



## دراسة البنية المجهرية وآلية عملية اللحام الاحتكاكي لسبيكة (7075) الألمنيوم – خارصين عبدالله عذيب مشاري\*

المعهد التقني ، السماوة

### ARTICLE INFO

Received:24/1/1016

Accepted:20/10/2016

### الكلمات المفتاحية

معادن المليون، لحام المزج الاحتكاكي، منطقة الانصهار، المنطقة المتقدمة، المنطقة المتأخرة

### الخلاصة

يهدف البحث الى دراسة عملية ربط سبيكة الالمنيوم ( 7075 ) مع بعضها البعض باستخدام حشوة معدنية ( Filler Metal ) من النحاس او ( القصدير + الرصاص ) بواسطة لحام المزج الاحتكاكي ( FSW ) حيث تم اخذ مجموعه من العينات وتم ربطها بطريقة لحام المزج الاحتكاكي بدون حشوة معدنية وباستخدام سرع مختلفة وكذلك أداة لحام مختلفة وبعد ذلك تم أخذ عينات اخرى وبنفس الظروف السابقة ولكن باستخدام حشوة معدنية من النحاس واخرى من ( القصدير + الرصاص ) معدن المليون المستخدم في لحام البرصمه (Soldering) وقد تبين تداخل هذه الحشوة مع المعدن الاساس (7075) وحصول نمو حبيبي في منطقة التداخل اما في حالة استخدام الحشوة نوع نحاس حيث لا يوجد تداخل بل نجد النحاس منعزل وعلى شكل شرائط ومجاور منطقة تداخل مع المعدن الاساس وان سرعة الدوران العالية تؤدي الى تمزق أعلى في النحاس .

©2016 AL-Muthanna University. All rights reserved.

## Investigation the Microstructural and Mechanism for the Friction Stir Welding of 7075 Aluminum Zinc Alloy

### ABSTRACT

The work aims to study the joining process of to pices Aluminum alloy 7075 with each other using filler metal of copper or ( Tin + Lead ) by means of friction stir welding . A group of specimens were joined by friction stir welding method without metallic filling and using different velocities and different welding tool. Another specimen were taken with the same previous conditions but using metallic filler of copper or ( Tin + lead ) ( the filling metal used in Soldering) . It was evident the interference of this filler with the base metal (7075) with the assurance of granular growth in the region of interference , while when using the filler of copper type, no interference exist but the copper was found separated in the form of tapes around the region of its interference with the base metal . It was also found that the higher rotational speed will result in higher refragmentation in copper.

### Keywords

Filler metal, friction stir welding, fusion zone, advanced side, retreat side,

\*Corresponding author.

E-mail addresses: [Abdmshari\\_1957@yahoo.com](mailto:Abdmshari_1957@yahoo.com)

©2016 AL-Muthanna University. All rights reserved.

DOI:10.52113/3/eng/mjet/2016-04-02/104-114

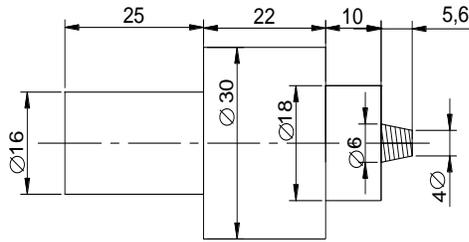
والحصول على وصلة لحام جيدة للينة المبينة بشكل رقم (2) ثم تقطيع العينات الملحومة باستخدام جهاز تقطيع العينات وتحضير هذه العينات للتصوير المجهرى حيث تم تصوير العينات في وزارة العلوم والتكنولوجيا / قسم بحوث العمليات .

جدول رقم (1): يبين التركيب الكيميائي لسبيكة الالمنيوم (7075) [10]

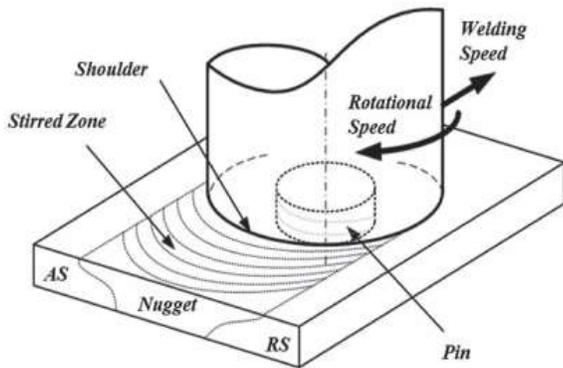
| Percentage of Alloying Element |    |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
|--------------------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| Element                        | Ag | Cr  | Cu  | Fe  | Mg  | Mn  | Ni  | Si  | Zn  | Zr |
| Wt%                            |    | 0.3 | 1.6 | 0.3 | 2.5 | --- | --- | 0.2 | 5.6 | -- |

جدول رقم (2): يبين التركيب الكيميائي للحشوة المعدنية المستخدمة

| Filler Metalwt% | C | Mn | P | S | Si | Sn | Cr | O <sub>2</sub> | Cu    | Fe | Pb |
|-----------------|---|----|---|---|----|----|----|----------------|-------|----|----|
| Copper          |   |    |   |   |    |    |    | 0.002-0.003    | 99.94 |    |    |
| Sn-Pb           |   |    |   |   |    | 60 |    |                |       |    | 40 |



الشكل رقم (1): يبين أداة اللحام المستخدمة في عملية الربط في الحالة الصلبة بطريقة (FSW)



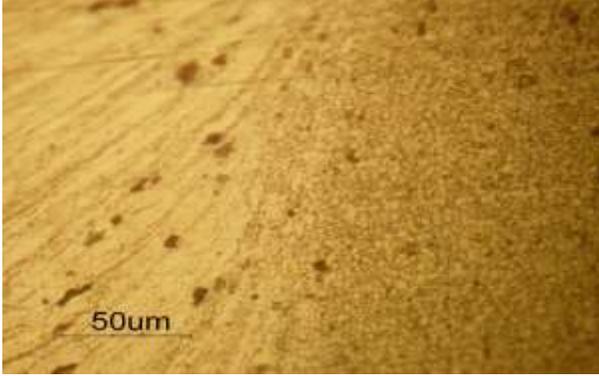
الشكل رقم (2): يمثل المنطقة المتقدمة والمتأخرة في عملية اللحام

