دراسة تأثير بعض المتغيرات في لحام TIG SPOT لسبيكة (المنيوم–مغنيسيوم)

د. منى خضير عباس
استاذ مساعد

هيثم يحيى عبد المجيد
ماجستير معادن

قسم هندسة الأنتاج والمعادن / الجامعة التكنولوجية / بغداد–العراق

الخلاصة

يهدف البحث الى دراسة تأثير بعض المتغيرات في عملية لحام القوس الكهربائي النقطي بقطب التنكستن المحمي بالغاز الخامل (TIG Spot) لسبيكة (المنيوم–مغنيسيوم) نوع (5052-O) الغير قابلة للتعامل الحراري وذلك لأستخداماتها الصناعية الواسعة وتطبيقاتها الكثيرة في مجال تكنولوجيا اللحام. وأجريت عملية اللحام بأستخدام قطب تنكستن نوع($EWTh_2$) وقطر القطب (3.2mm) وتيار مستمر بقطبية مباشرة (DCSP) بعد تثبيت معدل انسياب الغاز (الأركون) 15litre/min. تم تحديد الظروف المثلى لمتغيرات عملية اللحام النقطي من تيار وزمن اللحام وطول القوس بالاعتماد على فحص قوة القص العظمى (مقاومة القص) لوصلات اللحام باستخدام جهاز أختبار الشد ، كذلك تم دراسة التغيرات الميتالورجية لمنطقة اللحام والمنطقة المتأثرة بالحرارة عند الظروف المثلى للحام.

توصل البحث الى ان قوة القص العظمى لوصلات اللحام النقطي تزداد مع زيادة تيار وزمن اللحام الى قيمةعظمى ثم تنخفض بعدها عند التيارات العالية والأزمنة الطويلة، حيث بلغت قيمة قوة القص العظمى الى (2.4KN) عند طول قوس (1.6mm) وتيار لحام(90Amp) وزمن لحام (7sec) ولسمك صفيحة (1mm). كما وجد ان اعلى صلادة للوصلة (53.5 HV) كانت عند مركز نقطة اللحام ثم أنخفضت تدريجياً بأتجاه المعدن الأساس .

A STUDY EFFECT OF SOME VARIABLES IN TIG SPOT WELDING FOR (ALUMINUM – MAGNESIUM) ALLOY

Dr. Muna K. Abbass
Ass.Prof.

Haitham Y. Abdul-Majid
M.Sc. Metallurgy

Dept. of Production Engineering and Metallurgy, University of Technology, Baghdad - Iraq

ABSTRACT
The present work investigates the effect of some of the variables in spot tungsten inert gas shielded welding (TIG Spot) for (Aluminum-Magnesium) alloy type (5052-O) which is non–heat treatable alloy for its wide industrial uses and applications in field of welding technology.
TIG Spot welding was performed by using tungsten electrode ($EWTh_2$)of diameter (3.2mm) and DC current with direct polarity (DCSP) at constant shielded gas flow rate (15litre/min).
The welded specimens were tested by using the Instron machine to determine the maximum shear force (shear strength) of spot welded and to define the optimum conditions of spot welding variables in relation to the weld current, weld time and arc length of welding to produce an acceptable weld. The metallurgical changes of the weld zone and heat affected zone were studied under optimum conditions of welding.
It has been shown that the increase in the welding current and welding time tends to increase the maximum shear force and it reaches maximum value and then decreases with high currents and long times. The maximum shear force was 2.4KN at welding current of (90) Amp , welding time (7)sec and arc length (1.6mm) for 1mm thickness.
It was also found that the highest value of hardness (53.5 Hv) was at the center of the spot welded and decreases gradually from the center of the weld spot towards the base metal.

المقدمة

نظراً لما تتميز به سبائك الألمنيوم– مغنيســـيوم من خفة وزن ومتانةعالية ومقاومة عالية للتآكل وكذلك قدرة على التشكيل واللحام فأن الواح الألمنيوم–مغنيسيوم تستخدم في صناعات عديدة في تصنيع السيارات والشاحنات والطائرات وفي مركبات الفضاء وصناعة السفن البحرية(Bolton, 1998).

توجد مشاكل كثيرة في لحام الألمنيوم وسبائكه منها قابليته العالية للتوصيل الحراري والكهربائي ووجود طبقة أوكسيد الالمنيوم (Al_2O_3) على سطح الالمنيوم دائما وهي ذات درجة أنصهار أعلى بكثير من معدن الألمنيوم مما تسبب بعض الصعوبات خلال اللحام الانصهاري. لذا تجرى عمليات التنظيف الميكانيكي والكيمياوي قبل عملية اللحام لأزالة طبقة الأوكسيد وتحسين خواص وصلات اللحام (George, 2003-Khanna,1980).

