تأثير عوامل لحام الخلط الاحتكاكي على طاقة الصدم لمنطقة الوصل لألواح من سبائك الالمنيوم ذات القابلية الضعيفة باللحام الانصهاري

أ.م. د. وليد جلال علي قيس حازم اسماعيل
قسم الهندسة الميكانيكية/ كلية الهندسة / جامعة الموصل

الخلاصة

يتناول هذا البحث دراسة تأثير عوامل لحام الخلط الاحتكاكي مثل (سرعة اداة اللحام الدورانية وسرعة اللحام الخطية) على متانة الصدمة لمنطقة الوصل لألواح من سبائك الالمنيوم ذات مقاومة الشد العالية مثل سبيكة (2024-T351) وسبيكة(7075-T651) بسمك (6.1 mm) والتي تستخدم في صناعة الطائرات والتيلها قابلية ضعيفة للحام بطرق اللحام الانصهاري كلحام القوس الكهربائي المحمي بغاز خامل (TIG,MIG) ولحام الليزر. وقد تم الحصول على وصلات لحام الخلط الاحتكاكي بواسطة ماكنة تفريز تقليدية باستخدام سرعتين دورانية لأداة اللحام (900,1120)دورة/دقيقة وثلاث سرع خطية للحام (28,40,56) ملم/ دقيقة ، ومن ثم تهيئة عينات اختبار مقاومة الصدم القياسية واجراء اختبار طاقة الصدم للوصلات الملحومة عند درجة حرارة الغرفة ومقارنتها مع طاقة الصدم للمعدن الاساس .ان نتائج البحث تشير الى زيادة طاقة الصدم للوصلات الملحومة ولكلتا السبيكتين مقارنة بالمعدن الاساس ولمعظم الحالات وان طاقة الصدم لملحومات سبيكة (2024-T351) تقل بزيادة السرعة الدورانية لأداة اللحام وعند نفس السرعة الخطية للحام في حين ان السرعة الدورانية والخطية لها تأثير محدود جدا على ملحومات سبيكة (7075-T651) وكانت نتائج فحص مقاومة الصدم لها متقاربة جدا .

Effect of Friction Stir Welding Parameters on the Impact Energy of the Weldments of Poorly Weldable Aluminum Alloys by Fusion Welding

Dr.Waleed Jalal Ali Qays Hazim Ismael

Dept. of Mechanical Engineering/ College of Engineering / Mosul University

Abstract

The aim of the present research was to study the effect of friction stir welding parameters such as (tool rotation and tool travel speeds) on the impact energy of (6.1 mm) thick weldments of aluminum alloys (2024-T351,7075-T651). Which are used in aircraft industries andare poorly weldable by fusion welding such as (TIG,MIG and Laser) welding .Friction stir welding welds were carried out on a traditional milling machine .Tow tool rotation speeds (900 and 1120 rpm) and three travelspeeds (28,40 and 56 mm/min) were selected for the friction stir welding of each alloy. The resistance of the weldments has been investigated using the impact test with standard V-notched specimens at room temperature.Finally a comparison has been made between welds impact energy and base metal impact energy. It has been observed that the impact energy increased at the friction stir welding of both alloyscompared with the base metal for most cases. The impact energy of the (2024-T351) Al alloy reduced with increasing the rotation speed of the tool at the same travel speed , while rotation and travel speeds have a little effect on the impact value of (7075-T651) Alalloy and the results are very close to each other.

Key words: Friction stir welding, high strength aluminum alloys, impact energy.

أستلم: 10-1-2013 قبل: 5-5-2013

www.manaraa.com

1. المقدمة :

يعتبر لحام الخلط الاحتكاكي (Friction Stir Welding) والذي يسمى في بعض المصادر باللحام الاحتكاكي المزجي تقنية جديدة للحام المواد في الحالة الصلبة (Solid State Welding) ، اي ان المعدن لا يصل الى درجة الانصهار اثناء عملية اللحام.تم اكتشاف هذه التقنية في عام (1991) في معهد اللحام /جامعة كامبردج في المملكة المتحدة (TWI) [1,2] .

استخدمت هذه التقنية في البداية في لحام سبائك الالمنيوم ثم بدأت بالانتشار في السنوات القليلة الماضية لتستخدم في لحام معادن اخرى ، وهي تقنية ربط جيدة وتعد من الطرائق المهمة ولاسيما لسبائك الالمنيوم التي لها قابلية ضعيفة للحام بطرق اللحام الانصهاري (FusionWelding) كالحام بالقوس الكهربائي المحمي بغاز خامل (MIG,TIG) ولحام الليزر مثل بعض سبائك سلسلتي (7xxx,2xxx) كما يمكن ان تستخدم هذه الطريقة ايضا في لحام المعادن المختلفة في التركيب الكيميائي (Dissimilar Materials) [1,3,4,5].

ان اهم مشاكل اللحام الانصهاري لسبيكتي (2024) و (7075) يعود الى حدوث انخفاض في مقاومة الشد لتلك السبائك بعد اجراء عملية اللحام بسبب زيادة نمو الخلايا (Grains Growth) نتيجة كمية الحرارة العالية الداخلة الى منطقة اللحام مما يؤدي كذلك الى انخفاض في قيمة الصلادة وحدوث مجموعة من التغييرات الميتالورجية في المنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ) خلال وبعد عملية اللحام وحدوث تصدعات في الملحومات مثل تصدعات التصلب (Solidification Cracks) بالإضافة الى حدوث تشققات دقيقة جدا (Micro-fissuring) في الجزء المنصهر من المنطقة المتأثرة بالحرارة.
ان وجود عنصر النحاس في سبائك سلسلتي (2xxx,7xxx) يعطي مدى واسع لدرجات الانصهار مع درجة تصلب منخفضة (Lower Solidus Temperature) مما يجعل هذه السبائك تمتلك حساسية عالية تجاه تصدعات اللحام الانصهاري بالإضافة الى انه يعمل على تقليل المطيلية والقابلية للحام لتلك السبائك مما يجعلها صعبة اللحام بطرقاللحام الانصهاري . تعتبر طريقة اللحام بالخلط الاحتكاكي (Friction Stir Welding) تقنية لحام مناسبة للحام سبائك الالمنيوم التي تمتلك قابلية ضعيفة للحام الانصهاري وخاصة سبائك سلسلتي (2xxx,7xxx) مثل سبيكة (2024-T351) و (7075-T651) حيث تستخدم هذه الطريقة في عملية ربطها وبالتالي الحصول على خصائص ميكانيكية جيدة وباقل التشوهات والعيوب في منطقة اللحام [6,7] .