لحام المزج الاحتكاكي ( Friction Stir Welding (FSW) عملية ربط في الحالة الصلبة وقد تم اكتشافه في عام 1990م في معهد اللحام في المملكة المتحدة (UK) [1]. ومن خلال الاعمال السابقة تمت ملاحظة ان لحام المزج الاحتكاكي (FSW) ينتج وصلات لحام ذات متانه عالية في سبائك الالمنيوم مقارنة بالطرق الاخرى . مثلاً وصلات لحام السبيكة -2024 T3 تعطي 80%-85% من متانة المعدن الاصلي وكذلك النتائج في سلسلة سبيكة الالمنيوم 7xxx [2]. وان تقنية لحام المزج الاحتكاكي (FSW) أخذت مجال واسع في الصناعات الفضائية الحديثة بسبب الكفاءة العالية في التطبيقات الهيكلية [3]. اذا ما قورنت بتقنيات اللحام التقليدية من حيث القوة وتقليل التشوهات والاجهادات المتبقية [4-6] وان تقنية لحام المزج الاحتكاكي (FSW) تتطلب فهم دقيق للعملية وترتيب في الخواص الميكانيكية من اجل استخدامها في انتاج مكونات التطبيقات الفضائية ولهذا السبب يتطلب بحث مفصل للعمل المطلوب [7] وفي العمل الحالي وفيما يتعلق بقيود تشكيل السبيكة (7075) والمستخدمه في اللحام فانه يتطلب معاملات حرارية مناسبة بعد اللحام ولكن في هذه السبائك وعند الربط باللحام الانصهاري (اللحام الغازي او لحام القوس الكهربائي ) فان نمو شجيري يحصل في منطقة الانصهار (Fusion Zone) مما يؤدي الى انخفاض حاد في الخواص الميكانيكية [8]. اما في حالة لحام المزج الاحتكاكي (FSW) فان سينم الربط في الحالة الصلبة وبدون عملية التصلب المجهرى لوصلة اللحام وعدم وجود أطوار شجيري [9]. وان هذا البحث يهدف لدراسة ميكانيكية تداخل الحشوة المعدنية وتأثيرها في البنية المجهرية في وصلات اللحام بطريقة لحام المزج الاحتكاكي (FSW).

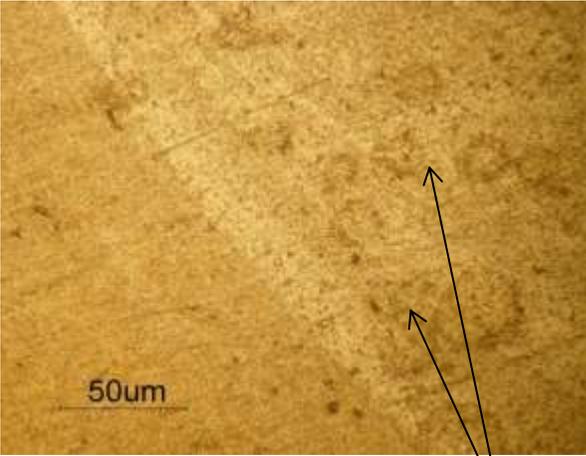
#### الجانب العملي

لغرض اتمام عملية الربط بالحالة الصلبة وباستخدام لحام المزج الاحتكاكي (FSW) تم استخدام سبيكة الالمنيوم (7075) وبسمك 6mm والمبين تركيبها الكيميائي في الجدول رقم (1) وتقطع عينات منها بقياسات مناسبة لعملية الربط بطريقة (FSW) وتسوية اسطح العينات على ماكينة التجليخ بحيث يحصل فيها تطابق تام للأسطح وتصنيع قاعدة مستوية السطح لوضع عينة اللحام عليها وربطها بشكل جيد على القاعدة وكذلك تم تصنيع اداة اللحام والمبينة بالشكل رقم (1) وتثبت اداة اللحام على ماكينة تفرز عمودية وبعد ذلك حصلت عملية لحام مجموعه من العينات بدون استخدام حشوة معدنية (Filler Metal) ومجموعه ثانية من العينات باستخدام نوعين من الحشوة المعدنية المستخدمة اولهما ( القصدير + الرصاص ) معدن المليء المستخدم في لحام البرصمة والثانية من النحاس النقي كما مبين تركيبهما في الجدول رقم (2) وكان سمك الحشوة المستخدمة 0.2mm وباستخدام سرع مختلفة وبعد اكمال عملية اللحام لجميع العينات تحت ظروف اللحام المختلفة

لغرض بيان نتائج لحام الالمنيوم نوع 7075 باستخدام حشوة معدنية نحاس أو (قصدير + رصاص) فإنه يجب البدء بوصف عملية اللحام بدون الحشوة ومطابقتها للطريقة كما في الأدبيات. الشكل (3) يبين في (a) منطقة أو جهة (Advanced) أو ما يسمى منطقة المتقدم بينما الصورة (b) تبين منطقة الـ (Retread) أو منطقة المتأخر وهي مطابقة لأغلب البحوث التي اشارة الى تلك العملية منذ (1990) حيث بداية نشو تلك الطريقة. في الشكل (b) هناك طور يتجمع على المنطقة البينية ناشئ من ارتفاع درجة الحرارة بحدود  $300C^{\circ}$  مما يساهم في نفاذ عناصر السبك وقد يؤدي ذلك الى ضعف في المنطقة المجاورة (HAZ). شكل (4) و (5) أيضاً يبين ما جاء أعلاه.

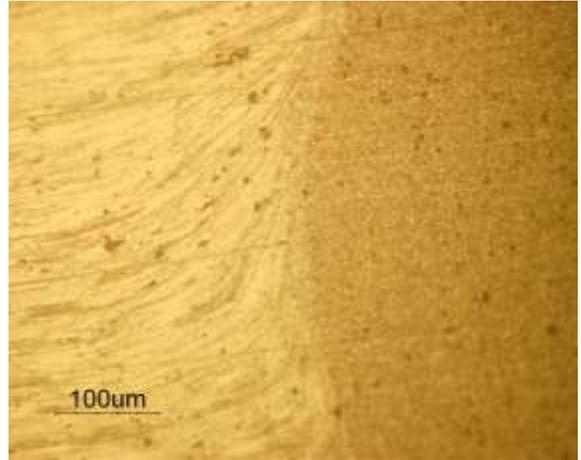


Advanced Side (a)

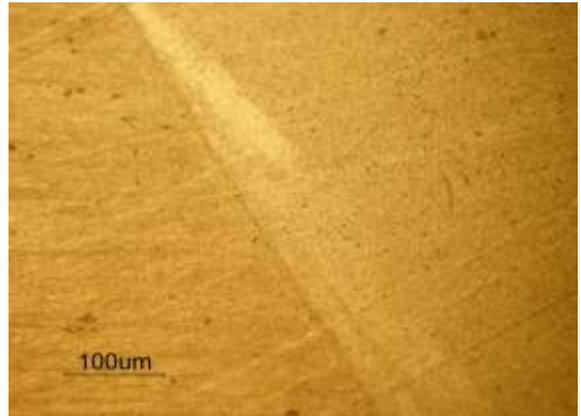


Retreated Side(b) new morphology

الشكل رقم (4): a: يبين المنطقة المتقدمة  $500X$  و (b) المنطقة المتأخرة باستخدام معدن المليء ( رصاص + قصدير )  $500X$  عند سرعة الدوران 585rpm