يلحم الالمنيوم وسبائكه بطرق اللحام الانصهاري ولحام المقاومة الكهربائية ولحام الحالة الصلبة ولحام القصدبر ويفضل طريقتي لحام MIG وTIG في لحام سبائك الالمنيوم لامكانية تكوين الحرارة والتيار العاليين للحام (Stuart,1997) ويمكن استعمال لحام القوس الكهربائي النقطي بقطب التنكستن المحمي بالغاز الخامل (TIG Spot) بدلاً من لحام المقاومة الكهربائية أو أستعمال البراشيم لربط صفائح الألمنيوم الرقيقة لأن عملية اللحام تعطي لحاماً متينا ومترابطاً وخال من العيوب والاجهادات وتكون نوعية اللحام أفضل واكثر متانة من الربط بالبرشام لأن الثقب في حالة البرشام يعتبر منطقة تمركز الاجهادات مما يؤدي الى ضعف أوانخفاض خواص الصفائح المربوطة اوالمبرشمة (Riveted) (Konolovanov, 1986– Houldcroft,1977). ونظراً للسرعة العالية للحام وانتاج نوعية لحام جيدة وذات جودة ومتانة عالييتن جعلت طريقة اللحام بالقوس الكهربائي بقطب التنكستن المحمي بالغاز الخامل (TIG) من أكثر العمليات جاذبية في

لحام صفائح الألمنيوم وسبائكه علاوة على أمكانية لحامه بدون أستعمال معدن حشو(Filler Metal) أو قد يستخدم معدن حشو خلال عملية اللحام وهذا يعتمد علىسمك الشغلة، وتصميم الوصلة وخواص معدن اللحام. ويمكن أجراء عملية اللحام يدوياً أو أوتوماتيكياً (Brumpauph, 1973 –Gupta, 1995). لذا ظهرت الحاجة الى دراسة لحام TIG Spot النقطي في لحام سبائك الألمنيوم–معنيسيوم الغير قابلة للتعامل الحراري وهي من سبائك (سلسلة 5XXX) وذلك لأستخداماتها الصناعية الواسعة وتطبيقاتها المهمة في مجال تكنولوجيا اللحام مثل مصانع الطائرات وفي صناعة الاجهزة الكيمياوية وفي صناعة العدد والمستلزمات الغذائية وغيرها (http://www– Little, 1973) .

يهدف البحث الحالي الى دراسة تأثير بعض متغيرات لحام (TIG Spot) من تيار وزمن لحام وطول القوس على الخواص الميكانيكية (قوة القص العظمى والصلادة الدقيقة) للوصلات الملحومة لسبيكة المنيوم–مغنيسيوم نوع (5052-O) .

الجزء العملي

المواد المستخدمة

تم أستخدام صفائح من سبيكة (المنيوم– مغنيسيوم) نوع (5052-O) في حالة ملدنة (Annealed) وبسمك (1mm) وتم أجراء التركيب الكيمياوي للسبيكة بأستخدام جهاز التحليل الطيفي (Spectrometer ARL) وكذلك تم تحديد بعض الخواص الميكانيكية للسبيكة وكما موضح في **الجدولين (1) (2)** .

جدول (1) التركيب الكيمياوي لسبيكة(الالمنيوم–مغنيسيوم)(O- 5052)

Wt %	Mg	Mn	Si	Fe	Cu	Cr	Zn	Al
5052-O	2.26	0.0042	0.215	0.215	0.04	0.30	0.0025	96.9

جدول (2) بعض الخواص الميكانيكية لسبيكة (الالمنيوم–مغنيسيوم) (5052-O)

Alloy 5052-O	Yield point (Mpa)	Tensile strength (Mpa)	Elongation El%	Hardness (HB)
	88.6	190.5	23	33

تحضير عينات اللحام

تم تحضير عينات اللحام بتقطيع الصفائح المستلمة من سبيكة (5052-O) الى شرائح بطول 100mm وعرض 25mm وبسمك 1mm. **الشكل (1)** يبين أبعاد العينات لوصلة اللحام التراكبية. أجريت عملية التنظيف الكيمياوي للشرائح المحضرة بأستخدام خليط من الحوامض ($85\%H_2O + 10\%HNO_3 + 5\%HF$) (Metals H.B., 1985) ، حيث أغمرت هذه الشرائح (المنطقة المراد لحامها فقط) في هذا الخليط لمدة (2min) وذلك لازالة طبقة الأوكسيد الموجودة على سطح العينة بعد ذلك أخرجت الشرائح من خليط الحوامض وغسلت بالماء ثم جففت بالهواء .

عملية اللحام

أجريت عملية اللحام للشرائح المحضرة من سبيكة (5052-O)(بعد اجراء التنظيف الكيمياوي لها مباشرة) بأستخدام ماكنة لحام من نوع (G350-1)
(Messer Grieshiem Multiwig) حيث كانت ظروف عملية اللحام كما يلي:
معدل جريان غاز الأركون (15litre/min) ، قطر قطب التنكستن (3.2mm) من النوع(EWTh2) الحاوية على (2% ThO2) ، زاوية رأس القطب (60°) ، تيار مستمر بقطبية مباشرة (DCSP) بقيم تيار تراوحت من.Amp(50-140) لفترات زمنية من sec (1-8) وأطوال أقواس مختلفة
mm (4.8,3.2,1.6) لكل حالة.

