

## دراسة وتقييم قابلية لحام الفولاذ المنخفض السبك ASTM A242 بطريقة القوس الكهربائي المعدني النقطي المحمي بالغاز

باسم محمد عبد  
مدرس مساعد

رأفت عبد الرحمن عبد الجبار  
مدرس مساعد

عمر سعد صالح  
مدرس مساعد

الكلية التقنية - بغداد

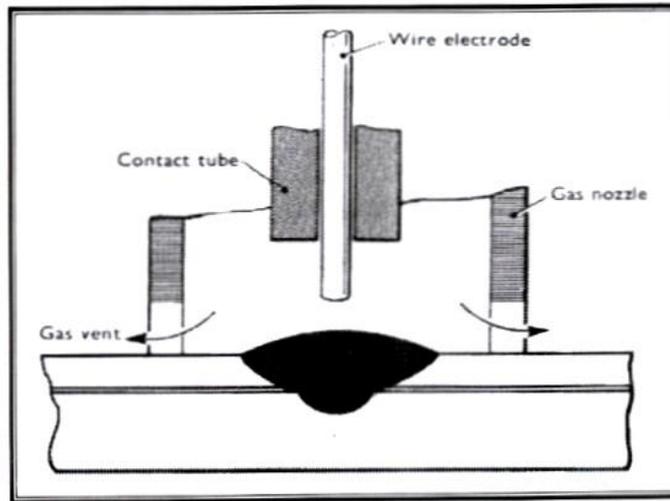
### الخلاصة

اشتمل البحث على دراسة تأثير نوع غاز الحماية وتيار وزمن اللحام المستخدم بطريقة اللحام النقطي بالقوس المعدني المحمي بالغاز (MIG\MAG Spot) على الخواص الميكانيكية لوصلات لحام الفولاذ المنخفض السبك نوع (ASTM A242) باسمك (2.5,5mm). اظهرت النتائج ان قوة القص العظمى لوصلات اللحام النقطي تزداد مع ازدياد تيار وزمن اللحام الى مقدار معين بعدها تنخفض قوة القص عند التيارات الكبيرة والازمان الطويلة. حيث كانت قوة القص عند لحام سمك (2.5mm) هي (20.6KN) عند تيار لحام مقداره (280AMP.) وزمن لحام مقداره (5Sec.) باستخدام غاز ثاني اوكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>). اما عند لحام نفس السمك اعلاه باستخدام غاز الاركون (Ar) فكانت اعلى قوة قص هي (22.2KN) عند تيار لحام (265AMP.) وزمن لحام مقداره (5Sec.). اما عند لحام سمك (5mm) فكانت اعلى قوة قص (35.2KN) عند تيار لحام (330AMP.) وزمن لحام (5Sec.) باستخدام غاز ثاني اوكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>). اما عند استخدام غاز الاركون (Ar) فكانت اعلى قوة قص هي (37.1KN) عند تيار لحام (315AMP.) وزمن لحام مقداره (5Sec.).

### المقدمة

يعد الفولاذ المنخفض السبك من الأنواع المهمة في تصنيف الفولاذ وذلك لاحتوائه على كميات من عناصر السبك مثل (النكل، الكروم، الموليبدنوم) التي تضاف إلى الفولاذ لزيادة المقاومة، الصلادة، المتانة أو لتحسين المقاومة للحرارة والتآكل. تكون مجموع نسب عناصر السبك الداخلة في تركيبه اقل من (5%) وقد ساعد تطور صناعة السيارات والطائرات والصناعات الحديثة من انتشار استعمال هذا الفولاذ بدلاً من الفولاذ الكربوني التي لا تفي خواصه في اكثر الأحيان بالاحتياجات الصناعية. إن قابلية لحام هذه المجموعة من الفولاذ تعتمد على التركيب الكيميائي وقابلية التقسية

فالأنواع التي تملك قابلية تقسية منخفضة يمكن لحامها بسهولة، أما الأنواع التي لها قابلية تقسية عالية فإنها تحتاج إلى تسخين أولي وتسخين لاحق وبذلك يشبه لحام هذه المجموعة لحام الفولاذ الكربوني ذي نسبة كربون مشابهة (1,2,3,4).  
يعد لحام القوس الكهربائي المعدني المحمي بالغاز (GMAW) من احد الطرق المستخدمة في ربط هذا النوع من الفولاذ. يتم في هذه الطريقة من اللحام ضخ غاز واقى لمنع وصول ألوأكسجين والغازات الأخرى إلى منطقة اللحام لانها تتفاعل مع منطقة اللحام وتؤدي إلى فشل نقطة اللحام وكذلك المحافظة على استقرارية القوس الكهربائي. الشكل (١) يوضح اللحام النقطي بالقوس المعدني المحمي بالغاز (MIG/MAG Spot). إن معدن الحشو (Filler metal) المستخدم عبارة عن سلك يتم تغذية منطقة اللحام به بشكل مستمر باستخدام بكرات خاصة ويعتمد نوع وقطر السلك المستخدم على نوع الملحومة. يمكن أن تستخدم هذه الطريقة في لحام الفولاذ الكربوني والسباتكي والفولاذ المقاوم للصدأ وكذلك لحام الألمنيوم والمغنيسيوم وسباتكهما تعد هذه الطريقة ذات إنتاجية عالية وذلك لإمكانية اللحام دون الحاجة إلى التوقف لتبديل القطب كذلك تفضل هذه الطريقة في لحام الاسماك العالية لأنه في الأسماك القليلة يجب استخدام قطعة معدنية سائدة تحت القطعة السفلى لإسناد وتسريب الحرارة من منطقة اللحام أو للتقليل من احتمالية حدوث التشوه في القطعة (5,6,7).



الشكل ( ١ ) : آلية لحام ( MIG/MAG Spot ) (2) .

