

ISSN: 1813-162X (Print) ; 2312-7589 (Online)

Tikrit Journal of Engineering Sciences

available online at: <http://www.tj-es.com>

TJES
Tikrit Journal of
Engineering Sciences

Ghazwan Raad Shihab, Adel Mahmoud Al-Bash. Effect of Steel shot peening Time on some Mechanical Properties of Friction stir Welds for Aluminum Alloy (2024 - T3). *Tikrit Journal of Engineering Sciences* 2021; 27(4): 58- 69.

[Ghazwan Raad Shihab](#)*

[Adel Mahmoud Al-Bash](#)

Department of Mechanical Engineering/
Tikrit University/ Salahuddin/ Iraq

Keywords:

shot peening, friction stir welding, effect of shot peening, Mechanical properties.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 16 Oct. 2019
Accepted 20 May. 2020
Available online 27 Apr 2021

Effect of Steel shot peening Time on some Mechanical Properties of Friction stir Welds for Aluminum Alloy (2024 - T3)

A B S T R A C T

The aim of this work is to study the effect of the time of shot peening 3mm diameter steel balls on the mechanical properties of (2024 - T3) aluminum alloy butt welds. The welds were joined using Friction stir welding method. Mechanical tests(Tensile strength, hardness, fatigue strength) were performed on welded joints to determine the variation of these properties. The experimental results of SP time, 5 and 10 minutes give an improvement in mechanical properties. It was found that the longer the time of shot peening the mechanical properties are increased to a certain extent than the effect begins whereas when shot peening time at 15 min the mechanical properties decrease due to the concentration of stresses and surface annealing. Results show that the best mechanical properties of the welded zone were obtained at 10 minutes shot time due to the high compressive stresses generated by shot peening.

© 2021 TJES, College of Engineering, Tikrit University

DOI: <http://doi.org/10.25 30/tjes.27.4.07>

تأثير زمن السفع بالكرات الفولاذية على بعض الخواص الميكانيكية لوصلات لحام الخلط الاحتكاكي (FSW) لسبائك الألمنيوم

عادل محمود الباش قسم الهندسة الميكانيكية، جامعة تكريت، صلاح الدين، العراق.
غزوان رعد شهاب قسم الهندسة الميكانيكية، جامعة تكريت، صلاح الدين، العراق.

الخلاصة

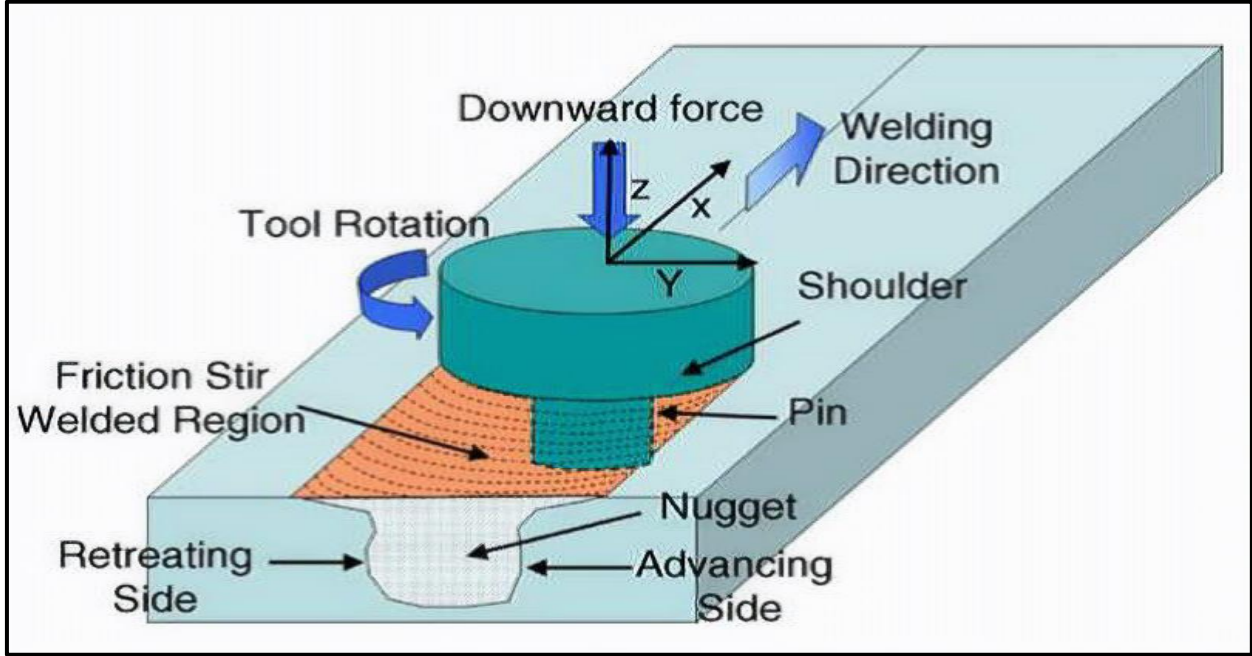
يهدف البحث الحالي الى دراسة تأثير زمن السفع بالكرات الفولاذية بقطر (3 mm) على الخواص الميكانيكية لوصلات لحام تناكيبه لسبيكة الالمنيوم (2024 - T3) تم لحامها بطريقة الخلط الاحتكاكي (Friction stir welding). اجريت الاختبارات الميكانيكية على وصلات اللحام لمعرفة مقدار تباين هذه الخواص. بينت نتائج الفحص بأزمان السفع من (5- 10) دقيقة تحسن في الخواص الميكانيكية (مقاومة الشد، الصلادة، مقاومة الكلال)، والتي بينت بأنه كلما زاد زمن السفع تزداد الخواص الميكانيكية الى حد معين ومن ثم يبدأ التأثير بالتباين حيث انه عند زمن سفع 15 دقيقة تنخفض الخواص الميكانيكية لمقاومة الشد والصلادة ومقاومة الكلال وذلك بسبب تمرکز الاجهادات والتلدين السطحي. تشير نتائج الاختبار الى ان الحصول على افضل خواص ميكانيكية عند زمن سفع 10 دقيقة باستخدام كرات من الفولاذ وذلك بسبب الاجهادات الانضغاطية العالية التي ولدتها عملية السفع.

