Al-khwarizmi
Engineerin
Journal

Al-Khwarizmi Engineering Journal, Vol.2,No.2,pp 1-19 (2006)

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

د.عدنان نعمة عبود
الكلية التقنية– بغداد
هيئة التعليم التقني

د.نبيل كاظم عبد الصاحب
كلية الهندسة الخوارزمي
جامعة بغداد

عامر عبد الله طعمة
المعدات الهندسية الثقيلة
وزارة الصناعة

(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 ألاركون وثاني أو كسيد الكاربون لبيان مدى تأثيرهما في الخواص الميكانيكية والبنية المجهرية لوصلة لحام الفولاذ المنخفض السبك نوع (DIN15Mo3) وتحديد الظروف المثلى لعملية اللحام من تيار وزمن اللحام أعتمادا" على اختبار قوة القص. أظهرت النتائج إمكانية أستخدم غاز CO_2 بدلا" عن غاز الاركون في لحام الفولاذ المنخفض السبك مع أنخفاض محدود في قوة القص لا يتعدى (13%) لسمك (4mm) وزمن (2sec). ازدادت قوة القص عند استخدام غاز ألاركون بدلا" من CO_2 لتصبح قوة القص (36KN) عند أستخدام غاز ألاركون ولسمك (2mm) وزمن (8sec) وبتيار (220Amp.) أما عند أستخدام غاز CO_2 بدلا" من ألاركون فأنخفضت قوة القص الى (31KN) حيث بلغت نسبة ألانخفاض (13%) بينما لسمك (4mm) ولزمن (8sec) وتيار (290Amp.) كانت (37.9KN) أما عند أستخدام غاز CO_2 فبلغت (30.9KN)

أي بنسبة أنخفاض (18.5 %) ولسمك (6mm) ولزمن (8sec) وتيار (450Amp.) فكانت قوة القص (39KN) وعند أستخدام غاز CO_2 بلغت (37KN) أي بنسبة أنخفاض (5.20 %) .أكدت النتائج أيضا" تناسب قطر اللحام ونفاذيته تناسبا" طرديا" مع زيادة تيار اللحام وزمنه.

1.الجانب النظري

في حالة لحام الفولاذ المنخفض السبك ترتفع صلادة منطقة اللحام (WM) والمنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ) مهما كان معدل التبريد بطيئا" كون هذا النوع من الفولاذ ذو قابلية عالية على التصليد لتواجد عناصر السبك فيه. ويمكن معرفة قابلية اللحام بالاعتماد على حساب المكافيء الكاربوني (carbon equivalent) للفولاذ المنخفض السبك[1].

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

يعطي ناتج هذه المعادلة انطباعا" عن قابلية التصليد وقابلية اللحام، وكلما كانت قيمة المكافيء الكاربوني عالية كانت قابلية التصليد عالية إذ يحتمل تكون طور المارتنسايت (martensite) في المنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ) لذلك تكون قابلية اللحام واطئة. وكلما كانت قيمة المكافيء الكاربوني اقل من (0.4) كانت قابلية لحام الفولاذ جيده بدون الحاجة إلى تحضيرات مسبقة. أما إذا كانت قيمة المكافيء (0.7 - 0.4) فان قابلية اللحام تكون اقل وتظهر ألحاجه إلى التسخين المسبق بين(400^oC) و (100^oC). أما إذا كانت قيمة المكافيء الكاربوني أكثر من (0.7) فتكون قابلية اللحام واطئه [1-4].

أن اللحام بطريقة MIG/MAG بالقوس الكهربائي القصير يستخدم للحام المعادن ذوات السمك القليل وفي موضع اللحام الأفقي وكذلك يمكن استخدام غاز (CO_2) أو (Ar) أو خليط الغازات ($Ar-CO_2$). إذ أن استخدام ($25\%CO_2$-75%Ar) يعطي استقرارا" للقوس الكهربائي ومظهرا" جيدا" لخط اللحام ويقلل من مستوى تناثر المعدن ويعطي خواص ميكانيكيه مقبولة .وبشكل عام فان استخدام هذا الخليط يعطي أفضل النتائج مع تقنية اللحام بالقوس القصير [5-27]

يمكن أيضا" اللحام بالقوس الكهربائي ألرشي مع خليط الغازات ($Ar-O_2$) و($Ar-CO_2$) 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 بدلا" من الفولاذ المنخفض الكاربون SAE1008 لان لهذه الطريقة مواصفات تفيد في الصناعة المذكورة.

أجريت عملية لحام النقطي 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 الكاربوني. وأن قابلية لحام ألنقطه للفولاذ Mn-Mo-Cb-steelتكون مشابهه للفولاذ V-N-steel ، وسجل اللحام انخفاضا" في مستوى ألمطيليه (Ductility) في الفولاذ HSLA بالمقارنة مع الفولاذ المنخفض الكاربون SAE-1008 , وارتفاع محدود في ألمطيليه وانخفاض في صلادة منطقة اللحام (Nugget) بالمقارنة مع V-N-steel.ان كلا من Mn-Mo-Cb-steel وV-N-steel يعطى قابلية لحام جيدة بالمقارنة مع SAE1008 إذ يعطيان مدى أوسع من التيار وقوة قص أعلى ومتانة شد متساوية[4]

وبالنتيجة فان معدن HSLA يمكن استخدامه في جميع متطلبات صناعة السيارات لتحقيقه النتائج المطلوبة في جميع الاختبارات. تم الحصول على علاقة جيده بين متانة القص ومساحة منطقة اللحام وكذلك متانة الشد لمنطقة اللحام ومساحة منطقة اللحام[4].

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

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

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

where σ_{CTS}= tension strength (psi)

D= diameter (inches)

2.الجانب العملي

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

تم أستخدم سلك اللحام المصنف حسب مواصفة جمعية اللحام الامريكيه (AWS) بالرمز ER80S-G والتركيب الكيمياوي والخواص الميكانيكية لهذه ألنوع مبينة في الجداول (4,3) مع ألإشارة إلى أنه فحص بموجب المواصفة ألأمريكية ASME section II part C.[28]

تم أستخدم نوعين من الغازات الأول هو غاز ثاني أوكسيد الكاربون بمعدل جريان (12L/min) والثاني غاز الاركون 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]

أنجزت عملية اللحام بعد تحضير العينات وتهيئة الماكنه عن طريق الإعداد المسبق لظروف اللحام كسلك اللحام المستخدم بقطر (1.2mm) وزاوية رأس القطب (90^o) وقطبية اللحام (DCRP). تم اللحام بتيارات لحام مختلفة ابتداء" من حدوث اللحام وصولا" إلى مرحلة الفشل (Failure) بمعدل ثلاث إلى خمس عينات لكل ظرف.

