطلبات المواصفة التي يعتمد اختيار السلك على ما تحققه من مواصفات ميكانيكية مماثلة أو أعلى من المعدن الأساس فضلاً عن توافق التركيب الكيميائي.

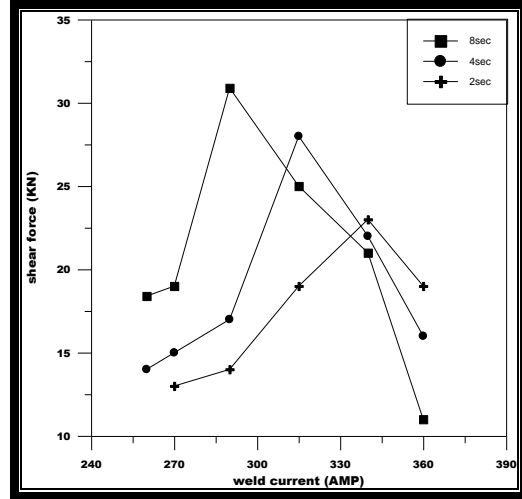
يعد التيار أحد أهم المتغيرات الداخلة في عملية اللحام MIG/MAG spot المؤثره في قوة القص لوصلة اللحام لأن زيادة تيار اللحام تؤدي إلى زيادة كمية الحرارة الداخلة إلى منطقة اللحام. تمثل الأشكال (3,2,1) العلاقة بين قوة القص وتيار اللحام لأزمان مختلفة.

يتبين من الأشكال المذكورة أن قوة القص تزداد مع ازدياد التيار وأن هذه الزيادة في قوة القص تكون إلى مدى معين من التيار ثم تبدأ بالانخفاض لتكون

الشقوق في منطقة اللحام وحدث تناثر في المعدن (splashing) التي يؤدي إلى نقصان السمك في منطقة اللحام وحدث الفشل.

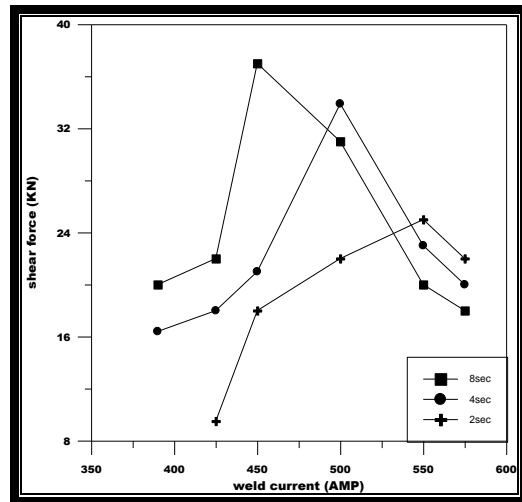
يلاحظ من الشكل (1) أن اللحام يبدأ عند تيار يقابله زمن معين. فبالنسبة للسلك (2mm) على سبيل المثال يبدأ اللحام عند تيار (190AMP) بزمن لحام (4sec) و (8sec) وتيار (210AMP) عند زمن لحام (2sec). أي أن

يعتبر زمن مرور تيار اللحام أحد المتغيرات المهمة في عملية اللحام MIG/MAG spot وذلك بسبب تأثيره في كمية الحرارة المتولدة بين القطعتين المراد لحامهما. تزداد قوة القص مع زيادة زمن مرور تيار اللحام والى مدى معين ثم تبدأ بالانخفاض بسبب مرور التيار ولفترات زمنية طويلة مما يؤدي إلى الزيادة في كمية الحرارة المتولدة ومن ثم تناثر المعدن من منطقة اللحام والذي ينتج منه نقصان في سمك وصلة اللحام. فعند استخدام غاز CO₂ بمعدل جريان (12L/min) نلاحظ أن بداية اللحام ولسمك (2mm) وعند زمن (2sec) تكون عند تيار (210AMP) وبقوة قص ضعيفه نسبيا (12.2KN) (شكل ١-٤). بينما تكون بداية اللحام لازمان (4sec) و (8sec) عند تيار (190AMP) وبقوة قص (13.7KN) و (14.9KN) على التوالي. كما نلاحظ من الشكل (٢-٤) أن بداية اللحام لسمك (4mm) عند زمن (2sec) تكون عند تيار (270 AMP) وبقوة قص ضعيفه تبلغ (13KN) بينما تكون بداية اللحام لازمان (4sec) و (8sec) عند تيار (260 AMP) وبقوة قص (14KN) و (18.4KN) على التوالي. بينما كانت بداية اللحام لسمك (6mm) عند زمن (2sec) وتيار (٤٢٥ AMP) وبقوة قص (9.5KN) ولازمان (4sec) و (8sec) عند تيار (390AMP) وبقوة قص (16.4KN) و (20KN) على التوالي (شكل ٣-٤). من ذلك يتضح ضرورة الموازنه ما بين تيار اللحام وزمن اللحام لتأثيرهما الكبير في قيمة قوة القص لوصلة اللحام .



الشكل (2) العلاقة بين تيار اللحام وقوة اللحام لسمك 4mm باستخدام غاز CO₂ وبأزمان مختلفه

أما المنحنيات في الشكل (3) فيبدأ اللحام ولسمك (6mm) من تيارات وأزمان مختلفة أيضا". أن قيمة قوة القص تبدأ من (16.4KN) عند تيار (390 AMP) وزمن (4sec) ثم تبدأ قيمة قوة القص بالزياده وصولاً الى قيمتها العظمى (37KN) عند تيار (450 AMP) ومن ثم الى مرحلة الفشل عند تيار (600 AMP).



الشكل (3) العلاقة بين تيار اللحام وماتانة اللحام لسمك 6mm باستخدام غاز CO₂ وبأزمان مختلفه

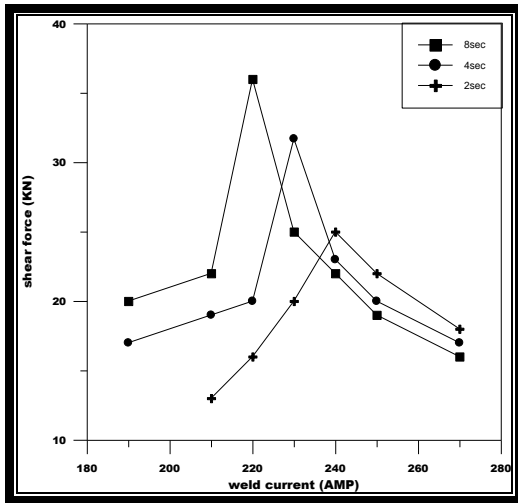
٤. تأثير زمن اللحام

٥. تأثير سمك ألصفيحه

غاز الاركون زيادة في قوة القص وبأزمان مختلفه
وينسبة تراوحت ما بين (٥%-٢٣%).