* Corresponding Author: [Ghazwan Raad Shihab](#)

1. المقدمة

طرق اللحام الأخرى للعديد من سبائك الألمنيوم وذلك لعدم وجود تشققات أو مسامات أثناء عملية اللحام، وهذه من المتطلبات المهمة، خاصة عند استخدامها مع سبائك الألمنيوم المستخدمة في التطبيقات التي تتطلب تحمل قوة عالية مثل السفن الفضائية و هياكل الطائرات التي يصعب لحامها [2].

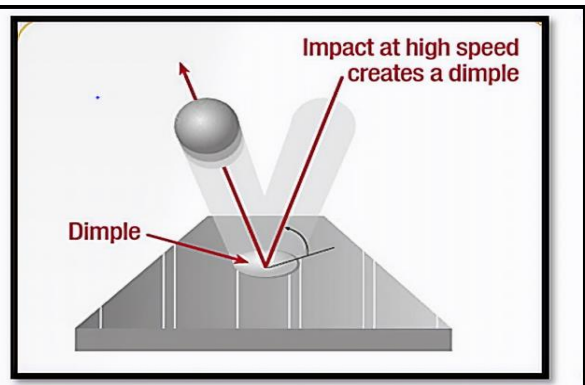
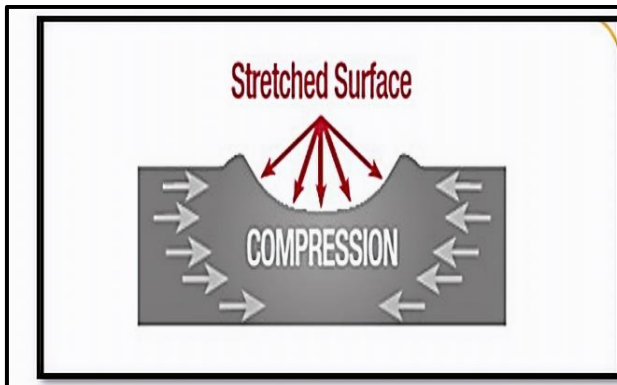
ان اول استخدام لطريقة اللحام الاحتكاكي (FSW) الشكل (1)، كان من قبل المعهد العالي للحام في (كامبردج , المملكة المتحدة) وذلك عام 1991 م [1]، حيث استخدم لحام الخلط الاحتكاكي (FSW) لتجميع بعض الاجزاء الميكانيكية و العلمية وكانت النتائج مشجعة على الاستمرار بتطوير هذه الطريقة . تعتبر تقنية (FSW) افضل من



شكل (1) مبدأ عمل اللحام الخلط الاحتكاكي.