أن شكل منطقة اللحام يكون دائري لاتخاذه شكل فوهة اللحام المصنوعة من النحاس التي تحافظ على حرارة القوس داخلها وبمدى تيار من (510- 190) أمبير ولازمان لحام (8,4,2) ثانيه.

ا لجدول (1) التركيب الكيمياوي للفولاذ ألسبائكيDIN15Mo3

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

الجدول (2) الخواص الميكانيكية للفولاذ ألسبائكيDIN15Mo3

element	C%	Si%	Mn%	Mo%
Nominal Chemical composition	0.07-0.12	0.50-.080	1.60-2.10	0.40-0.60
ER80S-G	0.08	0.51	1.93	0.54

الجدول (3) التركيب الكيمياوي 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 (4) 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(5) 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

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

3.النتائج والمناقشة تأثير متغيرات اللحام على خواص الملحومات اللحام بغاز الحماية نوع CO_2

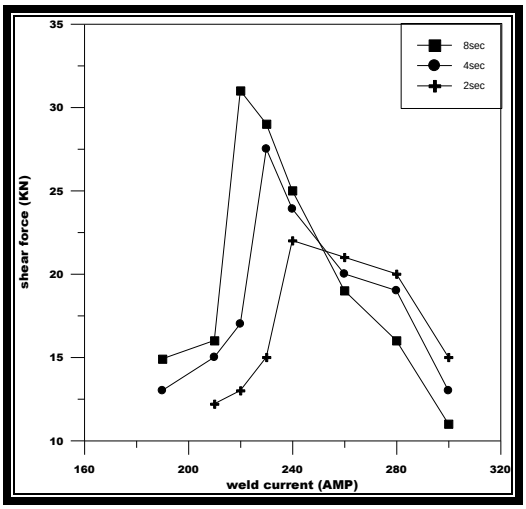
تم اختيار سلك اللحام AWS ER80S-G بموجب متطلبات المواصفة التي يعتمد اختيار السلك على ما تحققه من مواصفات ميكانيكية مماثلة أو أعلى من المعدن الأساس فضلا" عن توافق التركيب الكيمياوي.

يعد التيار أحد أهم المتغيرات الداخلة في عملية اللحام MIG/MAG spot ألمؤثره 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 لازمان 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

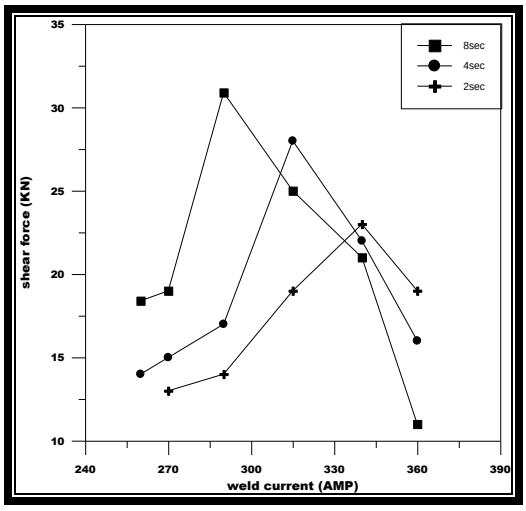
الشقوق في منطقة اللحام وحدوث تناثر في المعدن (splashing) التي يؤدي إلى نقصان السمك في منطقة اللحام وحدوث الفشل.

يلاحظ من الشكل (1) أن اللحام يبدأ عند تيار يقابله زمن معين. فبالنسبة للسمك (2mm) على سبيل المثال يبدأ اللحام عند تيار (190AMP) بزمن لحام (4sec) و (8sec) وتيار (210AMP) عند زمن لحام (2sec). أي أن 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 أنخفاض قوة القص بعد زيادة زمن اللحام وتياره عن القيم المؤشرة. أن زيادة الزمن من (4sec) إلى (8sec) ساعد على زيادة قوة القص بنسبة تصل إلى (% 11.2) 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 للسمك 2mm.



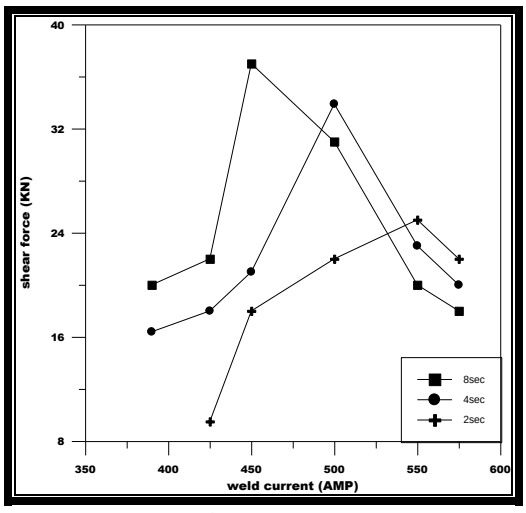
الشكل (1) العلاقه بين تيار اللحام وقوة اللحام لسمك 2mmبأستخدام غاز CO_2 وبأزمان مختلفه

بدء اللحام (الشكل 2) في تيارات وأزمان مختلفة لسمك (4mm) مقارنة بالسمك (2mm). بلغت قيمة قوة القص (14KN) عند تيار (.260Amp) وزمن (4sec) ثم تبدأ قيمة قوة القص بالزياده مع أزدياد التيار وصولا" الى قيمتها العظمى (30.9KN) عند تيار (290AMP) وزمن (8sec) ومن ثم الى مرحلة الفشل عند تيار (360 AMP).



الشكل (2) العلاقه بين تيار اللحام وقوة اللحام لسمك 4mm بأستخدام غاز CO_2 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 وصولا" الى قيمتها العظمى (37KN) عند تيار (450 AMP وزمن (8sec) ومن ثم الى مرحلة الفشل عند تيار (600 AMP).



الشكل (3) العلاقه بين تيار اللحام ومتانة اللحام لسمك 6mm بأستخدام غاز CO_2 وبأزمان مختلفه

4.تأثير زمن اللحام

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 أستخدام غاز CO_2 بمعدل جريان (12L/min) نلاحظ أن بداية اللحام ولسمك (2mm) وعند زمن (2sec) تكون عند تيار (210AMP) وبقوة قص ضعيفه نسبيا (12.2KN) (شكل 1-4). بينما تكون بداية اللحام لازمان (4sec) و (8sec) عند تيار (190AMP) وبقوة قص (13.7KN) و (14.9KN) على التوالي. كما نلاحظ من الشكل (2-4) 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 (425 AMP) وبقوة قص (9.5KN) ولازمان (4sec) و (8sec) عند تيار (390AMP) وبقوة قص (16.4KN) و (20KN) على التوالي (شكل 4-3). من ذلك يتضح ضرورة الموازنه مابين تيار اللحام وزمن اللحام لتأثيرهما الكبير في قيمة قوة القص لوصلة اللحام .