وعند لحام عينات سمك (6mm) فأن
أستخدام غاز (Ar) بدلا من (CO₂) ساعد في
زيادة قوة القص بنسبة محدوده أعتامادا على
الزمن المستخدم فأزدادت قوة القص العظمى
بنسبة (١٤%) عند زمن (2sec) و (١٨%)
عند زمن (4sec) و (٥%) عند زمن (8sec)
يعزى هذا الاختلاف في قوة القص العظمى الى
التركيز العالي للقوس الكهربائي للاركون.

والجداول (1) و (2) و (3) تبين قيمة
الانخفاض في قوة القص وللسمك (2mm)
و(4mm) و (6mm) ولازمان (2sec) و
(4sec) و (8sec).



الشكل (4) العلاقة بين تيار اللحام وقوة اللحام لسمك 2mm وبأستخدام
غاز Ar وبأزمان مختلفه

يعتبر سمك المعدن المراد لحامه من
المحددات في عملية اللحام MIG/MAG spot
فعدت زيادة سمك وصلة اللحام نحتاج الى تيارات
وازمان عاليه لأجراء عملية اللحام وبالتالي زيادة
قطر منطقة اللحام. يلاحظ من الاشكال (١) (٢)
(٣) التباين الواضح في قيمة التيار مع أختلاف
السمك.

أن زيادة سمك وصلة اللحام تؤدي الى زيادة
قيمة التيار والزمن المطلوب لتوليد الحرارة الكافية
لاجراء عملية اللحام وأن السمك (6mm) يحتاج
الى حوالي (450AMP) لتحقيق لحام النقطة
بأقصى قوة قص ممكنه لذلك فان زيادة السمك
سيعارض مع مديات مكائن لحام
(MIG/MAG spot) والتي هي غالبا لا
تتجاوز (600 AMP).

٦. غاز الحماية

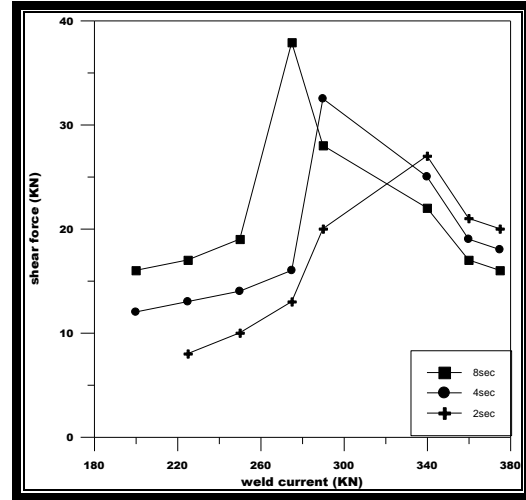
يعتبر غاز الحماية أحد المتغيرات المهمة
التي تؤثر في نوعية اللحام والخواص الميكانيكية
من خلال تأثيره في أستقرارية القوس الكهربائي
وبالتالي في نفاذية اللحام وعلى قطر نقطة اللحام
وعلى قوة القص . فبالرجوع للإشكال(1,2,3)
والأشكال(4,5,6) نلاحظ تأثير غاز الحماية في
قوة القص .

فعدت أستخدام غاز (CO₂) بمعدل
جريان (12L/min) بلغت أقصى قوة قص لسمك
(2mm) هي (22KN) عند زمن (2sec)
و(27.5KN) عند (٤sec) و (31KN) عند
زمن (8sec). وعند أستخدام غاز الاركون بمعدل
جريان (4L/min) ولنفس السمك كانت قوة
القص العظمى هي (25KN) عند زمن (2sec)
و (31.7 KN) عند زمن (4sec) و(36 KN)
عند زمن (8sec) أى بزيادة تتراوح ما بين
(١٢%) الى (١٩%) لصالح غاز الاركون. أما
العينات سمك (4mm) فسجلت عند أستخدام

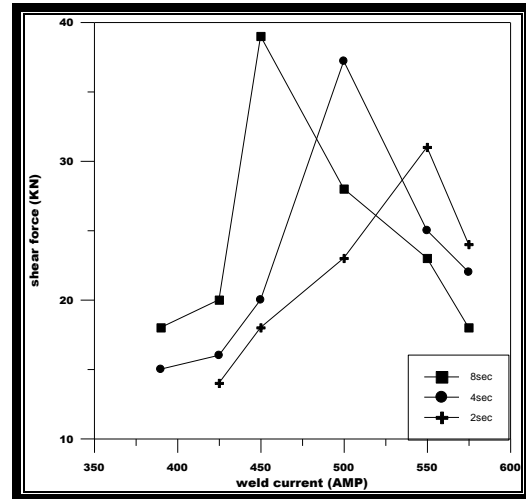
عند تيار (220 AMP) وزمن (8sec). ومن المؤكد أن سبب الزيادة في قطر منطقة اللحام ناتج من زيادة كمية الحرارة الداخلة الى وصلة اللحام . اما عند لحام عينات ذات سمك (4mm) بتيار (270 AMP) وبأستخدام غاز CO₂ شكل (٨-٤) وبزمن (2sec) بلغ قطر نقطة اللحام (5.7mm) وأزداد القطر مع زيادة التيار والزمن وصولاً الى (7.4mm) عند تيار (290 AMP) وزمن (8sec). وعند لحام عينات ذوات سمك (6mm) بتيار قدره (425 AMP) وبنفس الزمن بلغ قطر منطقة اللحام (6.9mm) وأزداد الى (11mm) عند تيار (450Amp. وزمن (8sec) . كذلك فإن زمن اللحام له تأثير مهم في قطر نقطة اللحام فعند لحام عينات ذوات سمك (2mm) وزمن لحام (2sec) وتيار (210AMP) وبأستخدام غاز CO₂ كانت قطر منطقة اللحام (3.6mm) وعند زمن (٤sec) كان (3.9mm) وعند زمن (8sec) كان (4.3mm). يلاحظ ازدياد قطر نقطة اللحام بزيادة الزمن أيضاً ويعزى ذلك الى زيادة زمن مرور تيار اللحام الى القطعه المراد لحامها مما يسمح بوجود فترة كافية للانصهار الجيد وبالتالي زياده في قطر نقطة اللحام .

وعند لحام عينات ذوات سمك (4mm) ولنفس الظروف السابقه من زمن وغاز الحماية فإن قطر نقطة اللحام يكون (٥,٧mm) عند تيار (270 Amp.) وعند زمن (4sec) بلغ القطر (6mm) وعند زمن (8sec) أزداد القطر ليبلغ (6.5mm) .