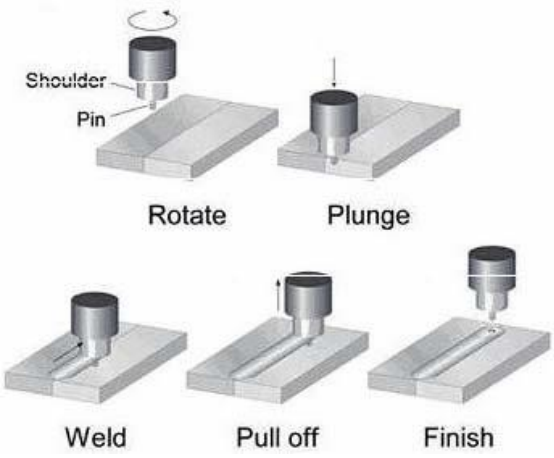
إن اختيار سبائك الألمنيوم لهذا البحث جاء نتيجة استخدام تلك السبائك في عملية تشكيل الصفائح المعدنية التي تستخدم في صناعة الطائرات وخاصة في جسم وجناح الطائرات وكذلك في الهيكل الخارجي للسيارات وغطاء المحركات ودعامات السيارات ، ومن هذه السبائك والتي تستخدم في صناعة الطائرات سبائك سلسلتي (2xxx,7xxx) وخاصة سبيكة (2024-T351) وسبيكة (7075-T651) وهي من السبائك ذات المقاومة العالية للشد (High Strength Alloys) والتي تستخدم في صناعة اجنحة وهياكل الطائرات التجارية، حيث تستخدم سبيكة (2024) في صناعة السطح السفلي لجناح الطائرات بينما تستخدم سبيكة (7075) في صناعة السطح العلوى لجناح الطائرة [5] .
ومن التطبيقات الاخرىللحام الخلط الاحتكاكي انه يستخدم في الصناعات البحرية (MarineIndustries) فهو يدخل في صناعة الواح السفن والهياكل البحرية والقوارب ، كذلك يستخدم في صناعة الطائرات والتطبيقات الفضائية وفي لحام خزانات الوقود للمركبات الفضائية .كذلك يستخدم في صناعة القطارات فائقة السرعة والسيارات كلحام هياكل السيارات (Chassis) والدواليب (Wheel Rims) وفي الصناعات الكهربائية والالكترونية [8].

ان من فوائد لحام الخلط الاحتكاكي (FSW) لسبائك الالمنيوم مقارنة مع طرق اللحام التقليدية انه يقلل التصدعات والفجوات الهوائية (Porosity) والتشوهات التي تحدث في منطقة اللحام لان اللحام يتم في درجة حرارة اقل من درجة انصهار المعدن المراد لحامه ، بالإضافة انه لا يستخدم معدن املاء (Filler Metal) اثناء عملية اللحام وهي طريقة لحام نظيفة لأنهالا تستخدم غازات خاملة كغطاء واقي ولايستخدم مساعد صهر ولأتنشأ ادخنة او غازات سامة خلال عملية اللحام ولهذا يعتبر هذا النوع من اللحام صديق للبيئة ويسمى بالتقنية الخضراء (Green Technology) [1,8,9,10].

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

1.1. مبدأ لحام الخلط الاحتكاكي:

يستخدم في عملية لحام الخلط الاحتكاكي اداة لحام دوارة غير قابلة للانصهار ذات شكل اسطواني يدعى الكتف او المسند (Shoulder) والذي يعتبر المصدر الرئيسي لتوليد الحرارة الناتجة عن الاحتكاك والتشوه اللدن والذي يحتوي في نهايته السفلى على نتوء للغرز (Probe or Pin) يغرز بصورة تدريجية في منطقة تلامس للصفائح المراد لحامها ويعمل على خلط وتكوين التشوه اللدن للمعدن في منطقة اللحام [1,3,11] ، وتستمر عملية الغرز لحين الحصول على تلامس تام بين السطح السفلي لمسند أداة اللحام والسطح العلوي للصفائح المراد لحامها وبعد اكتمال عملية الغرز يتم تحريك الصفائح المراد لحامها حركة خطية نسبة الى الاداة وهذا يؤدي الى اتمام عملية الربط على طول خط اللحام [3,4].وكما موضح في شكل (1) .



شكل (1):مبدأ عملية لحام الخلط الاحتكاكي [8]

ان من اهم عوامل لحام الخلط الاحتكاكي هي التغير في السرعة الدورانية لأداة اللحام (Tool Rotation Speed) والسرعة الخطية للحام (TravelSpeed) .تعمل حركة اداة اللحام الدورانية على خلط ومزج المعدن حول نتوء الغرز اما الحركة الخطية وهي حركة انتقالية للمعدن نسبة الى اداة اللحام فإنها تعمل على تحريك المعدن الممزوج من امام الى خلف نتوء الغرز واتمام عملية اللحام [12,13] . تولد حركة أداة اللحام الدورانية العالية حرارة عالية نتيجة الاحتكاك مع المعدن وبالتالي تعمل على خلط ومزج اكبر للمعدن .وللسرعة الدورانية لأداة اللحام تأثير على درجة حرارة اللحام حيث انه كلما زادت السرعة الدورانية لأداة اللحام أدى ذلك إلى زيادة درجة الحرارة القصوى لمنطقة اللحام . [14,15] .

كذلك تؤثر السرعة الخطية للحام على كمية الحرارة الداخلة لمنطقة اللحام على طول خط اللحام وان تلك الحرارة تقل عند زيادة السرعة الخطية[1] .