5.تأثير سمك ألصفيحه

يعتبر سمك المعدن المراد لحامه من المحددات في عملية اللحام MIG/MAG spot فعند زيادة سمك وصلة اللحام نحتاج الى تيارات وازمان عاليه لأجراء عملية اللحام وبالتالي زيادة قطر منطقة اللحام. يلاحظ من الاشكال (1) (2) (3) التباين الواضح في قيمة التيار مع أختلاف السمك.

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

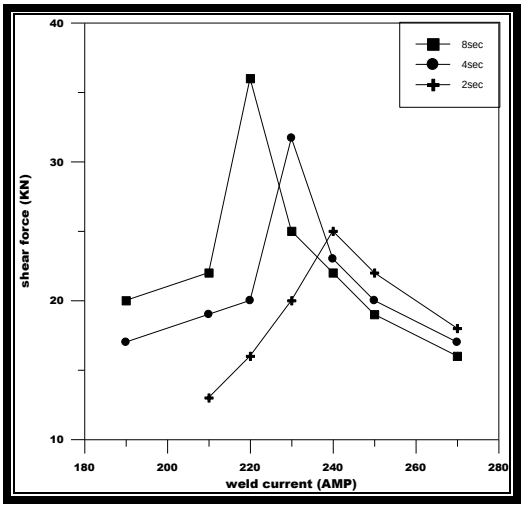
6.غاز الحماية

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 (3,2,1) وألاشكال(6,5,4) نلاحظ تأثير غاز الحماية في قوة القص .

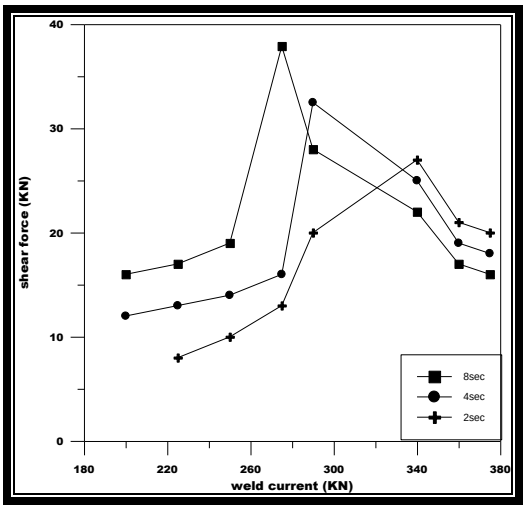
فعند أستخدام غاز (CO_2) بمعدل جريان (12L/min) بلغت أقصى قوة قص لسمك (2mm) هي (22KN) عند زمن (2sec) و(27.5KN) عند (4sec) و (31KN) عند زمن (8sec). وعند أستخدام غاز الاركون بمعدل جريان (4L/min) ولنفس السمك كانت قوة القص العظمى هي (25KN) عند زمن (2sec) و (31.7 KN) عند زمن (4sec) و(36 KN) عند زمن (8sec) أى بزيادة تتراوح ما بين (12%)الى (19 %) لصالح غاز الاركون. أما العينات سمك (4mm) فسجلت عند أستخدام غاز الاركون زيادة في قوة القص وبأزمان مختلفه وبنسبة تراوحت مابين (5%-23%).

وعند لحام عينات سمك (6mm) فأن أستخدام غاز (Ar) بدلا" من (CO_2) ساعد في زيادة قوة القص بنسبة محدوده أعتمادا" على الزمن المستخدم فأزدادت قوة القص العظمى بنسبة (14 %) عند زمن (2sec) و (18 %) عند زمن (4sec) و (5 %) عند زمن (8sec) يعزى هذا الاختلاف في قوة القص العظمى الى التركيز العالي للقوس الكهربائي للاركون.

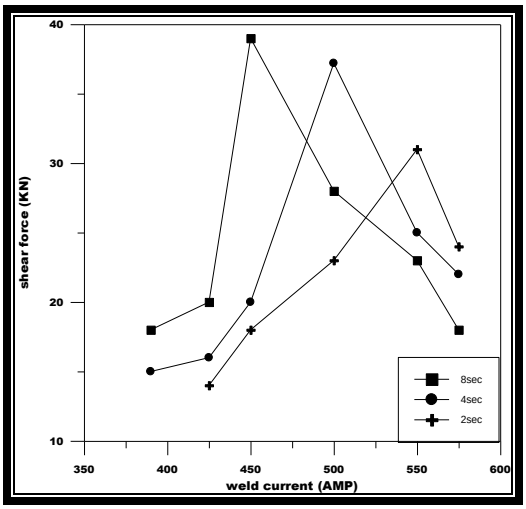
والجداول (1) و (2) و (3) تبين قيمة ألانخفاض في قوة القص وللاسماك (2mm) و(4mm) و (6mm) ولازمان (2sec) و (4sec) و (8sec) .



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



الشكل (5) العلاقه بين تيار اللحام وقوة اللحام لسمك 4mm وبأستخدام غار Ar وبأزمان مختلفه



الشكل (6) العلاقه بين تيار اللحام وقوة اللحام لسمك 6mm وبأستخدام غار Ar وبأزمان مختلفه