أما عينات ذوات سمك (6mm) ولنفس ظروف اللحام من زمن وغاز حمايه شكل (٩-٤) فقد بلغ قطر نقطة اللحام بحدود (٦,٩mm) عند تيار (425 AMP) وعند زمن (4sec) بلغ القطر



الشكل (5) العلاقة بين تيار اللحام وقوة اللحام لسمك 4mm وبأستخدام غاز Ar وبأزمان مختلفه



الشكل (6) العلاقة بين تيار اللحام وقوة اللحام لسمك 6mm وبأستخدام غاز Ar وبأزمان مختلفه

٧. تأثير متغيرات اللحام في قطر نقطة

اللحام

١,٧ غاز ثاني أوكسيد الكربون

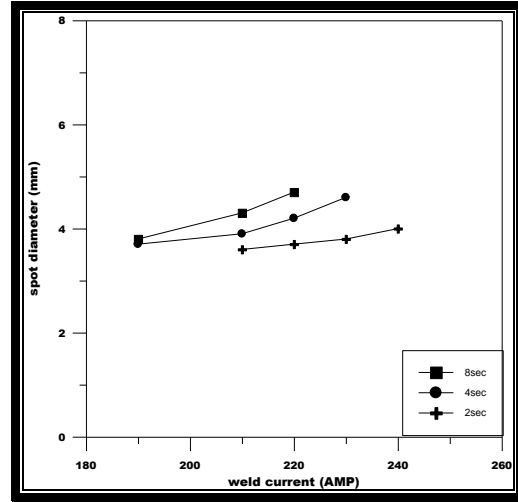
يعتبر التيار أحد المؤثرات المهمة في قطر نقطة اللحام. من الأشكال (7,8,9,10,11,12) نلاحظ تأثير التيار وزمن اللحام وغاز الحماية في قطر منطقة اللحام. فعند لحام عينات بسمك (2mm) وبتيار قدره (210 AMP) وبأستخدام غاز CO₂ شكل (٧-٤) وعند زمن (2sec) بلغ قطر منطقة اللحام (3.6mm). وعند زيادة التيار يزداد قطر نقطة اللحام وصولاً الى (4.7mm)

د.عدنان نعمة عبود / مجلة الخوارزمي الهندسية، المجلد ٢ / العدد ٢ / ٢٠٠٦
 (7.6mm) وعند زمن (8sec) أزداد القطر
 ليبلغ (11mm) .

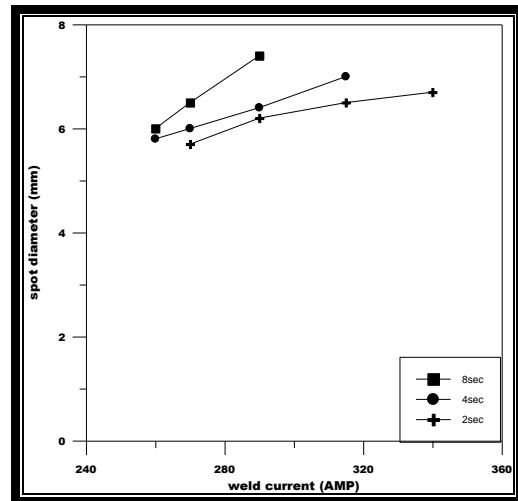
١. غاز Ar

تؤثر غازات الحماية أيضا في قطر نقطة اللحام فالمقارنه بين غازي الحماية الاشكال (٧) (٨) (٩) (١٠) (١١) (١٢) تبين أنخفاض قطر نقطة اللحام عند استخدام غاز الاركون مقارنة باستخدام (CO₂) ولنفس ظروف اللحام من تيار وزمن لحام نتيجة لتتركز القوس الكهربائي الخاص بالاركون.

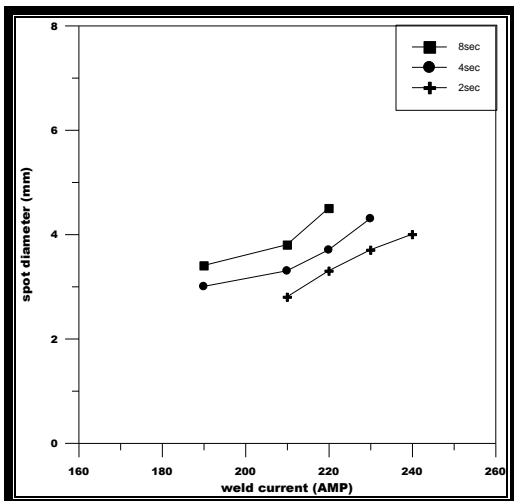
فعند لحام عينات ذوات سمك (2mm) وزمن لحام (2sec) وعند تيار (210 AMP) وبأستخدام غاز (CO₂) شكل (٧-٤) يكون قطر نقطة اللحام (3,٦mm) اما عند استخدام غاز (Ar) شكل(١٠-٤) ولنفس ظروف اللحام فيكون قطر نقطة اللحام (2.8mm) . وعند لحام عينات ذوات سمك (4mm) وزمن لحام (2sec) عند تيار (290AMP) وبأستخدام غاز (CO₂) شكل(٨-٤) يكون قطر نقطة اللحام (٦,٢mm) اما عند استخدام غاز Ar لنفس ظروف اللحام شكل(١١-٤) فيكون قطر نقطة اللحام (5.8mm).ونلاحظ العينات سمك (6mm) أنها تسلك نفس السلوك من خلال تأثرها بغاز الحماية.



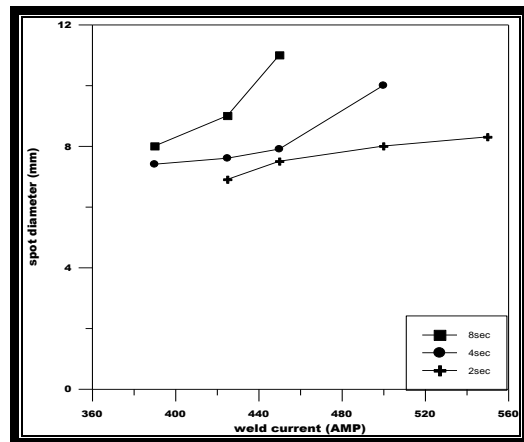
الشكل (٧) تأثير التيار في قطر نقطة اللحام لسمك 2mm مع استخدام غاز CO₂ ولازمان مختلفه



الشكل (٨) تأثير التيار في قطر نقطة اللحام لسمك 4mm مع استخدام غاز CO₂ ولازمان مختلفه



الشكل (١٠) تأثير التيار في قطر نقطة اللحام لسمك 2mm مع استخدام غاز Ar ولازمان مختلفه

