كيفية تحديد طور الربط في لحام المونة

د.فاضل عباس هاشم
جامعة ذي قار / كلية الهندسة
قسم الهندسة الميكانيكية

الملخص :
من خلال أجراء الكثير من تجارب اللحام بالمونة (Brazing Welding) فأن أكثر مصاعب تحليل منطقة الربط (Bonding Region) هي كيفية تحديد طور الربط (Bonding Phase) . من خلال هذا البحث الذي يطرح طريقة جديدة لتحديد طور الربط وبإمكانيات متواضعة باستخدام الفحص بحيود الأشعة السينية XRD والفحص المجهري (Microstructural Test) .. الفكرة تتناول فحص عدة طبقات وخلال منطقة الربط بالاقتراب من الحد الفاصل بين الحشوة المتفاعلة مع الأساس والأساس بحد ذاته ، ولغرض توضيح ذلك تم أجراء لحام المونه بسبيكة حشو فعالة (Active Brazing Alloy) تحتوي على نسبة وزنية من التيتانيوم ٢٥% من الأساس النحاسي لربط قطعتين من الكرافيت .. حيث تم إزالة ثلاث طبقات في منطقة الربط كل طبقة تم فحصها بحيود الأشعة وبالتالي حصلنا على ثلاث أشكال لمخرج XRD وبالمقارنة بينهم ودراسة قمم هذه الإشكال تم تحديد طور الربط يشكل قاطع لايقبل الشك ، وفي هذا البحث كان طور الربط هو كاربيد التيتانيوم (Ti C).

المقدمة Introduction

هنالك طرق عديدة لتمييز أو تعريف المعادن والمواد (Characterization Methods) والتي من خلالها نستطيع التعرف على العناصر Elements المكونة لتلك المواد أو المركبات (Structure) المكونة لمنطقة معينة أو مورفولوجيتها (Morphology) . كذلك التمييز يتم على ثلاث مستويات ، أما أن يكون التمييز لمجمل المادة (Bulk) أو التمييز يكون لمنطقة صغيرة مايكروية (Micro) أو لسطح المادة (Surface) . وان الطرق المتبعة في التحليل كثيرة ويمكن إيجازها في الجدول (١) [١]. لذلك سوف يستخدم في هذا البحث التمييز بحيود الأشعة السينية(XRD) لعينات كبيرة (Bulk) ويكون البحث عن المركبات (structural) المكونة لمنطقة الربط في اللحام من نوع المونه (Brazing) . حيث أن معظم البحوث اليوم [٢ ،٣ ،٤ ،٥] تستخدم عند تحليلها منطقة الربط في لحام المونه التقنية الحديثة (EMPA) ومن خلالها يتم الحصول على العديد من النتائج للعناصر (Element) الداخلة في تكوين مركبات الربط ومن خلال ألاف القراءات يمكن الحصول على شكل يمثل خارطة لحركة هذه العناصر في تلك المنطقة . أما طور الربط فأنه يستطيع التنبأ به دون الجزم . لذلك جاءت الحاجة عندنا (لعدم توفر أجهزة متخصصة EMPA) لابتكار طريقة لتحديد تلك الأطوار باستخدام الأجهزة المتوفرة لدينا (XRD) وكانت المحاولة دقيقة وأعطت نتائج عالية بالدقة. حيث أن فكرة البحث بنيت على أساس أن حزمة أشعة X أذا ما سقطت على معدن (Bulk) فأن عمق تفاعل تلك الأشعة يعتمد على المعدن نفسه وعلى العدد الذري له ، حيث على سبيل المثال في المعادن الخفيفة كالألمنيوم فان عمق التفاعل يصل إلى

١٠٠ مايكرون بينما في المعادن الثقيلة كالتنكستن فانه يصل ١٠ مايكرون .

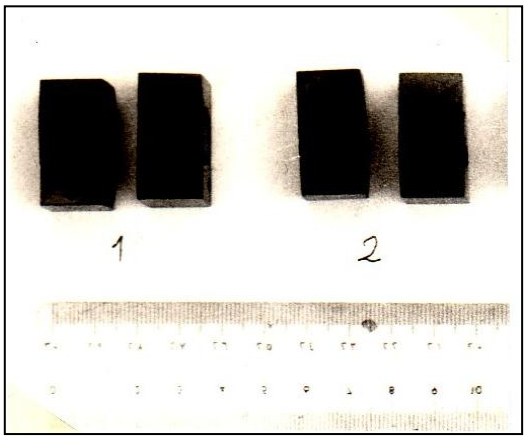
جدول ١: الطرق المستخدمة لأجراء التمييز لمختلف مناطق البحث على الأطوار [١] .