ان استخدام كل من السبيكتين (2024-T351,7075-T651) في مجالات كثيرة كما ذكر سابقا يزيد من اهمية دراسة تأثير عوامل لحام الخلط الاحتكاكي كالسرعة الدورانيةلأداة اللحام والسرعة الخطيةللحام على طاقة الصدم للوصلات الملحومة لهذه السبيكتين . في هذا البحث تم دراسة تأثير هذه العوامل اعلاه التي تنتج وصلات لحام جيدة على مقاومة الصدم .

ان الهدف من هذا البحث هو دراسة تأثير عوامل لحام الخلط الاحتكاكي (السرعة الدورانية لأداة اللحام والسرعة الخطية للحام) على متانة الصدمة (Impact Toughness) لمنطقة الوصل لألواح من سبائك الالمنيوم ذات مقاومة الشد العالية مثل سبيكة (2024-T351) وسبيكة (7075-T651) والتي لها قابلية ضعيفة للحام بطرق اللحام الانصهاري .

2.1. الدراسات والبحوث السابقة :

هناك مجموعة من البحوث التي تناولت دراسة متانة الصدمة لمنطقة لحام الخلط الاحتكاكي لسبائك الالمنيوم . فقد قام الباحثون (Luri Boromei et.al,2006)[16] بدراسة تأثير لحام الخلط الاحتكاكي على البنية المجهرية ومتانة الصدم لمنطقة لحام الخلط الاحتكاكي لسبيكة المنيوم متراكبة (W6A20A) والتي تتكون من ($AA6061+20\%Al_2O_3$) ولسبيكة (W7A10A) والتي تتكون من ($AA7005+10\%Al_2O_3$) .وقد استنتجوا بان طاقة الصدم للملحومات زادت مقارنة بالمعدن الاساس.

اما الباحثون (et.al,2010Mustafa Kemal Kulekci) [17] فقد قاموا بدراسة الخصائص الميكانيكية لوصلات من سبيكة الالمنيوم (EN AW -6061-T6) موصولة بواسطة لحام الخلط الاحتكاكي وبواسطة لحام القوس الكهربائي المحمي بغاز خامل (MIG) . وقد تم استنتاج ان طاقة الصدم للوصلات الملحومة بلحام الخلط الاحتكاكي تمتلك طاقة صدم مقدارها (30 Joule) وهي افضل من طاقة الصدم للوصلات الملحومة بطريقة لحام (MIG) والتي كانت (22 Joule) وافضل من طاقة الصدم للمعدن الاساس (27 Joule) .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

اما الباحث (Shawnim R.Jalal,2010) [18] فقد قام بدراسة عملية لاختبار طاقة الصدم لمنطقة الوصل الملحومة بطريقة لحام الخلط الاحتكاكي لسبيكتين من سبائك الالمنيوم (7020,7075) وفي حالتين مختلفتين (T6,T9) كل على انفراد وباستخدام ثلاث سرع دورانية مختلفة لأداة اللحام وخمس سرع خطية مختلفة للحام .وكانت نتائج البحث تشير الى زيادة طاقة الصدم للعينات الملحومة ولكلتنا السبيكتين وعند الحالتين (T6,T9) مقارنة بالمعدن الاصلي .ان للسرع الدورانية والخطية كان لها تأثير على طاقة الصدم لملحومات سبيكة (7020) في حين ان تأثيرها على مقاومة الصدم لملحومات سبيكة (7075) كان قليلا وكانت النتائج متقاربة في جميع الحالات تقريبا .

2. الجزء العملي :

1.2. عملية لحام الخلط الاحتكاكي واللحام الانصهاري :

استخدم في هذا البحث نوعين من سبائك الالمنيوم والتي لها قابلية ضعيفة للحام بطرق اللحام الانصهاري وهي سبيكتي (2024-T351) و (7075-T651) والتي تم تجهيزها من خارج القطر وكلتا السبيكتين معاملة حراريا . فبالنسبة لسبيكة (2024-T351) تتضمن المعاملة الحرارية لها المعالجة المحلولية بدرجة حرارة (495±5 ºC) يليها اخماد بالماء الى درجة حرارة الغرفة (Solution heat treated +Water quench) يلي ذلك تشغيل على البارد (Cold Work) بطريقة الدرفلة اوالسحب والمط (Roller or Stretcher) وبعده تتم عملية التعتيق الطبيعي (Natural Aged) بدرجة حرارة الغرفة لمدة (48) ساعة .

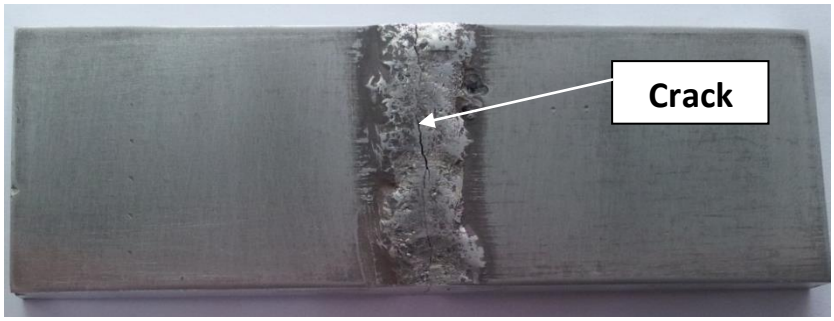
واما سبيكة (7075-T651) تتضمن المعاملة الحرارية لها المعالجة المحلولية بدرجة حرارة (460±10 ºC) يليها اخماد بالماء الى درجة حرارة الغرفة يلي تلك المرحلة اجراء عملية التعتيق الصناعي (Artificially Aged) بدرجة حرارة (135±5 ºC) لمدة (12) ساعة [19] .

اما الرمز (T_51) فيمثل عملية ازالة الاجهادات بطريقة المط (Stress Relieved by Stretching) بنسبة (1-3 %) .

تم اجراء فحص المكونات للسبائك (Chemical Composition) في المعهد المتخصص للصناعات الهندسية / بغداد ، والجدول (1) يبين التحليل الكيميائي لنسب المكونات ومقارنتها مع قيم النسب القياسية المعتمدة من قبل جمعية الالمنيوم الاوربية ((European Aluminum Association , (EAA)) .

