The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering, Vol.9, No.1, 2009

ربط حديد الزهر ذي الكرافيت الكروي الفرايتي بسبيكة الالمنيوم- خارصين بطريقة المونة اللينة

Soft Soldering of Ferritic Nodular Cast Iron to Aluminum-Zinc Alloy

د.عدنان نعمه عبود عمر سعد صالح

الكلية التقنية /بغداد

ABSTRACT

The research devoted the possibility of soft soldering ferritic nodular cast iron to aluminum - zinc alloy, by using filler metals ASTM 60A, 40A & 70A. Cast iron was electroplated with iron and tin, while aluminum was coated with different layers of zinc, zinc-copper, zinc-copper-tin, zinc-copper-nickel and zinc-copper-nickel-tin. The specimens were fixed in the overlap position, and heated in a furnace to temperatures suitable to the soldering alloy in different holding times 5, 10, 15, 20, 25, 30 & 40min. The bond on the aluminum side could not be achieved when it was immersion coating with zinc while electroplating aluminum with copper over the zinc gave shear strength of 7MPa at 30min. holding time, using 60A as soldering alloy. Electroplating another layer of tin on aluminum increased shear strength to 11MPa at the same holding time and soldering alloy. While electroplating with nickel layer on the aluminum after zinc and copper layers gave shear strength of 10MPa. Adding fourth layer of tin on aluminum helped increasing shear strength to 23MPa . Using 40A as a solder alloy with the same two plated layers on cast iron and the four layers on aluminum gave shear strength of 14MPa while 70A solder achieved 13MPa at holding time 25min. The microstructure examinations show the formation of intermetallic compounds on both metals while the X-ray diffraction test shows the formation of FeSn and $FeSn_2$ phases on the cast iron, and ε-Cu_3Sn, η-Cu_6Sn_5 and γ-NiSn, δ-Ni_3Sn_4 on the aluminum, which are responsible for the bond.

KeyWords: Solderability, Intermetallic Compound, Double Shear Test.

الخلاصة

اشتمل البحث على بيان أمكانية ربط حديد الزهر ذو الكرافيت الكروي الفرايتي بسبيكة الألمنيوم – خارصين بالمونة اللينة باستخدام ثلاثة انواع من سبائك المونـــــة (ASTM 60A , 40A & 70A) . لم يتحقق الربط المباشر سواءاً من جهة حديد الزهر او من جهة سبيكة الألمنيوم تحت ظروف المونة المنتخبة . تم طلاء حديد الزهر بالحديد والقصدير كهربائيا بينما طليت سبيكة الألمنيوم بالخارصين بطريقة الطلاء بالغمر أولا ثم بعدة طبقات بالطلاء الكهربائي . ثبتت العينات بشكل تراكبي وسخنت داخل فرن الى درجات حرارية تناسب كل سبيكة بازمان تثبيت مختلفة (5,10,15,20,25,30&40 min.) . لم يتحقق الربط أيضا من جهة الالمنيوم عند طلائه بمعدن الخارصين بينما اعطى طلاء سبيكة الالمنيوم بالخارصين ثم النحاس مقاومة قص وصلت الى (7MPa) بزمن تثبيت (30min.) عند أستخدام سبيكة المونة (60A) قابلها طلاء حديد الزهر بالحديد والقصدير . وعند تدعيم جهة سبيكة الالمنيوم بطبقة ثالثة من القصدير حققت الوصلة مقاومة قص وصلت الى (11MPa) . وفرت أضافة طبقة من النيكل الى جهة سبيكة الالمنيوم بعد طبقة الخارصين والنحاس مقاومة قص وصلت الى (10MPa) بنفس سبيكة المونة . ساعد اضافة طبقة قصدير رابعة الى جهة سبيكة الالمنيوم على زيادة مقاومة القص الى (23MPa) . أن تغير سبيكة المونة من (60A) الى (40A) بنفس طبقات الطلاء الاثنتين من جهة حديد الزهر والاربعة من جهة سبيكة الالمنيوم حقق مقاومة قص وصلت الى (14MPa) بينما حققت سبيكة المونة (70A) قوة قص قدرها (13MPa) عند زمن ربط مقداره (25min.). أكدت الفحوصات المجهرية ظهور مناطق ربط من الجانبين كما أوضح الفحص بحيود الأشعة السينية ظهور المركبات المعدنية البينية ($FeSn_2$ & FeSn) من جهة حديد الزهر والمركبات (η-Cu_6Sn_5 & ε-Cu_3Sn) والمركبات (γ-NiSn & δ-Ni_3Sn_4) من جهة سبيكة الالمنيوم المسؤولة عـن عملية الربط .

المقدمة

تعتمد قابلية الربط بالمونة (Solderability) على المعدن نفسه ويمكن زيادتها بأستخدام طرق تنظيف خاصة قبل البدء بالربط مع أستخدام مساعدات صهر **(ASM,1993 &Macky,1979)** . تتعرض العديد من ألأجزاء للتأكل بسبب تلامسها مع بقايا مساعدات الصهرالتي يصعب أزالتها احيانا لذلك بألامكان طلائها لتحسين مواصفات سطح المعدن وزيادة قابليته على الربط بالمونة **(Barranger,1980&Thwaites,1984)** . هناك العديد من طرق الطلاء منها الطلاء الانصهاري (fusible coating) أذ يستخدم القصدير أو سبيكة القصدير- رصاص. تبدأ هذه الطبقة بالأنصهار عند الوصول الى درجة حرارة الربط والذوبان في معدن المونة وتزيد من قابلية الربط **(Vianco,1994&1990)** . أما الطلاء القابل للذوبان (Soluble Coating) فانه يستخدم الذهب والفضة والنحاس أذ لاتنصهر هذه الطبقة عند الوصول الى درجة حرارة الربط وأنما تبدأ بالذوبان في معدن المونة المنصهر ويستمر الى أن تذوب كل الطبقة وتكوين وصلة الربط مع المعدن الأساس او مع الجزء المتبقي من طبقة الطلاء . يمتاز الطلاء غير القابل للذوبان (Insoluble Coating) بعدم انصهاره او انتشاره وله القابلية على منع هجرة بعض العناصر الموجودة في المعدن الأساس الى السطح وتكون قابلية ربط هذه الطبقة قليلة لذلك تستخدم طبقة طلاء ثانية من النوع المنصهر لزيادة قابلية الربط . هناك علاقة بين نوع معدن الطلاء والزمن اللازم لحدوث عملية الترطيب ومساحة الانتشار (جدول - 1) حيث يلاحظ انه كلما قلت مساحة الانتشار زاد الزمن اللازم لحدوث عملية الترطيب مما يؤثر في قابلية ملئ مسافة الخلوص وزيادة صعوبة عملية الربط . يمكن الحصول على أفضل ظروف لعملية الربط بأستخدام طلاء القصدير او القصدير- رصاص اذ يعطي سرعة ترطيب وانتشار عالية . ان السبائك التي تكون حاوية على الخارصين (Zn) تحدث فيها عملية انتشار للخارصين في الحالة الصلبة خلال طبقة الطلاء الى السطح وتتكون نتيجة ذلك عملية اكسدة او طبقة رقيقة من الأوكسيد الملتصق (adherent oxide) ولمنع حدوث هذه الحالة يستخدم طلاء بسمك يبلغ حوالي (2 µm) من النحاس او النيكل تحت طبقة الطلاء المنصهر **(Macky,1979& Messler,1994)** .

الجانب العملي Experimental Side

تعد عملية ربط كل من حديد الزهرالكروي والألمنيوم بطريقة المونة اللينة من العمليات الصعبة والمعقدة بسبب وجود الكرافيت المتكور في حديد الزهر وطبقة الأوكسيد القوية (Tenacious oxide) التي تتكون بسرعة على سطح الالمنيوم واللذين يعيقان عملية الترطيب والأنتشار مما يؤدي الى فشل وصلة الربط . لذلك لابد من ايجاد الحلول الملائمة لمعالجة هذه الحالة والحصول على وصلة ربط جيدة . أجريت عملية الربط بالمونة اللينة داخل فرن كهربائي دون أستخدام غازات حماية باستعمال سبائك مونة وازمان ربط وطبقات طلاء مختلفة . اجري فحص البنية المجهرية واختبار مقاومة القص والصلادة واختبار الأطوار بحيود الأشعة السينية (X-Ray Diffraction) لتحديد المتغيرات الانفة الذكر على مناطق الربط وتحديد الأطوار والمركبات الوسطية التي يمكن ان تظهر.

أستخدم في هذا البحث حديد زهر ذو كرافيت كروي بأرضية كاملة من الفرايت (شكل-1) نوع (ASTM 60-40-18) . كما أستخدمت أيضا صفائح من سبيكة الألمنيوم – خارصين نوع (AFNOR 7020- T6) بسمك (10 mm) (شكل-2) .أجري أختبار الشد لعينات قياسية من حديد الزهر وسبيكة الالمنيوم لتحديد الخواص الميكانكية فضلا عن اجراء التحليل الكيمياوي في شركة النصر العامة لكلا السبيكتين.