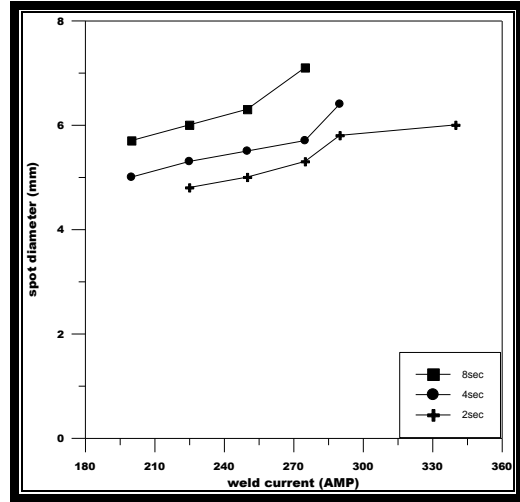
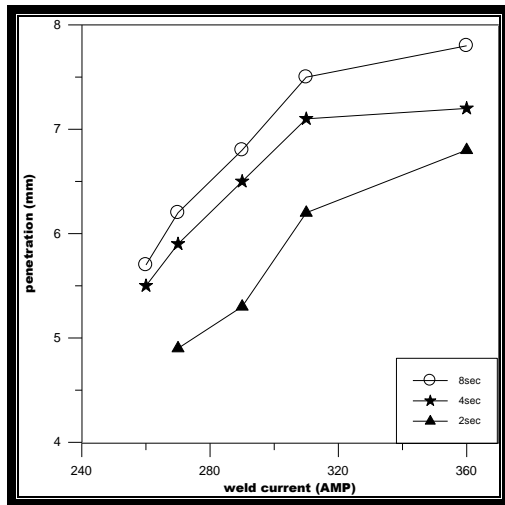


الشكل (٩) تأثير التيار في قطر نقطة اللحام لسمك 6 mm مع استخدام غاز CO₂ ولازمان مختلفه

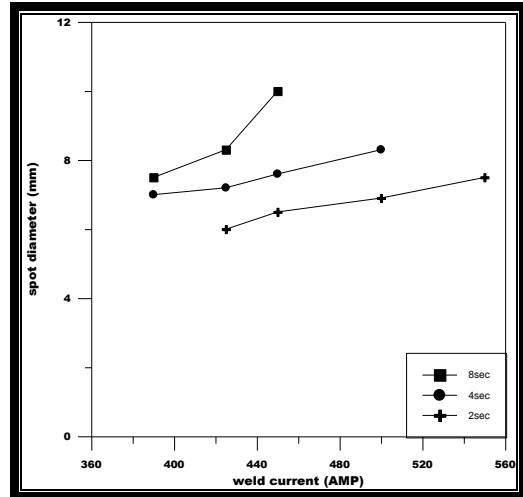
(360 AMP) وزمن (8sec) . بعدها يسبب الإفراط في كمية الحرارة الداخلة تتأثر في المعدن (splashing) من ذلك نستنتج أن الزيادة في نفاذية اللحام بزيادة الزمن يعزى الى زيادة زمن مرور تيار اللحام الى منطقة اللحام مما يسمح بوجود فتره كافيه للانصهار الجيد وبالتالي زيادة النفاذية.

٢,٨. استخدام غاز الأركون

عند أستخدام غاز الاركون كغاز حماية يلاحظ تأثيره في نفاذية اللحام فبالمقارنة مع غاز CO₂ نلاحظ أنخفاض النفاذية عند أستخدام غاز الاركون (الشكل 13,14) فعند لحام عينات ذوات سمك (4mm) بتيار (250 AMP) وزمن لحام (4sec) وباستخدام غاز (CO₂) فإن عمق النفاذية يكون (5,5mm) ولنفس ظروف اللحام من زمن وتيار لحام وباستخدام غاز (Ar) فإن عمق النفاذية يكون (4.7mm) وعمق النفاذية عند زمن (8sec) وباستخدام غاز (CO₂) وتيار لحام (250AMP) يكون (5.7mm) يقابلها عند استخدام غاز (Ar) (4.9mm). بلغ الأختلاف في النفاذية بين الغازين عند سمك (4mm) وزمن لحام (4sec) ولنفس ظروف اللحام بحدود (14,5%) ولنفس السمك مع زمن (8sec) كانت النسبة (14%)



الشكل (١١) تأثير التيار في قطر نقطة اللحام لسمك 4mm مع أستخدام غاز Ar ولازمن مختلفه

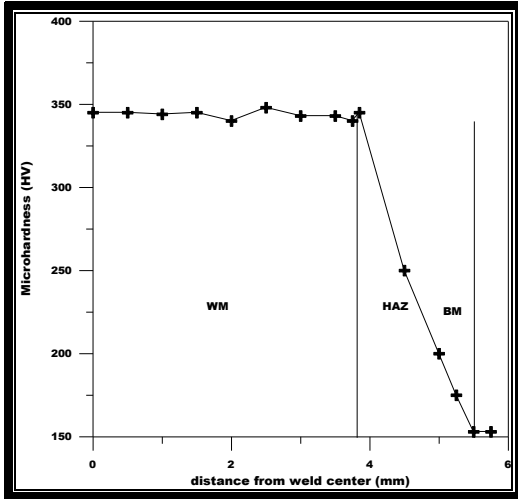


الشكل (١٢) تأثير التيار في قطر نقطة اللحام لسمك 4mm مع أستخدام غاز Ar ولازمن مختلفه

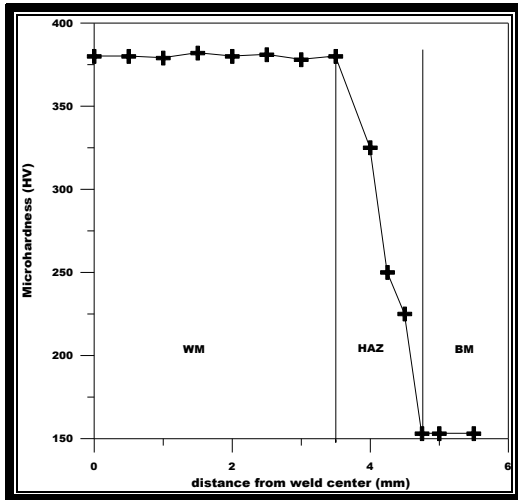
٨. تأثير متغيرات اللحام في النفاذية

١,٨. أستخدام غاز ثاني أوكسيد الكربون يعتبر التيار أحد أهم المؤثرات في نفاذية اللحام . فبملاحظة الأشكال (13,14) نلاحظ تأثير التيار وزمن اللحام وغاز الحماية في نفاذية اللحام. فعند لحام عينات ذوات سمك (4mm) بتيار قدره (270AMP) ولزمن (2sec) وباستخدام غاز CO₂ كانت نفاذية اللحام (4.9mm) وعند زيادة تيار اللحام تزداد النفاذية وصولاً الى أفضل نفاذيه (7.8mm) عند تيار

HV) ثم تبدأ بالانخفاض تدريجياً في المنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ) لتعطي أقل قيمة للصلادة (153 HV). من هذا نلاحظ أن اختلاف قيمة الصلادة مع اختلاف غاز الحماية لنفس السمك يعود الى اختلاف معدل التبريد لمنطقة اللحام وحسب كمية الحرارة الداخلة التي تؤثر بشكل كبير في الحجم الحبيبي لمنطقة اللحام والمنطقة المتأثرة بالحرارة.