7.تأثير متغيرات اللحام في قطر نقطة اللحام

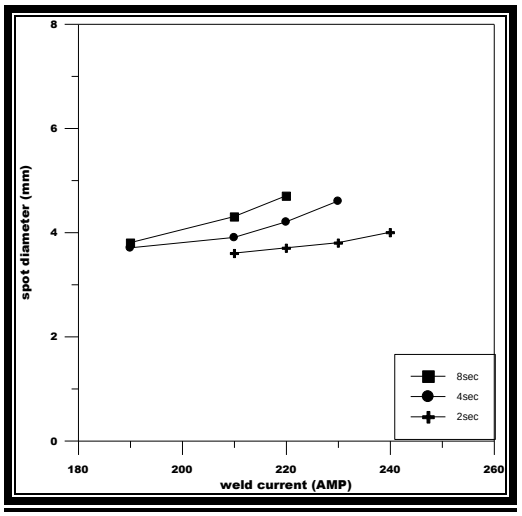
1.7غاز ثاني أوكسيد الكاربون

يعتبر التيار أحد المؤثرات المهمة في قطر نقطة اللحام. من الأشكال (12,11,10,9,8,7) نلاحظ تأثير التيار وزمن اللحام وغاز الحماية في قطر منطقة اللحام. فعند لحام عينات بسمك (2mm) وبتيار قدره (210 AMP) وبأستخدام غاز CO_2 شكل (7–4) وعند زمن (2sec) بلغ قطر منطقة اللحام (3.6mm). وعند زيادة التيار يزداد قطر نقطة اللحام وصولا" الى (4.7mm) عند تيار (220 AMP) وزمن (8sec). ومن المؤكد أن سبب الزيادة في قطر منطقة اللحام ناتج من زيادة كمية الحراره الداخله الى وصلة اللحام . اما عند لحام عينات ذات سمك (4mm) بتيار (270 AMP) وبأستخدام غاز CO_2 شكل (8–4) وبزمن (2sec) بلغ قطر نقطة اللحام (5.7mm) وأزداد القطر مع زيادة التيار والزمن وصولا" الى (7.4mm) عند تيار (290 AMP) وزمن (8sec). وعند لحام عينات ذوات سمك (6mm) بتيارقدره (425 AMP) وبنفس الزمن بلغ قطر منطقة اللحام (6.9mm) وأزداد الى (11mm)عند تيا لحام(450Amp.)وزمن (8sec) . كذلك فأن زمن اللحام له تأثير مهم في قطر نقطة اللحام فعند لحام عينات ذوات سمك (2mm) وزمن لحام (2sec) وتيار (210AMP) وبأستخدام غاز CO_2 كانت قطر منطقة اللحام (3.6mm) وعند زمن (4sec) كان (3.9mm) وعند زمن (8sec) كان (4.3mm). يلاحظ ازدياد قطر نقطة اللحام بزيادة الزمن أيضا" ويعزى ذلك الى زيادة زمن مرور تيار اللحام الى القطعه المراد لحامها مما يسمح بوجود فترة كافيه للانصهار الجيد وبالتالي زياده في قطر نقطة اللحام .

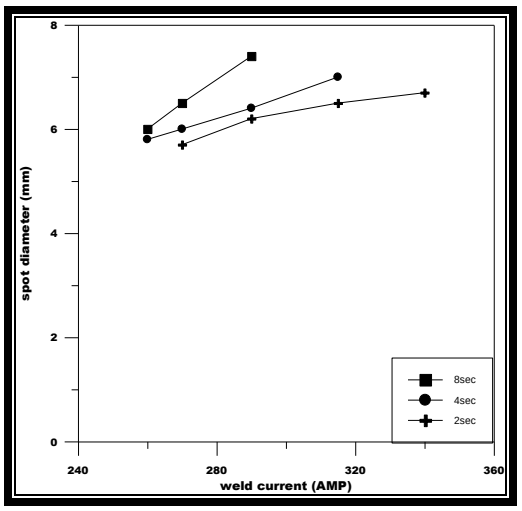
وعند لحام عينات ذوات سمك (4mm) ولنفس الظروف السابقه من زمن وغاز الحمايه فأن قطر نقطة اللحام يكون (5.7mm) عند تيار (270 Amp.) وعند زمن (4sec) بلغ القطر (6mm) وعند زمن (8sec) أزداد القطر ليبلغ (6.5mm) .

أما عينات ذوات سمك (6mm) ولنفس ظروف اللحام من زمن وغاز حمايه شكل (9–4) فقد بلغ قطر نقطة اللحام بحدود (6.9mm) عند تيار (425 AMP)وعند زمن (4sec) بلغ القطر

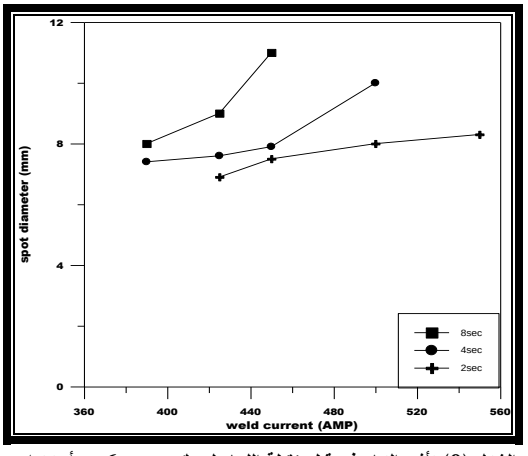
(7.6mm) وعند زمن (8sec) أزداد القطر ليبلغ (11mm) .



الشكل (7) تأثير التيار في قطر نقطة اللحام لسمك 2mm مع أستخدام غاز CO_2 ولازمان مختلفه



الشكل (8) تأثير التيار في قطر نقطة اللحام لسمك 4mm مع أستخدام غاز CO2 ولازمان مختلفه

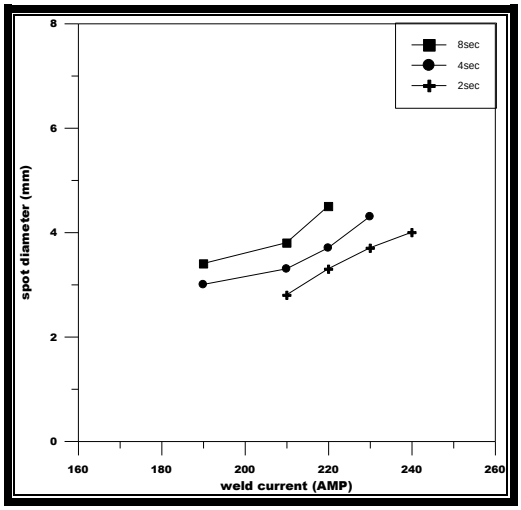


الشكل (9) تأثير التيار في قطر نقطة اللحام لسمك 6 mm مع أستخدام غاز CO_2 ولازمان مختلفه

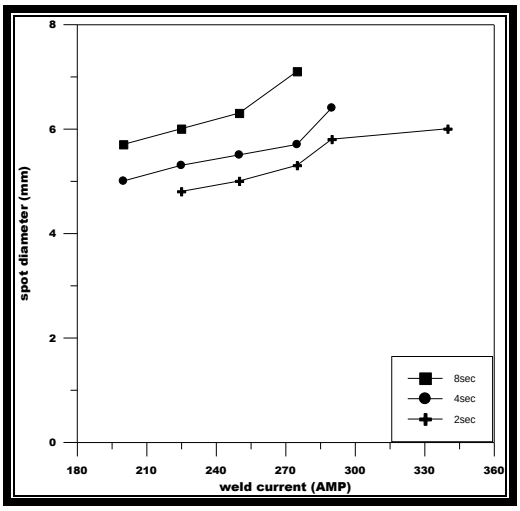
١. غاز Ar

تؤثر غازات الحمايه أيضا" في قطر نقطة اللحام فالمقارنه بين غازي الحماية الاشكال (7) (8) (9) (10) (11) (12) تبين أنخفاض قطر نقطة اللحام عند أستخدام غاز الاركون مقارنة بأستخدام (CO_2) ولنفس ظروف اللحام من تيار وزمن لحام نتيجة" لتمركز القوس الكهربائي الخاص بالاركون.