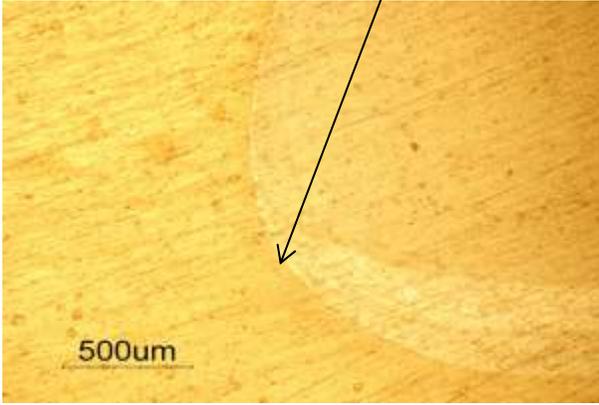
(a)



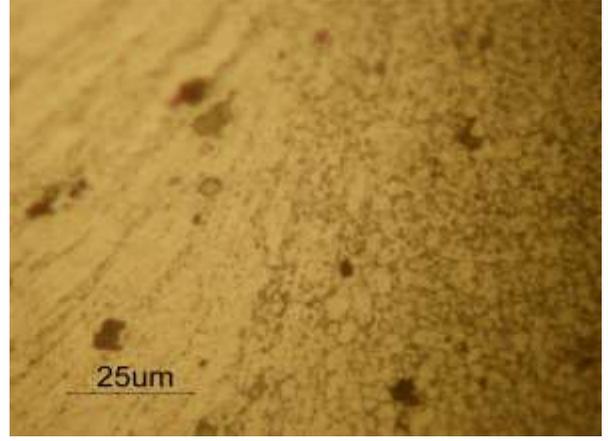
(b)

شكل رقم (3): a: المنطقة المتقدمة  $200X$  والشكل (b) المنطقة المتأخرة  $200X$  عند سرعة دوران 585rpm

الخط الفاصل لعملية  
اللحام (FSW)

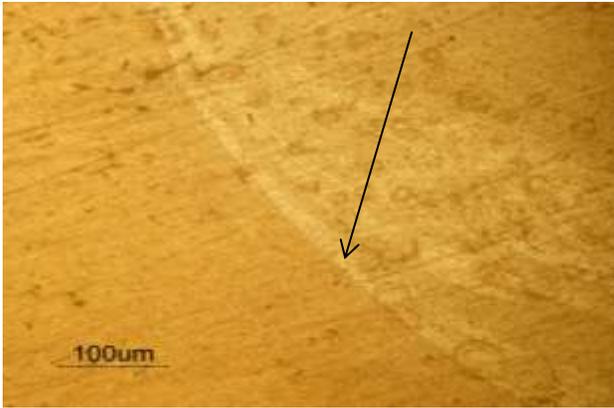


(a)

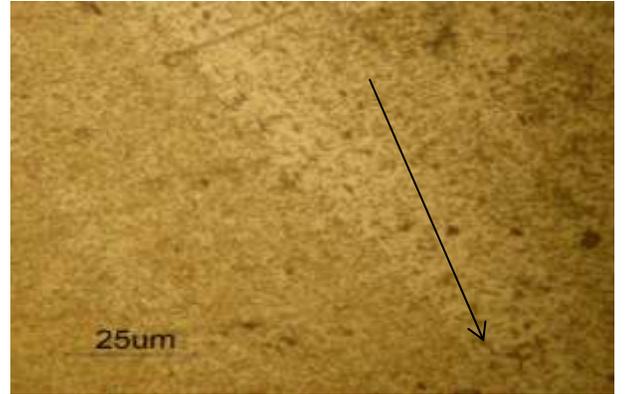


(a)

الخط الفاصل



(b)



(b)

نشوء بنيه جديدة  
new morphology

الشكل رقم (6) : يوضح عملية اللحام (FSW) باستخدام معدن المليون

( رصاص+ قصدير) وسرعة دوران 585rpm

200X (b) 50X (a)

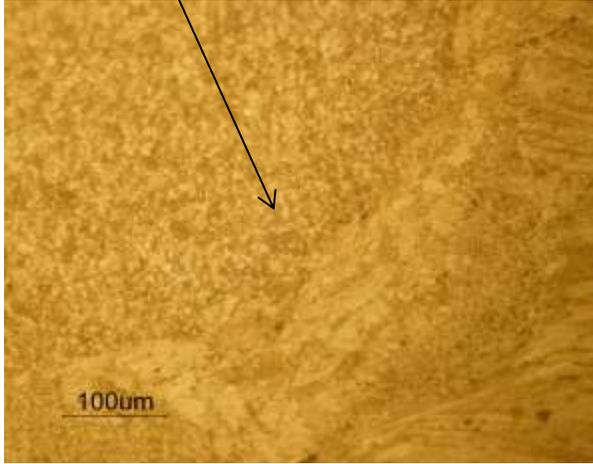
عند زيادة سرعة الدوران لعدة اللحام يؤدي الى تواجد زيادة الطبقات المخلوطة للحام كما بينه الشكل (7) a في المنطقة المتقدمة و (b) في المنطقة المتأخرة وهذا قد يساعد في نشوء بعض العيوب ( عملية جيدة خالية من العيوب ) خلال منطقة اللحام بالعودة الى الشكل (5) و(4) فإنه تم اجراء نفس ظروف اللحام بوجود حشوة معدنية من الرصاص والقصدير . جميع الاشكال تم أخذها بنفس مناطق الشكل (3) وذلك للمقارنة بان طريقة اللحام تبقى بدون تأثير .

الشكل رقم: (5) يوضح المنطقة المتقدمة والمتأخرة عند تكبير أعلى 1000X

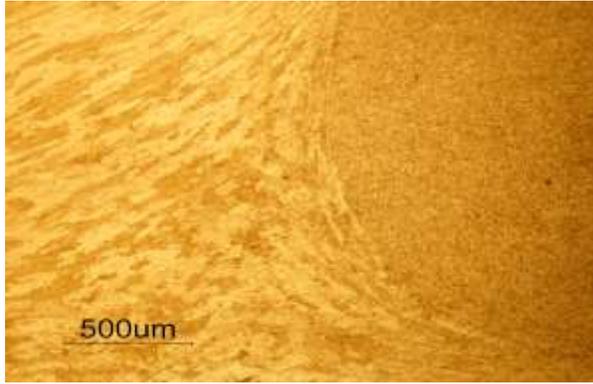
باستخدام معدن المليون ( رصاص+ قصدير) عند سرعة دوران 585rpm

الشكل (6) يبين انسيابية الطريقة بدون عيوب وتكبير مختلف وبسرعة دوران 585r.p.m. ولجميع الاشكال.