جدول (1) :التحليل الكيميائي للمعدن الاساس (wt.%)

Alloy	Element	Cu	Zn	Mg	Mn	Fe	Si	Cr	Ti	Al	Another
2024-T351	According to (EAA)	3.8-4.9	≤0.25	1.2-1.8	0.3-0.9	≤0.5	≤0.5	≤0.1	≤1.5	Rem	≤01.5
	Measured	4.41	0.0269	1.64	0.462	0.28	0.102	0.006	0.067	Rem	0.0229
7075-T651	According to (EAA)	1.2-2.0	5.1-6.1	2.1-2.9	≤ 0.3	≤ 0.5	≤ 0.4	0.18-0.28	≤ 0.2	Rem	≤ 0.15
	Measured	1.56	6.22	2.3	0.024	0.25	0.04	0.176	0.0604	Rem	0.0233



شكل (2) : لحام القوس الكهربائي (TIG) لسبيكة (7075-T651)

وقد تم اجراء عملية اللحام الانصهاري لكلتا السبيكتين (TIG) وباستخدام غاز الاركون كغاز واقي في شركة الكندي العامة .حيث لوحظ بعد عملية اللحام تعرض منطقة اللحام الى تشققات وكما موضح بالشكل (2) .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ولإجراءعملية لحام الخلط الاحتكاكي تم استخدام ماكنة تفريز تقليدية نوع (GATE) والمبينة في شكل (3) .حيث استخدمت سرعتي دوران مختلفة لأداة اللحام وثلاث سرع خطية مختلفة للحام وتم اللحام بنجاح للسبائك التي كان يصعب لحامها بطريقة اللحام الانصهاري.

شكل (3) :ماكنة تفريز نوع (GATE) المستخدمة في لحام الخلط الاحتكاكي

ولغرض دراسة تأثير عوامل اللحام على متانة الصدم، تم تحضير لوحين من كل سبيكة من سبائك الالمنيوم (2024-T351,7075-T651) بالأبعاد (130*55*6.1 mm) بشكل متناكب (Butt Joint) ومثبتة بقوة على قطع ساندة (Backing Plate) والتي تم تصنيعها لكي يلحما بحيث يكون خط اللحام عمودي على اتجاه الدرفلة (Rolling Direction) وكما مبين في شكل (4) و (5) .

وتم استخدام سرعتين دورانية لأداة اللحام وثلاث سرع خطية للحام وكما مبين في جدول (2) .

شكل (4) :تثبيت الالواح وعملية لحام الخلط الاحتكاكي

شكل (5) : لحام الخلط الاحتكاكي لسبيكة (2024-T351)

جدول (2) : السرع الدورانية والخطية المستخدمة

السبائك المراد لحامها	السرعة الدورانية (rpm)	السرعة الخطية (mm/min)
2024-T351	900,1120	28,40,56
7075-T651		

تم تصنيع اداة الحام من صلب السرع العالية (HSS) صلادتها بحدود (50-52 HRC) ذات مسند بقطر (20mm) ونتوء غرز مخروطي مسنن (اسنان يسارية) ذي خطوة (1.25 mm) بقطر (8mm) عند القاعدة و (4.7mm) عند النهاية وطوله (5.9mm) وكما موضح في شكل (6) . استخدمت زاوية ميل لأداة اللحام (Tilt Angle) مقدارها (3^o) عن المحور العمودي للحصول على جودة للحاموتدور الاداة باتجاه عقرب الساعة (C.W.) .، ومن الجدير بالذكر ان القيمة المثلى لزاوية ميلان الاداة تكون بحدود (2^o-4^o) [3] . وفي جميع عمليات اللحام تم تثبيت قيمة الضغط العمودي المسلط على منطقة اللحام وذلك عن طريق تثبيت عمق تغلغل مسند اداة اللحام في منطقة الوصل.

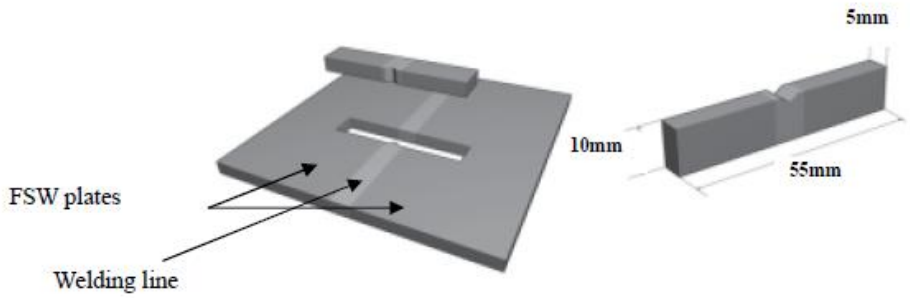
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

(ب) (ا)

شكل (6) :لحامالخلطالاحتكاكيذاتالنتوءالمخروطيالمسنن: (ا) صورة فوتوغرافية (ب) الابعـــــــــاد بالملمتر

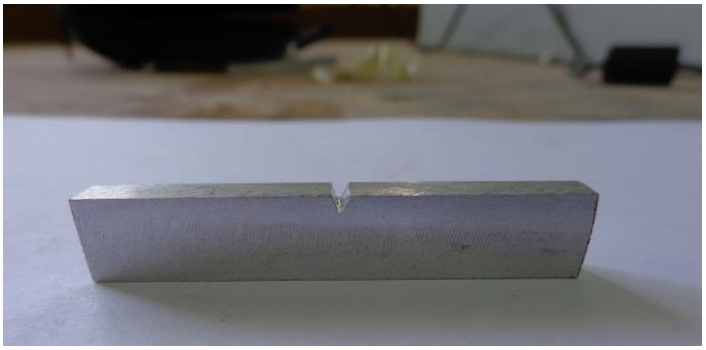
2.2 . اختبار الصدم :

ولأجل اختبار مقاومة الصدملمنطقة الوصل فقد تم تهيئة عينات اختبار قياسية مناسبة بقياس (10*55*5 mm) تحتوي على حز على شكل حرف (V) بزاوية (45^o) وبعمق (2mm) بحيث يكون الحز واقع في مركز خط اللحام وطبقا للمواصفة (**ASTM E23. Sub-size Charpy V-notched Specimens**) وكما مبين في شكل (7) .