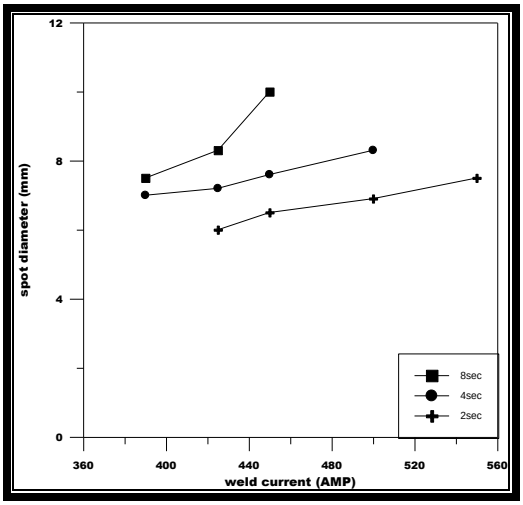
فعند لحام عينات ذوات سمك (2mm) وزمن لحام (2sec) وعند تيار (210 AMP) وبأستخدام غاز(CO_2) شكل (7-4) يكون قطر نقطة اللحام (3.6mm) اما عند أستخدام غاز (Ar) شكل(10-4) ولنفس ظروف اللحام فيكون قطر نقطة اللحام (2.8mm) . وعند لحام عينات ذوات سمك (4mm) وزمن لحام (2sec) عند تيار (290AMP) وبأستخدام غاز (CO_2) شكل(8-4) يكون قطر نقطة اللحام(6.2mm) اما عند أستخدام غاز Ar لنفس ظروف اللحام شكل(11-4) فيكون قطر نقطة اللحام (5.8mm).ونلاحظ العينات سمك (6mm) أنها تسلك نفس السلوك من خلال تأثرها بغاز الحماية.



الشكل (10) تأثير التيار في قطر نقطة اللحام لسمك 2mm مع أستخدام غاز Ar ولازمان مختلفه



الشكل (11) تأثير التيار في قطر نقطة اللحام لسمك 4mm مع أستخدام غاز Ar ولازمان مختلفه



الشكل (12) تأثير التيار في قطر نقطة اللحام لسمك mm 6 مع أستخدام غاز Ar ولازمان مختلفه

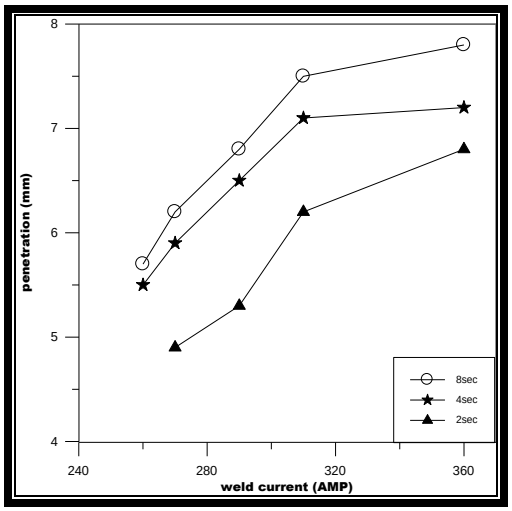
8.تأثير متغيرات اللحام في النفاذية

1.8.أستخدام غاز ثاني أوكسيد الكاربون

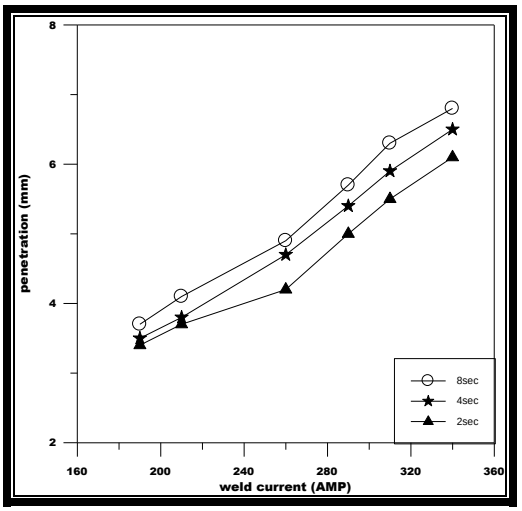
يعتبر التيار أحد أهم المؤثرات في نفاذية اللحام . فبملاحظة الأشكال (14,13) نلاحظ تأثير التيار وزمن اللحام وغاز الحماية في نفاذية اللحام. فعند لحام عينات ذوات سمك (4mm) بتيار قدره (270AMP) ولزمن (2sec) وباستخدام غاز CO_2 كانت نفاذية اللحام (4.9mm) وعند زيادة تيار اللحام تزداد النفاذيه وصولا" الى أفضل نفاذيه (7.8mm) عند تيار (360 AMP) وزمن (8sec) . بعدها يسبب الافراط في كمية الحراره الداخله تناثر في المعدن (splashing) من ذلك نستنتج أن الزياده في نفاذية اللحام بزيادة الزمن يعزى الى زيادة زمن مرور تيار اللحام الى منطقة اللحام مما يسمح بوجود فتره كافيه للانصهار الجيد وبالتالى زيادة النفاذيه.

2.8.استخدام غاز ألاركون

عند أستخدم غاز الاركون كغاز حماية يلاحظ تأثيره في نفاذية اللحام فبالمقارنة مع غاز CO_2 نلاحظ أنخفاض النفاذيه عند أستخدم غاز الاركون (الشكل 14,13) فعند لحام عينات ذوات سمك (4mm) بتيار (250 AMP) وزمن لحام (4sec) وباستخدام غاز (CO_2) فأن عمق النفاذيه يكون (5.5mm) ولنفس ظروف اللحام من زمن وتيار لحام وباستخدام غاز (Ar) فأن عمق النفاذيه يكون (4.7mm) وعمق النفاذيه عند زمن (8sec) وباستخدام غاز (CO_2) وتيار لحام (250AMP) يكون (5.7mm) يقابلها عند استخدام غاز (Ar) (4.9mm). بلغ ألاختلاف 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 (13) العلاقه بين تيار اللحام والنفاذيه لسمك 4mm وأستخدام غاز CO_2



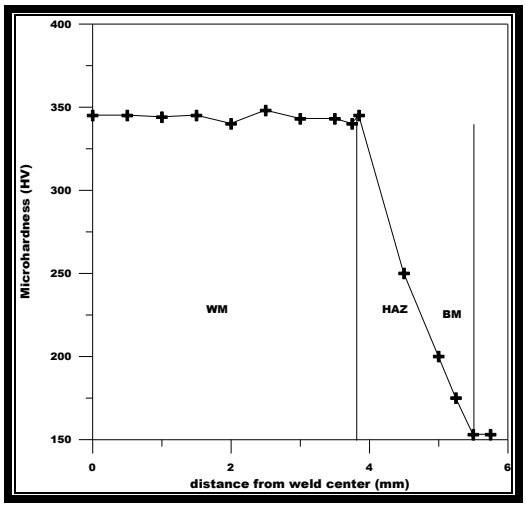
الشكل (14) العلاقه بين تيار اللحام والنفاذيه لسمك 4mm وأستخدام غاز Ar