نمو حبيبي  
Grain growth

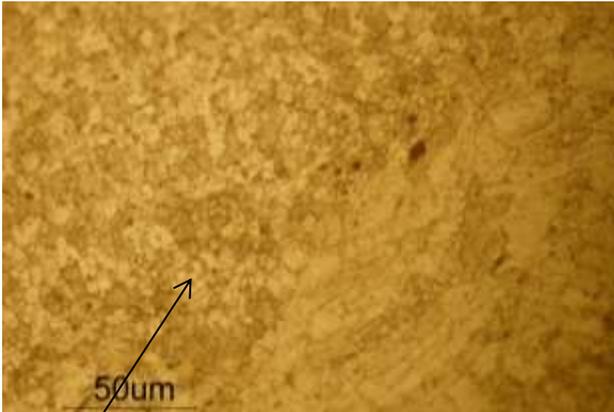


(a)



(b)

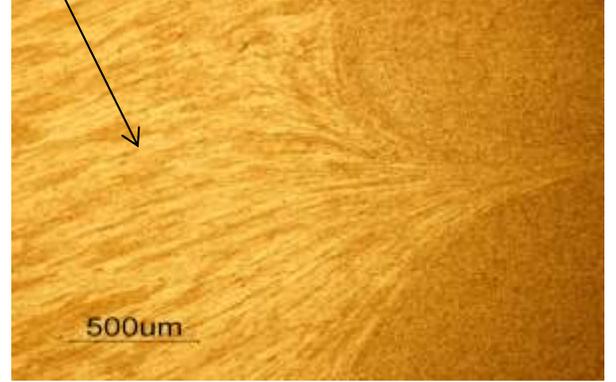
الشكل رقم (8) :يمثل تداخل معدن الحشوة ( رصاص + قصدير ) عند سرعة دوران 1050rpm بتكبير (a) 200X و (b) 50X



(a)

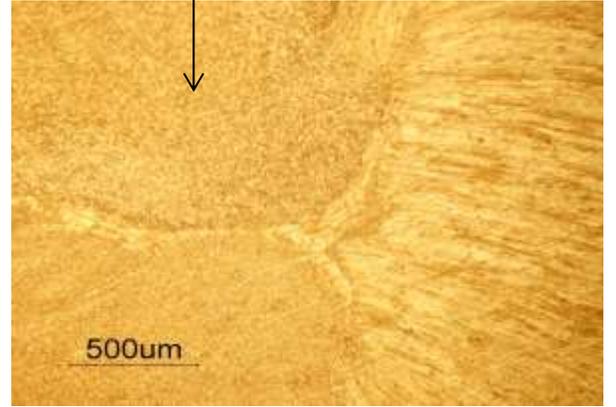
نمو حبيبي  
Grain growth

Advanced zone



(a)

Retread Zone



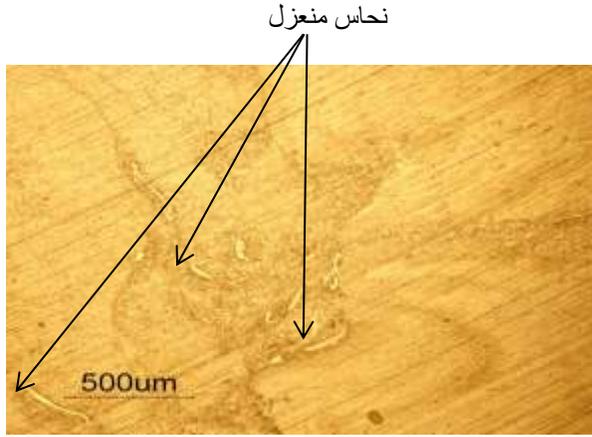
(b)

الشكل رقم (7) :يوضح عملية اللحام باستخدام معدن مليء ( رصاص + قصدير ) عند سرعة دوران 1050rpm و 50X

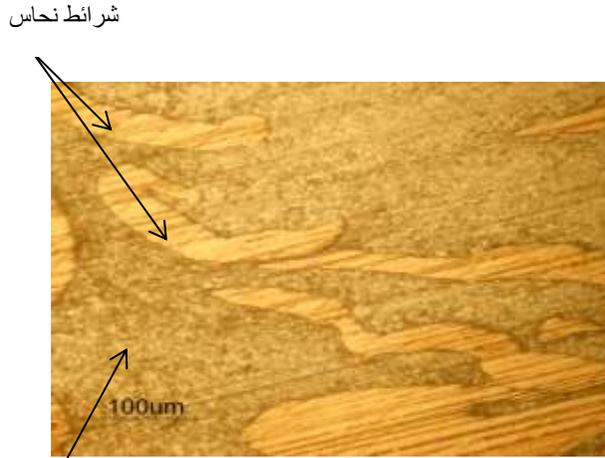
الاشكال (8) و (9) و (10) تمثل تداخل معدن الحشوة الذي يعتبر من المواد سهلة التشكيل ويستخدم في لحام البرصمه ( Soldering ) كذلك ان درجة الحرارة المتكونة نتيجة المزج والاحتكاك الناجم عن الطريقة سوف يؤدي الى نمو بلوري في تلك المناطق ويكون واضح في الشكل (8) a والشكل (9) a, b اما الشكل (10) a فانه يبين الحدود البلورية لمعدن الحشوة مع المعدن الاساس حيث يتواجد ثلاث أطوار , الطور الاول طور (1) يمثل الاساس المعدني لسبيكة 7075 , الطور (2) يمثل تداخل تلك السبيكة مع الحشوة , اما الطور (3) فانه يمثل الحشوة وما تم رفضه من الاساس لسرعة العملية .

**الشكل رقم (10):** a: يبين الحدود البلورية لمعدن الحشوة مع المعدن الاساس (b) منطقة الربط بدون استخدام حشوة عند سرعة دوران 1000X 1050rpm

اما في حالة استخدام الحشوة نوع نحاس وبسرعة دوران 585 rpm فانه يتضح لنا من الشكل (11) a, b, c حيث الشكل a بتكبير واطى ويبين هنالك مناطق فيها النحاس ( وذلك لان المعدن المضاف هو النحاس ) واضح منعزل أما b فأنا نجد النحاس على شكل شرائط وبجواره منطقة تداخل للنحاس مع الاساس وتكون تلك المنطقة اكثر من الشرائط في المنطقة الوسطى للحام .

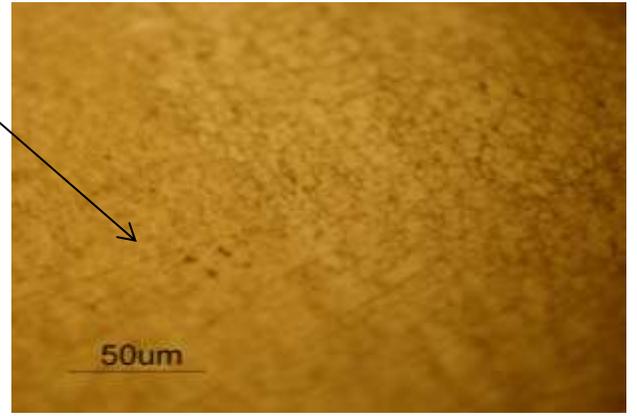


(a)



(b)