## طرق انتقال معدن الحشو بطريقة القوس الكهربائي المعدني المحمي بالغاز

### ١. الانتقال بالغطس Dip Transfer

ينتج عن عملية اللحام بهذه الطريقة بركة لحام صغيرة مع حرارة قليلة داخلية إلى منطقة اللحام. تستعمل هذه الطريقة للحام الفولاذ باستخدام سلك لحام بقطر يتراوح ما بين (0.6-1.2mm) بفولتية قوس منخفضة قدرها (15-20V) حيث يتراوح طول القوس ما بين (2-3mm) كما تعطي هذه الطريقة لحام جيد للوصلات التي لا تكون على استقامة واحدة والتي يوجد بينهما فراغ كبير (Gap) حيث يحدث ترسيب معدن الحشو بتلامس نهاية القطب مع معدن اللحام المنصهر ويحصل اتصال منتظم ما بين نهاية القطب والمعدن حيث يذوب المعدن ويتدفق إلى بركة اللحام ، لذلك

تدعى هذه الطريقة أيضاً بلحام الدائرة الكهربائية المغلقة (Short-circuiting transfer) لذلك لا يلاحظ أي تناثر للمعدن المنصهر وتحدث هذه العملية تلقائياً بمعدل (200-50) مرة بالثانية. الشكل (2) يوضح آلية الانتقال بالغطس. إن نوع التيار المستخدم في لحام الفولاذ هو تيار مستمر بقطبية عكسية (DCRP) لذلك تستخدم للحام الاسماك القليلة حيث تكون التشوهات قليلة. تعد هذه الطريقة غير ناجحة في لحام المعادن عالية التوصيل الحراري مثل الألمنيوم، لأنها تعمل بطاقة كهربائية منخفضة نسبياً، إذ تتجمد بركة اللحام المنصهرة بسرعة في حالة الألمنيوم وبذلك تنحصر الغازات وتؤدي إلى ازدياد المسامية (8,9).

## ٢. الانتقال النبضي Pulse Transfer

عند اشتعال القوس بتيار منخفض بفولتية قوس تتراوح ما بين (27-45V) فإن نهاية القطب سوف تذوب ببطيء حيث يكون قطر قطرة المعدن المنصهر أكبر من قطر سلك اللحام وتنتقل هذه القطرات بفعل الجاذبية الأرضية وفي وقت قصير وتحدث هذه العملية بمعدل (100-33) مرة بالثانية وتجهز الفولتية إلى القوس الذي يفصل القطرات من نهاية القطب وتستخدم هذه الطريقة لأغلب المعادن. الشكل (3) يوضح مراحل الانتقال النبضي (8,9).

## ٣. الانتقال بالرش Spry Transfer

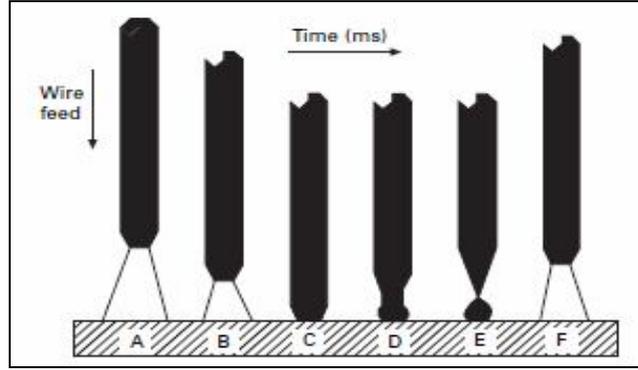
سُميت بهذا الاسم لانتقال المعدن المنصهر على هيئة قطرات صغيرة جداً عبر القوس الكهربائي بخط مستقيم إلى وصلة اللحام. تستخدم هذه الطريقة للحام الفولاذ بالوضع الأفقي وكذلك الألمنيوم وسبائكها في الوضع العمودي وفوق الرأس عندما يراد نفاذية عالية ومعدل ترسيب عالي. إن التيار المستخدم يتراوح ما بين (250-500 Amp.) وكذلك الفولتية المستخدمة تتراوح بين (27-45V) حيث تكون الطاقة الحرارية الداخلة إلى وصلة اللحام عالية.

## ٤. الانتقال النبضي Pulse Transfer

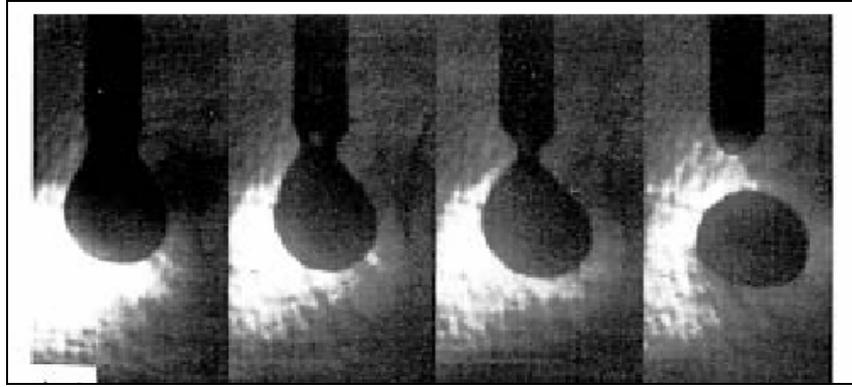
عند اشتعال القوس بتيار منخفض بفولتية قوس تتراوح ما بين (27-45V) فإن نهاية القطب سوف تذوب ببطيء حيث يكون قطر قطرة المعدن المنصهر أكبر من قطر سلك اللحام وتنتقل هذه القطرات بفعل الجاذبية الأرضية وفي وقت قصير وتحدث هذه العملية بمعدل (100-33) مرة بالثانية وتجهز الفولتية إلى القوس الذي يفصل القطرات من نهاية القطب وتستخدم هذه الطريقة لأغلب المعادن. الشكل (3) يوضح مراحل الانتقال النبضي (8,9).

## ٥. الانتقال بالرش Spry Transfer

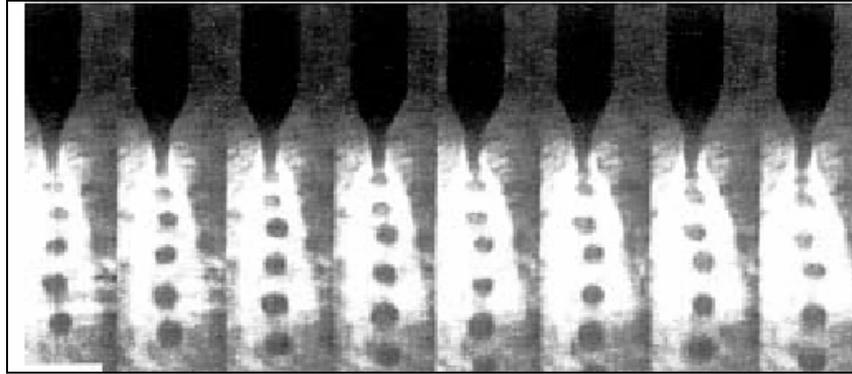
سُميت بهذا الاسم لانتقال المعدن المنصهر على هيئة قطرات صغيرة جداً عبر القوس الكهربائي بخط مستقيم إلى وصلة اللحام. تستخدم هذه الطريقة للحام الفولاذ بالوضع الأفقي وكذلك الألمنيوم وسبائكها في الوضع العمودي وفوق الرأس عندما يراد نفاذية عالية ومعدل ترسيب عالي. إن التيار المستخدم يتراوح ما بين (250-500 Amp.) وكذلك الفولتية المستخدمة تتراوح بين (27-45V) حيث تكون الطاقة الحرارية الداخلة إلى وصلة اللحام عالية ويستعمل سلك لحام بقطر يتراوح بين (0.8-2.4mm) وغازات الحماية المستخدمة هي (Ar, Ar+He, Ar+20%CO<sub>2</sub>, Ar+2%O<sub>2</sub>) الشكل (4) يوضح طريقة الانتقال بالرش (8,9).