9.الصلاده الدقيقه Microhardness

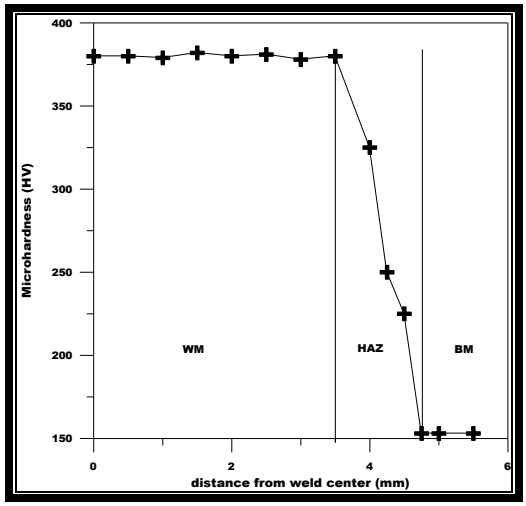
أثرت متغيرات اللحام بشكل ملحوظ في جودة اللحام وعلى البنية ألمجهريه نتيجة" للحرارة المتولدة في أثناء اللحام. والشكل (15) يوضح قيمة الصلادة لتيار (340AMP) ولزمن لحام (4sec) باستخدام غاز CO_2. تم قياس الصلادة ألدقيقه لوصلات اللحام من مركز نقطة اللحام وصولا إلى المعدن الأساس حيث لوحظ ارتفاع قيمة الصلادة في مركز اللحام (345HV) واستقرارها على طول نقطة اللحام ثم انخفاضها تدريجيا عند الوصول إلى المنطقة المتأثرة بالحرارة وصولا 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 المارتن زايت في منطقة اللحام .

يوضح الشكل (16) قيمة الصلادة لتيار 320 (AMP) ولزمن لحام (4sec) وباستخدام غاز Ar حيث تكون أعلى قيمه للصلادة في مركز اللحام واستقرارها على طول نقطة اللحام 380) (HV ثم تبدأ بالانخفاض تدريجيا في المنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ) لتعطي أقل قيمه 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.



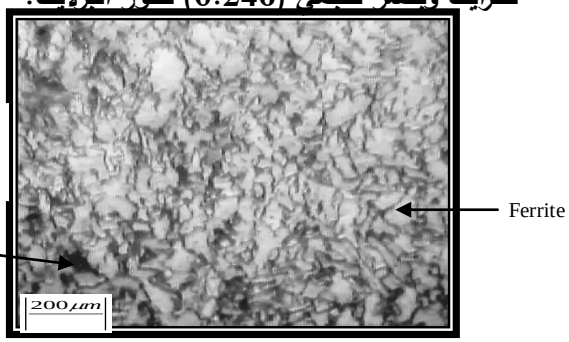
الشكل (15) يمثل منحني الصلاده الدقيقه لسمك 4mm بأستخدام غاز CO_2 وعند زمن 4 ثانيه



الشكل (16) يمثل منحني الصلاده الدقيقه لسمك 4mm بأستخدام غاز Ar وعند زمن 4 ثانيه

10.الفحص المجهري Microstructure

يمثل الشكل (17) صورة التركيب ألمجهري الدقيق للمعدن الأساس DIN15Mo3 قبل أجراء عملية اللحام التي تشمل على أرضية من الفرايت وتجمعات من البرلايت وبحجم حبيبي (50µm) للفرايت وبكسر حجمي (0.246) لطور البرلايت.

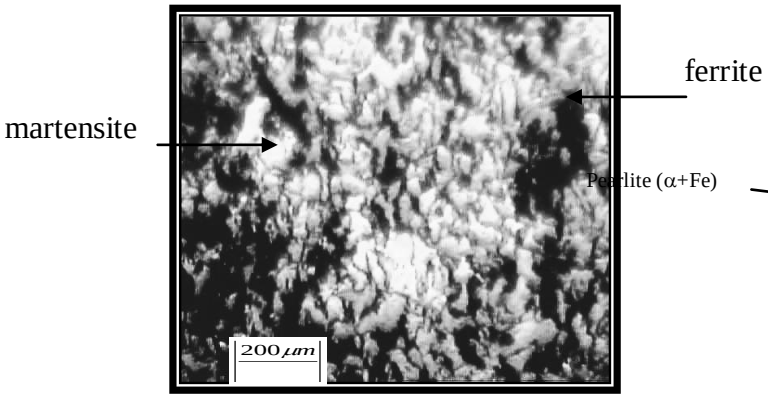


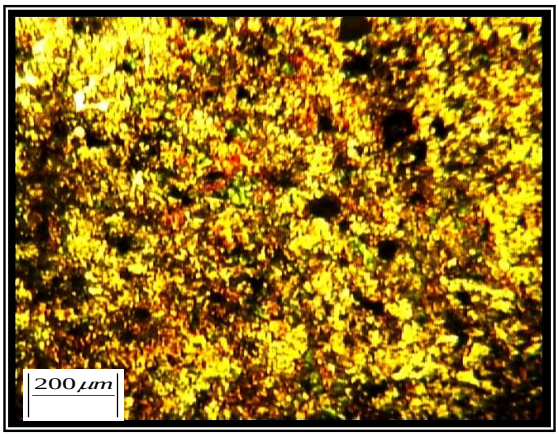
الشكل (17) صورة التركيب ألمجهري الدقيق للمعدن الأساس DIN15Mo3

يوضح الشكل (18) معدن اللحام (WM) لعينه سمك (2mm) عند تيار(240AMP) ولزمن (2sec) وباستخدام غاز حماية CO_2،وتظهر فيه الحدود الحبيبية كمناطق سوداء لتجمع المارتنزايت فيها وبحجم حبيبي (22µm) وبكسر حجمي بلغ (0.365).

ويبين الشكل (19) صورة لمعدن اللحام (WM) ولسمك (2mm) وعند تيار (240AMP) ولزمن (4sec) وباستخدام غاز CO_2 أيضا" وتكون فيها الحبيبات أنعم من تلك في الزمن السابق لزيادة زمن مرور تيار اللحام وبحجم حبيبي (18µm) وكسر حجمي (0.441). بينما يوضح الشكل (20) تأثير زيادة زمن مرور تيار اللحام في حجم الحبيبات بالمقارنة مع ألازمان (4sec) و (2sec)حيث يعتبر الزمن (8sec) هو الزمن المثالي لعملية اللحام والذي ينتج عنه حبيبات ناعمة حيث بلغ الحجم الحبيبي (15µm) والكسر ألحجمي (0.40) للمارتنزايت وبالتالي يظهر تأثيره الواضح في قيم الصلادة وقوة القص أصافة الى زيادة كمية المارتنزايت المتكون وتوزيعه المنتظم على طول منطقة اللحام مقارنة بألازمان ألاخرى.