الأختبارات الميكانيكية والفحوصات المجهرية

أولاً: أختبار قوة القص

تم أختبار جميع العينات الملحومة نقطياً بطريقة (TIG) (لحام نقطة واحدة في كل عينة) بأستخدام جهاز أختبار الشد (Instron Machine) وذلك لأختبار قوة القص (مقاومة القص) للعينات الملحومة. أعتمدت المواصفات العالمية (ISO R147) لأيجاد قوة القص العظمى لوصلات اللحام النقطي واستخدامها كمعيار في تحديد الظروف المثلى لمتغيرات عملية اللحام بطريقة لحام القوس الكهربائي بقطب التنكستن (TIG Spot) لصفيحة من سبيكة (Al-Mg).

ثانياً: أختبار الصلادة الدقيقة

تم أستخدام جهاز فيكرز (Vickers) لقياس الصلادة المجهرية الدقيقة لتحديد تأثير ظروف اللحام على منطقة اللحام والمنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ) .وتم اخذ المقطع العرضي لوصلة اللحام. تم تسليط حمل مقداره

(20) غرام وتم قياس معدل قطر الأثر الناتج وحساب الصلادة على طول الخط من نقطة اللحام الى المعدن الأساس وتم تطبيق القانون الآتي:

$HV = 1.8544\ P/d^2$, HV=(Kgf/mm²) الصلادة الدقيقة

معدل قطر الأثر d=(mm) , الحمل المسلط P=(Kgf)

ثالثاً: فحص البنية المجهرية

تم تحضير العينات الملحومة(TIG Spot) للفحص المجهري وذلك بأخذ المقطع العرضي لوصلة اللحام ومن ثم عمل لها أسناد على البارد (Cold mounting) ثم أجري لها عمليات التحضير من تنعيم بدرجات نعومة مختلفة(1200,1000,500,320) وصقل بأستخدام قماش صقل ومعجون ماس ذو حجم حبيبي (1µm) ثم غسلت العينات بالماء والكحول وجففت. وبعد ذلك أظهرت بأستعمال محلول أظهار من نوع (Keller solution)(25%HCL+15%HF+10%HNO3+50%H2O) حيث غمرت العينات في المحلول لفترة (20) ثانية ثم غسلت بالماء والكحول وجففت باستخدام مجفف هواء. وأستخدم الفحص لأظهار البنية المجهرية لمنطقة اللحام ومنطقة (HAZ) والمعدن الأساس.

النتائج والمناقشة

تأثير تيار وزمن اللحام

ان لتيار وزمن اللحام تأثيراً مباشراً على كمية الحرارة المتولدة من القوس الكهربائي النقطي بقطب التنكستن ولكن زمن اللحام اقل تأثيراً مقارنة بالتيار أذ يعتبر التيار من أهم العوامل المؤثرة على مقاومة اللحام لأن زيادة التيار يؤدي الى زيادة كمية الحرارة الداخلة (Heat Input) في منطقة اللحام مما يسرع من عملية أنصهار الجزء العلوي للصفيحة وحدوث عملية التغلغل(Abbass, 2001–Haddad, 1985). يلاحظ من الشكل(2) الذي يمثل العلاقة بين تيار اللحام وقوة القص العظمى لأزمنة مختلفة ولصفائح من سبيكة (5052-O) عند طول قوس (1.6mm)، ان زيادة تيار اللحام يؤدي الى زيادة قطر نقطة اللحام وبالتالي تزداد قوة القص وهذا يتوافق مع ما توصل اليه الباحثان (Aidun and Rennett, 1985) . وعندما يكون التيار قليلا فان أنصهار المعدن بين الصفيحتينً يكون غير كافي وبذلك تكون مساحة اللحام ذات مساحة صغيرة مما يجعل قوة القص لوصلة اللحام منخفضة .

يلاحظ من **الشكل(3)** ان قوة القص تصل الى قيمتها العظمى ثم تنخفض بسبب الأفراط في التسخين وتكوين حبيبات كبيرة وخشنة وكذلك زيادة زمن وتيار اللحام تؤدي الى حدوث ظاهرة التناثر (Splashing) وخروج وأندفاع المعدن المنصهر للصفيحة العلوية الى خارج منطقة اللحام وبالتالي فشل الوصلة عند قوة قص أقل

مع أستمرار زيادة قطر منطقة اللحام كما موضح في **الشكل(4)** الذي يبين العلاقة بين زمن اللحام وقطر منطقة اللحام لسبيكة (5052-O) ولطول قوس (1.6mm) عند تيارات لحام مختلفة .