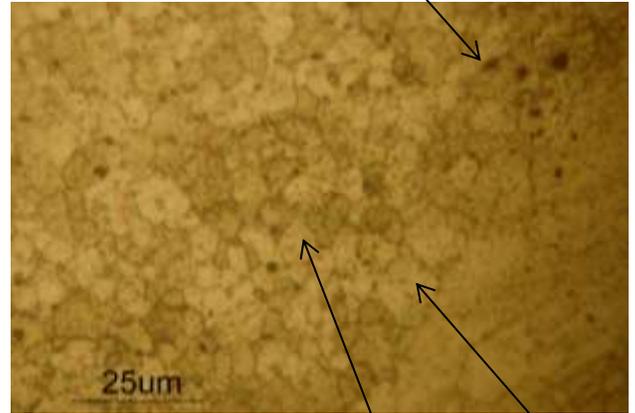
منطقة متداخلة



(b)

الشكل رقم (9): يوضح (a) تداخل معدن الحشوة والنمو البلوري باستخدام معدن مليء (رصاص + قصدير) (b) يبين التركيب البلوري لمنطقة الربط بدون استخدام حشوة معدنية وعند سرعة دوران 1050rpm وتكبير 500X

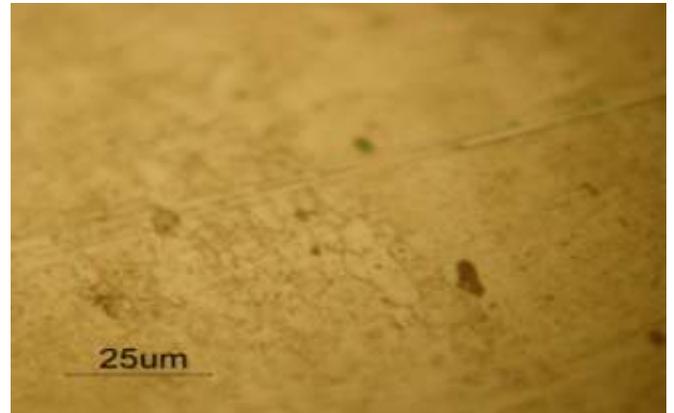
طور 3



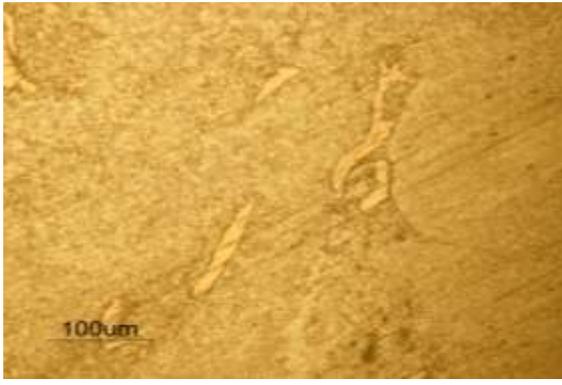
(a)

طور 2

طور 1



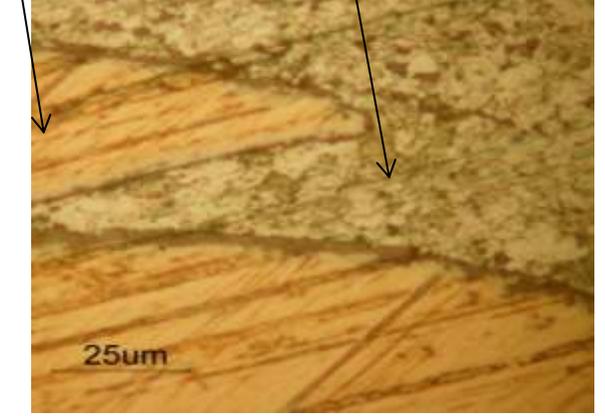
(b)



(b)

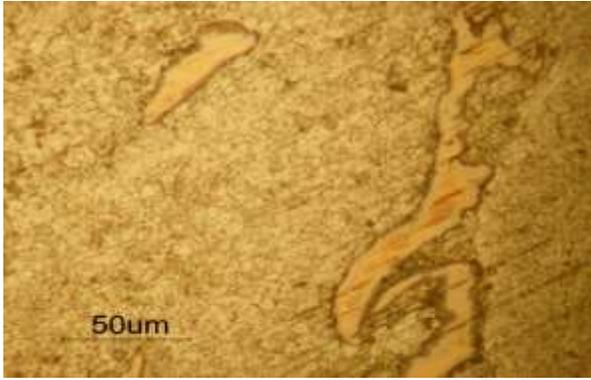
الشكل رقم (12): يوضح معدن المليون النحاس في منطقة اللحام باستخدام سرعة دوران 585rpm وتكبير 200X

نحاس منعزل منطقة متداخلة



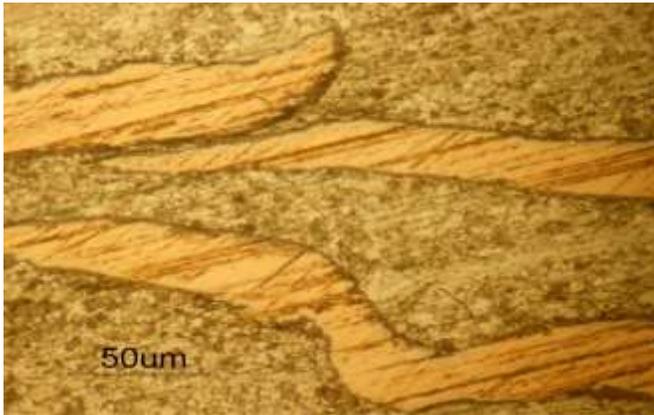
(c)

الشكل رقم (11): يبين منطقة اللحام باستخدام معدن مليون نوع نحاس نقي وسرعة دوران 585rpm



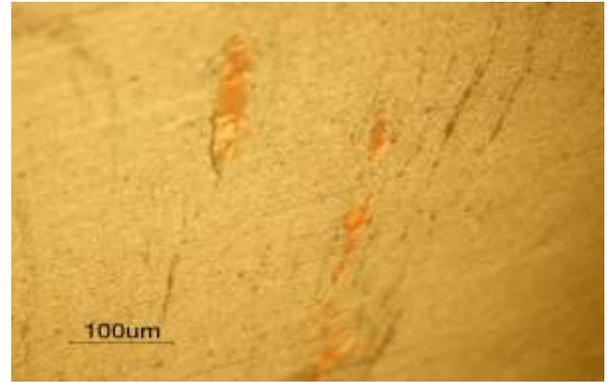
(a)

الشكل (12) a , b حيث يتماثل مع ما جاء في الشكل (11) كذلك الشكل (13) a , b فإنه يؤكد نتائج الاشكال السابقة . الشكل (14) يبين بشكل واضح المنطقة المتداخلة والمنطقة غير المتداخلة لاسيما الشكل (14) b حيث نرى كيفية خروج او تداخل النحاس في الاساس . وهذا ما يشير ويدل على الية تغلغل شرائح الحشوة الصلبة مثل النحاس بالمقارنة مع الالمنيوم .