الشكل (٢): آلية الانتقال بالغطس اثناء عملية الانتقال (٨).



الشكل (٣): مراحل الانتقال النبضي (٩).



الشكل (٤): طريقة الانتقال بالرش (٩)

## غازات الحماية SHIELDING GASES

هناك نوعان رئيسيان من غازات الحماية المستخدمة بطريقة اللحام المعدني المحمي بالغاز وهي الغازات الخاملة (الاركون ، الهليوم ) والغازات الفعالة (الوكسجين وثاني اوكسيد الكربون ) حيث يمكن استخدام كل نوع على حدة او استخدام خليط ثنائي او ثلاثي من كلا النوعين.

يفضل استخدام غاز الأركون والهليوم كغاز حماية عند لحام المعادن اللاحديدية أما عند لحام المعادن الحديدية فيفضل خلط الأركون مع كمية قليلة من الأوكسجين تقدر بحوالي (3%) او غاز ثاني اوكسيد الكربون بنسبة (9%) لتجنب عملية التشققات الداخلية (undercutting) في خط اللحام كما يعطي قوس كهربائي اكثر استقراراً ويعمل كمرطب لبركة اللحام مما يجعلها اكثر سيولة ويقلل الأوكسجين من الشد السطحي مما يجعل التخلخل والانصهار جيد .  
يعد غاز ثاني اوكسيد الكربون CO<sub>2</sub> من ارخص غازات الحماية وبالإمكان استخدامه في لحام الفولاذ لغاية نسبة كربون (0.4%) والفولاذ الواطئ السبك (Low Alloy Steel) ونظراً لتحلل غاز ثاني أوكسيد الكربون إلى أحادي أوكسيد الكربون وأوكسجين فان سلك اللحام غالباً ما يحتوي على عنصر مختزل (Deoxidizer) لمنع حدوث المسامات (Porosity) مما يزيد من الكلفة إضافة إلى ظهور بعض الخبث على سطح منطقة اللحام . إن سرعة تكون قطرات اللحام اقل مقارنةً بغاز الأركون ويكون الانخفاض في فولتية القوس عالي ، لذلك نستخدم تيار عالي عند اللحام باستخدام غاز ثاني اوكسيد الكربون CO<sub>2</sub> كغاز حماية . يكون القوس الكهربائي عند اللحام باستخدام غاز ثاني اوكسيد الكربون CO<sub>2</sub> اقل استقراراً مع حدوث بعض الرذاذ لذلك يفضل استخدامه بطريقة الانتقال بالغطس لكافة مواضع اللحام (9,10,11) .

## الجانب العملي

تم إجراء عملية اللحام النقطي بطريقة (MIG\MAG Spot) لقطع متماثلة في السمك (2.5mm) و (5mm) من الفولاذ المنخفض السبك نوع (ASTM A242) المستخدم كثيراً في التطبيقات التي تحتاج إلى مقاومة درجات الحرارة العالية مثل المراجل باستخدام سلك لحام نوع ( ER80S-G ) حسب تصنيف جمعية اللحام الأمريكية (AWS) بواقع ١٢٠ عينة اجمالاً وبواقع ثلاث عينات لكل متغير. يبين الجدول (١) والجدول (٢) التحليل الكيماوي للفولاذ المستخدم وسلك اللحام على التوالي كما يبين الجدول (٣) الخواص الميكانيكية لكل من المعدن الاساس وسلك اللحام (12,13) .

تمت عملية اللحام تحت ظروف مختلفة من تيار وزمن لحام باستخدام غازات حماية مختلفة هي غاز ثاني أو كسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) بمعدل جريان ثابت هو (12Lmin.) وغاز الأركون (Ar) وهو غاز خامل تم استخدامه بمعدل جريان ثابت هو (4Lmin.) لكلا السمكين (2.5mm) و(5mm) وزمن (4sec.) . وقد اتخذت الإجراءات اللازمة قبل عملية اللحام من تنظيف السطوح المراد لحامها من الدهون و الاكاسيد والأوساخ و تثبيت القطع بصورة جيدة والحفاظ على الأبعاد وتحديد مسافة التراكب المناسبة . أنجزت عملية اللحام بعد تحضير العينات وتجهيز الماكينة عن طريق الإعداد المسبق لظروف اللحام كالسلك المستخدم والذي هو نوع (ER80S-G) بقطر (1.2mm) وزاوية راس القطب (90) درجة واستخدام القطبية المعكوسة (DCRP) حيث أن ثلثي الحرارة تتركز في القطب المستخدم والثلث الآخر في وصلة اللحام لكي ينصهر سلك اللحام بسرعة أما الثلث المتبقي من الحرارة الموجود في وصلة اللحام هو لغرض تهيئة المعدن لحدوث اللحام بين القطعتين . واستخدام غاز ثاني أو كسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) مرة وغاز الأركون (Ar) مرة أخرى عند نفس ظروف اللحام من تيار وزمن لحام وذلك للمقارنة بين عينات اللحام باستخدام كل من الغازين . تم تحضير اللحام باستخدام تيارات مختلفة ابتداءً من حدوث اللحام وصولاً إلى مرحلة انهيار المعدن (Splashing) . تم تحضير عينات اللحام حسب المواصفات القياسية العالمية بالأبعاد (2.5x38x127 mm) و (5x76x203mm) وكما مبين في الجدول (٤) والشكل (٥) لفحص قوة القص لوصلات اللحام باستخدام جهاز اختبار الشد لتحديد افضل الظروف لمتغيرات عملية اللحام .

جدول (١): التركيب الكيماوي للفولاذ المستخدم ومقارنته مع المواصفة العالمية (12).

Chemical Composition	C%	Mn%	Cr%	Ni%	Mo%	Cu%	V%	Co%
Nominal Chemical	0.12 -	0.40 -	≤ 0.25	≤ 0.3	0.25 -	≤ 0.30	/	< 0.3
Material	0.20 0.15	0.90 0.58	0.24	0.23	0.35 0.26	0.11	0.012	0.012

جدول (٢): التركيب الكيماوي لسلك اللحام المستخدم حسب المواصفة القياسية (13).