ومن الأشكال السابقة نجد ان أفضل لحام الذي يعطي أعلى قيمة لقوة القص هي(2.4KN) عند تيار لحام (90Amp) وزمن لحام (7sec) ولطول قوس (1.6mm) وكان قطر منطقة اللحام(13.5mm) .

تأثير طول القوس

ان زيادة طول القوس تؤدي الى زيادة المسافة بين قطب التنكستن ووصلة اللحام مما يؤدي الى زيادة في قيم فولتية القوس وبالتالي سينخفض التيار وينخفض معه معدل أنصهارالمعدن بين الصفيحتين وبذلك تكون مساحة اللحام صغيرة مما يجعل قوة القص لوصلة اللحام منخفضة(Lancaster,1986). وكذلك فان نقصان طول القوس يؤدي الى انخفاص فولتية القوس وزيادة التيار وبالتالي زيادة كمية الحرارة المتولدة والداخلة الى وصلة اللحام. ولكن بسبب التوصيلية الحرارية العالية للالمنيوم وسبائكه فان فقدان وتشتيت الحرارة المتولدة من القوس الكهربئي يكون كبيرا لذا وجب زيادة تيار وزمن اللحام لغرض توليد الطاقة الحرارية الكافية والمناسبة لأنتاج وصلة لحام متينة وذات قوة قص عالية(George,2003- Lu, 1988).

والشكل (5) يوضح تأثير طول القوس على قوة القص العظمى لوصلات اللحام لسبيكة (5052-O)عند تيار (90Amp) ولأزمنة مختلفة وأطوال أقواس (4.8,3.2,1.6) ويلاحظ من الشكل السابق ان أفضل طول قوس كان (1.6mm) حيث أعطى أعلى قوة قص (2.4KN) عند زمن (7sec) .

الصلادة الدقيقة والبنية المجهرية

تم قياس الصلادة الدقيقة لكل من منطقة اللحام (W.M) والمنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ) عند الظروف المثلى لمتغيرات اللحام التي أعطت أعلى قوة قص لوصلة اللحام **والشكل(6)** يبين توزيع الصلادة الدقيقة عبر المقطع العرضي لوصلة اللحام لسبيكة (المنيوم- مغنيسيوم) (5052-O) وكانت قيمة الصلادة (HV53.5) عند مركز وصلة اللحام أعلى من صلادة المنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ) والسبب في ذلك يعود الى كمية الحرارة العالية في مركز منطقة اللحام وكذلك معدل التبريد السريع نتيجة لقابلية الألمنيوم العالية للتوصيل الحراري مما يؤدي الى تكوين حبيبات ناعمة بينما تعاني منطقة (HAZ) من نمو حبيبي مما يسبب أنخفاض الصلادة بصورة تدريجية عند الأبتعاد عن منطقة اللحام وصولاً الى المعدن ألأساس. أضافة الى ظهور الاطوار (Al_3Mg_2) و (FeSi) في وصلة اللحام كما بينت نتائج حيود الأشعة السينية. **والشكل (7)** يبين البنية المجهرية لوصلة اللحام لسبيكة (ألمنيوم – مغنيسيوم) نوع (5052-O) ومناطق اللحام المختلفة .

ألأستنتاجات

1- تمتاز السبيكة (5052-O) بقابلية لحام جيدة بطريقة (TIG Spot) .

2- ظروف اللحام المثلى لسبيكة (5052-O) كانت عند تيار (90Amp) وزمن (7sec) وطول قوس (1.6mm) لسمك (1 mm) اذ أعطت اعلى قوة قص لوصلة اللحام (2.4KN).

3- تزداد قيم قوة القص العظمى لوصلة اللحام مع أزدياد تيار وزمن اللحام الى قيمة عظمى ثم تنخفض بعدها عند التيارات العالية والأزمنة الطويلة .

4- تزداد قيم قوة القص العظمى عند نقصان طول القوس(المسافة بين قطب التنكستن والوصلة).

5- يزداد قطر منطقة اللحام مع زيادة تيار وزمن اللحام وتستمر بالزيادة لحين خروج المعدن المنصهر وأندفاعه خارج منطقة اللحام عند التيارات العالية وألأزمنة الطويلة.

6- تمتلك وصلة اللحام صلادة عالية بلغت (53.5HV) عند مركز نقطة اللحام ثم تقل الصلادة الدقيقة تدريجياً عند الأبتعاد عن منطقة اللحام بأتجاه المعدن الأساس .

المصادر

Abbass F. (2001), Study of TIG Spot in (Al-Mn) Alloy, MSC. Thesis , University of Technology ,.

Aidun D.K. (1985), Effect of Resistance Welding Variables On The Strength Of Spot Welded 6061-T4 Alloy, Welding Journal , Vol.64, No.12 , , PP.15-25.

Bolton W. (1998), Engineering Materials Technology, Butter Worth ,3rd ed. ,.

Brumpauph J.E. 1973" Welders Guide and Handbook " , Howard Wsas Co..