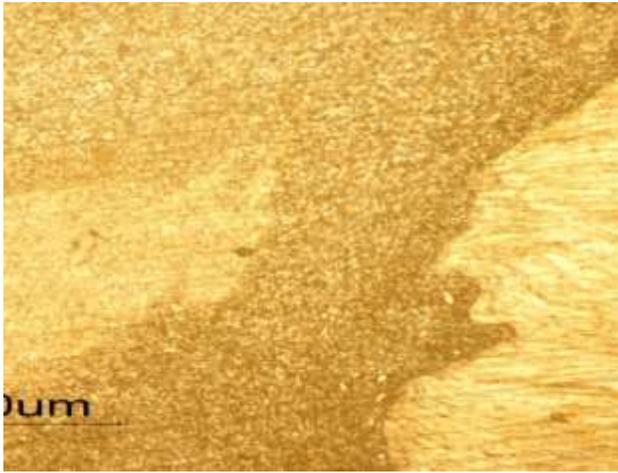
(b)

الشكل رقم (13): يوضح شرائح النحاس في منطقة اللحام عند سرعة دوران 585rpm في (a) و1050rpm في (b) عند تكبير 500X

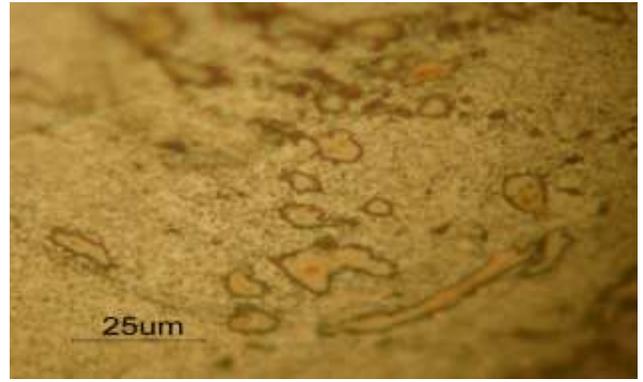


Advanced zone

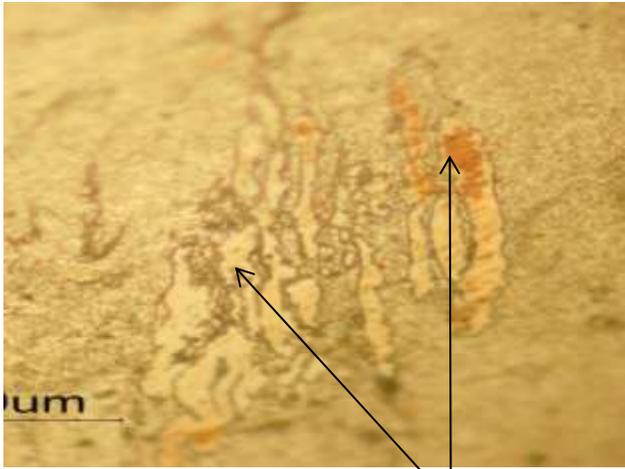
(a)



(a)

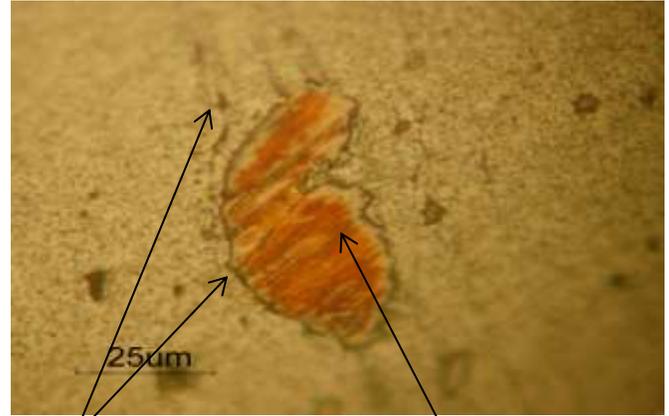


(a)



(b)

نحاس متمزق

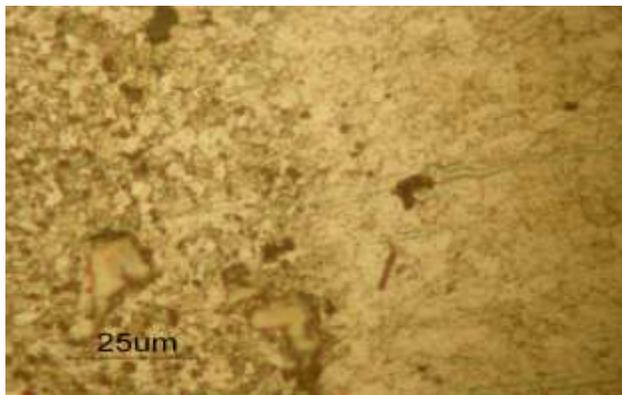


(b)

منطقة انعزال النحاس  
داخل المعدن الاساس

النحاس

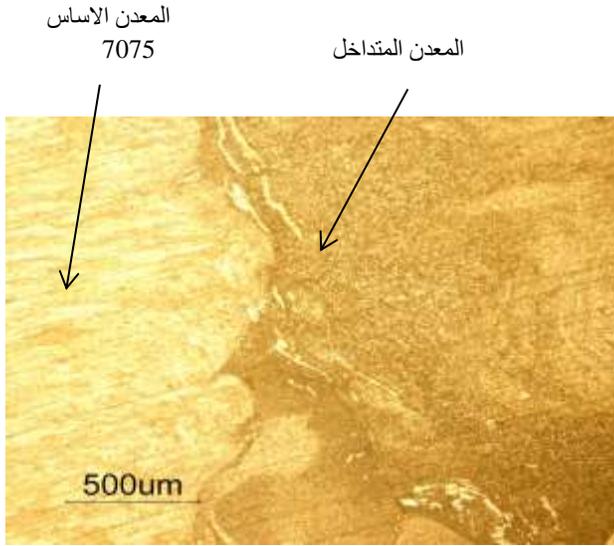
الشكل رقم (14): يوضح عملية تداخل وانتقال النحاس داخل المعدن الاساس بسرعة دوران 585rpm وتكبير 1000X



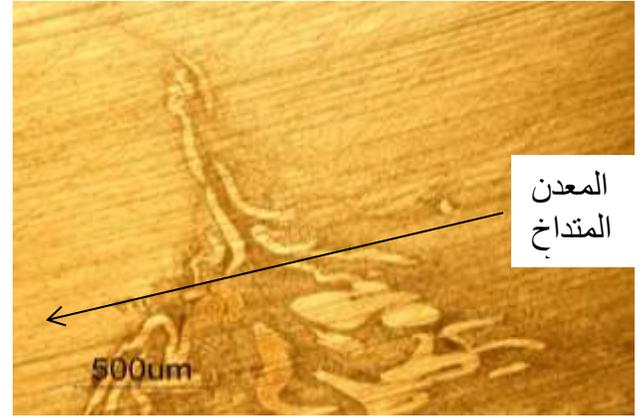
(c)

الشكل رقم (15): يوضح عملية تمزق شرائح النحاس المتكونة من عملية المزج عند سرعة دوران 1050rpm