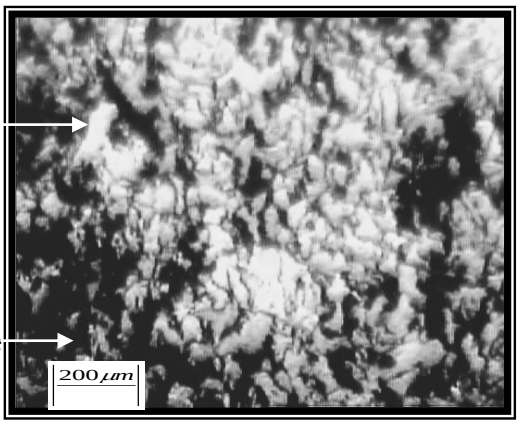
أن زيادة الزمن بوجود تيار مع غاز CO_2 ساعدت على سرعة التبريد مع أعطاء بنى ناعمة من الفرايت والمارتنزايت.



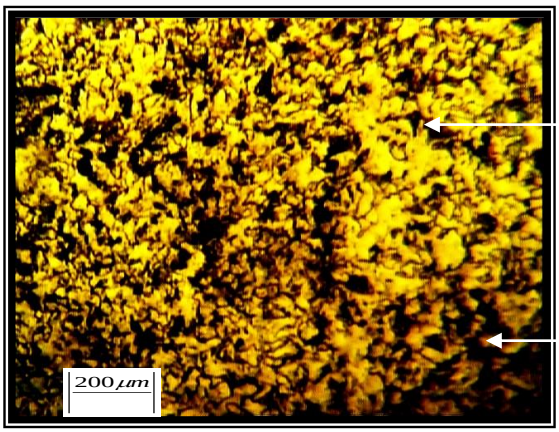


الشكل (20) معدن اللحام (WM) لعينه سمك (2mm) ولزمن (8sec) غازCO_2.

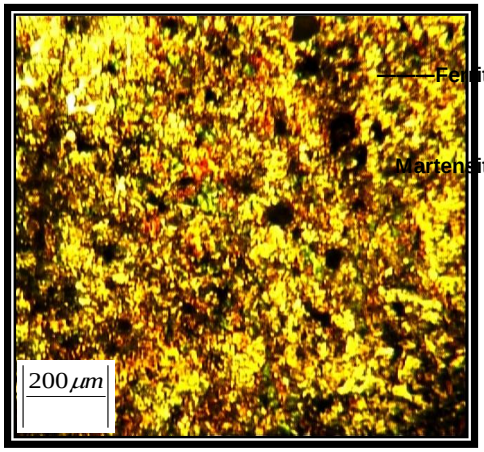
يمثل الشكل (21) صورة المرحلة الانتقالية بين منطقة اللحام (WM) والمنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ) ولنفس وصلة اللحام المذكورة أنفا" . حيث يلاحظ التباين في حجم الحبيبات بين



الشكل (18) معدن اللحام (WM) لعينه سمك (2mm) ولزمن(2sec) وغاز CO_2.

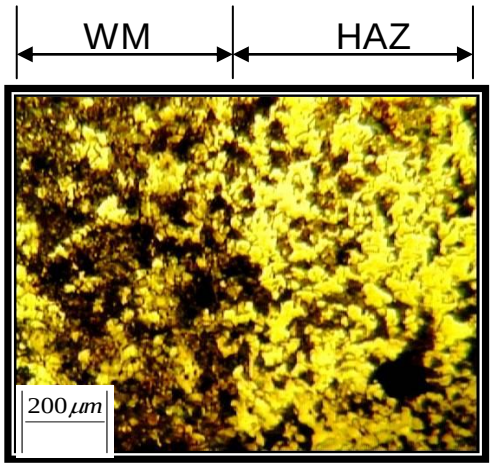


الشكل (19) معدن اللحام (WM) لعينه سمك (2mm) لزمن(4sec) وغاز CO_2



الشكل (20) معدن اللحام (WM) لعينه سمك (2mm) ولزمن (8sec) وغاز CO_2.

منطقة اللحام (WM) و المنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ). أن حبيبات منطقة اللحام تكون ناعمة ويظهر تكون المارتنزايت فيها بينما تكون حبيبات المنطقة المتأثرة بالحرارة كبيرة" نسبيا" مع أنخفاض الكسر ألحجمي (0.37) لطور المارتنزايت لاختلاف معدل التبريد. وعند أستبدال غاز CO_2 بغاز الاركون ولنفس السمك (2mm) وتيار(240AMP) ولزمن (8sec) يلاحظ أن منطقة اللحام (شكل 22) تكون أصغر حجما" وبحجم حبيبي (13.9µm) وكسر حجمي بلغ (0.29) مع ارتفاع في قيمة الصلادة وقوة القص. يوفر اللحام بغاز الاركون منطقة خالية من العيوب لاسيما العيوب الناتجة من غاز H_2[24]. وبمقارنة الشكل (22) مع الشكل (20) يلاحظ أن كمية المارتنزايت بوجود الاركون أقل وهذا يرجع إلى العزل الحراري الذي يوفره الاركون مقارنة ب CO_2 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 H_2.

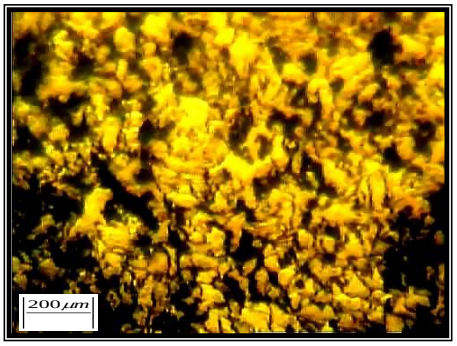


الشكل (21) منطقة اللحام (WM) والمنطقة المتأثرة بالحرارة(HAZ) لعينه سمك (2mm) ولزمن(8sec) وغاز CO_2

Ferrite ————

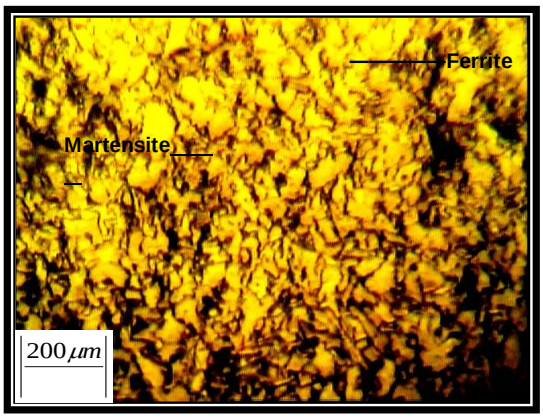
الشكل (22–4) معدن اللحام لسمك (2mm) ولزمن (8sec) وبأستخدام غاز Ar

الشكل (23) يمثل صورة لمعدن اللحام (WM) بسمك (4mm) وعند تيار (340AMP) ولزمن (4sec) وغاز CO_2 ،حيث يلاحظ أن زيادة السمك يرافقها زيادة في قيمة التيار والزمن المطلوب لاجراء عملية اللحام وبالتالي الحصول على حبيبات كبيرة الحجم (31µm) في منطقة اللحام وبكسر حجمي يبلغ (0.471).