Filler Alloy Selection For aluminum welding, Google's cache of http://www.alcotec.com/atfas.htm.

George Rowe- Alcotec Wire Corporation (2003), Essential Variables For MIG Welding Aluminum ,Svetsaren ,The ESAB Welding and Cutting Journal ,Vol.58, No.2 , PP.12-13.

Gupta R.P. (1995), Welder,Tech. India Publications,.

Haddad G.N. (1985), Temperature Measurement in Gas Tungsten Arc Welding, Welding Journal , Vol.64, No.12 , ,PP.339S-342S.

Houldcroft P.T. (1977), Welding Process Technology, Cambridge University Press,.

Khanna O.P. (1980), Welding Technology, Dhawpatria Sans,.

Konolovanov U.A. (1986), Helium − Arc Spot Welding of Aluminum , Sheet Structure, Welding Production , No.4 , , PP.14-15.

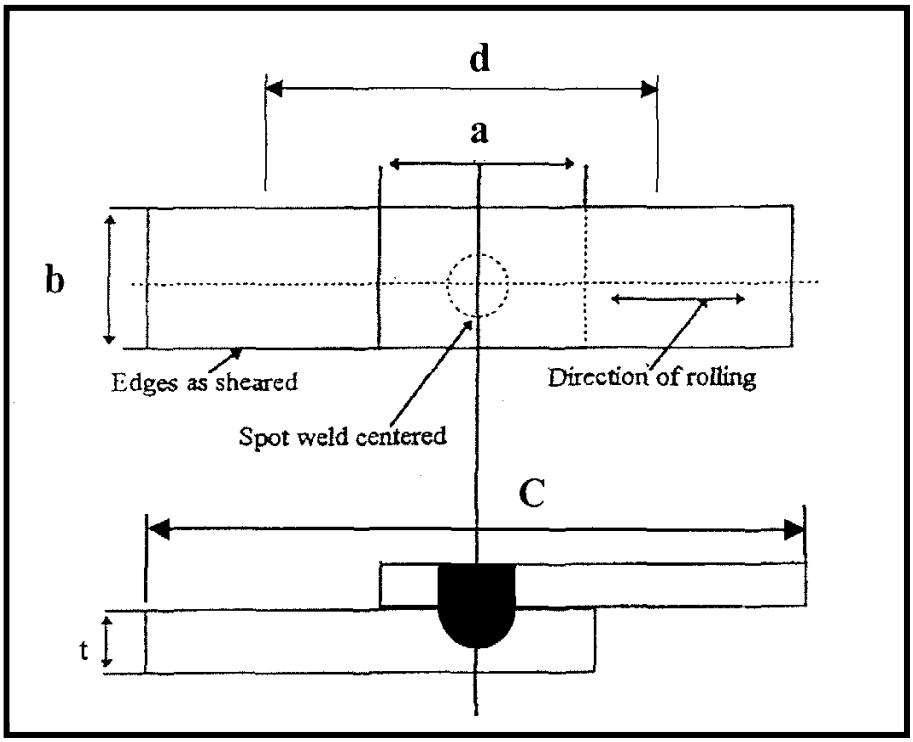
Little R.L. (1973), Welding and Welding Technology " McGraw Hill ING ,.

Lancaster J.F. (1986), The Physical Of Welding, 2nd edition , Bergamon Press, London,.

Lu M .and Kou S. (1988) , Power and Current Distribution in Gas Tungsten Arcs , Welding Journal , Vol.67 , No.2 , PP.29S-34S.

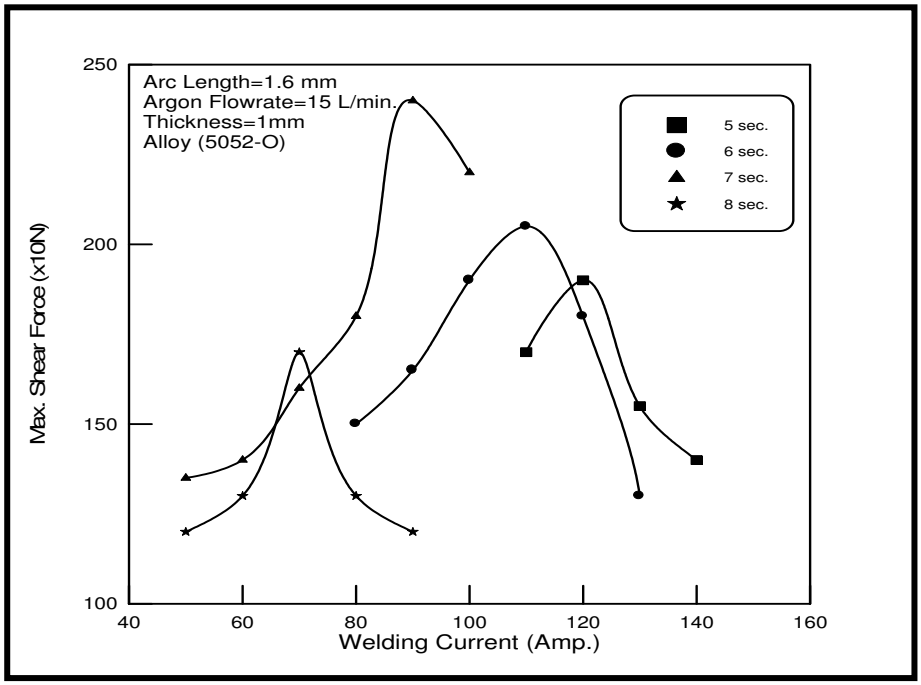
Metals Handbook (1985), Aluminum , Cleaning and Finishing , Vol.5 9th ,.