أستخدمت ثلاثة انواع من سبائك المونة (70A ، 60A ،40A) على شكل اسلاك (جدول-6) تحتوي على مساعدات صهر نوع (Rosin) بهيئة لباب (Core) فيما استخدم فرن كهربائي (Muffle furnace) لأنجاز عملية الربط. ولغرض السيطرة على درجة الحرارة بصورة دقيقة تم

استخدام مزدوج حراري نوع (K-type) بدقة (±1 °C) . قطع حديد الزهر و سبيكة الألمنيوم الى عينات بالأبعاد (13x13x10 mm) ونعمت بأستخدام اوراق تنعيم (Emery paper) لغاية درجة (ASTM Grade 400) والتنظيف بأستخدام الكحول .

غمرت قطع حديد الزهر لمدة خمس دقائق بحامض الهيدروكلوريك المخفف (3% HCl) لغرض التحفيز وأزالة الأكاسيد من السطح ثم غسلت بالماء وغمرت في حوض الطلاء بالحديد بأستخدام تيار ($6\ amp/dm^2$) لمدة خمس دقائق بدرجة حرارة (90°C) للحصول على سمك طبقة تقريبي بحدود (4-5 µm) وبعد ذلك غسلت العينات بالماء وغمرت في حوض الطلاء بالقصدير بأستخدام تيار ($4\ amp/dm^2$) لمدة اربع دقائق للحصول على سمك يتراوح بين (5-6 µm). أما سبيكة الألمنيوم – خارصين فقد غمرت لمدة عشرة دقائق في حامض النتريك المخفف (HNO_3 1%) لازالة طبقة الأوكسيد ثم غسلت بالماء والكحول وغمرت مباشرة في حوض الطلاء بالخارصين بالغمر (Immersion coating) لدقيقة واحدة ثم غسلت بالماء وغمرت لمدة ستة دقائق في حوض الطلاء الكهربائي بالنحاس بأستخدام تيار($5\ amp/dm^2$) بدرجة حرارة (65°C) للحصول على سمك يتراوح بين (2-3 µm) ثم غسلت بالماء وغمرت في حوض الطلاء بالنيكل لمدة اربع دقائق بدرجة حرارة (55°C) بأستخدام تيار($3\ amp/dm^2$) للحصول على سمك يتراوح بين (2-3 µm) وبعد ذلك طليت بالقصدير(جدول - 7) بأستخدام تيار($4\ amp/dm^2$) لمدة اربع دقائق للحصول على سمك يتراوح بين (5-6 µm) ومن ثم غسلت العينات بصورة جيدة وجففت (**ASM, 1994**). أجريت عملية الربط لثلاث قطع اثنان طرفية من حديد الزهر واخرى وسطية من سبيكة الألمنيوم وأستعملت أداة للتثبيت (شكل -3) لمسك العينات ومنع حركتها في اثناء عملية الربط وبمسافة خلوص مقدارها (130-150 µm) . سخنت العينات لغاية الوصول الى درجة حرارة الربط (فوق درجة سيولة معدن المونة بحوالي 55°C) والتثبيت بازمان (5,10,15,20,25,30&40 min.) ثم التبريد داخل الفرن .

يعتبر اختبار القص للوصلات المزدوجة (Double Shear Test) طريقة حديثة الى حدما في فحص مقاومة القص وينفذ على الوصلات التناكبية المزدوجة المتكونة من ثلاث قطع مربوطة سويا اذ يتم تسليط القوة على القطعة الوسطية بأتجاه معاكس للقطعتين الطرفيتيين لذلك فان القوة تسلط على وصلتي الربط بالتساوي مما يمكن من اختبار وصلتي الربط في وقت واحد . من فوائد هذا الأختبار امكانية معرفة مقاومة القص لوصلة الربط الأضعف اذ تعتمد كمعامل امان للأغراض التصميمية عند ربط الوصلات المتشابهة او لمعرفة اضعف وصلة ربط عند استخدام معدنين مختلفين في كلتا النهايتين ومعرفة اقوى وصلة ربط مع المعدن الوسطي . اجريت في هذا البحث عملية الربط على عينات غير متشابهة (حديد زهر مع المنيوم مع حديد زهر) التي انجزربطها بسبائك المونة الثلاثة . أسندت عينات اختبار القص في قالب خاص صنع لهذا الغرض (شكل -4) ثبتت الوصلة مع القالب في جهاز فحص الضغط لحساب اكبر قوة يحصل عندها الكسر ومن ثم يتم ايجاد اجهاد القص (**Vianco, 1990**).

النتائج والمناقشة Results & Discussion

كانت نتائج الترطيب والأنتشار لسبائك المونة الثلاثة المستخدمة في وصلة الربط بدون اجراء عملية الطلاء غير ناجحة . تم اللجوء الى عملية طلاء حديد الزهر بطبقتين من الحديد والقصدير و تثبيت هذا المتغير لجميع تجارب الربط مع طلاء سبيكة الألمنيوم بطبقات مختلفة (خارصين ، خارصين – نحاس ، خارصين – نحاس – قصدير ، خارصين – نحاس – نيكل ، خارصين – نحاس – نيكل – قصدير) .

أولا : الربط بسبيكة المونة قصدير- رصاص (ASTM 60A) :-

تمت عملية الربط بسبيكة **(60A)** عند درجة حرارة (245±2°C) دون أجراء عملية الطلاء لكل من حديد الزهر وسبيكة الألمنيوم وبازمان تثبيت (15&30 min.) . لم يتحقق الربط

لعدم تغلغل معدن المونة والأنتشار بين المعدنين لوجود طبقة اوكسيد الألمنيوم من جهة والكرافيت على حديد الزهر من جهة اخرى.

طليت سبيكة الألمنيوم بطبقة من الخارصين لحمايتها من التاكسد واجريت عملية الربط مع حديد الزهر المطلي بطبقتين من الحديد والقصدير بازمان تثبيت (15&30 min.) ايضا ، حيث لم تتكون وصلة ربط بين المعدنين أيضا.

أجريت عملية الربط بعد طلاء سبيكة الالمنيوم بطبقة من النحاس بعد الخارصين . يبين شكل (5) وصلة الربط بزمن تثبيت مقداره (15min.) ويلاحظ تغلغل وانتشار معدن المونة بين المعدنين لما وفره النحاس والقصدير من ترطيب وتكوين منطقة ربط واضحة من كلا الجانبين وان البنية المجهرية لسبيكة المونة عبارة عن ارضية أيوتكتيكية تحتوي على طور(α-Pb) . لقد أعطت الوصلة مقاومة قص بلغت (3MPa) .

كان لزيادة زمن التثبيت لغاية (30min.) تاثير على زيادة التجانس في وصلة الربط مما ساعد على زيادة الانتشار ونمو المركبات المعدنية وزيادة مقاومة القص لغاية (7MPa) . أظهر الفحص بحيود الاشعة السنية تواجد مركبات معدنية نوع ($FeSn_2$ & FeSn) من جهة حديدالزهر ومركبات من نوع (Cu_6Sn_5 & Cu_3Sn) من جهة سبيكة الالمنيوم .

اجريت عملية الربط لسبيكة الألمنيوم بعد طلائها بطبقة من القصدير بعد الخارصين والنحاس الذي تكون له القابلية على الانصهار في معدن المونة مما سيساعد على زيادة قابلية الترطيب والانتشار لمعدن المونة على طبقة النحاس . بين شكل (6) التأثير الواضح لتواجود طبقة القصدير في تكون الاطوار الوسطية وزيادة مقاومة قص الى (6MPa) . ساعد زيادة زمن الربط الى (30min.) (شكل-7) في زيادة انتشار الحديد والنحاس في معدن المونة وتكوين الامواج (wave) وأعطت مقاومة قص بلغت (11MPa). لوحظ تواجد مركبات معدنية نوع ($FeSn_2$ & FeSn) من جهة حديد الزهر ومركب (Cu_6Sn_5) (شكل-8) من جهة سبيكة الالمنيوم وعدم ظهور مركب (Cu_3Sn) مع ان هناك زيادة في نسبة القصدير الناتجة من طبقة الطلاء .

طليت سبيكة الألمنيوم بطبقة خارصين ونحاس ونيكل في محاولة للحصول على وصلة ربط ذات مقاومة اعلى . لم يلاحظ حدوث ترطيب كلي بمعدن المونة لقابلية الترطيب الضعيفة للنيكل ولكنه تم الحصول على وصلة ربط ذات مقاومة اعلى من مقاومة الطلاء بطبقة النحاس لوحدها أذ بلغت (5MPa)

ساعد زيادة زمن التثبيت لغاية (30min.) (شكل-9) على زيادة الترطيب والانتشار لمعدن المونة على طبقة النيكل التي مع زيادة انتشار الحديد والحصول على وصلة ربط ذات مقاومة (10MPa) وتكوين مركبات معدنية عبارة عن ($FeSn_2$ & FeSn) من جهة حديد الزهر (δ- Ni_3Sn_4 & γ- NiSn) من جهة سبيكة الالمنيوم .