الشكل (23) لسمك (4mm) ولزمن (4sec) وغاز CO_2.

يتضح من الشكل (24) صورة لمعدن اللحام (WM) باستخدام غاز Ar ولنفس ظروف اللحام السابقة من سمك (4mm) وتيار (340AMP) وزمن (4sec). أن لأستخدم غاز الاركون بدلا" من CO_2 تأثيره الواضح في الكسر ألحجمي للمارتنزايت (0.322) حيث أنخفض بشكل واضح مقارنة بCO_2 علاوة على أن العزل الحراري ساعد أيضا" على زيادة الحجم الحبيبي للفرايت مع ذلك سجلت هذه العينات زيادة في قوة القص والصلادة.

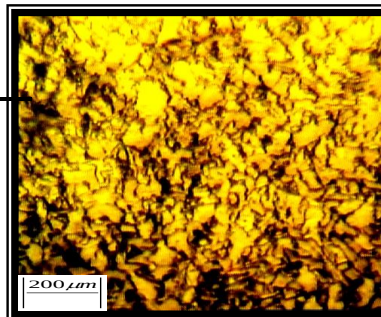


الشكل (24–4) صورة لمعدن اللحام (WM) ولسمك (4mm) ولزمن (4sec) وبأستخدام غاز (Ar)

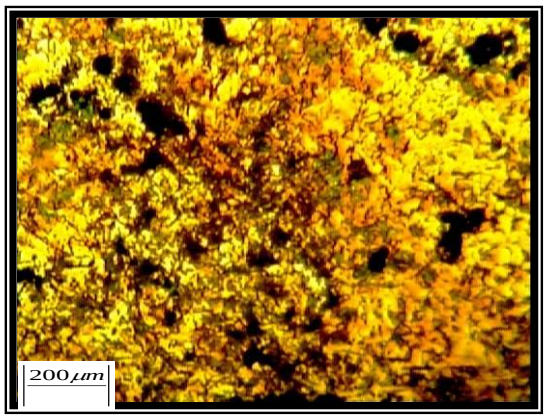
وهكذا فأن زيادة السمك سيرافقها زيادة في مقدار تيار اللحام وزمن مروره مما يؤثر في زيادة كمية الحرارة الداخلة. ظهرت في البنية المجهرية لسمك (6mm) وعند تيار (550AMP) لمعدن اللحام (WM) وزمن (8sec) تجمعات من المارتنزايت بشكل أكثر وضوحا" مع زيادة في كسرها ألحجمي ليبلغ (0.397)

يبين الشكل (25) صورة لمعدن اللحام (WM) باستخدام غاز Ar لسمك (6mm) وعند تيار (550AMP) ولزمن (8sec) أدت زيادة السمك مع أستخدم غاز CO_2 بدلا" من غاز Ar إلى انخفاض الكسر ألحجمي للمارتنزايت بحدود (0.338) مع ملاحظة أن التسرب الحراري الذي رافق زيادة السمك قد قلل من تأثير العزل الحراري العالي لغاز الاركون . أن هذا التداخل أبقى على

Martensite ————



خواص ملحومات الاركون أعلى مع التأكيد أن لغاز CO_2 مضارا" أضافية لاسيما احتمالية تفاعل الأوكسجين الذري الناتج عـن تحـلل $CO+O \longrightarrow CO_2$ مع عناصر السبك وتكون الاكاسيد التي مما لاشك يحتاج أثباتها إلى أجهزة فحص كجهاز المجهر الماسح (scanning microscope).



الشكل (25) لمعدن اللحام (WM) ولسمك (6mm) ولزمن (8sec) وباستخدام غاز Ar

11.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 CO_2 فضلا" عن غاز الاركون مع أنخفاض في قيمة قوة القص سجلت بمقدار % 12 لسمك 2mm عند تيار (250Amp).
٣. يمكن لحام وصلات من الفولاذ المنخفض السبك 15Mo3 أعتمادا" على السمك بمدى من التيار وزمن اللحام لتحقيق مقاومة القص المطلوبة مع الإشارة إلى أن زيادة التيار والزمن عن مقدار معين يقابلها حدوث أنخفاض في قوة القص 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 CO_2 لنفس السمك وعند قيمة تيار أقل مما في حالة غاز CO_2.
٦. قطر منطقة اللحام عند أستخدم غاز الاركون أقل مما هو عند أستخدم غاز CO_2 وذلك لتمركز القوس الكهربائي الخاص بالاركون.
٧. ظهور طور المارتنزايت لاسيما في ألأسماك (6,4,2) في منطقة اللحام والمنطقة المتأثرة بالحرارة سواءا" عند أستخدم غاز CO_2 أو الاركون لتصل إلى (0.471) كسر حجمي للمارتنزايت عند سمك (4mm) وتيار (340Amp.) وزمن (4sec) .
٨. سجلت الملحومات التي نفذت بغاز الحماية CO_2 كسر حجمي للمارتنزايت أكبر مقارنة بغاز الحماية الاركون عند تثبيت جميع المتغيرات الأخرى لطبيعة العزل الحراري الأعلى المرافق لغاز الاركون بينما سجلت منطقة اللحام كسر حجمي لطور المارتنزايت أعلى من المنطقة المتأثرة لكلا الغازين مما يؤشر 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 المارتنزايت بكسر حجمي أعلى مقارنة بمنطقة (HAZ)

وبلغت الصلادة (345HV) في منطقة اللحام لسمك (4mm) وتيار (340AMP.) وزمن (4sec) مقارنة بالمعدن الاساس (153HV).

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 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.

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.Konovalov "*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 Amultiaxal 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 CO_2 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 CO_2 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 CO_2 to be , The shear force reach 36KN when using Ar at 2mm thickness time of 8 sec and current of 220 Amp. , when used CO_2 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 CO_2 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 CO_2 it become 37KN redusing rate 5.20% .The diameter and penetration of welding have straight relation with the increase of current and time.