Stuart W.G. (1997), Advanced Welding, Macmillan Press LDT ,1st Published, Printed in Hong Kong,.

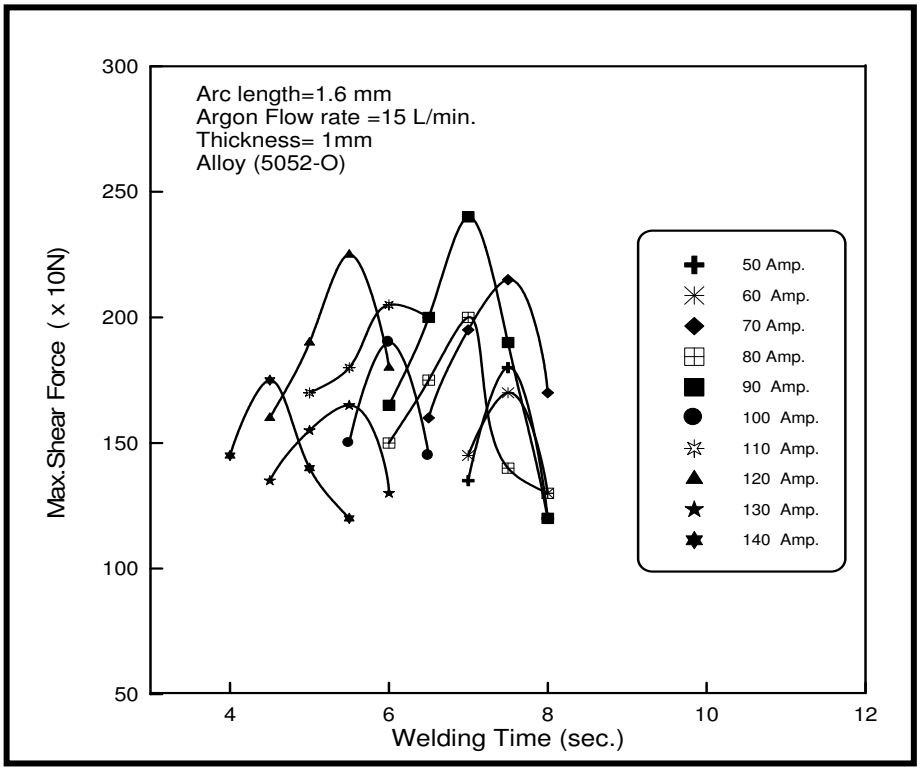


a=over lapping =25 mm, b= width=25mm, c=length=175mm
d=clamping distance=95mm, t=thickness=1mm