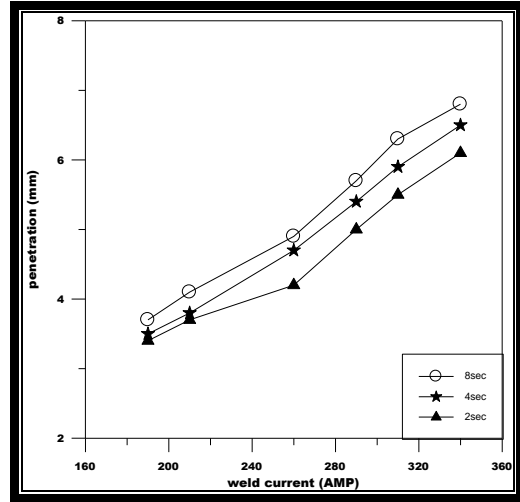
الشكل (15) يمثل منحنى الصلادة الدقيقة لسمك 4mm باستخدام غاز CO₂ وعند زمن ٤ ثانية



الشكل (16) يمثل منحنى الصلادة الدقيقة لسمك 4mm باستخدام غاز Ar وعند زمن ٤ ثانية

١٠. الفحص المجهرى Microstructure

الشكل (13) العلاقة بين تيار اللحام والنفاذية لسمك 4mm واستخدام غاز CO₂



الشكل (14) العلاقة بين تيار اللحام والنفاذية لسمك 4mm باستخدام غاز Ar

٩. الصلادة الدقيقة Microhardness

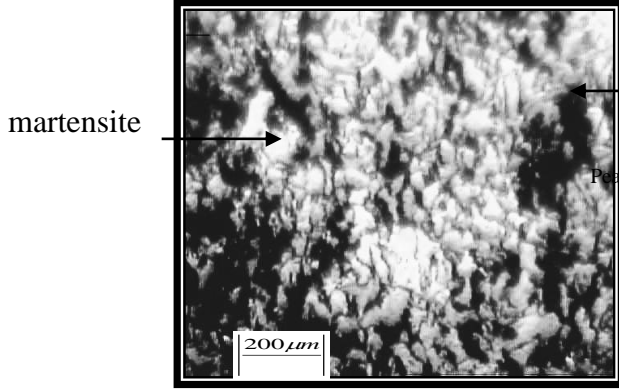
أثرت متغيرات اللحام بشكل ملحوظ في جودة اللحام وعلى البنية المجهرية نتيجة للحرارة المتولدة في أثناء اللحام. والشكل (15) يوضح قيمة الصلادة لتيار (340AMP) ولزمن لحام (٤sec) باستخدام غاز CO₂. تم قياس الصلادة الدقيقة لوصلات اللحام من مركز نقطة اللحام وصولاً إلى المعدن الأساس حيث لوحظ ارتفاع قيمة الصلادة في مركز اللحام (345HV) واستقرارها على طول نقطة اللحام ثم انخفاضها تدريجياً عند الوصول إلى المنطقة المتأثرة بالحرارة وصولاً إلى المعدن الأساس (153HV).

أن السبب في ارتفاع الصلادة في مركز اللحام هو صغر الحجم الحبيبات في منطقة اللحام (WM) وزيادة حجمها في منطقة (HAZ) والمعدن الأساس وكذلك تكون المارتنايت في منطقة اللحام.

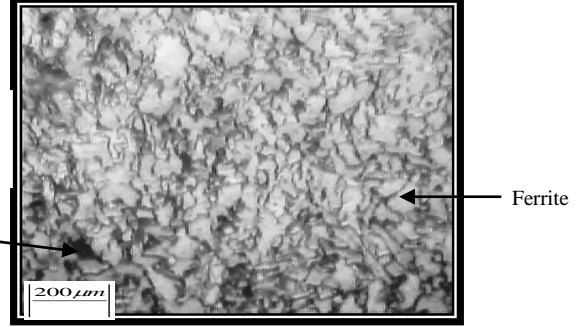
يوضح الشكل (16) قيمة الصلادة لتيار 320

(AMP) ولزمن لحام (٤sec) وباستخدام غاز Ar حيث تكون أعلى قيمة للصلادة في مركز اللحام واستقرارها على طول نقطة اللحام (380

أن زيادة الزمن بوجود تيار مع غاز CO₂ ساعدت على سرعة التبريد مع إعطاء بنى ناعمة من الفريت والمارتنايت.



يمثل الشكل (١٧) صورة التركيب المجهرى الدقيق للمعدن الأساس DIN15Mo3 قبل إجراء عملية اللحام التي تشمل على أرضية من الفريت وتجمعات من البرلايت وبحجم حبيبي (50μm) للفريت وبكسر حجمي (٠,٢٤٦) لطور البرلايت.



الشكل (١٧) صورة التركيب المجهرى الدقيق للمعدن الأساس DIN15Mo3

يوضح الشكل (١٨) معدن اللحام (WM) لعينه سمك (2mm) عند تيار (240AMP)

ولزمن (2sec) وباستخدام غاز حماية

CO₂، وتظهر فيه الحدود الحبيبية كمناطق سوداء لتجمع المارتنايت فيها وبحجم حبيبي (22μm) وبكسر حجمي بلغ (٠,٣٦٥).

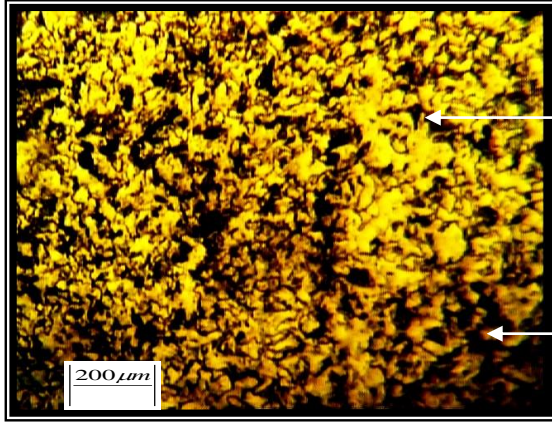
ويبين الشكل (١٩) صورة لمعدن اللحام (WM) ولسمك (2mm) وعند تيار (240AMP) ولزمن (٤sec) وباستخدام غاز CO₂ أيضا وتكون فيها الحبيبات أنعم من تلك في الزمن السابق لزيادة زمن مرور تيار اللحام وبحجم حبيبي (18μm) وكسر حجمي (٠,٤٤١). بينما يوضح الشكل (٢٠) تأثير زيادة زمن مرور تيار اللحام في حجم الحبيبات بالمقارنة مع الأزمان (4sec) و