اضيفت طبقة من القصدير على طبقة النيكل لغرض تحسين قابلية ترطيب وانتشار معدن المونة علـــى السطح . وقد تم الحصول على وصلة الربط بزمن تثبيت (5min.) بمقاومة قص بلغت (3MPa) ، فيما ارتفعت الى (4MPa) عند زمن تثبيت (10min.) . اما عند زيادة فترة التثبيت لغاية (15min.) (شكل-10) فيلاحظ زيادة في نمو وخشونة المركبات المعدنية البينية من جهة سبيكة الألمنيوم مع ظهور طـــورا جديدا بدأ بالنمو من جهة حديد الزهر عبارة عن طور (α-Fe) في ارضية يوتكتيكية تحتوي على طور (α-Pb) حيث ان قابلية ذوبان القصدير في الحديد تصل الى (19%) بدرجة حرارة (860 °C) وتنخفض لغاية (10%) بدرجة حرارة الغرفة (**ASM,1999**) مما ساعد على زيادة مقاومة القص لغاية (8MPa). لوحظ عند زيادة زمن التثبيت لغاية (20min.) (شكل -11) زيادة في انتشار طور (α-Fe) مـــــع تكون امواج (wave) من جهة سبيكة الالمنيوم مما يدل على حدوث انتشار وتداخل بين معدن المونة و سبيكة الالمنيوم مما ساعـــد على زيادة مقاومة القص الى (12MPa) .

ان زيادة زمن التثبيت لغاية (25min.) (شكل-12) ساعد –ايضا- على زيادة تكون الامواج (wave) والانتشار والتداخل بين معدن المونة و سبيكة الالمنيوم مصحوبا بزيادة انتشار

طور (α-Fe) في معدن المونة وقد اعطت مقاومة قص (18MPa) و استمرت هذه الحالة مع زيادة فترة التثبيت لغاية (.30min) (شكل-13) رافقها زيادة في المقاومة لغاية (23MPa) مع تكوين مركبات معدنية عبارة عن ($FeSn$ & $FeSn_2$) من جهة حديد الزهر و(γ- NiSn & δ- Ni_3Sn_4) من جهة سبيكة الالمنيوم .

وعند زيادة زمن التثبيت لغاية (.40min) لوحظ من فحص حيود الاشعة السينية (شكل-14) ترسب طور (β-Sn) الذي يعمل على زيادة المطيلية وخفض مقاومة القص الى (7MPa) (شكل-15). مما سبق يتبين ان أفضل طبقات الطلاء المستخدمة مع سبائك المونة من نظام (Sn-Pb) بالاعتماد على سبيكة نوع (60A) طلاء حديد الزهر بالحديد والقصدير وطلاء سبيكة الالمنيوم بالخارصين والنحاس والنيكل والقصدير اعتمادا على النتائج المتحققة من اختبار مقاومة القص .

ثانيا : الربط بسبيكة المونة نوع (ASTM 40A) :-

استخدمت هذه السبيكة لبيان تاثير نقصان نسبة القصدير قي سبيكة المونة عن (60%) . اجريت عملية الربط عند درجة حرارة (293±2°C) بازمان تثبيت (.5,10,15,20,25&30 min) وطبقات طلاء متعددة .اجريت عملية الربط دون اجراء عملية الطلاء –ايضا- لكل من حديد الزهر وسبيكة الألمنيوم بازمـــــان تثبيت (.15&30 min) دون ان يتحقق الربط. ثم اجريت عملية الربط بعد طلاء حديد الزهر بطبقة من الحديد والقصدير وطلاء سبيكة الألمنيوم بطبقة خارصين ونحاس ونيكل وقصدير بزمن تثبيت مقداره (.5min) ولم تكن ناجحة فيما ساعد زيادة زمن التثبيت لغاية (.10min) على تكون وصلة الربـــط (شكل-16) وحدوث ترطيب وانتشارغير تام على السطحين وبمقاومة ربط بلغت (5MPa) . فيما رافق زيادة الزمن الى (.15min) ارتفاع مقاومة القص بشكل محدود(7MPa) كذلك الحال عند زمن (.20min) لتصل الى (9MPa) . بينما ساعدت زيادة فترة التثبيت لغاية (.25min) على زيادة التداخل وتكوين الامواج (wave) بين معدن المونة وسبيكة الالمنيوم وزيادة في انتشار طور (α-Fe) مما اعطى مقاومة قص بلغت (14MPa) الا ان زيادة الزمن الى (.30min) رافقه تحلل المركبات المعدنية وانخفاض مقاومة القص لغاية (7MPa) (شكل - 17).

ثالثا : الربط بسبيكة المونة نوع (ASTM 70A):-

استخدمت هذه السبيكة لبيان تاثير زيادة نسبة القصدير عن (60%) في قابلية الترطيب والأنتشار وتاثيره في مقاومة وصلة الربط لانها تعد من السبائك ذات التركيب فوق الايوتكتيك . تمت عملية الربط عند درجة حرارة (247±2°C) بازمان تثبيت (.5,10,15,20,25&30min) وطبقات طلاء متعددة . لم يتم الحصول على وصلة ربط ناجحة بدون اجراء عملية الطلاء بازمان تثبيت (.15&30min) على الرغم من زيادة نسبة القصدير في معدن المونة. اجريت عملية الربط بعد طلاء سبيكة الألمنيوم بطبقة من الخارصين والنحاس والنيكل والقصدير وطلاء حديد الزهر بطبقة من الحديد والقصدير حيث تم الحصول على وصلة الربط بين المعدنين (شكل - 19) بزمن تثبيت مقداره (.5min) مع ملاحظة حدوث ترطيـــب وانتشار تام لمعدن المونة على السطحين بسبب الزيادة الحاصلة في نسبة القصدير وكان التركيب عبارة عن ارضية يوتكتيكية تحتوي على طور غني بالقصدير (β-Sn) تكون من جهة حديد الزهر بسبب معدلات التبريد القليلة الناتجة من الموصلية الحرارية القليلة له مقارنة بجهة الالمنيوم والحصول علـــى مقاومة قص مقدارها (1MPa) . لم يرافق زيادة الزمن الى (.10min) أي تغير ملحوظ في التركيب المجهري مع زيادة محدودة في مقاومة القص (3MPa) .

رافق زيادة زمن التثبيت الى (.15min) زيـــادة ترسيب طور(β-Sn) وتجمعه على سطح حديد الزهر بسبب قلة معدلات التبريد مع استمرار في زيادة نمو المركبات المعدنية البينية على سطح سبيكة الالمنيوم وارتفاع مقاومة وصلة الربط الى (8MPa) . ساعدت زيادة زمن

التثبيت لغاية (.20min) على بدء انتشار طور (α-Fe) في معدن المونة من جهة حديد الزهر مصحوبا بزيادة في خشونة المركبات المعدنية البينية مما كان له الاثر الواضح في زيادة المقاومة الى (12MPa) . بينما اعطى زمن التثبيت (.25min) زيادة في انتشار طور(α-Fe) مع حدوث انتشار وتداخل وتكون الامواج (wave) بين معدن المونة وسبيكة الالمنيوم (شكل-20) و الحصول على اعلى مقاومة قص لهذه السبيكة بلغت (13MPa) . وقد ادى زيادة زمن التثبيت لغاية (.30min) (شكل - 21) الى تكسر المركبات المعدنية البينية عند سطح سبيكة الألمنيوم (7020-T6) وانخفاض مقاومة وصلة الربط الى (4MPa) (شكل-22) .

فحص الصلادة

تم اجراء فحوصات الصلادة بطريقة فيكرز (Vickers Hardness)على العينات التي اعطت اعلى مقاومة قص لكل سبائك المونة المستخدمة وتبين انه لايوجد هناك تغير في قيم الصلادة لمعدني الاساس لعدم الوصول الى درجات حرارة عالية لاكثر من (300°C) . تراوحت قيم الصلادة بين (158-170 HV) لحديد الزهر ذو الكرافيت الكروي في المنطقة القريبة من منطقة الربط قابلها (164 HV) بحالتها المستلمة اما لسبيكة الالمنيوم – خارصين فان قيم الصلادة تراوحت بين (96-114 HV) للمنطقة القريبة من منطقة الربط قابلها (100 HV) بحالتها المستلمة .

الآستنتاجات Conclusions

اولا:لم تحقق سبائك المونة المستخدمة (70A ، 60A، 40A) وصلة ربط بين سبيكة الألمنيوم – خارصين (7020-T6) وحديد الزهر ذو الكرافيت الكروي الفرايتي بدون اجراء عملية الطلاء لكلا المعدنين .

ثانيا : بالامكان الربط باستخدام سبيكة المونة نوع (60A) وبمقاومة قص تبلغ (23MPa) عند الطلاء باربعة طبقات من الخارصين والنحاس والنيكل والقصدير من جهة سبيكة الالمنيوم وبطبقتي حديد وقصدير من جهة حديد الزهر .

ثالثا : حققت وصلة الربط باستخدام سبيكة المونة نوع (40A) مقاومة قص بلغت (14MPa) للعينات المطلية من حديد الزهر و سبيكة الالمنيوم بينما حققت سبيكة المونة نوع (70A) مقاومة قص بلغت (13MPa) .