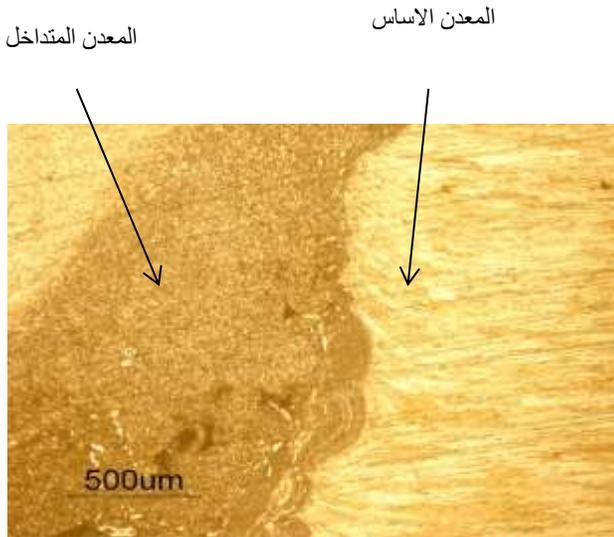
الشكل (15) a,b,c يبين استخدام سرعة دوران عالية 1050rpm وبوجود معدن الحشوة (نحاس) فأننا نستخلص ان عملية تمزق الشرائح المتكونة من عملية المزج سوف يكون اعلى كما في الشكل (b) اما الية تمزق تلك الشرائح فأنها واضحة بالشكل (16) a, b حيث يتم التمزق ويستمر في أحد نهايات المنطقة المتأخرة (Retread Side) وللمقارنة مع ما جاء في استنتاج الشكل (11) ومعه الاشكال (12,13) حيث كانت السرعة في الشكل (b) 1050rpm ولم يحصل تمزق وتشطي عالي مما يدل على انه لا يوجد تجانس عند تلك المتغيرات. اما الاشكال (15,16) فأن هنالك تجانس في عملية زيادة تمزق تلك الحشوات.



(a)

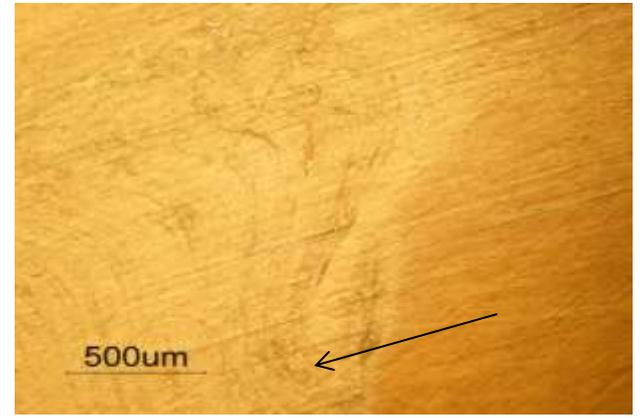


(a)



(b)

الشكل رقم (17): يبين تداخل النحاس مع المعدن الاساس عند سرعة دوران 50X ، 1050rpm



(b)

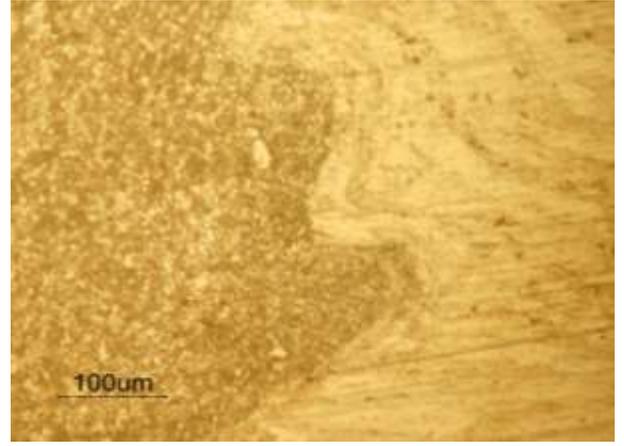
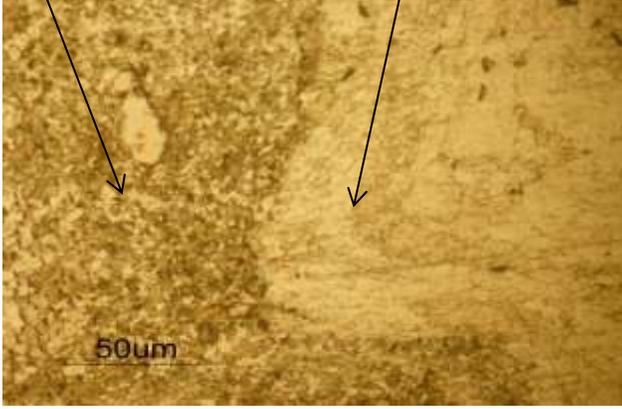
المعدن

الشكل رقم (16): يوضح الية التمزق بالشرايح واستمرارها في احد نهايات المنطقة المتأخرة عند سرعة الدوران (a) 1050rpm و (b) 585rpm ، 50X

الشكل (17) a, b يبين الية تداخل معدن الحشوة مع الاساس ويكون على شكل شرائح حسب ما يسمح به الوقت ( وقت العملية يعتبر قليل ) لعملية التداخل وهذا واضح بتلك الاشكال . الشكل (18) a, b ايضاً يبين تلك العملية ولكن بتكبير أكبر اما الشكل (19) a يبين تدرج تداخل معدن الحشوة مع الاساس وهو واضح جداً . وهنا يبين ان سرعة الدوران بمثل تلك الوصلات يؤدي الى عدم وضوح الية انتقال معدن الحشوة الى الاساس كما في الشكل (14) b .

المعدن المتداخل  
Filler+ 7075

تدرج تداخل معدن الحشوة مع  
الاساس



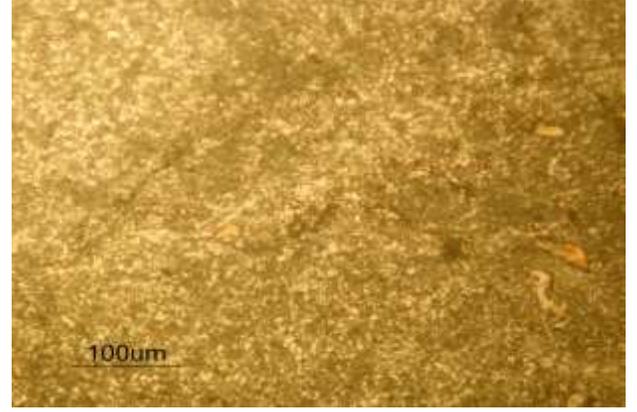
(a)

نحاس

(a)



(b)

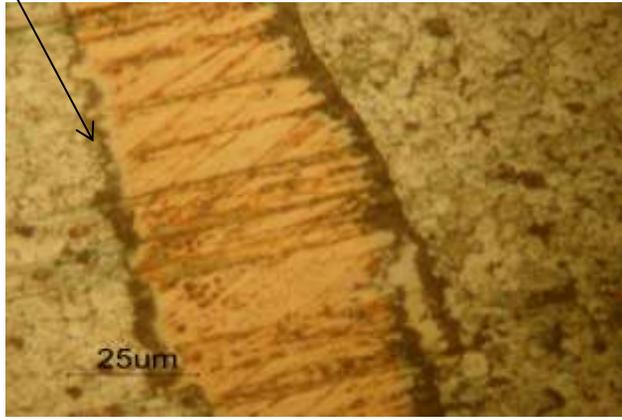


(b)