شكل (7) :عينة اختبار الصدم القياسية

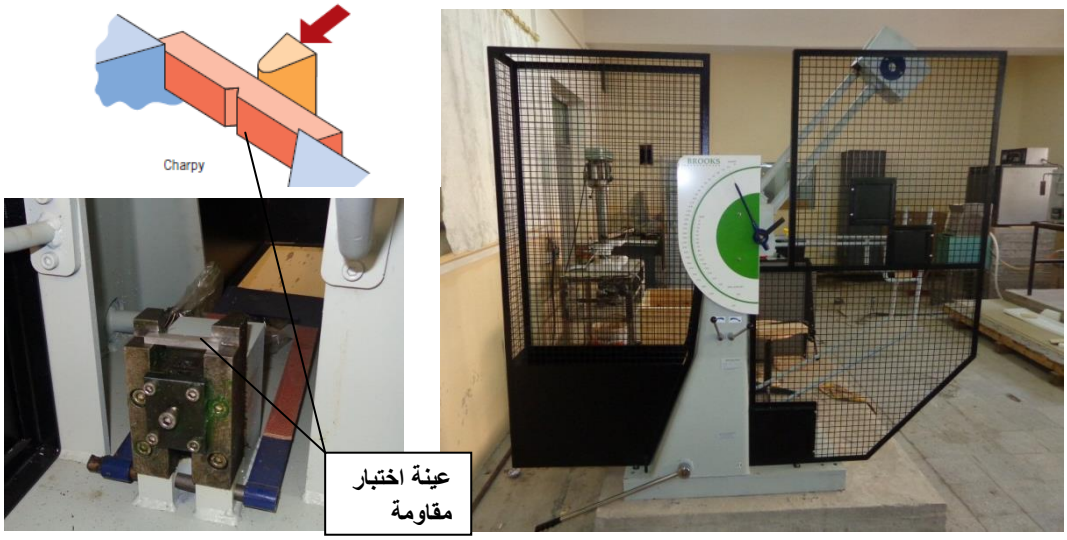
حيث تم قطع عينات الاختبار للوصلات الملحومة باتجاه عمودي على خط اللحاموللمعدن الاساس باتجاه موازي لاتجاه الدرفلة وكما مبين في شكل (8) .



شكل (8) : عينة اختبار مقاومة الصدم

تم اختبار الصدم بدرجة حرارة الغرفة وباستخدام جهاز اختبار مقاومة الصدمة (**Pendulum Impact Tester BROOKS Model:MAT21/IT3U**) والمبين في شكل (9) .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



(ا) (ب)

شكل (9) : (ا) . جهاز اختبار مقاومة الصدم ،(ب) . تثبيت عينة اختبار مقاومة الصدم

3. النتائج والمناقشة :

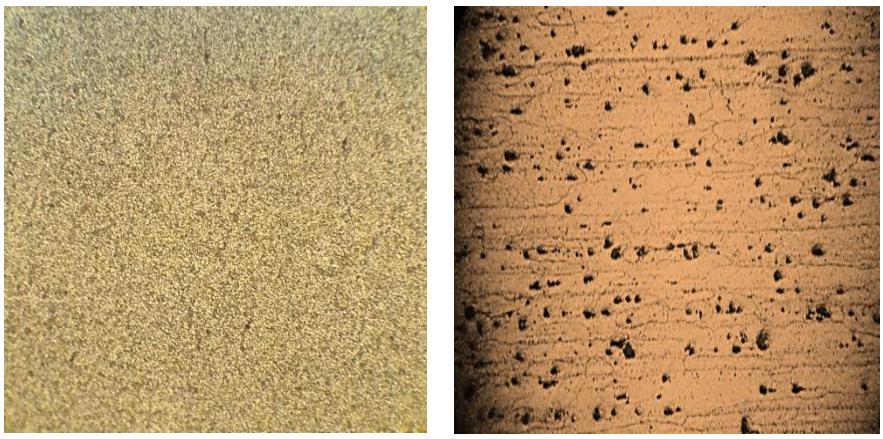
بعد اجراء عملية فحص مقاومة الصدم للمعدن الاساس والملحومات ولكلتا السبيكتين والتي تمتم بدرجة حرارة الغرفة تم الحصول على نتائج بعد اخذ معدل قيم الفحص لثلاث عينات ولكل حالة وكما مبين في جدول (3) . يلاحظ من نتائج الفحص بان المعدن الاساس لسبيكة (2024-T351) يمتلك طاقة صدم (7.2 J) اعلى من طاقة الصدم لمعدن سبيكة (7075-T651) والتي كانت (4.5 J) ، وكما يلاحظ ايضا ولمعظم الحالات بان طاقة الصدم لملحومات الخلط الاحتكاكي اعلى من طاقة الصدم للمعدن الاساس ولكلتا السبيكتين اي ان هناك تحسن في مقاومة الصدم .

جدول (3): نتائج فحص مقاومة الصدم

Alloy	Sample	Tool rotation speed (rpm)	Travel speed (mm/min)	Charpy impact energy (joule)
2024-T351	Base metal	----------	----------	**7.2**
	Weldments	900	28	9.3
			40	9.7
			56	10.2
		1120	28	7.0
			40	7.2
			56	8.0
7075-T651	Base metal	----------	----------	**4.5**
	Weldments	900	28	7.0
			40	7.2
			56	7.8
		1120	28	7.0
			40	7.5
			56	7.7

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الى ان الحبيبات في مركز منطقة اللحام (Nugget zone) تكون ناعمة(Fine) ومتساوية بالمحاور(Equiaxed) وحجمها اصغر من حجم حبيبات المعدن الاساس، ويرجع السبب لحدوث عملية اعادة تنعيم (Refining) للحجوم البلورية للدقائق المترسبة (Precipitates) في هذه المنطقة نتيجة التشوه اللدن الناتج عن الحركة الدورانية العالية لأداة اللحام وحدوث اعادة للتبلور (Recrystallization) نتيجة الحرارة المتولدة اثناء احتكاك راس نتوء الغرز مع المعدن المحيط به [1,4] ، وكما مبين في صور التركيب المجهري لسبيكة (2024-T351) عند سرعة دوران (1120 rpm) وسرعة خطية (28mm/min) شكل (10) .