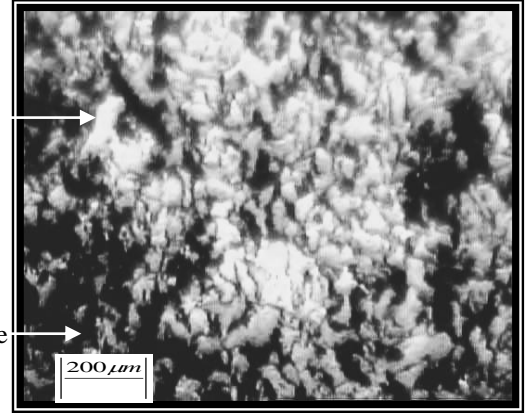
الشكل (٢٠) معدن اللحام (WM) لعينه سمك (2mm) ولزمن (8sec) غاز CO₂.

(2sec) حيث يعتبر الزمن (8sec) هو الزمن المثالي لعملية اللحام والذي ينتج عنه حبيبات ناعمة حيث بلغ الحجم الحبيبي (15μm) والكسر الحجمي (٠,٤٠) للمارتنايت وبالتالي يظهر تأثيره الواضح في قيم الصلادة وقوة القص أصافة الى زيادة كمية المارتنايت المتكون وتوزيعه المنتظم على طول منطقة اللحام مقارنة بالأزمان الأخرى.

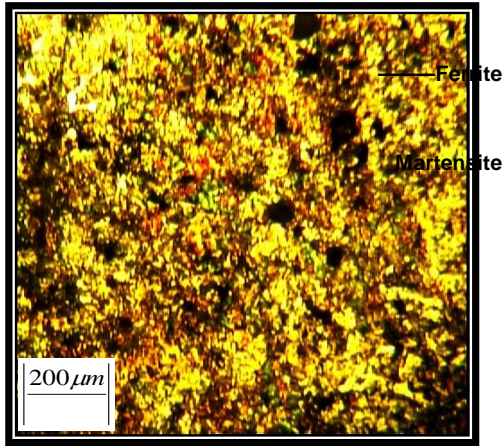
يمثل الشكل (٢١) صورة المرحلة الانتقالية بين منطقة اللحام (WM) والمنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ) ولنفس وصلة اللحام المذكورة أنفاً. حيث يلاحظ التباين في حجم الحبيبات بين



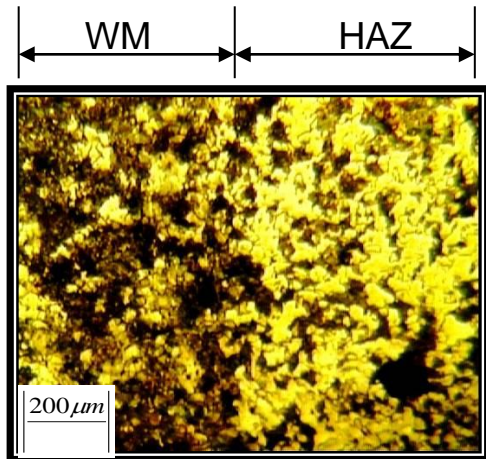
الشكل (١٩) معدن اللحام (WM) لعينه سمك (2mm) لزمن (4sec) وغاز CO₂



الشكل (١٨) معدن اللحام (WM) لعينه سمك (2mm) ولزمن (2sec) وغاز CO₂.



الشكل (٢٠) معدن اللحام (WM) لعينه سمك (2mm) ولزمن (8sec) وغاز CO₂.

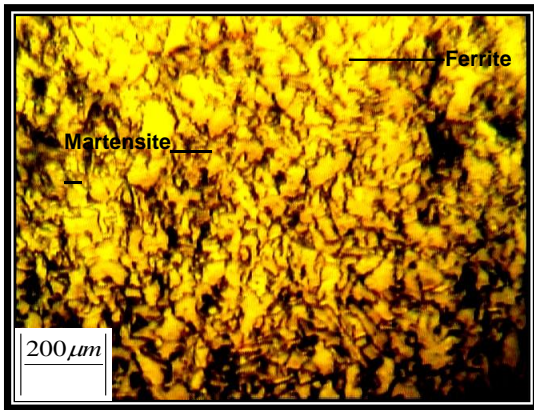


الشكل (٢١) منطقة اللحام (WM) والمنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ) لعينه سمك (2mm) ولزمن (8sec) وغاز CO₂

منطقة اللحام (WM) و المنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ). أن حبيبات منطقة اللحام تكون ناعمة ويظهر تكون المارتنزيت فيها بينما تكون حبيبات المنطقة المتأثرة بالحرارة كبيرة نسبياً مع انخفاض الكسر الحجمي (٠,٣٧) لطور المارتنزيت لاختلاف معدل التبريد. وعند أستبدال غاز CO₂ بغاز الاركون ولنفس السمك (2mm) وتيار (240AMP) ولزمن (8sec) يلاحظ أن منطقة اللحام (شكل ٢٢) تكون أصغر حجماً وبجسم حبيبي (13.9μm) وكسر حجمي بلغ (٠,٢٩) مع ارتفاع في قيمة الصلادة وقوة القص. يوفر اللحام بغاز الاركون منطقة خالية من العيوب لاسيما العيوب الناتجة من غاز H₂(24). وبمقارنة الشكل (٢٢) مع الشكل (٢٠) يلاحظ أن كمية المارتنزيت بوجود الاركون أقل وهذا يرجع إلى العزل الحراري الذي يوفره الاركون مقارنة ب CO₂ مما يعطي معدلات تبريد أقل. ومن المؤكد أن الارتفاع في الخواص الذي رافق غاز الاركون يرجع الى خلو منطقة اللحام من العيوب لاسيما وجود غاز H₂.

Ferrite

الحبيبي للفرايت مع ذلك سجلت هذه العينات زيادة في قوة القص والصلادة.