جدول (1) : تأثير نوع مادة الطلاء في زمن الترطيب ومساحة الانتشار(Macky,1979)

Coating & thickness µm		FRESH: Wetting time	FRESH: Area of spread
5·0	Tin		
7·5	Tin-lead		
0·75	Tin-lead (hot roller coating)		
0·5	Electroless tin A		
0·25	Electroless tin B		
5·0	Gold I		
2·5	Gold II		
4·0	Gold III		
0·25	Electroless gold IV		
0·5	Electroless gold V		
8·0	Silver + gold flash		
7·5	Tin-nickel + gold flash		
5·0	Tin-nickel		
7·5	Tin-nickel + tin flash		
5·0	Palladium		
0·25	Electroless palladium		
2·5	Rhodium		
	Resin lacquer		
	Benzotriazole		
	Uncoated		

0 1 2 0 5
s cm²

جدول (2) : نتائج أختبار الشد لحديد الزهر ذوالكرافيت الكروي الفرايتي

σ_y (0.2% offset) MPa	σ_u MPa	Elongation %
281	415	18

جدول (3) : التركيب الكيميائي لحديد الزهر ذوالكرافيت الكروي الفرايتي (ASTM 60-40-18)

Cast Iron	%C	%Mn	%Si	%S	%P	%Mg	%Fe
Nominal chemical composition	3.7 ≤	0.3-0.5	2.5 ≤	0.04 ≤	≤0.01	≤ 0.04	Bal.
Actual chemical composition	3.16	0.45	2.48	0.035	0.002	0.014	Bal.

جدول (4) : نتائج أختبار الشد لسبيكة الألمنيوم – خارصين (7020 – T6)

σ_y 0.2% offset MPa	σ_u MPa	Elongation %
332	376	20

جدول (5) : التركيب الكيميائي لسبيكة الألمنيوم – خارصين (7020-T6)

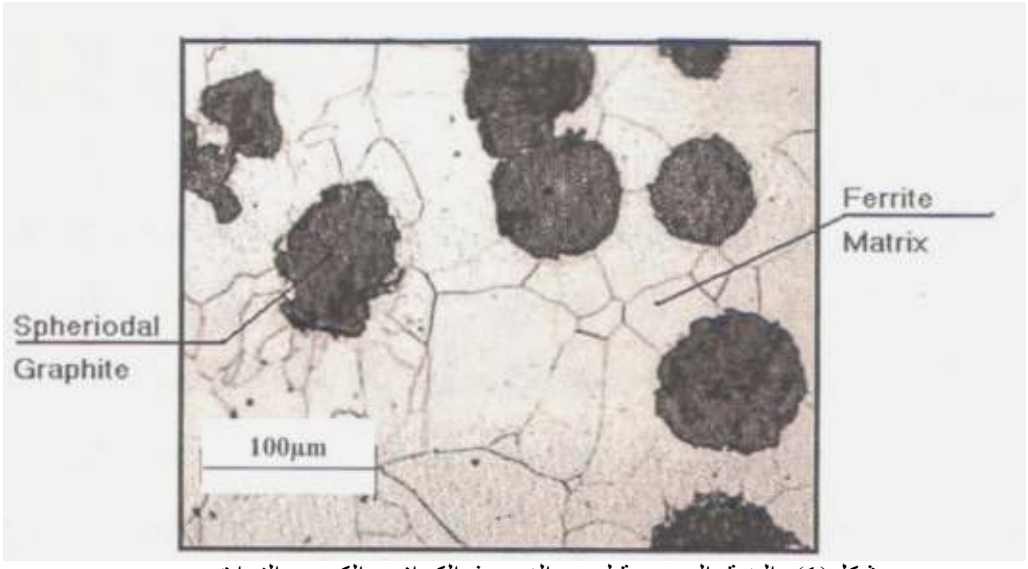
Aluminum Alloy	%Zn	%Si	%Fe	%Cu	%Mn	%Mg	%Ti	%Al
Nominal Chemical Composition	4-5	≤0.35	≤0.40	≤0.20	0.05-0.5	1-1.5	≤0.08	Bal.
Actual Chemical Composition	4.280	0.148	0.392	0.152	0.092	1.043	0.042	Bal.

جدول (6) تصنيف سبيكة القصدير – رصاص(Barranger,1980)

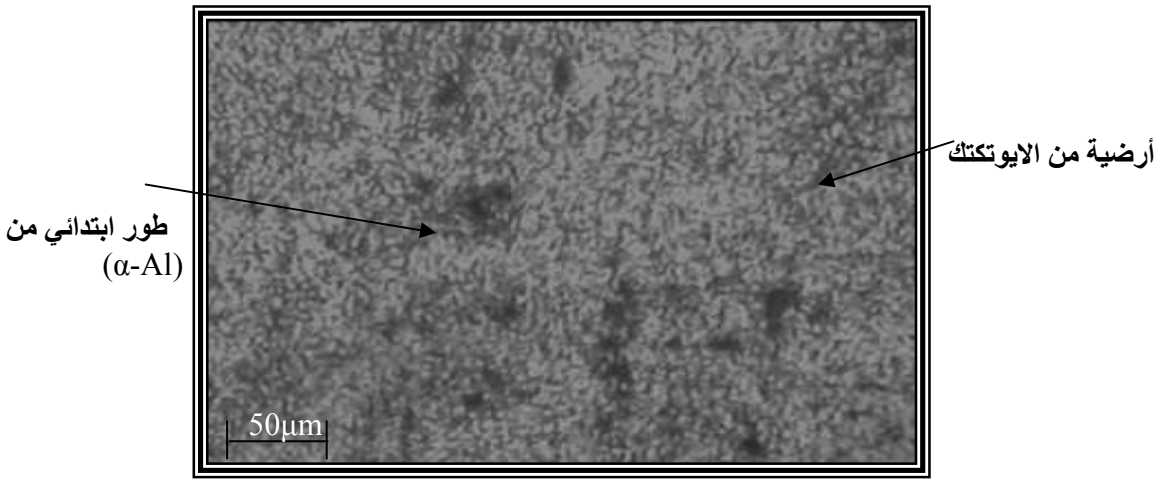
ASTM Alloy Grade	Fed. Spec. QQ-S-571	Tin % Desired	Lead % Nominal	Antimony % Minimum	Antimony % Desired	Antimony % Maximum	Silver % Desired	Melting Range Solidus °C	Solidus °F	Liquidus °C	Liquidus °F
70A		70	30	–	–	0.12	–	183	361	192	378
70B	Sn 70	70	30	0.20	–	0.50	–				
63A		63	37	–	–	0.12	–	183	361	183	361
63B	Sn 63	63	37	0.20	–	0.50	–				
	Sn 62	62	36	0.20	–	0.50	2				
60A		60	40	–	–	0.12	–	183	361	190	374
60B	Sn 60	60	40	0.20	–	0.50	–				
50A		50	50	–	–	0.12	–	183	361	216	421
50B	Sn 50	50	50	0.20	–	0.50	–				
45A		45	55	–	–	0.12	–	183	361	227	441
45B		45	55	0.20	–	0.50	–				
40A		40	60	–	–	0.12	–	183	361	238	460
40B	Sn 40	40	60	0.20	–	0.50	–				
40C		40	58	1.8	2.0	2.4	–	185	365	231	448
35A		35	65	–	–	0.25	–	183	361	247	477
35B	Pb 35	35	65	0.20	–	0.50	–				
35C	Sn 35	35	63.2	1.6	1.8	2.0	–	185	365	243	470
30A		30	70	–	–	0.25	–	183	361	255	491
30B	Pb 30	30	70	0.20	–	0.50	–				
30C	Sn 30	30	68.4	1.4	1.6	1.8	–	185	364	250	482
25A		25	75	–	–	0.25	–	183	361	266	511
25B		25	75	0.20	–	0.50	–				
25C		25	73.7	1.1	1.3	1.5	–	184	364	263	504
20B	Pb20	20	80	0.20	–	0.50	–	183	361	277	531
20C	Sn 20	20	79	0.80	1.0	1.20	–	184	363	270	517

جدول (7) : طبقات طلاء سبيكة الألمنيوم وأزمان التثبيت عند درجات حرارة الربط المختلفة

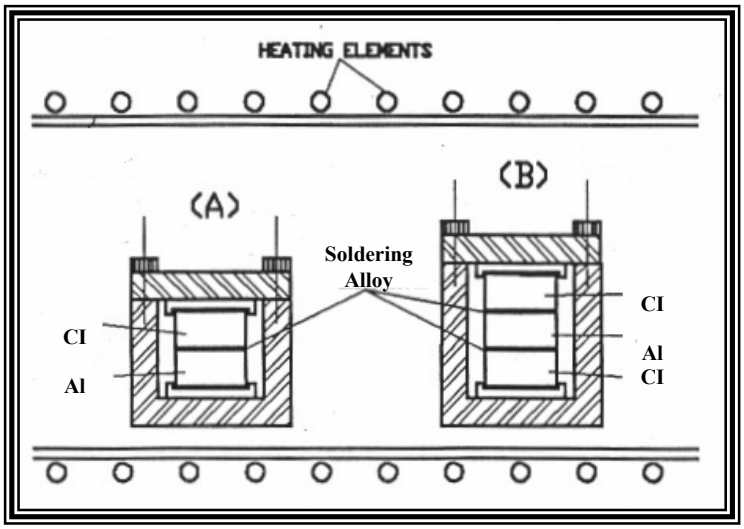
Soldering cycle	70A	60A	40A
Without coating			
15min.	*	*	*
30min.	*	*	*
Coating by Zn			
5min.			
10min.			
15 min.		*	
20min.			
25min.			
30 min.		*	
Coating by layers of Zn and Cu			
15 min.			
30 min.		*	
		*	
Coating by layers of Zn ,Cu and Sn			
15 min.			
30 min.		*	
		*	
Coating by layers of Zn ,Cu and Ni			
15 min.			
30 min.		*	
		*	
Coating by layers of Zn ,Cu , Ni and Sn			
5 min.			
10 min.			
15 min.	*	*	
20 min.	*	*	*
25 min.	*	*	*
30 min.	*	*	*
40 min.	*	*	*
	*	*	*
		*	