Elements	C%	Si%	Mn%	Mo%
Average analysis of wire (%)	0.1	0.7	1.1	0.5

جدول (٣): الخواص الميكانيكية لكل من المعدن الاساس و معدن اللحام (12,13).

Mechanical Properties	Yield Strength Mpa	Tensile Strength Mpa	Elongation %	Impact Strength J+20C□
Base metal	265	440 – 570	23	≥ 48
Filler metal	430	545	26	150

جدول (٤): الأبعاد القياسية للعينات (14).

(t) Thickness of thinner sheet (mm)	(w) Specimen width (mm)	(L) Recommended length (mm)
Up to 0.73	16	76
0.76 To 1.5	25.4	102
1.5 To 2.9	38	127
3 To 4.8	50.8	152.5
5 And over	76	203

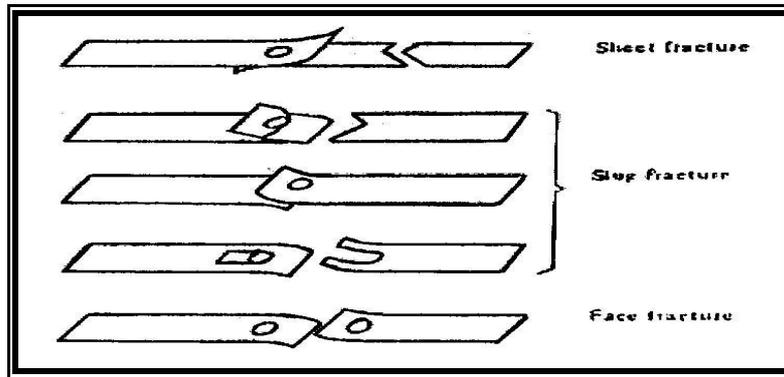


الشكل (٥): عينة اللحام النقطي (15).

## اختبار وصلات اللحام

### اختبار قوة القص

يعد هذا الاختبار من الاختبارات الميكانيكية المهمة لاختبار قوة القص للعينات الملحومة نقطياً حيث يمكن بواسطته الحصول على خواص المواد المعدنية من خلال معرفة أقصى قوة قص للملحومة ولا يمكن الاعتماد على فحص قوة الشد للملحومة لعدم انتظام مساحة وحجم نقطة اللحام وذلك للتغيير الذي يطرأ عليها مع اختلاف ظروف اللحام الشكل (٦) .



الشكل (٦): أنواع الفشل لوصلات اللحام النقطي (16).

## النتائج والمناقشة

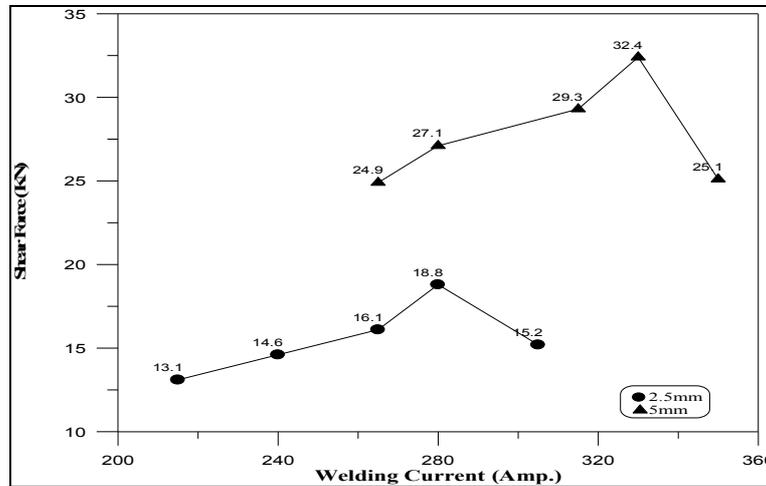
### ١. تأثير تيار اللحام

يعتبر تيار اللحام أحد المتغيرات المهمة الداخلة في عملية لحام (MIG/MAG Spot) والمؤثرة على قوة القص لوصلة اللحام حيث أن زيادة تيار اللحام تؤدي إلى زيادة كمية الحرارة الداخلة إلى منطقة اللحام، وتعني زيادة كمية الحرارة زيادة عمق تغلغل اللحام وزيادة حجم نقطة اللحام وبالتالي زيادة قوة القص المطلوبة لفشل وصلة اللحام. يوضح الشكل (٧) تأثير تيار اللحام على قوة القص لصفائح الفولاذ المنخفض السبك نوع (ASTM A242) لسبك (2.5mm) و(5mm) الملحومة بطريقة (MIG\MAG Spot) عند زمن لحام مقداره (4sec.) ومعدل جريان غاز CO<sub>2</sub> مقداره (12L/min.) . يبين الشكل المذكور أعلاه إمكانية لحام هذه الصفائح بتيارات

مقدارها (215,240,265,280,305AMP.) لسبك (2.5mm) وتيارات لحام قدرها (265,280,315,330,350AMP.) لسبك (5mm) . حيث كانت اقل قوة قص لسبك (2.5mm) عند تيار لحام مقداره (210AMP.) هي (13.1KN) وبعدها زادت قوة القص إلى (18.8KN) عندما زاد التيار إلى (280AMP.) . وعند زيادة التيار إلى (305AMP.) حدث تناثر للمعدن في منطقة اللحام واندفاع المعدن المنصهر للصفحة العليا إلى خارج نقطة اللحام مما يؤدي إلى نقصان في سمك وصلة اللحام وفشلها عند قوة قص (15.2KN) . أما عند لحام صفائح سمك (5mm) فكانت اقل قوة قص هي (24.9KN) عند تيار لحام مقداره (265AMP.) وعند زيادة التيار إلى (330AMP.) تم الحصول على اعظم قوة قص ومقدارها (32.4KN) .

ادت زيادة التيار إلى (350AMP.) الى حصول تناثر لمعدن منطقة اللحام واندفاع المعدن المنصهر للصفحة العليا إلى خارج نقطة اللحام مما أدى إلى نقصان في سمك وصلة اللحام وفشلها عند قوة قص (25.1KN) . مما سبق يلاحظ انه عند لحام عينات سمك (2.5mm) يحدث اللحام عند تيار قدره (215AMP.) أما عند لحام عينات سمك (5mm) فيحدث اللحام بتيار مقداره (265AMP.) إن سبب الفرق في قيمة التيار يعزى إلى عدم كفاية الحرارة لحدوث اللحام للعينات بالسمك (5mm) .