Analysis	Elemental	Structural	Morphological
Bulk	X-ray fluorescence spectroscopy optical emission microscopy (OES) combustion inert fusion analysis (LECO)	x-ray diffraction (XRD)	microphotography
Micro	SEM Election Probe micro analysis (EMPA) TEM	TEM SEM	SEM TEM
Surface	SAM		SAM

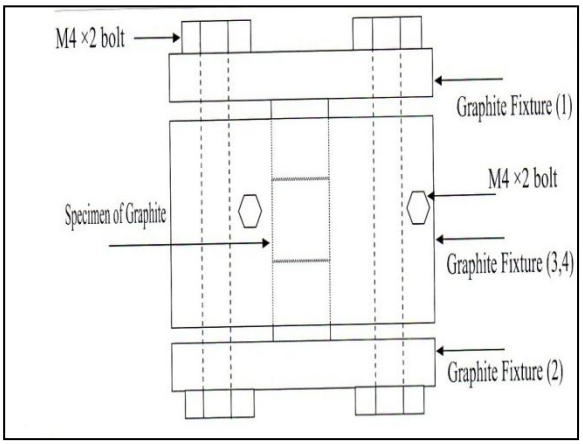
وبما أن الكاربون عدده الذري قليل فأنك سوف ترى قمم الكاربون واضحة في الفحوصات من XRD بسبب كون سمك طبقة الربط بكاملها ذات سمك من ١٠٠ مايكرون إلى ٣٠٠ مايكرون ، وبما أننا عندما نريد فحص هذه المناطق سوف تفصل منطقة الربط وبذلك يصبح السمك المراد فحصه بحدود ٥٠ مايكرون .. ومن هنا تأتي الصعوبة في تحديد منطقة الربط وأي طبقة بالذات تحتوي على ذلك الطور المنسوب له عملية اللحام .

طريقة العمل Experimental Work

تم لحام (Brazing) الكثير من العينات ثنائية التناكب (Double Butt Joint) شكل (١) ، باستخدام نوع واحد من الحشو الفعال ((Active Brazing Alloy 75) Cu 25 Ti)) حيث تحتوي هذه الحشوة على نسبة وزنية تساوي ٢٥ wt % من التيتانيوم (العنصر الفعال). حيث يتم مزج نسب وزنيه محددة من مسحوقي النحاس والتيتانيوم (ذوي أحجام جسيمات متماثلة Grain size) وذلك للحصول على مزيج متناسق ثم يضاف إلى المزيج قطره من الكليسرين بحيث يكون وزن العجينة بحدود ٠.٢٥ غرام وصولاً إلى عجينة ذات وزن ٠.٢٥ غرام لحشوه فعالة ذات نسبة وزنية ٧٥% نحاس و ٢٥ % تيتانيوم بحيث يتم تصنيع هذه الحشوة لكل وصلة لحام ويتم وضعها على منطقة الربط بشكل يشبه صبغ قطعة معينة ثم تجمع قطع الكرافيت التي أبعادها (١٠*١٤*١٤) ملم شكل (١) .. عملية التجميع والتثبيت تتم باستخدام مثبت بسيط موضح بالشكل (٢) . درجة الحرارة الملائمة للحام بحدود (١٠٠٠ درجة مئوية) حيث توضع العينات المراد لحامها مع مثبتاتها داخل حاوية مقفلة من الفولاذ المقاوم للصدأ وتحتوي على فتحتان لتغذية الغاز الخامل (الاركون) وإخراج هذا الغاز خارج الفرن بحيث تبقى عينات اللحام مغمورة بالاركون طول فترة اللحام . من الممكن الاطلاع على البحث [٦] للتعرف على تفاصيل أكثر حول هذا الموضوع.