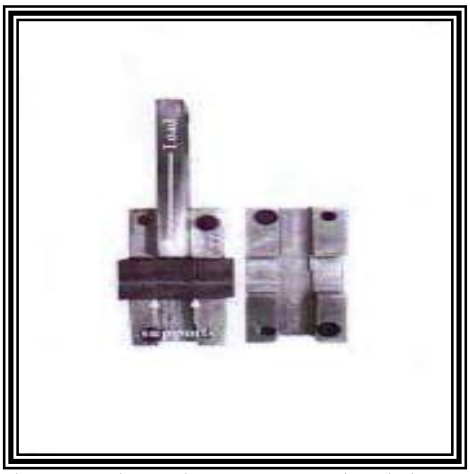
شكل(1) :البنية المجهرية لحديد الزهر ذوالكرافيت الكروي الفرايتي



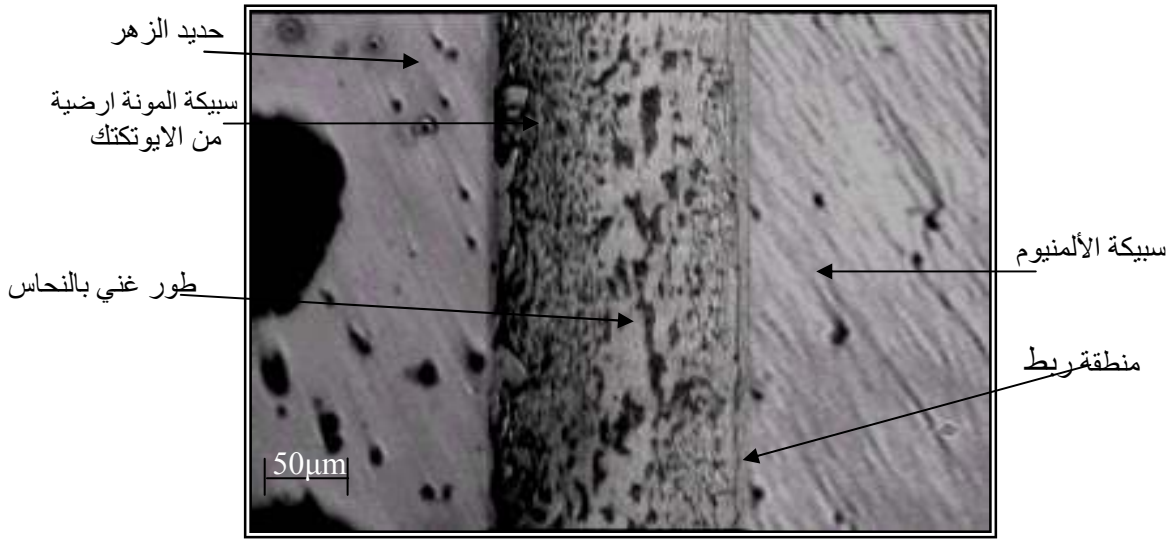
شكل (2) : البنية المجهرية لسبيكة الألمنيوم-خارصين (7020-T6)



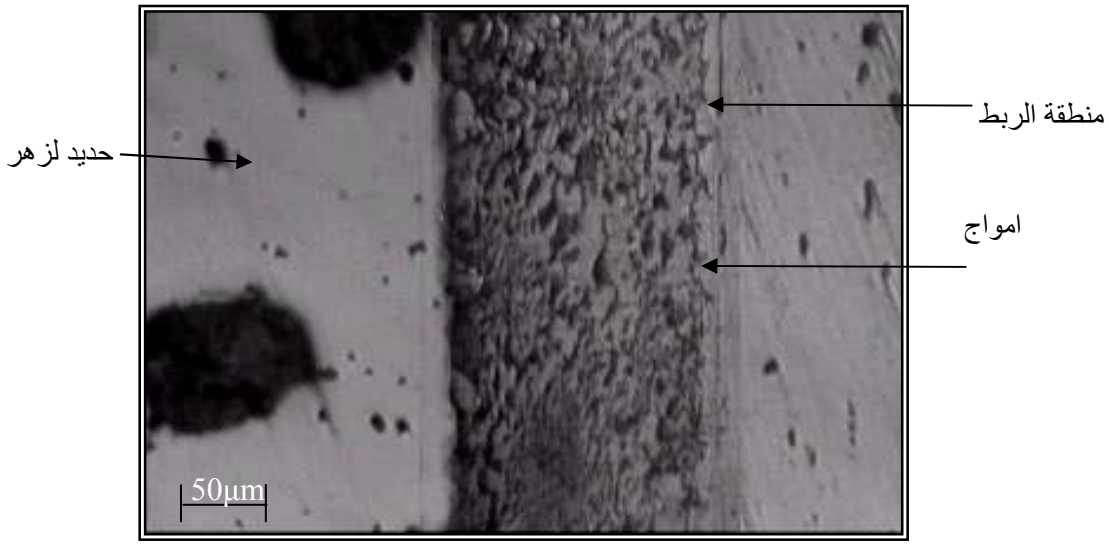
شكل (3): طريقة تثبيت العينات داخل الفرن A. وصلة منفردة B. وصلة مزدوجة



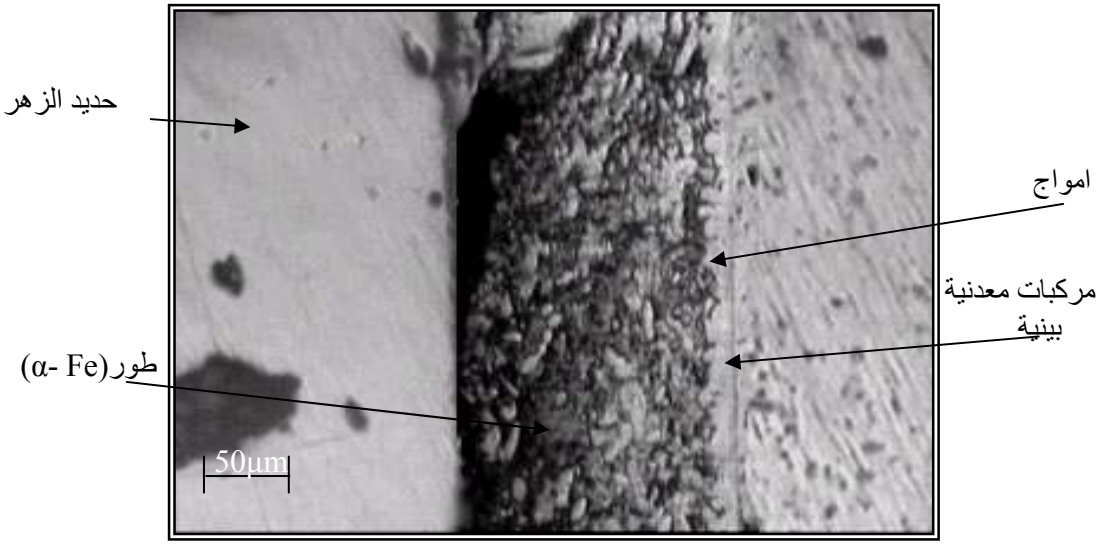
شكل (4) : القالب الخاص باختبار القص الوصلات المزدوجة



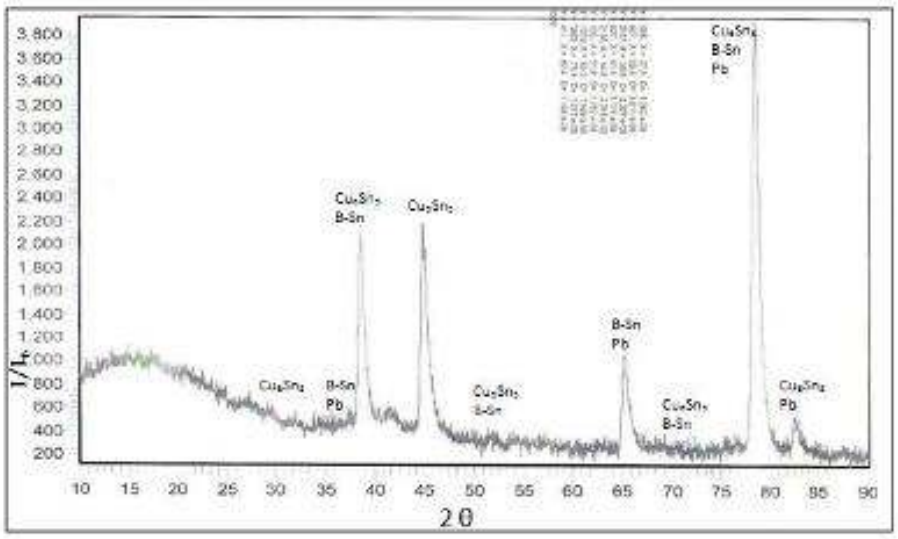
شكل (5) منطقة الربط بين سبيكة الألمنيوم مع حديد الزهر باستخدام سبيكة المونة نوع (60A) بزمن مقداره (15min.)