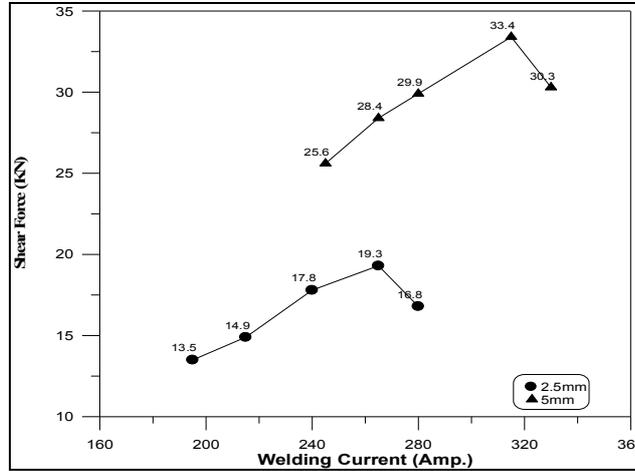
الشكل (٨) يوضح عملية اللحام النقطي باستخدام غاز الأركون (Ar) بمعدل جريان قدره (4L\min.) للحام صفائح بسمك (2.5mm) عند تيارات لحام قدرها (195,215,240,265,280 AMP.) وزمن لحام مقداره (4sec.) . حيث كانت قوة القص (13.5KN) عند استخدام تيار مقداره (195AMP.) وزادت قوة القص إلى (19.3KN) عندما كان التيار (265AMP.) .



الشكل (٧): تأثير تيار اللحام على قوة القص لسبك (2.5mm) و (5mm) باستخدام غاز CO2 بزمن لحام مقداره (4sec.)

كما أنجز اللحام لصفائح بسمك (5mm) عند تيارات قدرها (245,265,280,315,330 AMP.) وزمن لحام مقداره (4sec.) . حيث كانت قوة القص (25.6KN) عند استخدام تيار مقداره (245AMP.) وزادت قوة القص إلى (33.4KN) عندما كان التيار (315AMP.) . كما لوحظ انخفاض قوة القص للاسماك (2.5mm) و (5mm) الى

سمك نقطة اللحام بسبب تناثر المعدن المنصهر للصفحة العليا واندفاعه الى خارج نقطة اللحام. و(16.8KN) و(30.3KN) عند زيادة تيار اللحام الى (280AMP.) و (330AMP.) على التوالي لحدوث نقصان في

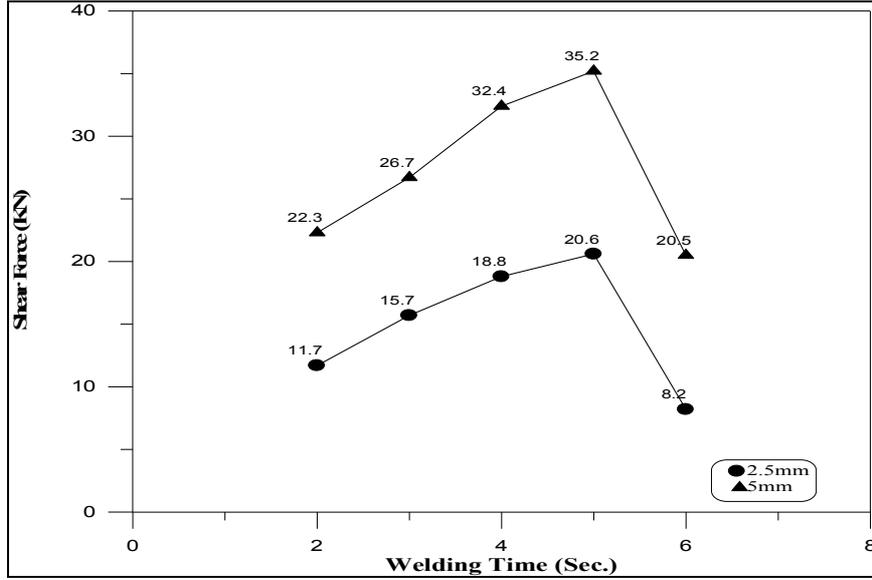


الشكل (٨): تأثير التيار على قوة القص لسمك (2.5mm) و(5mm) باستخدام غاز Ar بزمان لحام مقداره (4sec.)

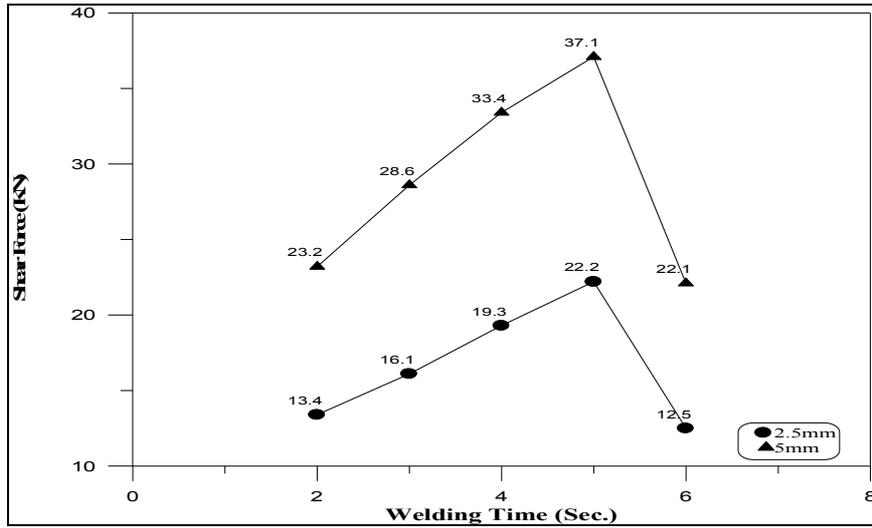
## ٢- تأثير زمن اللحام

يعتبر زمن مرور تيار اللحام إلى القطعة المراد لحامها أحد المتغيرات المهمة في عملية لحام (MIG/MAG Spot) حيث يؤثر على قيمة قوة القص العظمى لوصلة اللحام وذلك بسبب تأثيره على كمية الحرارة المتولدة بين القطعتين. يوضح الشكل (٩) تأثير زمن اللحام على قوة القص حيث لوحظ عند لحام سمك (2.5mm) عند تيار لحام مقداره (280AMP.) باستخدام غاز ثاني اوكسيد الكربون ( $CO_2$ ) وبازمان لحام مختلفة (2,3,4,5,6 Sec.) حيث تم الحصول على قوى قص مختلفة بسبب اختلاف الزمن وهي على التوالي (11.7,15.7,18.8,20.6,8.2KN) يُلاحظ من هذه النتائج إن قوة القص تزداد بزيادة الزمن إلى أن تصل إلى قيمتها العظمى ثم تبدأ تنخفض بسبب الإفراط في التسخين الذي يؤدي إلى تناثر المعدن ( Splashing ) وخروج المعدن المنصهر إلى خارج نقطة اللحام. أما بالنسبة للصفائح ذات السمك (5mm) لحمت عند تيار لحام (330AMP.) بأزمان مختلفة (2,3,4,5,6sec.) تكون قيم قوى القص على التوالي (22.3,26.7,32.4,35.2,20.5 KN) أي إن قيمة قوة القص تصل لقيمتها العظمى عند زمن لحام قدره (5Sec.) ثم تعود لتتخفف عند زيادة الزمن بسبب تناثر المعدن ونقصان سمك المعدن.