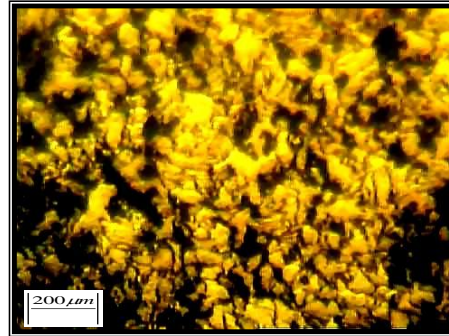


الشكل (٢٤-٤) صورة لمعدن اللحام (WM) ولسمك (4mm) ولزمن (4sec) وبأستخدام غاز (Ar)

وهكذا فإن زيادة السمك سيرافقها زيادة في مقدار تيار اللحام وزمن مروره مما يؤثر في زيادة كمية الحرارة الداخلة. ظهرت في البنية المجهرية لسمك (6mm) وعند تيار (550AMP) لمعدن اللحام (WM) وزمن (8sec) تجمعات من المارتنايت بشكل أكثر وضوحاً مع زيادة في كسرها الحجمي ليبلغ (٠,٣٩٧) يبين الشكل (٢٥) صورة لمعدن اللحام (WM) باستخدام غاز Ar لسمك (6mm) وعند تيار (550AMP) ولزمن (8sec) أدت زيادة السمك مع أستخدام غاز CO₂ بدلاً من غاز Ar إلى انخفاض الكسر الحجمي للمارتنايت بحدود (٠,٣٣٨) مع ملاحظة أن التسرب الحراري الذي رافق زيادة السمك قد قلل من تأثير العزل الحراري العالي لغاز الأركون . أن هذا التداخل أبقى على

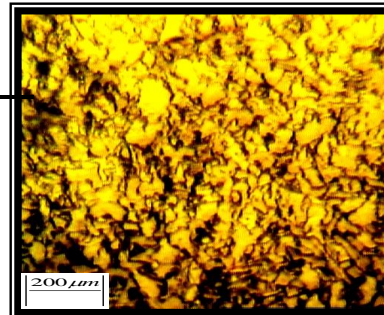
الشكل (22-٤) معدن اللحام لسمك (2mm) ولزمن (8sec) وبأستخدام غاز Ar

الشكل (23) يمثل صورة لمعدن اللحام (WM) بسمك (4mm) وعند تيار (340AMP) ولزمن (4sec) وغاز CO₂، حيث يلاحظ أن زيادة السمك يرافقها زيادة في قيمة التيار والزمن المطلوب لإجراء عملية اللحام وبالتالي الحصول على حبيبات كبيرة الحجم (31μm) في منطقة اللحام ويكسر حجمي يبلغ (٠,٤٧١).



الشكل (23) لسمك (4mm) ولزمن (4sec) وغاز CO₂. يتضح من الشكل (24) صورة لمعدن اللحام (WM) باستخدام غاز Ar ولنفس ظروف اللحام السابقة من سمك (4mm) وتيار (340AMP) وزمن (4sec). أن لأستخدام غاز الأركون بدلاً من CO₂ تأثيره الواضح في الكسر الحجمي للمارتنايت (٠,٣٢٢) حيث أنخفض بشكل واضح مقارنة بـ CO₂ علاوة على أن العزل الحراري ساعد أيضاً على زيادة الحجم

Martensite



يتبعها الفشل بسبب تناثر المعدن المنصهر في منطقة اللحام.

٤. الزيادة في قطر وصلة اللحام ونفاذيتها تتناسب طرديا مع زيادة تيار وزمن اللحام .

٥. أن أستخدم غاز الاركون في عملية اللحام يعطي قوة قص أعلى مما يعطيها غاز CO₂ لنفس السمك وعند قيمة تيار أقل مما في حالة غاز CO₂.

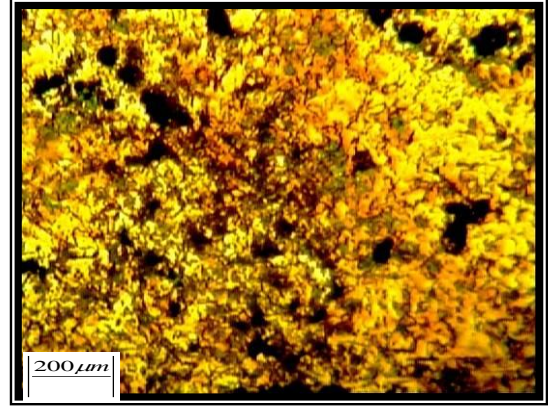
٦. قطر منطقة اللحام عند أستخدم غاز الاركون أقل مما هو عند أستخدم غاز CO₂ وذلك لتركز القوس الكهربائي الخاص بالاركون.

٧. ظهور طور المارتنزيت لاسيما في الأسماك (6,4,2) في منطقة اللحام والمنطقة المتأثرة بالحرارة سواها" عند أستخدم غاز CO₂ أو الاركون لتصل إلى (٠,٤٧١) كسر حجمي للمارتنزيت عند سمك (4mm) وتيار (340Amp.) وزمن (4sec) .

٨. سجلت المعلومات التي نفذت بغاز الحماية CO₂ كسر حجمي للمارتنزيت أكبر مقارنة بغاز الحماية الاركون عند تثبيت جميع المتغيرات الأخرى لطبيعة العزل الحراري الأعلى المرافق لغاز الاركون بينما سجلت منطقة اللحام كسر حجمي لطور المارتنزيت أعلى من المنطقة المتأثرة لكلا الغازين مما يوضح التأثير المباشر لغاز الحماية في زيادة معدلات التبريد في منطقة اللحام.

٩. سجلت منطقة اللحام أعلى قيم للصلادة المجهرية مقارنة بالمنطقة المتأثرة بالحرارة نظرا" لظهور المارتنزيت بكسر حجمي أعلى مقارنة بمنطقة (HAZ)

خواص ملحومات الاركون أعلى مع التأكيد أن لغاز CO₂ مضارا" أضافية لاسيما احتمالية تفاعل الأوكسجين الذري الناتج عن تحلل CO₂ → CO+O مع عناصر السبك وتكون الأكاسيد التي مما لاشك يحتاج أثباتها إلى أجهزة فحص كجهاز المجهر الماسح (scanning microscope).



الشكل (٢٥) لمعدن اللحام (WM) ولسمك (6mm) ولزمن (8sec) وباستخدام غاز Ar

١١. الاستنتاجات Conclusions

١. إمكانية لحام صفائح الفولاذ المنخفض السبك نوع DIN15Mo3 باستخدام طريقة (MIG/MAG SPOT) وبسلك لحام ER80S-G وباستخدام غاز الاركون.

٢. يمكن لحام الفولاذ المنخفض السبك 15Mo3 بغاز CO₂ فضلا" عن غاز الاركون مع انخفاض في قيمة قوة القص سجلت بمقدار ١٢% لسمك 2mm عند تيار (250Amp).