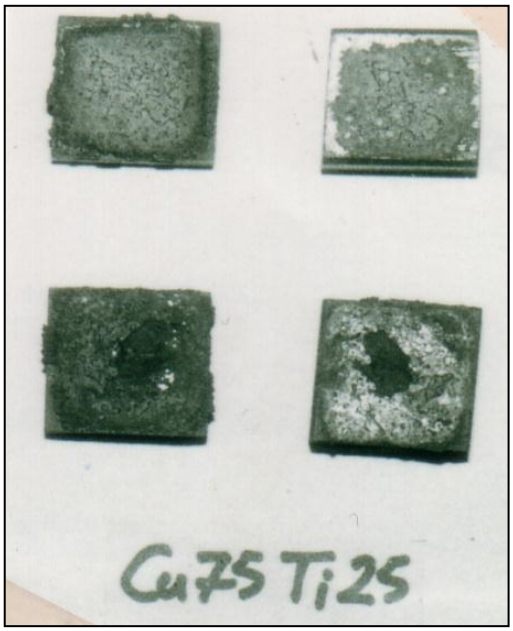
شكل (١): عينات ثنائية التناكب ملحومة بأستخدام مونه فعالة بنظام (Cu-Ti)



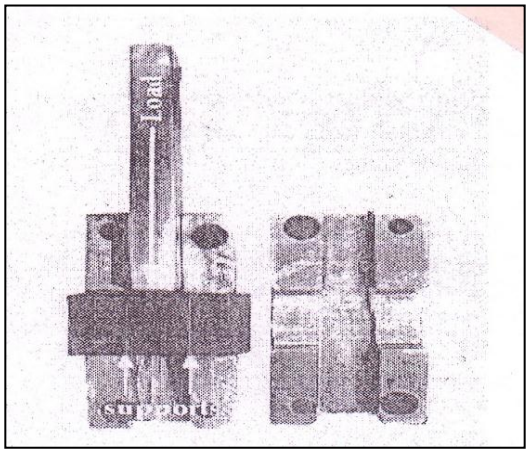
شكل (٢) : مثبت لتجميع العينات قبل اللحام

بعد أتمام عملية اللحام يتم كسر العينات بحيث يتم فصل القطع كما في الشكل(٣). نحصل على تلك العينات من تجربة القص خلال أجراء ذلك بالقالب الموضح بالشكل (٤).

يتم برادة العينة المكسورة من جانب منطقة الربط وكذلك يتم تنعيمها بحيث تستطيع تحديد السمك الموجود (سمك منطقة الربط + سمك الكرافيت) باستخدام مايكروميتر بعد ذلك يتم أجراء فحص الحيود XRD وبعدها يتم إزالة طبقة أخرى من منطقة الربط وأجراء فحص الحيود وهكذا ...



شكل (٣): عينات ملحومة ومكسورة لأجل فحوصات ال XRD



شكل (٤): القالب مع العينة المستخدمة في كسر العينات ثنائية التناكب

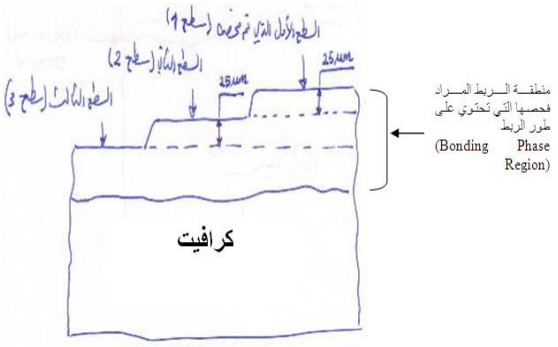
مناقشة النتائج Results Discussion

العينة التي تم فحصها موضحة بالشكل (٥) حيث توضع الأسطح الثلاثة التي تم فحصها. حيث يمثل الشكل(٦) وصف مبسط لمناطق الفحص حيث يتم إزالة الطبقة الخشنة الناتجة عن القص وصولاً إلى سطح ناعم لكي نحصل على فحص XRD بدقة وفعلاً تم الحصول على مخرج موضح بالشكل (٧) حيث تحتوي على الكثير من القمم ومن خلال دراستها من الممكن أن تحتوي على مركبات (C, TiC, uTi) ولكن تحديد هذه المركبات لم يحصل ألا بعد الحصول على مخرج XRD في الشكل (٨) حيث تم ذلك بالمقارنة فيما بينهم وتم تحديد القمم التي تخص المركب CuTi لذلك تكون غير مؤشرة على الشكل (٨) حيث تطابق تلك القمم مع نظيراتها في الشكل (٧).