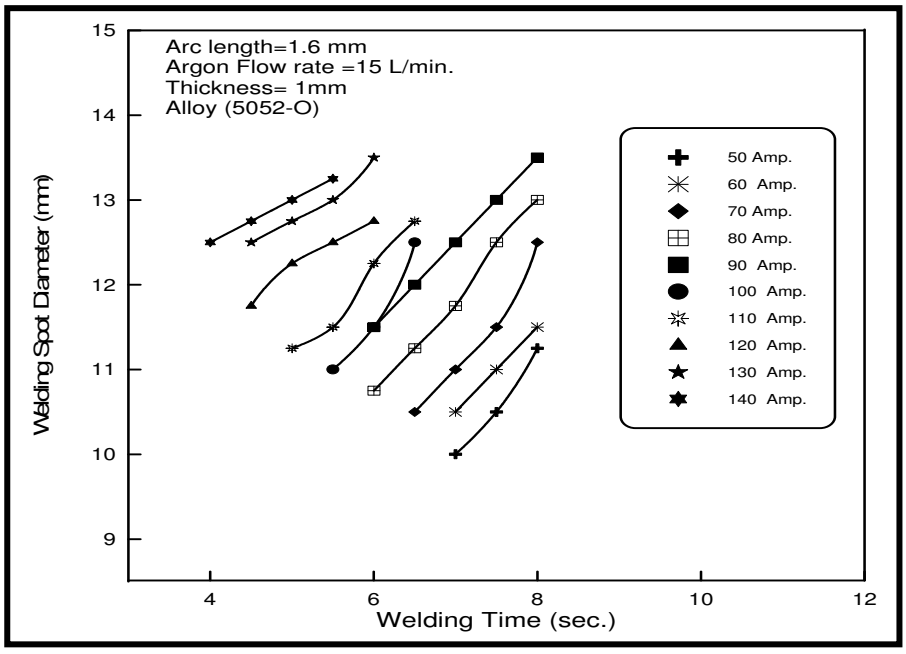
شكل (1) وصلة اللحام التراكبيـــة



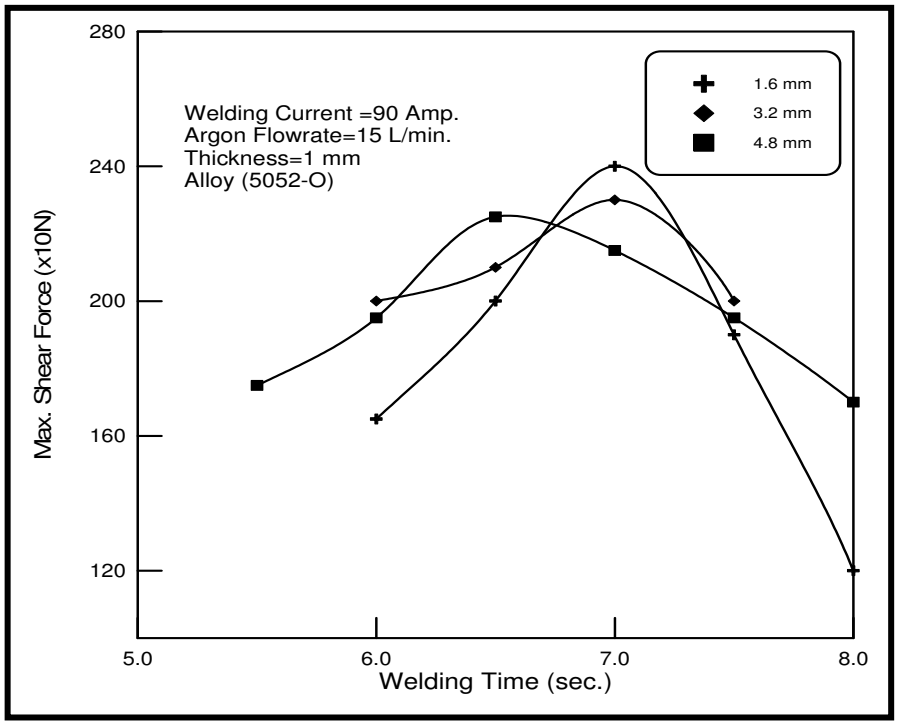
شكل (2) العلاقة بين تيار اللحام وقوة القص العظمى لوصلات لحام السبيكة (5052-O) لازمنة مختلفة ولطول قوس(1.6mm)



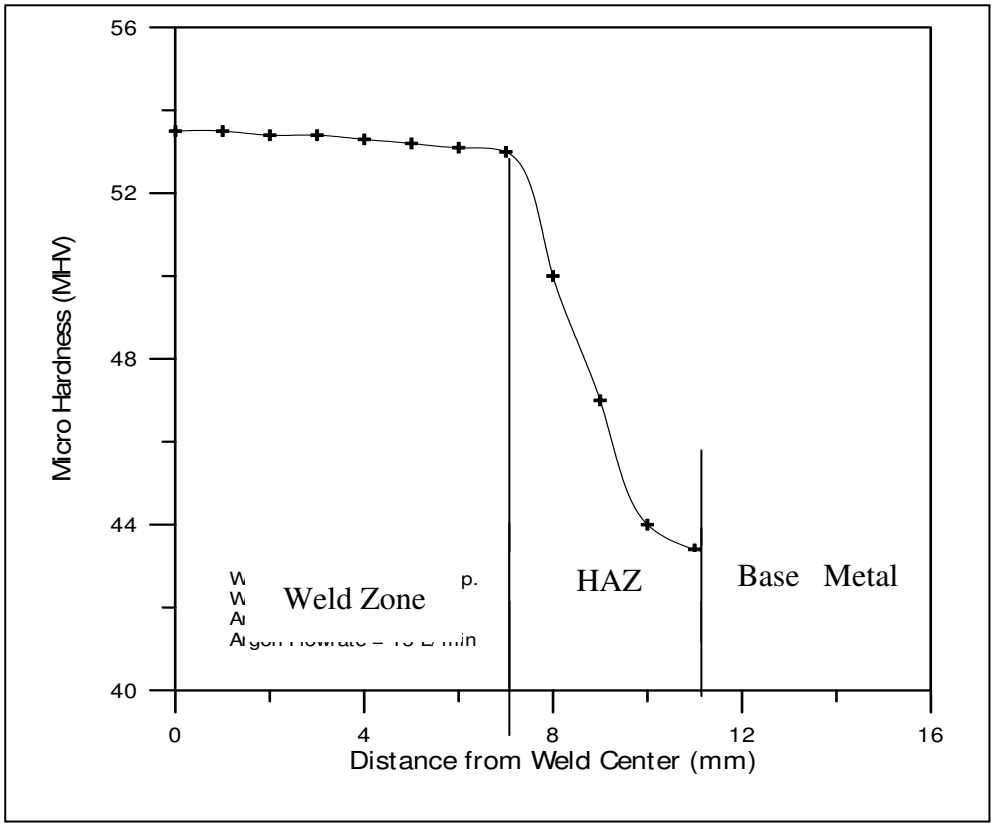
شكل (3) العلاقة بين زمن اللحام وقوة القص العظمى لوصلات لحام السبيكة (5052-O) ولطول قوس (1.6mm) عند تيارات لحام مختلفة