(X160) **(X160)**

(ب) **(ا)**

شكل (10) : التركيب المجهري لسبيكة (2024-T351): (ا) قبل عملية اللحام

(ب) بعد عملية اللحام

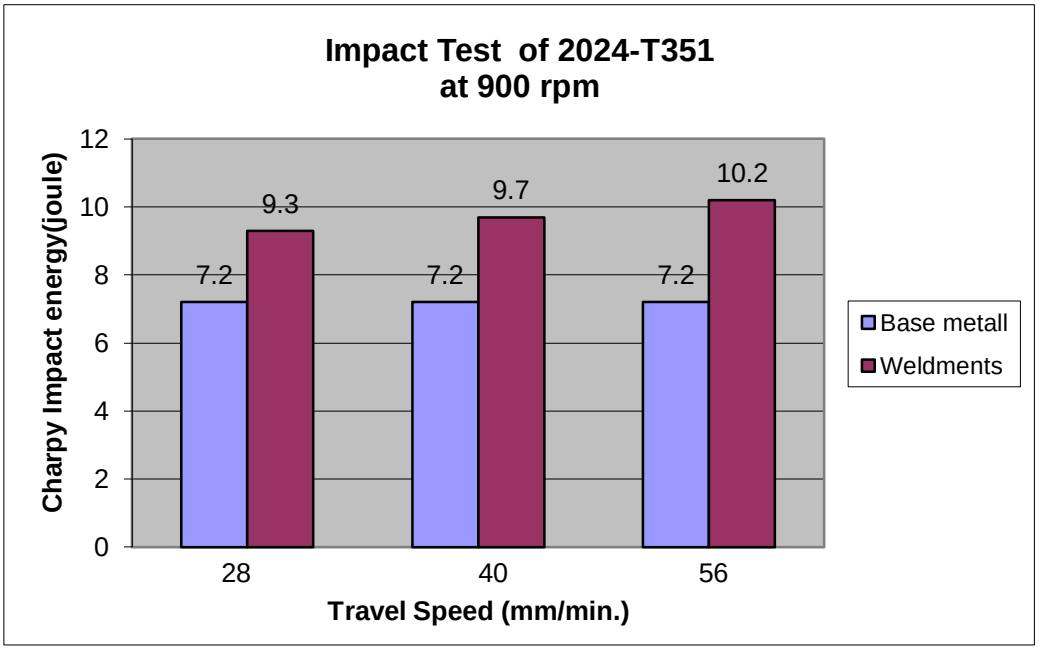
وهذه النتائج تتطابق مع ما جاء في البحث[18] حيث ان التحسن في كل من متانة الصدم والمطيلية (Ductility) يمكن تحقيقه عن طريق تقليل حجم الدقائق المترسبة (Precipitates) وذلك بالتحكم بالسرعة الدورانية والخطية خلال عملية لحام الخلط الاحتكاكي لسبائك الالمنيوم.

ان اختبار مقاومة الصدم لملحومات سبيكة (2024-T351) يبين ان اعلى قيمة تم الحصول عليها هي (10.2J) عند السرعة الدورانية لأداة اللحام (900 rpm) والخطية (56mm/min) وهي اعلى من قيمة مقاومة الصدم للمعدن الاساس اي ان هناك تحسن بمقاومة الصدم للملحومات بنسبة (42%) تقريبا حيث ان زيادة السرعة الخطية عند تلك السرعة الدورانية يقلل من كمية الحرارة لوحدة الزمن مما يساعد على زيادة المقاومة (Strength) وبالتالي تحسن في متانة الصدم .

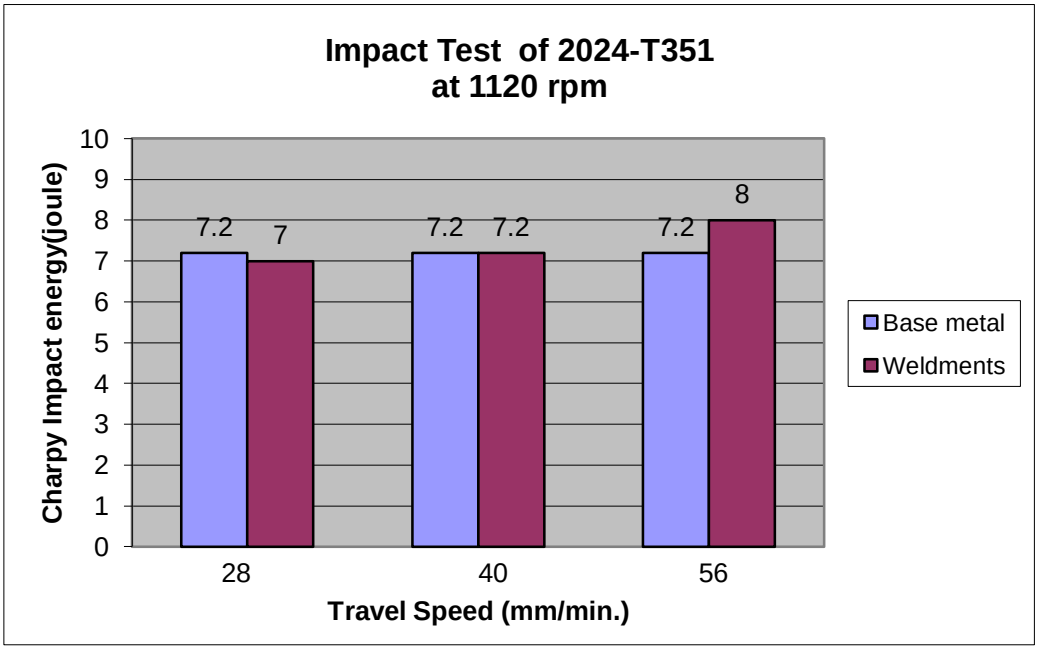
وكما يتبين ايضا انه بزيادة السرعة الدورانية لأداة اللحام الى (1120 rpm) فان طاقة الصدم للملحومات تقل بشكل عام ولنفس السرع الخطية ولايوجد تحسن ملموس لطاقة الصدم للملحومات بزيادة السرعة الخطية بسبب ان تأثير السرعة الدورانية هو الطاغي حيث ان الجزء الاعظم من حرارة الاحتكاك ناتج عن السرعة الدورانية لأداة اللحام وكما مبين في شكل (11-ا،ب)ويرجع السبب الى زيادة كمية الحرارة الداخلة لمنطقة اللحام والتي تؤدي الى زيادة لدونة (Excess Plasticization) المعدن الواقع تحت مسند اداة اللحام .حيث ان من المعلوم ان زيادة السرعة الدورانية لأداة اللحامونقصان السرعة الخطية للحام تؤدي الى زيادة الاحتكاك بين مسند اداة اللحام والمعدن المرادلحامه وبالتالي تؤدي الى زيادة كمية الحرارة الداخلة لمنطقة اللحام مما يؤدي الى نمو الخلايا (Grain Growth) لمنطقة اللحام وحدوث انخفاض في طاقة الصدم .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