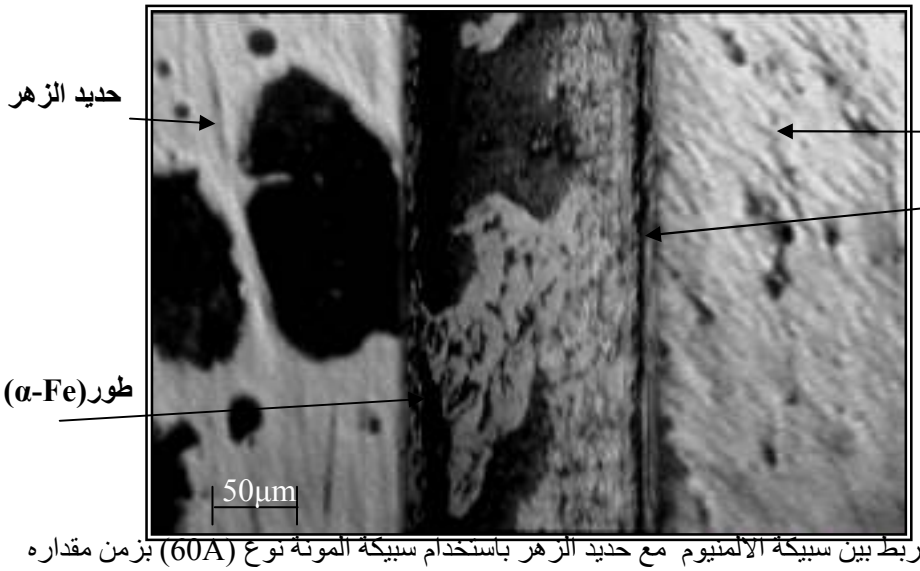
شكل (6) : منطقة الربط بين سبيكة الألمنيوم مع حديد الزهر باستخدام سبيكة المونة نوع (60A) بزمن مقداره (15min.)



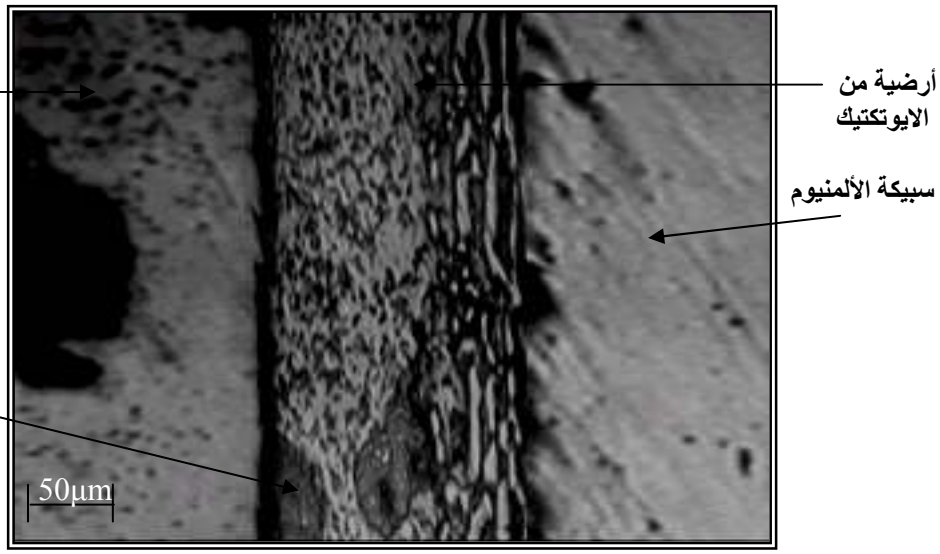
شكل (7) : منطقة الربط بين سبيكة الالمنيوم وحديد الزهر باستخدام سبيكة المونة نوع (60A) بزمن مقداره (30min.)



شكل (8) : مخطط (XRD) لسطح عينة حديد الزهر المطلي بطبقة من الحديد والقصدير مع سبيكة الالمنيوم المطلية بطبقة خارصين ونحاس وقصدير باستخدام سبيكة المونة (ASTM 60A) بزمن تثبيت مقداره (30min.)

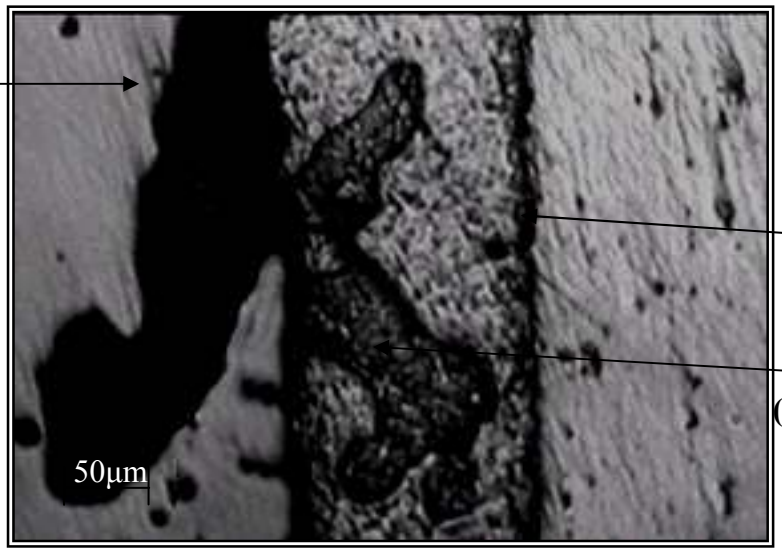


شكل (9) منطقة الربط بين سبيكة الألمنيوم مع حديد الزهر باستخدام سبيكة المونة نوع (60A) بزمن مقداره (30min.)

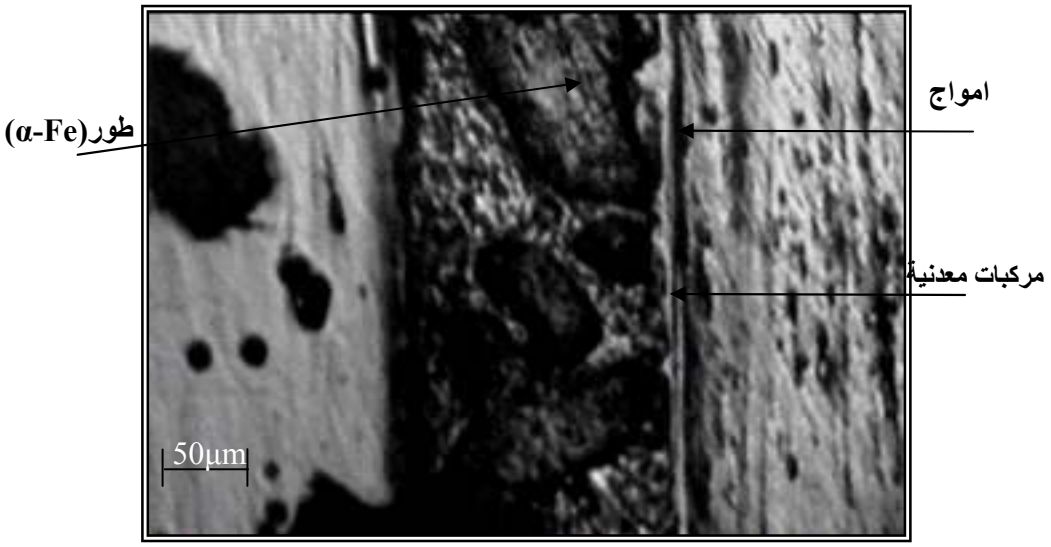


شكل (10) : منطقة الربط بين سبيكة الالمنيوم وحديد الزهر باستخدام سبيكة المونة نوع (60A) بزمن مقداره (15min.)