الهيكل التي تتعرض الى حمل دوري لأغلب الهياكل الحديدية، ولذلك من المهم دراسة طرق تحسين الخواص الميكانيكية الناتجة من عملية اللحام الاحتكاكي كونه تقنية لحام حديثة . هنالك العديد من الاجراءات لتحسين الخواص الميكانيكية للأجزاء التي تتعرض الى انواع مختلفة من الاجهادات اثناء استخدامها، منها عملية السفع بالكرات (shot peening)، إذ انها عملية تشكيل على البارد. تتم العملية بسفع سطح العينات الملحومة بكرات مصنوعة من الفولاذ او الزجاج بسرعة عالية وتعمل كل كرة عمل مطرقة صغيرة مما يولد اجهادات انضغاطية متبقية في الطبقات السطحية لمناطق اللحام، كما موضح في الشكل (2) [2].

يتم توليد الحرارة بفعل الحركة الدورانية لمحور اللحام (pin) والكتف وكذلك الحركة الخطية الطولية على طول خط اللحام لجزئي الملحومة لحين وصولها الى درجة حرارة التلدين، والتي تتولد نتيجة الاحتكاك الحاصل ما بين منطقة تلامس الكتف والسطح العلوي للأداة ومنطقة تلامس محور اللحام والسطح الداخلي لجزئي الملحومة [3]. يتكون لحام الخلط الاحتكاكي من المناطق التالية المنطقة المجاورة nuggets، والمنطقة المتأثرة بالحرارة الميكانيكية (TMAZ)، والمنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ). توسع استخدام تقنية اللحام (FSW) بسرعة كبيرة وخاصة في السنوات الاخيرة التي شهدت تطويراً كبيراً في هذا المجال حيث استخدمت وصلات ملحومة في



شكل (2) عملية السفع بالكرات الفولاذية [4].

على السطح تم الحصول عليه من عملية السفع بالكرات عند مقارنتها مع النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام تقنيات مختلفة

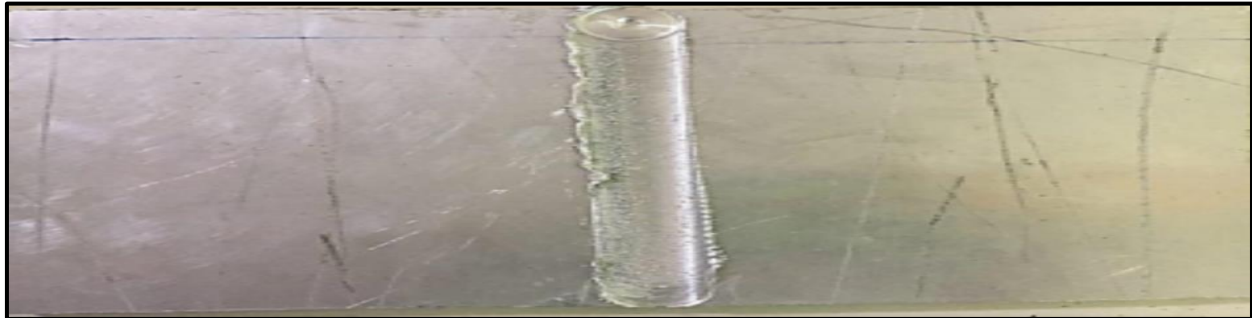
يوضح الشكل (3) عمق الاجهادات الانضغاطية، إذ لاحظ الباحث (Omar Hatamleh) [2] ان أعلى اجهاد انضغاطي متبقي

	Tensile Yield strength (σ_y) (MPa)	Ultimate Tensile strength (σ_u) (MPa)	Elongation (EI %) (%)	Hardness Vickers (HV)	Melting Temp. (K)	Modulus of Elasticity (GPa)
Standard Value	310	450	18	120	911	73.1
Actual Value	310	645	31	121	---	---

2.2 عملية اللحام

المحور العمودي لجميع قطع اللحام بزواوية قدرها 3° . من الجدير بالذكر ان القيمة المثلى لزواوية الميلان تكون بحدود (2-4) درجة [11]. وذلك للحصول على مقدار مناسب من الضغط على المعدن الملدن الخارج نتيجة الحركة الدورانية لتحسين عملية اللحام [12]. وسرعة دورانية مقدارها 1200 rpm وسرعة انتقالية 20 mm/min. عده اللحام (tool) مصنوعة من الفولاذ المتوسط الكربوني (AISI 1035) medium carbon steel وابعاد عده اللحام (tool) المستعملة في العملية موضحة في الشكل (6).