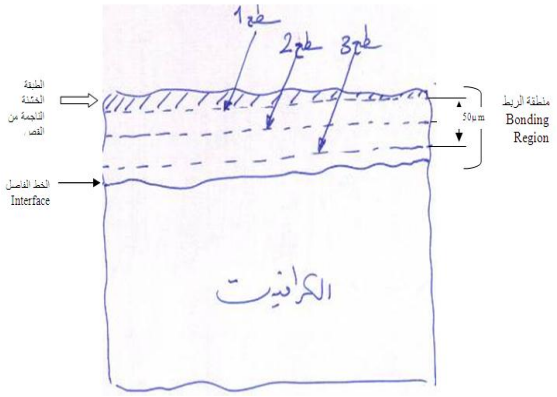
كذلك نشاهد أن القمم المؤشرة إزائها (TiC) كانت اقل سعة (Intensity) في الشكل (٧) بينما ازدادت سعتها في الشكل (٨) مما يدل على أننا اقتربنا من الطور الثاني أو اقتربنا من تركيز هذا المركب بعد إزالة أكثر من ٢٥ مايكرون من منطقة الربط . وعند إزالة آخر طبقة (٢٥ مايكرون) وصولاً إلى سطح ٣ في الشكل (٦) فأن عملية الفحص أعطت الشكل (٩) والذي يبين اختفاء مجموعة القمم غير المؤشرة في الشكل (٨) وبقاء القمم التي تشير إلى Ti C والكاربون وهذا دليل قاطع على أن آخر طبقة تحتوي على طور (Ti C) كاربيد التيتانيوم أما الكاربون فانه الخلفية للفحص أي أن أشعة X تخترق طبقة الكرافيت في جميع حالات الفحص للأشكال(٧-

٩) ونجدها موجودة ولكن ليس بهذه السعة كما في الشكل (٩) ومن هنا وعند المقارنة بين تلك الأشكال استطعنا حصر منطقة الربط والتي تبعد عن السطح المكسور (بالقص) بحدود ٥٠ مايكرون أو أكثر وبالتالي استطعنا تحديد منطقة طور الربط بالتراكيب (Structure) وكذلك موقعة بالأبعاد .

من خلال الشكل (١٠) نستطيع توضيح جميع الخطوات التي أجريناها طوال مراحل البحث. ومن خلال هذا الشكل نستطيع بيان كون مادة الحشو ذات سمك بحدود (١٠٠ µm) قبل اللحام وانه يتداخل تقريباً مع المادة الأساس الكرافيت من كل جانب بحدود (25 µm) فيصبح هنالك نقص مع المنطقة المتداخلة مع طور الربط بحدود (١٥٠ µm) . وأحيانا يصبح هنالك نقص في السمك نتيجة لحركة الحشو وانسيابه وفي حالة بحثنا (لحام الكرافيت) فانه لا يحصل انسياب (Spreading) وبذلك فانه يحافظ على أبعاده ويبقى بحدود ١٥٠ مايكرون {وهذا هو السبب في اختيارنا لمادة الكرافيت لغرض التحديد العالي لأبعاد منطقة الربط} .. عند كسر العينات الملحومة تناكبياً (Butt Weld) فأننا افترضنا (من خلال الفحص البصري) أن الكسر كان في منتصف الحشو تقريباً ومن هنا استطعنا تحديد منطقة الربط بحدود ٧٥ مايكرون ، وعليه عند إزالة الطبقة الثالثة فإننا وصلنا إلى حدود نهاية طور الربط وكما سبق توضيح ذلك .