اما بالنسبة لملحومات سبيكة (7075-T651) فان نتائج الفحص تبين ايضا ان هناك تحسن كبير بمقاومة الصدم مقارنة بالمعدن الاساس وخاصة عند سرعة دوران (1120 rpm) وسرعة لحام (40 mm/min) في حين ان لتغيير السرعة الدورانية والخطية تأثير قليل على مقاومة الصدم للملحومات حيث كانت النتائج متقاربة في معظم الحالات تقريبا وكما مبين في شكل (12) .



(أ)

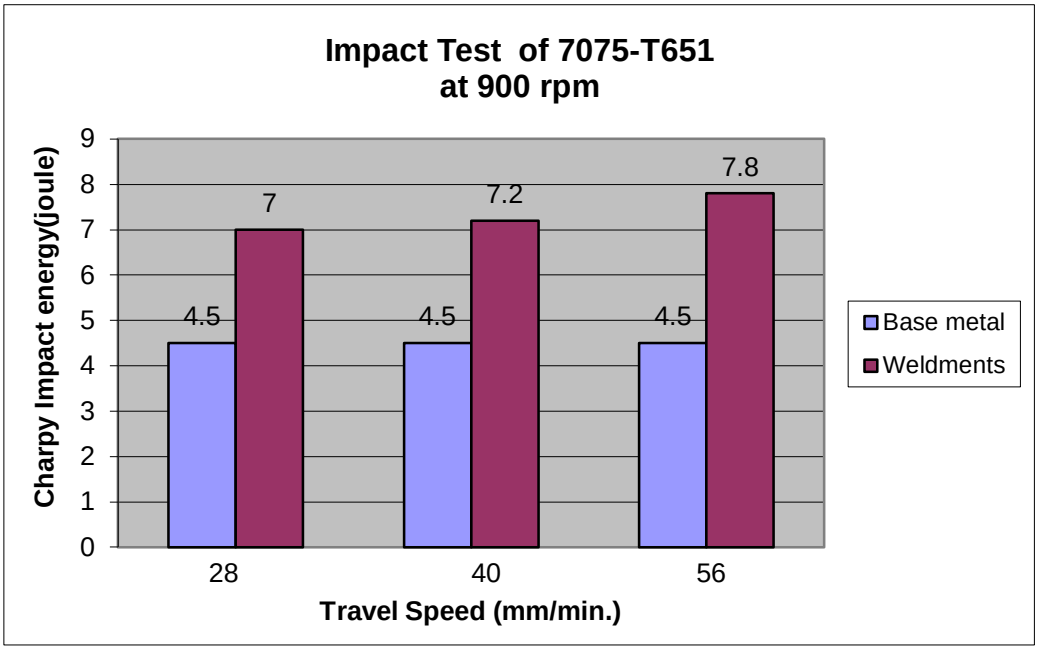


(ب)

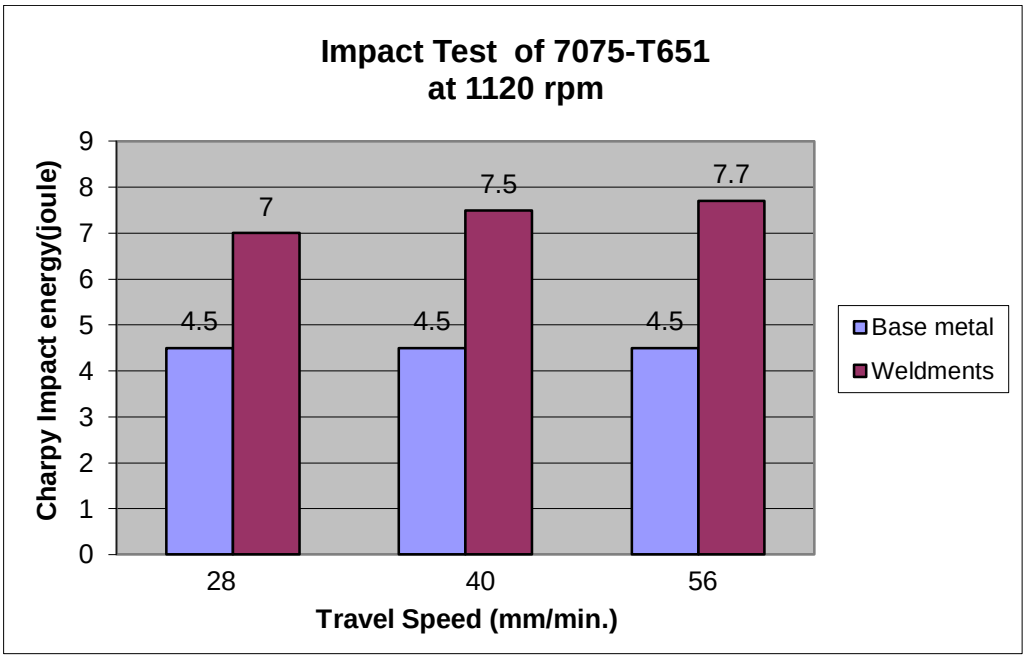
شكل (11) : مقاومة الصدم لسبيكة (2024-T351) : ا.عند السرعة الدورانية (900 rpm)