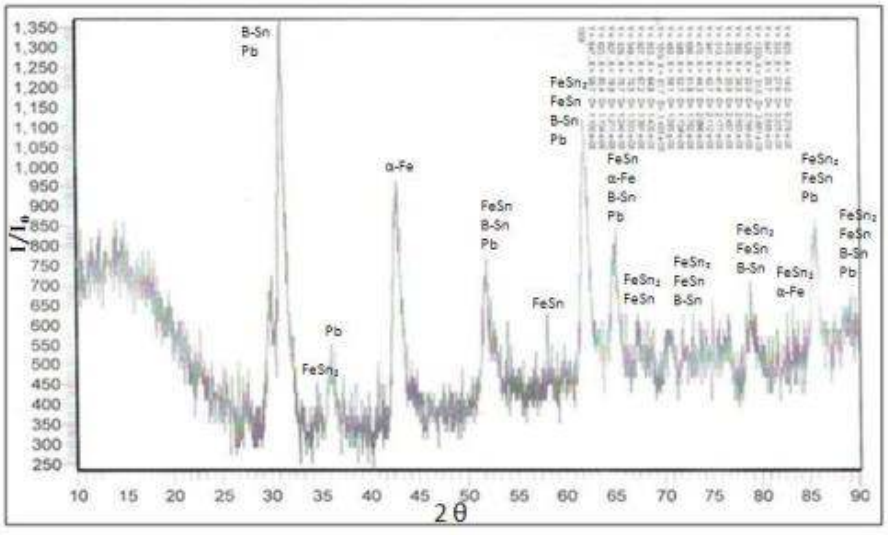
شكل (11) : منطقة الربط بين سبيكة الالمنيوم وحديد الزهر (سبيكة المونة 60A زمن .20min)



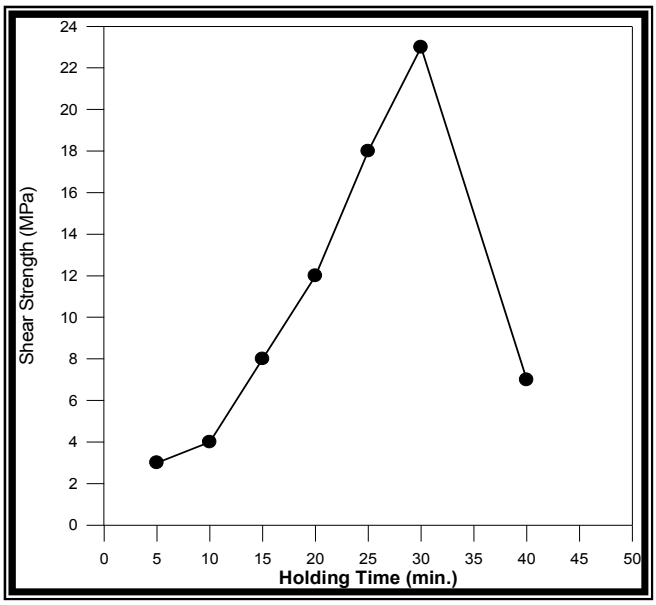
شكل (12) : منطقة الربط بين سبيكة الالمنيوم وحديد الزهر (سبيكة المونة 60A زمن .25min)



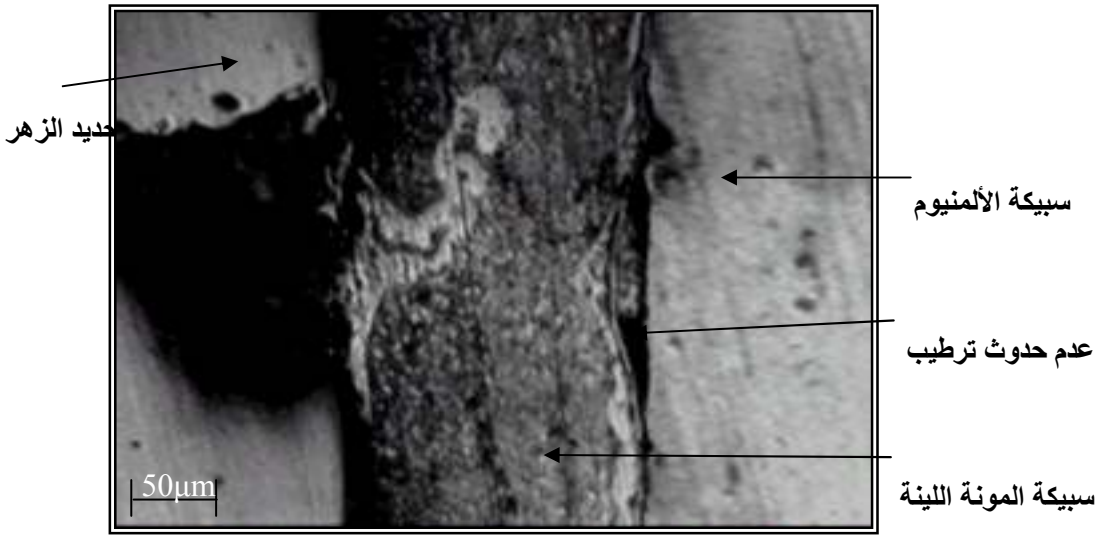
شكل (13) منطقة الربط بين سبيكة الالمنيوم وحديد الزهر(سبيكة المونة 60A زمن .30min)



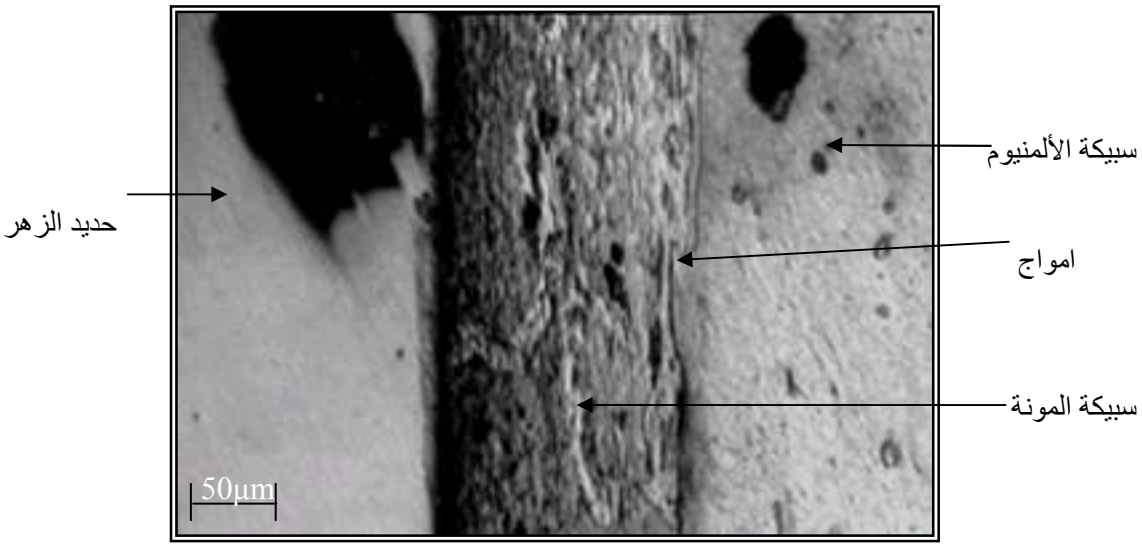
شكل (14) : مخطط (XRD) لسطح سبيكة الالمنيوم (سبيكة المونة 60A زمن .30min)



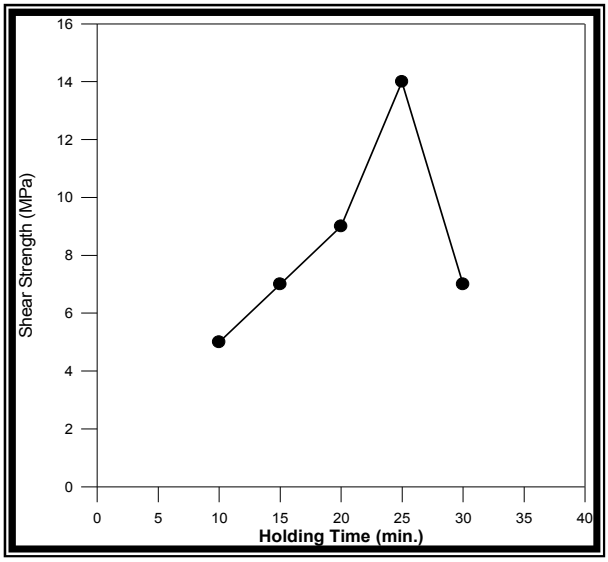
شكل (15) : العلاقة بين مقاومة القص وزمن التثبيت باستخدام سبيكة المونة نوع (60A)



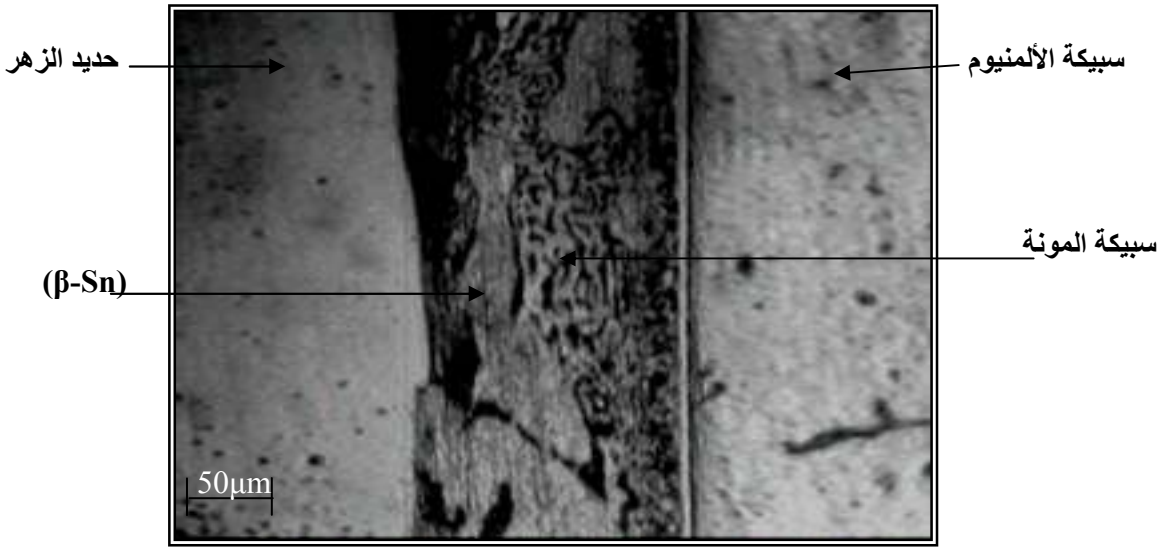
شكل (16) : منطقة ربط سبيكة الالمنيوم وحديد الزهر (سبيكة 40A وزمن مقداره .10min)