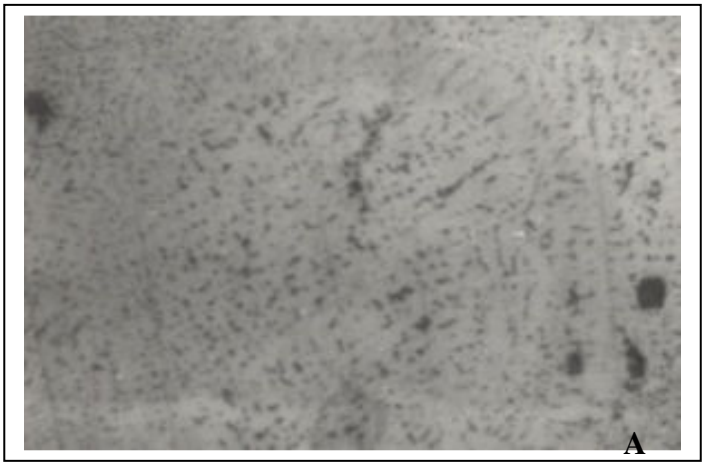
شكل (4) العلاقة بين زمن اللحام وقطر منطقة اللحام لوصلات لحام السبيكة (5052-O) ولطول قوس (1.6mm) عند تيارات لحام مختلفة



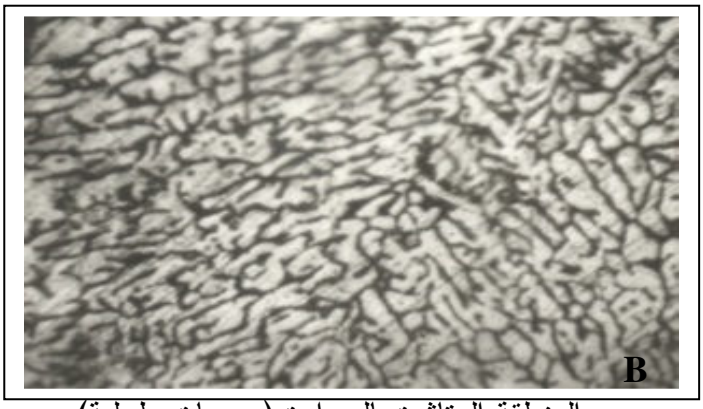
شكل (5) العلاقة بين زمن اللحام وقوة القص العظمى لوصلات لحام السبيكة (5052-O) ولاطوال اقواس مختلفة عند تيار لحام (90Amp.)



شكل (6) توزيع الصلادة الدقيقة لوصلة اللحام لصفيحة من سبيكة (5052-O)

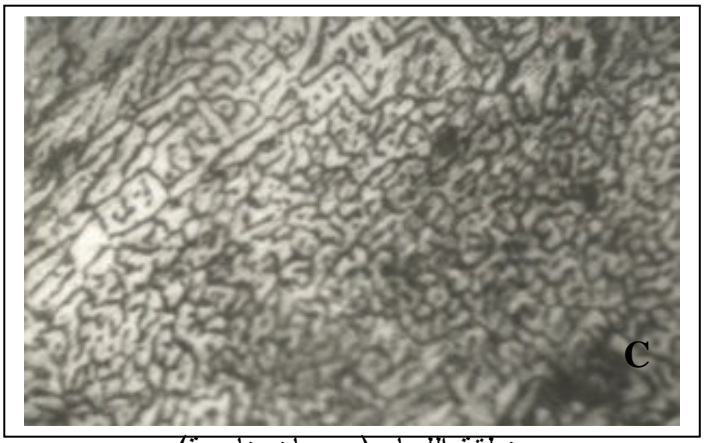


السبيكة الاساس
قوة التكبير X 380



المنطقة المتاثرة بالحرارة (حبيبات طولية)

قوة التكبير X 380



منطقة اللحام (حبيبات ناعمة)

قوة التكبير X 380

الشكل (7) البنية المجهرية لوصلة لحام السبيكة (5052-O)

محلول الاظهار نوع(Keller solution)