اما عند استخدام استخدام غاز الاركون لاجراء عملية اللحام لسمك (2.5mm) باستخدام تيار لحام (265AMP.) وازمان مختلفة (2,3,4,5,6 Sec.) ادى الى تغير في قيم قوة القص وهي على التوالي (13.4,16.1,19.3,22.2,12.5 KN) . وعند لحام سمك (5mm) بتيار (315AMP.) بنفس غاز الحماية والازمان اعلاه كانت قوة القص (23.2,28.6,33.4,37.1,22.1 KN) اي ان قوة القص تزداد بزيادة زمن اللحام ثم تنخفض نتيجة عملية تناثر المعدن خارج منطقة اللحام كما موضح في الشكل (١٠) .



الشكل (٩): تأثير الزمن على قوة القص لسبك (2.5mm) و (5mm) باستخدام غاز  $CO_2$ .

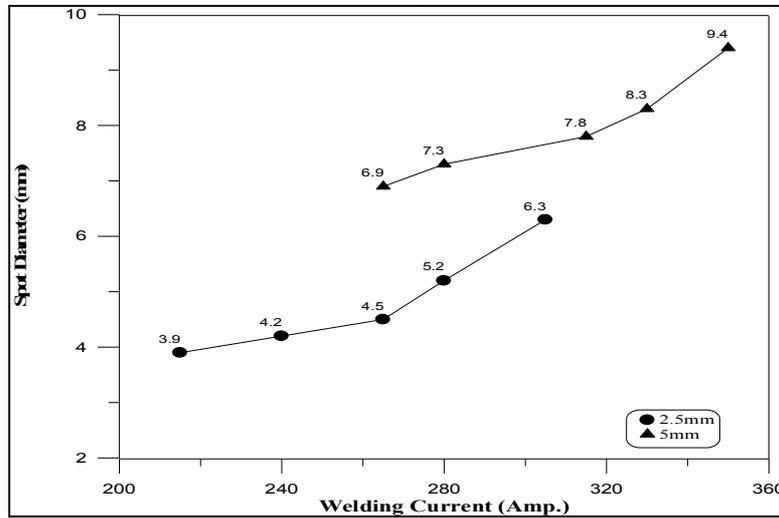


الشكل (١٠): تأثير الزمن على قوة القص لسبك (2.5mm) و (5mm) باستخدام غاز Ar.

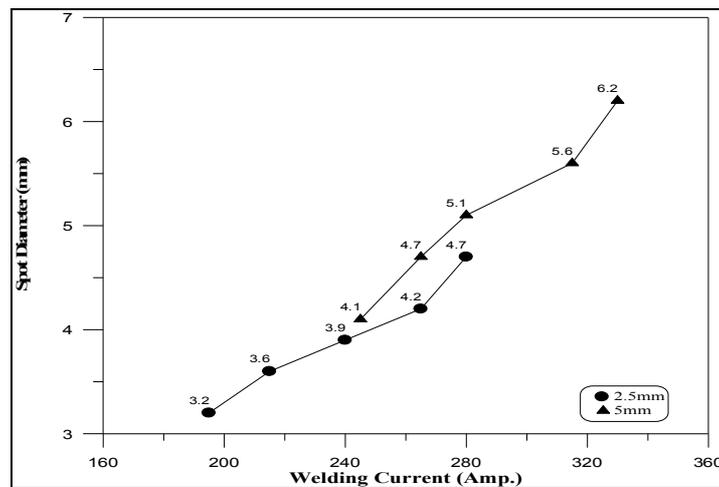
## ٢. تأثير كل من التيار وزمن اللحام على قطر نقطة اللحام

يعتبر التيار أحد المؤثرات المهمة على قطر نقطة اللحام، فعند لحام عينات ذات سمك (2.5mm) بتيار قدره (215AMP.) وزمن لحام (4sec.) باستخدام غاز ثاني اوكسيد الكربون ( $CO_2$ ) كان قطر نقطة اللحام (3.9mm)، أما عند زيادة التيار إلى (305AMP.) عند نفس ظروف اللحام السابقة اصبح قطر نقطة اللحام (6.3mm)، أما عند لحام عينات بسمك (5mm) وبتيار قدره (265AMP.) وبفس الزمن والغاز السابقين اصبح قطر نقطة اللحام (6.9mm) وعند زيادة تيار اللحام إلى (350AMP.) اصبح قطر نقطة اللحام (9.4mm) وهذه الزيادة في قطر نقطة اللحام يعزى إلى زيادة الحرارة اللازمة لانصهار معدن اللحام بسبب زيادة قيمة التيار، والشكل (١١) يوضح تأثير تيار اللحام على قطر نقطة اللحام لسبك (2.5mm) و (5mm) باستخدام غاز ثاني اوكسيد الكربون

(CO<sub>2</sub>). اما عند استخدام غاز الاركون كغاز حماية فلوخط عند لحام سمك (2.5mm) بتيار قدره (215AMP.) وزمن لحام (4Sec.) ان قطر نقطة اللحام هو (3.6mm) وعند زيادة التيار الى (280AMP.) اصبح قطر نقطة اللحام (4.7mm). اما عند لحام عينات بسمك (5mm) بتيار قدره (265AMP.) وزمن لحام (4Sec.) كان قطر نقطة اللحام هو (4.7mm) عند زيادة التيار الى (330AMP.) اصبح قطر نقطة اللحام (6.2mm) كما موضح في الشكل (١٢) ان سبب هذه الزيادة في قطر نقطة اللحام هي زيادة كمية الحرارة الداخلة الى منطقة اللحام. كذلك فان لزمن اللحام تأثير مهم على قطر نقطة اللحام فعند لحام عينات ذات سمك (2.5mm) بتيار لحام مقداره (280AMP.) باستخدام غاز ثاني اوكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) كغاز حماية وبازمان مختلفة (2,3,4,5,6Sec.) كانت قيم قطر نقطة اللحام عند هذه الازمان (4.3,4.8,5.2,5.8,6.1mm) على التوالي كما موضح في الشكل (١٣). وعند لحام عينات بسمك (5mm) بتيار لحام مقداره (330AMP.) وبازمان (2,3,4,5,6Sec) اصبحت قيم قطر نقطة اللحام (6.9,7.5,8.3,8.9,9.3mm) على التوالي ، يلاحظ ان قطر نقطة اللحام يزداد بزيادة الزمن ويعزى ذلك الى زيادة زمن مرور تيار اللحام الى القطعة المراد لحامها مما يسمح بفترة كافية للانصهار الجيد وبالتالي نفاذية اكبر.