ب.عند السرعة الدورانية(1120rpm)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



(ا)



(ب)

شكل (12) : مقاومة الصدم لسبيكة (7075-T651) :ا.عند السرعة الدورانية (900 rpm)

ب.عند السرعة الدورانية (1120 rpm)

www.manaraa.com

4. الاستنتاجات :

من خلال هذا البحث تم استنتاج ما يلي :

1.امكانية لحام سبائك الالمنيوم بطريقة لحام الخلط الاحتكاكي(Friction Stir Welding) والتي يصعب لحامها بطرق اللحام التقليدية وخاصة سبائك الالمنيوم ذات مقاومة الشد العالية مثل سبيكتي (7075-T651،2024-T351) والتي تمتلك قابلية ضعيفة للحام باللحام الانصهاري (Fusion Welding).

2.ان معظم نتائج فحص مقاومة الصدم تشير الى ان طاقة الصدم للملحومات ولكلتا السبيكتين زادت اي ان هناك تحسن في مقاومة الصدم مقارنة بالمعدن الاساس .

3.بالنسبة لسبيكة (2024-T351) فان نتائج البحث تبين ان طاقة الصدم للوصلات الملحومة تقل بزيادة السرعة الدورانية لأداة اللحام من (900)الى (1120) دورة/دقيقة ولايوجد تحسن ملموس في طاقة الصدم عند زيادة السرعة الخطية عند السرعة الدورانية (1120 rpm) .

4.ان للسرعة الدورانية لأداة اللحام والسرعة الخطية للحام تأثير محدود جدا على طاقة الصدم لملحومات سبيكة (7075-T651) .

5.المراجع:

1. Mohammed M.Mulapeer,"Metallurgical and Mechanical properties for Friction Stir Welding Aluminum Alloy [AA2011,AA7020,AA7075] ",University of Salahalddin –Erbil, October 2009.
2. Wikipedia,the free encyclopedia.htm,"Friction Stir Welding".
3. Rajiv S.Mishra and Murray W.Mahoneu ,"Friction Stir Welding and processing ", Rockwell scientific company, copyright 2007.
4. Nawal.,"Friction Stir Welding of Porous Al-Si Alloy" No. 28 Vol. 6 – 2010 Journal of Science Technology.
5. F.C.Campbell,"Manufacturing Technology for Aerospace Structural Materials", Elsevier Ltd.,UK, 2006 ,ISBN-13:978-1-85-617495-4 ,2006.
6. Hakem.Mammar et.al,"Heat Treatment and Welding Effects on Mechanical Properties and Microstructure Evolution of 2024 and 7075 Aluminum Alloys ",METAL 2008,13.-15. 5. 2008, Hradec and Moravici.
7. V.Balasubramanian et.al,"Effect of Post weld Aging Treatment on Fatigue Behavior of Pulsed Current Welded AA7075 Aluminum Alloy Joints", Journal of Materials Engineering and Performance ,224-Volume 17 (2) April 2008.
8. G.Raghu Babu . et.al,"An Experimental Study on the Effect of Welding Parameters on Mechanical and Microstructural Properties of AA6082-T6 Friction Stir Welded Butt Joints", Arpin Journal of Engineering and Applied Sciences,Vol.3,No.5,October 2008.
9. T.Sakthivel.G.S.Senger,"Effect of Welding Speed on Microstructure and Mechanical Properties of Friction Stir Welded Aluminum", Springer –Verlag London Limited,2008.
10. Regis Blondeau," Metallurgy and Mechanical of Welding ":,111 River street Hoboken, NJ 07030 USA,John Wiley and sons,Inc,2008.
11. Timothy J.Minton,"Friction Stir Welding of Commercially available Superplastic Aluminum ",degree of Doctor of philosophy, Department of Engineering and Design, Brunel University ,Sept.2008.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

12. R.S.Mishra and Z.Y Ma ,"Friction Stir Welding and processing ",Materials science and Engineering R50(2005) 1-78,2005.
13. R. R. Ambriz and V.Mayagoitia,"Welding of Aluminum Alloys", InstitutePoltechnico,C.P.02250,AZCAPOTZALCO.Mexico,2010.
14. Saad Ahmed Khodir and Shibayanagi Toshita, "Microstructure and Mechanical Properties of Friction Stir Welding Similar and dissimilar Joints of Al and Mg alloys",JWRI,Vol.36,No.1,June 2007.
15. S.Rajakumar et.al.,"Influence of Friction Stir Welding process and tool Parameters on Strength Properties of AA7075-T6 Aluminum alloy joints", Materials and Design Journal 32(2011),535-544,Augest 2010.
16. Luri Boromei et.al, "Friction Stir Welding of Aluminum Based Composite Reinforced with Al2O3 Particles: Effect on Microstructure and Charpy Impact Energy ",Metallurgical Science Technology,Vol.24,No.1(2006),pp12-21.
17 . Mustafa Kemal Kulekci, "Experimental comparison of MIG and Friction Stir Welding processes for EN AW-6061-T6 (Al Mg Si Cu) Aluminum alloys", The Arabian Journal for Science and Engineering. Volume 35,No.1B,April 2010.
18. Shawnim R.jalal.," Charpy Impact Value of Friction Stir Welded 7020 and 7075 Aluminum Alloys at Different Tool Rotation and Transverse Speed",Eng. And Tech.Journal.Vol.28,No.15,2010.
19. E.A.Brandes and G.B.Brook ,"Smithells Light Metals", Reed Educational and Professional Publishing Ltd 1998, ISBN 0 7506 3625 4 ,1998.

The work was carried out at the college of Engineering. University of Mosul

www.manaraa.com