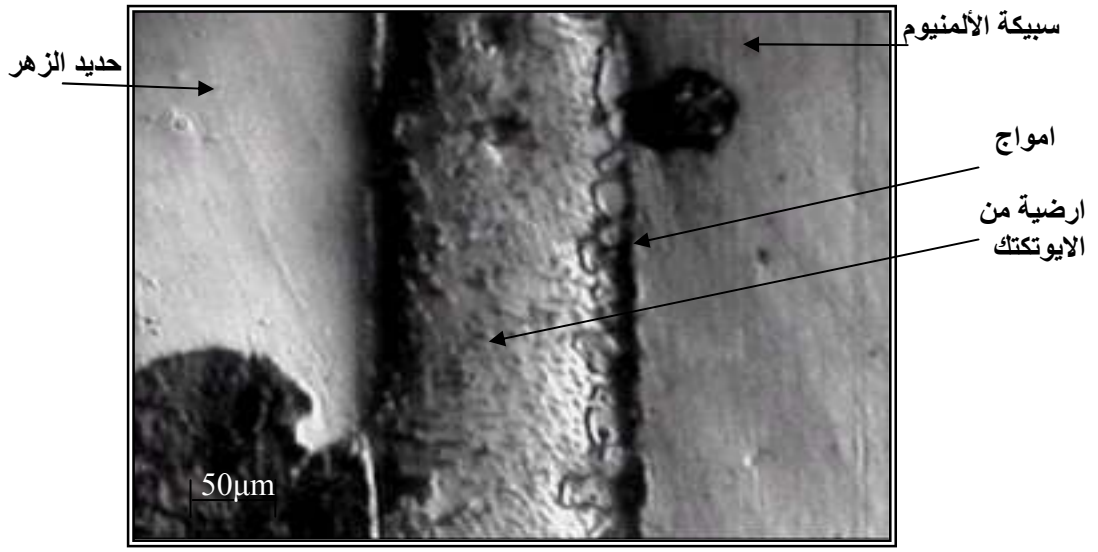
شكل (17) : منطقة ربط سبيكة الالمنيوم وحديد الزهر(سبيكة 40A وزمن مقداره .25min)



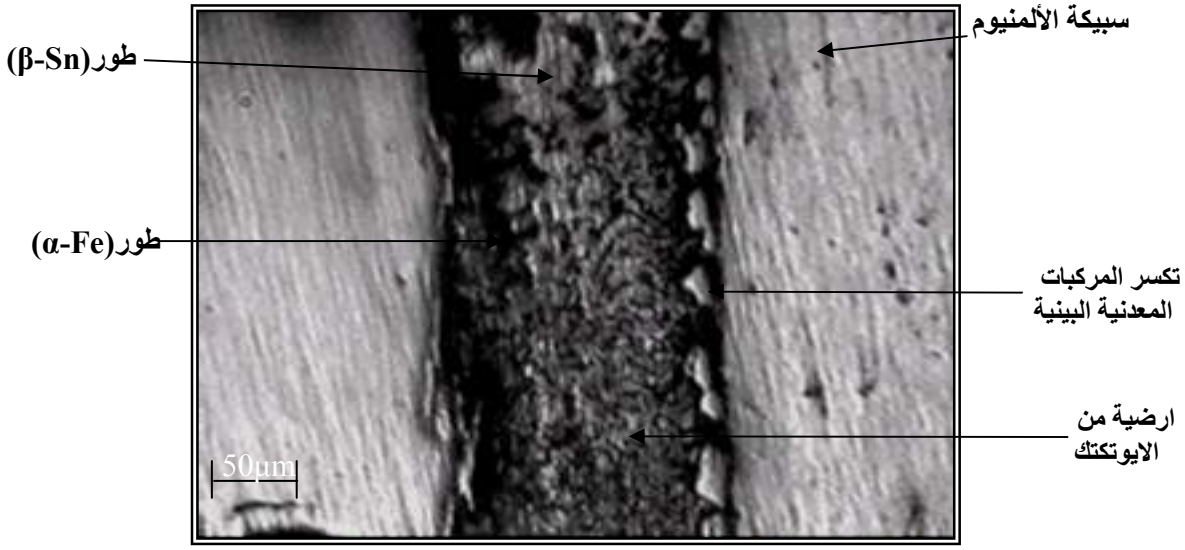
شكل (18) : العلاقة بين مقاومة القص وزمن التثبيت (سبيكة المونة 40A)



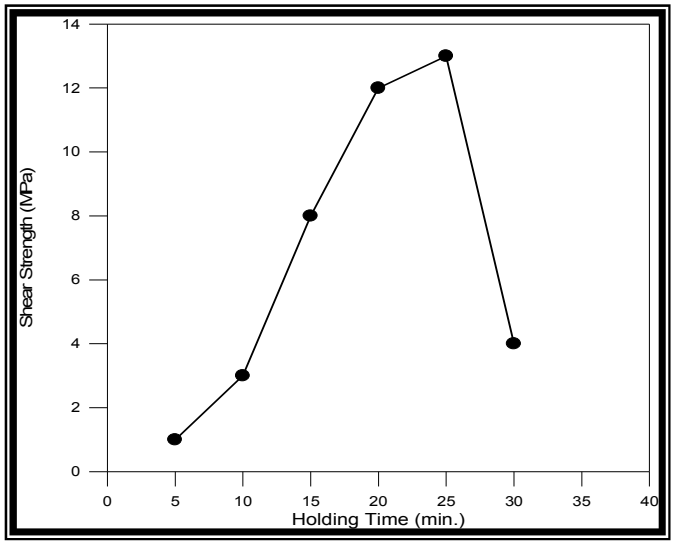
شكل(19) : منطقة الربط بين سبيكة الالمنيوم وحديد الزهر بسبيكة لمونة نوع (70A) بزمن مقداره (.5min)



شكل (20) : منطقة الربط بين سبيكة الالمنيوم مع حديد الزهر (سبيكة المونة 70A وزمن .25min)



شكل (21) : منطقة الربط بين سبيكة الالمنيوم وحديد الزهر (سبيكة المونة 70A وزمن.30min)



شكل (22): العلاقة بين مقاومة القص وزمن التثبيت باستخدام سبيكة المونة (70A)

REFERENCES

ASM, Metal Handbook, "Welding, Brazing and Soldering", Vol. 6, 1993.

ASM, Metal Handbook, "Surface Engineering ", Vol. 5, 1994.

ASM, Metal Handbook, "Alloy Phase Diagram ", Vol. 3, 1999.

Barranger J., "Setting Standards for Solderability ", Welding and Metal Fabrication, May, 1980.

Janakiram D., Mitra T. K., Shankarand, V., "Microstructure Refinement Through Inoculation of Type 7020Al-Zn-Mg Alloy Welds and Its Effect on Hot Cracking and Tensile Properties ", Journal of Material Processing Technology, Vol. 142, 2003.

John M .Tartaglia, Paige E. Ritter, Richard B. Gurdlach "Monotonic and Cyclic Design Data for Ductile Iron Castings ", Wixom, Michigan, Feb., 2000.

Labrecque C., Gagne M. "Ductile Iron: Fifty Years of Continues Development ", Canadian Metallurgical Quarterly, Vol.37, No.5, Dec., 1998.

Mackay C. A., "Surface Finishes and There Solderability ", Welding and Metal Fabrication, Vol. 47, No. 1, Jan/Feb, 1979.

Messler R. W., Millard D., "Laser Soldering: New Light on an Old Joining Process ", Welding Journal, Vol. 73, No. 10, 1994.

Sharma M. J. , Diwakar V., Arumugham S., "Residual Strength of Aluminum Alloy AFNOR 7020 ", Science and Technology of Welding and Joining, Vol. 4, No.2, 1999.

Thwaites C. J., "Soldering Technology a Decade of Developments", International Metals Reviews, Vol. 29, No. 2, 1984.

Vianco P. T., Hosking F. M., Rejent J. A. "Solderability Testing of Kovar with 60Sn-40Pb Solder and Organic Fluxes ", Welding Journal, Vol. 69, No. 6, 1990.

Vianco P. T., Hosking F. M. , Rejent J. A. "Wettability of Metallic Glass Alloys by Two Tin-Based Solders", Welding Journal, Vol.73, No.7, 1994.