أجريت عملية لحام الخلط الاحتكاكي بواسطة ماكينة التفريز من نوع (Universal Milling Machine) من شركة (Knuth) ذات المنشأ الألماني. ذات المحاور الثلاثة ومسافة التنقل على المحور X (76.2 cm) والمحور Y (24.4 cm) والمحور Z (43.18 cm) وذات سرعة المدى العمودي (90 – 2000 rpm) وسرعة المدى الأفقي (40 – 1300 rpm). تم الحصول على وصله لحام من النوع تناسكي (Butt Joint) موضحة في الشكل (4) بعد وضع جزئي الملحومة المراد لحامها على سطح العربة المتحركة وتثبيتها بواسطة مثبتات موضحة في الشكل (5-ج). تم تثبيت ميلان عده اللحام مع



شكل (4) الوصلة التناكيبية الملحومة.

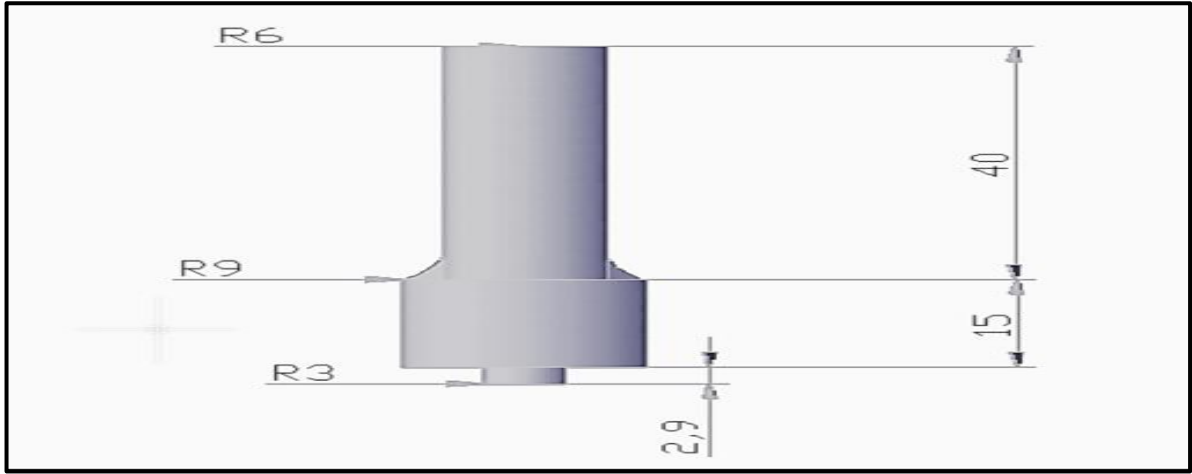


أ

ب

ج

شكل (5) معدات عملية اللحام : أ- عند اجراء عملية اللحام
ب- العده المستخدمة (tool)
ج- المثبتات المستخدمة لتثبيت قطعتي اللحام



شكل (6) ابعاد عده اللحام (الابعاد بوحده بالملم).

3.2 تقطيع العينات وترتيبها

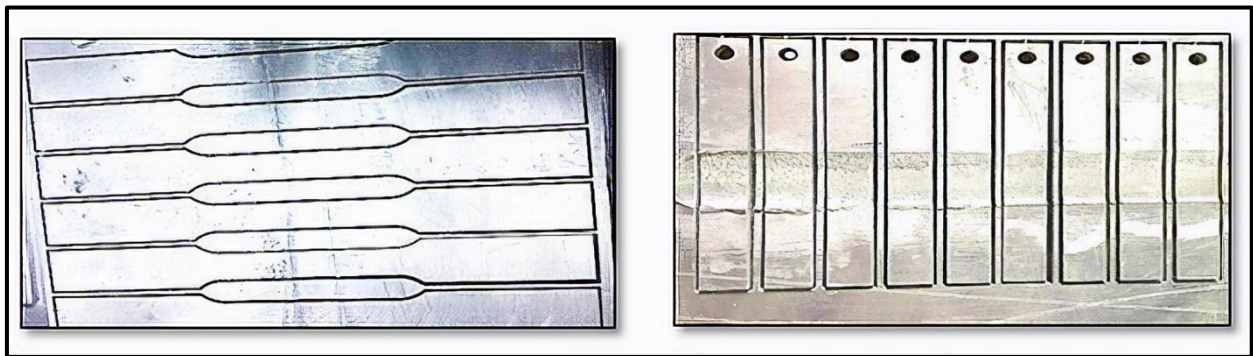
وشكل (7) يوضح تقطيع الملحومات وبالقياسات العالمية.