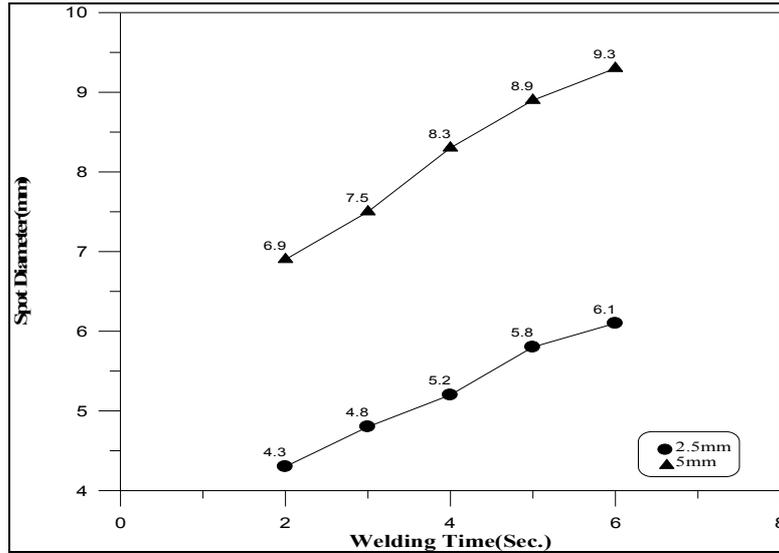


الشكل (١١): تأثير التيار على قطر نقطة اللحام لسمك (2.5mm) و (5mm) باستخدام غاز CO<sub>2</sub>.

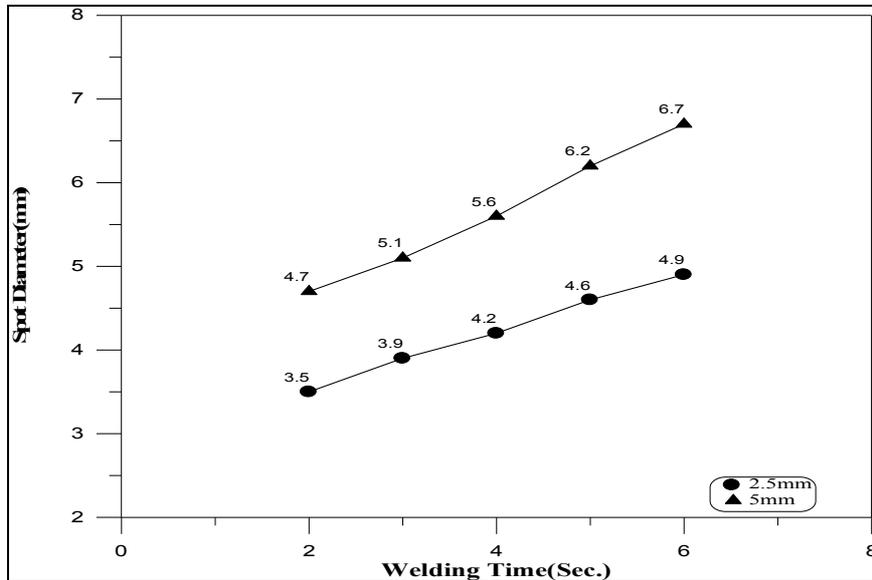


الشكل (١٢): تأثير التيار على قطر نقطة اللحام لسمك (2.5mm) و (5mm) باستخدام غاز Ar.

اما عند اللحام باستخدام غاز الاركون (Ar) كغاز حماية ف لوحظ بانه عند لحام سمك (2.5mm) بتيار مقداره (265AMP.) وبازمان لحام مختلفة (2,3,4,5,6Sec.) كانت قيم قطر نقطة اللحام عند هذه الازمان هي (3.5,3.9,4.2,4.6,4.9mm) على التوالي كما موضح في الشكل (١٤) ، وعند لحام عينات بسمك (5mm) بتيار مقداره (315AMP.) بازمان مختلفة (2,3,4,5,6Sec.) اصبحت قيم قطر نقطة اللحام هي (4.7,5.1,5.6,6.2,6.7mm) على التوالي ، ان الزيادة الحاصلة في قطر نقطة اللحام سببها الحرارة الكبيرة الداخلة نتيجة لزيادة الفترة الزمنية لعملية اللحام اي زيادة فترة انصهار المعدن .



الشكل (١٣): تأثير الزمن على قطر نقطة اللحام لسمك (2.5mm) و(5mm) باستخدام غاز  $CO_2$ .



الشكل (١٤): تأثير الزمن على قطر نقطة اللحام لسمك (2.5mm) و(5mm) باستخدام غاز Ar .

### ٣. تأثير غاز الحماية

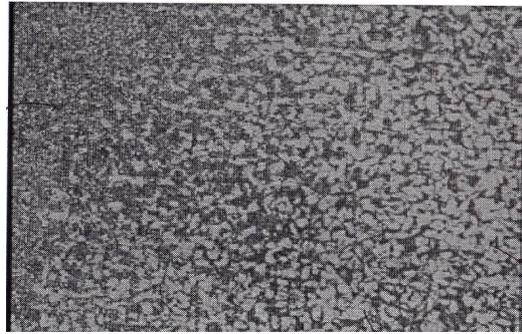
يعتبر غاز الحماية أحد المتغيرات المهمة التي تؤثر على جودة اللحام والخواص الميكانيكية وذلك من خلال تأثيره على استقرارية قوس اللحام وبالتالي على نفاذية اللحام وعلى قطر نقطة اللحام وعلى قوة القص. عند لحام عينات سمك (2.5mm) بزمن مقداره (4sec.) وتيار لحام (265AMP.) كانت قيمة قوة القص (16.1KN) باستخدام غاز ثاني اوكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) كغاز حماية، أما عند استخدام غاز الأركون (Ar) عند نفس ظروف اللحام السابقة كانت قيمة قوة القص (19.3KN)، ويعزى هذا الاختلاف إلى النفاذية العالية التي يعطيها غاز الأركون. وعند لحام عينات سمك (5mm) وتيار لحام (315AMP.) وزمن (4sec) باستخدام غاز ثاني اوكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) مرة كغاز حماية كانت قوة القص (29.3 KN)، ومرة أخرى عند استخدام غاز الأركون (Ar) فكانت قوة القص (33.4KN) بسبب النفاذية الكبيرة الاشكال (٧،٨).