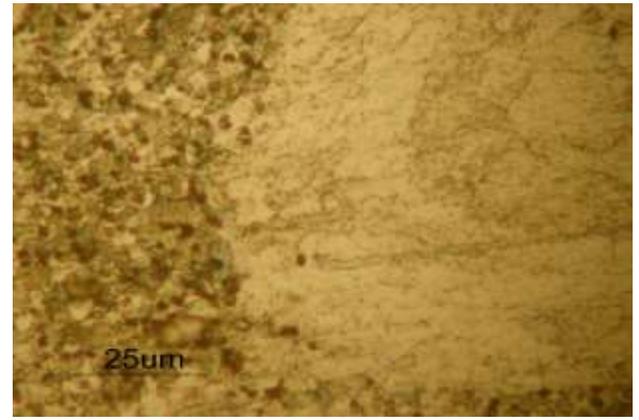
الشكل رقم (18): يبين منطقة تداخل النحاس مع المعدن الاساس عند تكبير اعلى  
200X سرعة الدوران 1050rpm

الشكل رقم (19): يبين تدرج تداخل معدن الحشوة مع المعدن الاساس عند سرعة  
دوران 1050rpm ، 500X

الاشكال (20) (21) تبين ما جاء اعلاه في الية تمزق وتداخل معدن الحشوة الصلب ( نحاس نسبة الى الالمنيوم ) في عملية اللحام نوع FSW. لم يتم دراسة المواصفات الميكانيكية في هذا البحث واخذ موضوع البنية المجهرية وسوف يتم معالجة الفكرة في بحث اخر .



(b)



(a)

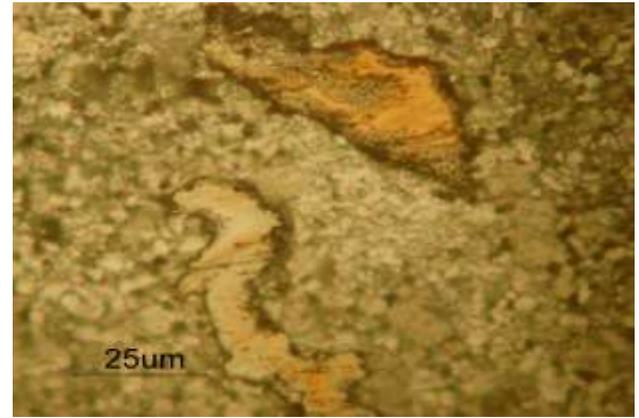
الشكل رقم (21): يبين البنية تداخل معدن الحشوة (النحاس) والمعدن الاساس (a) عند سرعة دوران 585rpm ، (b) عند سرعة دوران 1050rpm ، 1000X

#### الاستنتاجات

- 1- ان الحشوة المعدنية ذات درجة الانصهار الواطنة مثل ( القصدير + الرصاص ) ( Soldering ) والسهلة التشكيل تؤدي الى تداخل جيد بين المعدن الاساس والحشوة نتيجة لدرجة الحرارة المتولدة من المزج والاحتكاك والتي تؤدي بدورها الى نمو جيبي .
- 2- ان استخدام حشوة معدنية صلبة مثل النحاس لا تؤدي الى تداخل تام بل يكون النحاس منعزل على شكل شرائط وان سرعة الدوران العالية تؤدي الى زياده في تمزق النحاس ووجوده قرب منطقة التداخل .

#### المصادر

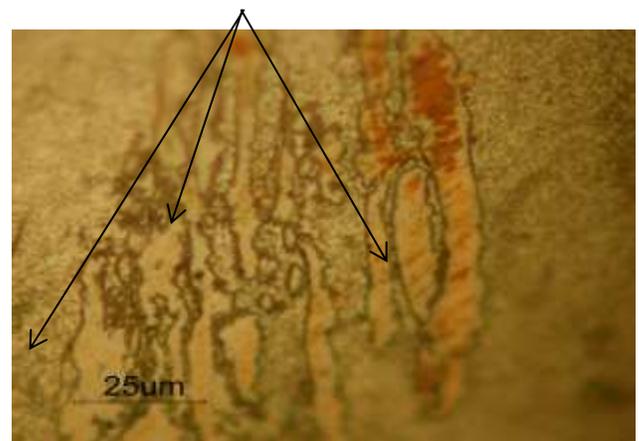
- 1.W.M.Thomas, E.D.Nicholas, J.C.Needham,M.G. Church, P.Templesmith, C.J.Dawes2006", International Patent Application No.PCTIGB92/02203,.
- 2.A.P. Reynolds, W.D. Lookwood, T.V. Seidel, 2000 "Processing – Property Correlation in Friction Stir Welds" , in : Materials Science Forum , Vol. 331-337 Trans Tech Publications , Switzerland ,, PP. 1719-1724.
- 3.W.M. Thomas, E.D,Nicholas , J.C. Needam , M.G. Murch , P. Templesmith , C.J. Dawes , 1991" GB patent Application No. 9125978.8 and US Patent No 5460317 , 1995.
- 4.G.Bussu , P.E.Irving , 2003"The Role of Residual Stress and Heat Affected Zone Properties on Fatigue Crack Propagation in Friction Stir Welded 2024-T351 Aluminum Joints " , Int.J. Fatigue vol.25,pp. 77-88.
5. R. John , K.V.Jata , K. Sadananda , 2003"Residual Stress Effect on Near Threshold Fatigue Crack Growth J". Fatigue 25.pp. 939-948 .



(b)

الشكل رقم (20): يبين تداخل معدن الحشوة مع المعدن الاساس عند سرعة دوران 1000X ، 1050rpm

نحاس (معدن الحشوة)



(a)

- 6.K.V. Jata , k.K.Sankaran , J. Ruschau , 2000"Friction Stir Welding Effects on Microstructure and Fatigue of Aluminum Alloy 7050-T7451" , Metall. Mater . Trans . 31A,pp.2181-2192.
- 7.W.D. Lockwood, B. Tomasz , A.P. Reynolds , 2002"Mechanical Response of Friction Stir welded AA2024: Experiment and Modeling" , Master . Sci. Eng. A323,pp. 348-353 .
- 8.Su.JQ , Nelson Tw, Mishra R,Mahoney M,2003 "Microstructural investigation of Friction Stir Welded 7075-T651 Aluminum" . Acta Mater 51,pp.713-729 .
- 9.Rhodes CG, Mahoney MW, Binzel WH,1997"Effects of Friction Stir Welding on Microstructure of 7075 Aluminum" . Script Mater 36,pp.69-75 .
- 10.L.Schwarmann , 1988"Material Data of high Strength Aluminum Alloys for Durability Evaluation of Structures" , Second Edition-.