٣. يمكن لحام وصلات من الفولاذ المنخفض السبك 15Mo3 اعتمادا" على السمك بمدى من التيار وزمن اللحام لتحقيق مقاومة القص المطلوبة مع الإشارة إلى أن زيادة التيار والزمن عن مقدار معين يقابلها حدوث انخفاض في قوة القص

- Journal , Vol.81 , No.4 , 2002 , pp.61-s – 68-s.
7. J.H.Chol , J.Y.Lee & C.D.Yoo "Simulation of Dynamic Behavior in a GMAW system" Welding Journal , Vol.80 , No.10 , 2001 , pp. 239-s – 245-s .
8. S.Subramaniam , D.R.White , J.E.Jones "Experimental Approach to Selection of Pulsing in Pulsed GMAW" Welding Journal , Vol.78 , No.11 , 1999 , pp.89-s – 104-s .
9. D.W.Dickin Son "Charaderization of Spot welding behavior By Dynamic electrical parameters monitoring" Welding Journal Vol.59 , No.6 , 1980 , pp 91 - 96 .
10. M.J.M.Harmans "Process Behavior and Stability in Short Circuit Gas Metal Arc Welding" Welding Journal , Vol.78 , No.7, 1999 pp. 131-s – 149-s .
11. S.Adolfsson "On – Line Quality Monitoring in Short – Circuit Gas Metal Arc Welding" Welding Journal , Vol.78 , No.7, 1999 , pp. 77-s – 89-s .
12. "Technical Notes" Welding Journal , Vol.82 , No.1 , 2003 , pp.88 – 92.
- وبلغت الصلادة (٣٤٥HV) في منطقة اللحام لسُمك (4mm) وتيار (340AMP.) وزمن (4sec) مقارنة بالمعدن الاساس (153HV).

١٣.References

1. R.A.R.Ivett , "In Process Spot Weld Controls " , Metal Construction, Vol.12 , No.5, May 1980, pp.41 - 42.
2. T.P.Qunn , C.Smith , C.N.Mc Cowan "Arc Sensing For Defects in Constant – Voltage Gas Metal Arc Welding" Welding Journal , Vol.78 , No.11 , 1999 , pp.122-s – 135-s .
3. Y.M.Zhang & P.J.Li "Modified Active Control of Metal Transfer and a Pulsed GMAW of Titanium" Welding Journal , Vol.80 , No.2 , 2001 , pp.54-s – 61-s .
4. J.M.Saw Hill "Spot Weldability of Mn-Mo-Cb ,V-N And SAE 1008 Steel" Welding Journal , Vol.56 , No.7 , 1977 , pp.217-s – 224-s.
5. H.C.Kazanzs "Properties And Uses of Ferrous And Nonferrous Metal" 1998 publishing by AWS.
6. G.Atking , D.Thiessen , N.Nissley & Y.Adonyi "Welding process Effects in Weldability Testing of steels" Welding

- Vol. 81 , No. 4, 2002, pp.112-s – 122-s.
19. W.V.Alcini “A Measurement Window Into Resistance Welding” Welding Journal , Vol.69 , No.1, 1990 , pp.37-41.
20. T.B.Jones , "All Weld Metal Test Coupon For The Classification of The Low Alloy High Strength Steel Covered Arc Welding Electrode" Welding In The World ,Vol.23 , No.11/12 , 1985 , pp.68-70.
21. Spot Welds” Welding Journal Vol.82 , No.9 , 2003 , pp.18-s - 23-s .
22. M.Zhon, S.Jhu .And H.Zhon “Critical Specimen Size For Tensile – Shear Testing of Steel Sheets” Welding Journal Vol.78 , No.9 , 1999, pp.18-s – 32-s .
23. D.T.Williams, ”Spot Welding Size And Fraction Mode In Low Carbon Mild Steel” Metals Construction , Vol.11 , No.10 , 1979, pp.22-27.
24. M.Zhon,S.Jhu “Relationships Between Quality And Attributes of Spot Welds” Welding Journal , Vol.81 , No.1 2002, pp.34-s – 44-s .
25. M.K.Mch , X.Sun, E.V.Stephens “Resistance Spot Welding of
13. A.V.Kononov “Helium Arc Spot Welding Of Aluminum Sheet Structure” Welding Production , No.4 April 1989, pp.14-15.
14. T.H.North, "The Influence of External Local Heating in Preventing Cracking During Welding of Aluminum Alloy Sheet" Welding Journal ,Vol.63 ,No.3 , March 1984.
15. E.J.Barnhouse ,J.C.Lippold "Microstructure/property Relationships in Dissimilar Weld Between Duplex stainless steels and Carbon steel" Welding Journal , Vol.83 ,2004 No.1 , pp 205-s – 214-s .
16. S.I.Rokhlin "Ultra Sonic Evaluation of Spot Welding Quality" Welding Journal , Vol.64 , No.7, July 1985 , pp. 60 - 70.
17. R.d.Haeyer,J.P.Quient and J.Defourny) ,"Appraisal of Resistance Spot Weldability Using Multi Spot Welded Assemblies", Welding In The World , Vol. 27 , No .7/8 , 1989, pp. 24 – 36.
18. C.Schien And E.Vannatey – Asibu.Jr “Monitoring Test Of Spot Welding” Welding Journal

- Aluminum Alloy To Steel With Transition Material From Process To Performance Part1: Experimental Study” Welding Journal ,Vol.83 , No.5 , 2004 , pp.188-s – 195-s.*
- 26.S.Zhang "Approximate Stress Formulas For Amultiaxial Spot Weld" *Welding Journal , Vol.80 , No.10 , 2001, PP 145 - 177.*
- 27.J.SenKara "Cracking in Spot Welding Aluminum Alloy" *Welding Journal , Vol.79 , No.7, July 2000 , pp. 191-s – 202-s.*
- 28.ASME "Material Specification-Section-II –Part-C - Welding Rods, Electrodes And Filler Metals" 1998.
- 29.IIW , "Specimen Dimension And Procedure For Shear Testing Resistance Spot And Projection Welds” *Welding In The Word, Annual Subscription Vol.18 , No.1/2 , 1980 , pp.41 – 44.*

Welding of Low Alloy Steel DIN 15Mo3 by MIG/MAG Spot

ABSTRACT:

This research deals with the effects of welding variables using MIG/MAG spot by using Argon (Ar) gas and CO₂ to show their effect on the mechanical characteristics and microstructure of low alloy steel type DIN15Mo3 and determine the optimum condition for the process of welding ; current & time. The results show the possibility of using CO₂ and also Ar in low alloy steel welding with a little decrease in the shear force of not more than 13% for 4mm thickness and time 2sec. The shear force increased when using Ar instead of CO₂ to be , The shear force reach 36KN when using Ar at 2mm thickness time of 8 sec and current of 220 Amp. , when used CO₂ instead of Ar decreased shear force to 31KN reach decrease rate 13% while for a thikness of 4mm , time 8sec and acurrent of 290Amp. it was 37.9kN , when used CO₂ became 30.9KN decrease rate 18.5% and for a thikness of 6mm , time 8 sec and 450Amp. current it was 39 KN when used CO₂ it become 37KN redusing rate 5.20% .The diameter and penetration of welding have straight relation with the increase of current and time.