### ٤. البنية المجهرية

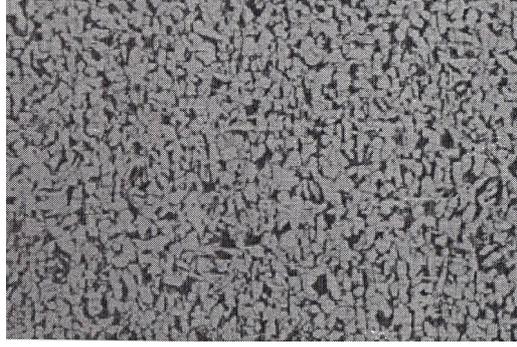
اظهرت الفحوصات المجهرية ان منطقة اللحام تكون ذات بنية شجرية (Dendritic Structure) شكل (١٥) بينما تحافظ المنطقة المتأثرة بالحرارة (Heat Affected Zone) على حبيباتها الا انها تتعرض الى النمو الحبيبي لاسيما في المناطق المجاورة لمنطقة اللحام شكل (١٦) وتصغر الحبيبات في حجمها كلما ابتعدنا عن منطقة اللحام لتعطي مؤشر على وجود مناطق اعادة تبلور وصولا الى المعدن الاساس الذي تكون بنيته عبارة عن حبيبات متساوية المحاور شكل (١٧).



الشكل (١٥): البنية المجهرية لمنطقة اللحام بقوة تكبير (65X).



الشكل (١٦): البنية المجهرية للمنطقة المتأثرة بالحرارة بقوة تكبير (65X).



الشكل (١٧): البنية المجهرية للمعدن الاساس بقوة تكبير (65X).

## الاستنتاجات

- ١- إمكانية لحام اسماك مختلفة من صفائح الفولاذ (ASTM A242) بطريقة (MIG/MAG Spot).
- ٢- إمكانية استخدام كل من غازي الاركون وثاني اوكسيد الكربون في لحام صفائح الفولاذ (ASTM A242).
- ٣- ساعد استخدام غاز الأركون في عملية اللحام بزيادة قوة القص ولنفس السمك وعند قيمة تيار اقل مما في حالة غازثاني اوكسيد الكربون .
- ٤- ادى استعمال التيارات العالية و الأزمان الطويلة إلى مقدار معين الى خفض قوة القص للصفائح الملحومة بسبب حدوث تناثر في منطقة اللحام مما أدى الى نقصان في سمك المنطقة الملحومة.
- ٥- ان استخدام غاز الاركون ساعد في الحصول على نقطة لحام بقطر اقل وتغلغل اعلى اضافة الى قوة قص اعلى مما في حالة استخدام غاز ثاني اوكسيد الكربون.

## REFERENCES

- 1- Lincoln, "The Procedure Hand Book Of Arc Welding", Twelfth Edition, The Lincoln Electric Company, 1973.
- 2- Howard B.Gary "Modern Welding technology", Fifth Edition, Prentic-Hall, 2002.
- 3- Roger Timings "Fabrication and Welding Engineering", Elsevier Ltd, 2008.
- 4- Sidney H. Avner "Introduction to Physical Metallurgy", Second Edition, McGraw-Hill, Book Company Japan, 1974.
- 5- Sandor L.W. "Pulsed GMA Spot Welding of Copper Nickle to Steel", welding Journal, Vol.63, No.6, pp.35-50, 1984.
- 6- Robert W.Messler,Jr "Joining of Materials and Structures",Elsevier Butterworth-Heinemann,2004.
- 7- ROBERT W. MESSLER, Jr. "PRINCIPLES OF WELDING", WILEY VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2004.

- 8- John Norrish "Advanced welding processes", Woodhead Publishing Limited, 2006.
- 9- Sindo Kou "WELDINGMETALLURGY", SECOND EDITION, John Wiley & Sons, Inc, 2003.
- 10- German Deyev, Dmitriy Deyev, "Surface Phenomena in Fusion Welding Processes", Taylor & Francis Group, 2006.
- 11- Nasir Ahmed "New developments in advanced welding", Woodhead Publishing Ltd, 2005.
- 12- Autor C.W.Wegst, "Key to Steel", GmbH Co. 1980.
- 13- ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE Section II "Material Specifications - Part C -Welding Rods, Electrodes and Filler Metals", 1989.
- 14- Boniface E.Rossi "Welding Engineering", First Edition, McGraw-Hill Book Company, 1954.
- 15- Phillips A.L., "Welding process gas; Arc and Resistance, Welding Handbook", Section2, Sixth Edition, AWS, 1969.
- 16- Recommendation of the IIW, "Specimen Dimensions and Procedure for Shear Testing Resistance Spot and Projection Welds" Welding in the World, Vol. 18, No1/2, pp41-44, 1980.

## STUDYING AND QUALIFYING THE WELDABILITY OF LOW ALLOY STEEL ASTM A242 BY GAS METAL ARC SPOT WELDING

Basem M. Abed , Raafat A. Abduljabaar and Omar Saad Saleh  
Techniq. College, Baghdad

**ABSTRACT:-** This research deals with influence of the MIG/MAG spot welding process on the mechanical properties of the spot weldment of low alloy steel (ASTM A242) and the determinations of optimum conditions for the spot welding variables , welding current and time for thickness (2.5,5mm) with shielding gas Ar and Co<sub>2</sub> . Results show that the maximum shear force for the spot weldment would increase with increasing of the welding current and time to specific amount, after words the shear force would drop at the higher currents and longer time. For (2.5mm) thickness the maximum shear force was (20.6KN) at welding current (280AMP.) and welding time (5Sec.) for the Co<sub>2</sub> shielding gas while for the same thickness with Ar shielding gas the maximum shear force was(22.2KN) at welding current (265AMP.) and welding time (5Sec.). with (5mm) thickness the maximum shear force reached (35.2KN) at welding current (330AMP.) and time (5Sec.) when Co<sub>2</sub> shielding was used while for the same thickness with Ar shielding gas the maximum shear force was (37.1KN) at welding current (315AMP.) and welding time (5Sec.)