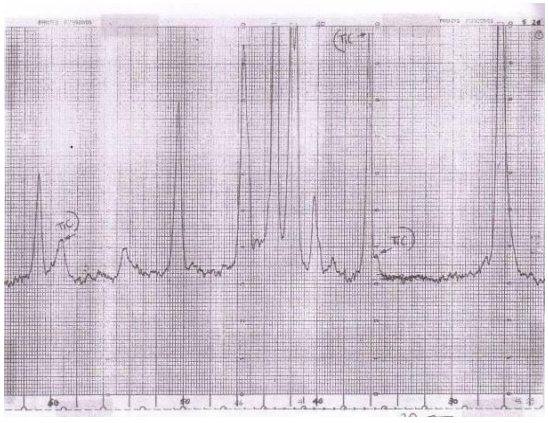


شكل (٥) : يبين منتصف وصلة لحام بالمونة مع بيان للاسطح التي تم فصلها بطريقة الXRD

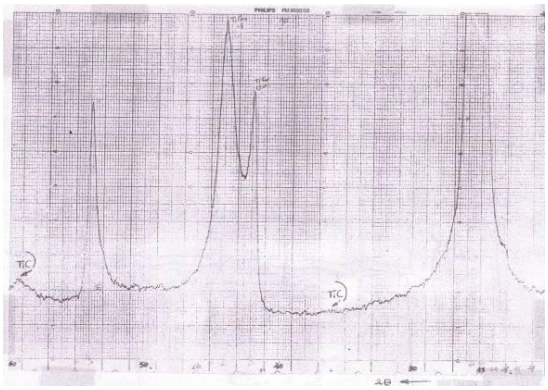


شكل (٦) : الشكل يوضح موقع الاسطح التي تم فحصها بحيود الاشعة في مرحلة اللحام

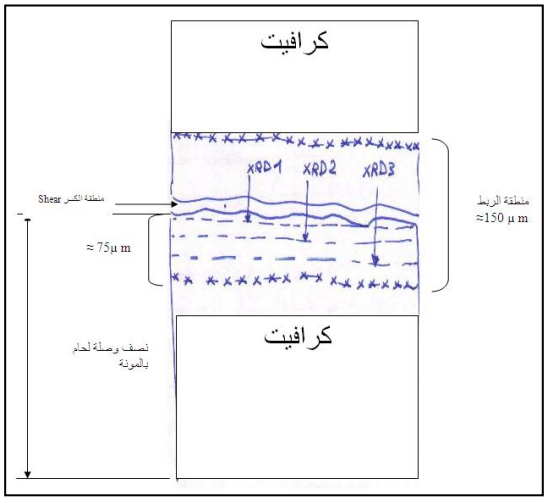
شكل (٧) : مخرج ال XRD للسطح ١



شكل (٨) : مخرج ال XRD للسطح ٢



شكل (٩) : مخرج ال XRD للسطح ٣



شكل (١٠) يبين وصف كامل لوصلة لحام مقصوصة ومناطق الفحص مع كامل الابعاد المستنتجة

الاستنتاجات Conclusions

١. من خلال البحث حصلنا على طريق واضح للاستدلال على طور الربط في وصلات اللحام من نوع المونه (Brazing) وصولاً إلى آلية الربط (Bonding Mechanism) .

٢. نستطيع فهم مخرجات فحص الحيود الأشعة السينية XRD من خلال الحصول على أكثر من مخرج ولعدة طبقات في منطقة البحث وهذا سهل علينا اتخاذ القرار وصولاً إلى طور الربط .

٣. يجب استخدام هذا الأسلوب في البحث عن طور الربط في جميع وصلات الحام بالمونه عند البحث عن آلية الربط.

Abstract

From the experiences of doing several joints in Brazing welding . The more complex point was the analysis of Bonding phase. From this research the idea comes from macking an examination by X-Ray diffraction for a several planes in the bonding region ,and then by comparing between them we can absolutely conclude the bonding phase .For explain this idea the graphite / graphite active brazing process done by using paste active filler copper base alloy containing 25wt % of titanium in copper base. Three X-Ray diffraction charts we were had for three layers in the bonding phase. By comparing between them we can conclude the bonding phase which is titanium carbide (TiC).

References

1. **"Metals Hand book ", Desk Edition ,second Edition ,ASM international ,1998.**
2. **R.E Loeh man ,A.P. Tomsia, " Joining of Ceramics ", ceramic Bulletin , Vol.67, No.2 ,1988.**
3. **A. Abed ,I.S. Jalham ,A .Hendry . " Wetting and Reaction between β. Sialon ,Stainless Steel and Cu-Ag Brazing Alloys Containing Ti " Journal of the Europpen ceramic society,21,2001.**
4. **R.M do Nascimento ,A.E. Martin elli , A. J .A. Buschinelli ," Review Article : Recent Advances in Metal – Ceramic Brazing " , Ceramica , 49,2003.**
5. **T. Kuzumaki, T.Ariga, Y. Miyamoto, and T . Kobayashi, " Brazing of Alumina to copper Using Cu-Ti-Co " ISIJ International , Vol.30 , No. 5,1990.**