قطعت عينات فحصي الشد والكلال بواسطة جهاز القطع بالماء (TK – TRUMP50-G3020) وتم ترميزها كما في الجدول (2).

جدول (2)

تصنيف عينات الاختبار.

Specimen No.	A	B	C	D	E
Shot peening time (min)	Base metal	As Welded (no shot peening)	5	10	15



شكل (7) عينات اختبار الكلال والشد بعد عملية التقطيع.

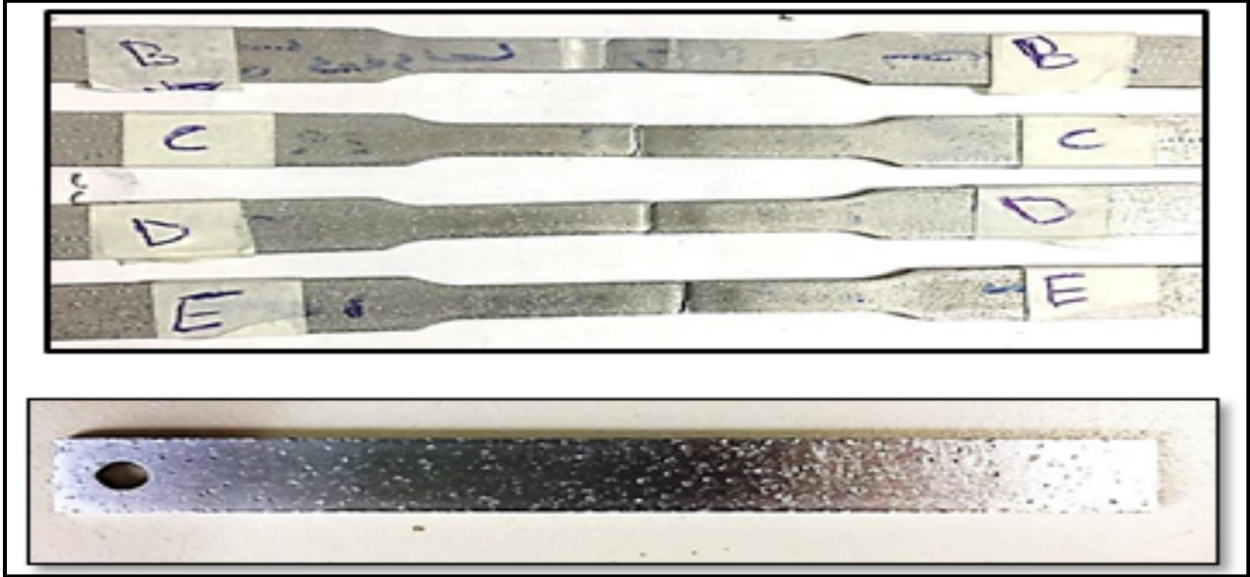
4.2 عملية السفع

البشارة (impeller) التي تقوم بقذف الكرات باتجاه العينات بسرعة 1435 rpm بمعدل سرعة 12 m/s. تتكون آلة السفع من أسطوانة دوارة بقطر داخلي يبلغ 590 mm وعمق 740 mm ، حيث يتم وضع العينات. شكل (8) عينات الاختبار داخل جهاز السفع. والشكل (9) يوضح العينات بعد عملية السفع.

انجزت عملية السفع بواسطة جهاز السفع (Sintokogio), موديل STB – OB, في معهد التكنولوجيا في بغداد إذ تم استخدام كرات بمتوسط قطر (3 mm) مصنوعة من الفولاذ منخفض الكربون وبمعدل سرعة سفع 12 m/sec. وبأزمان سفع (5,10,15) دقيقة. في هذا الجهاز، يعمل المحرك بتدوير



شكل (8) العينات داخل جهاز السفع.

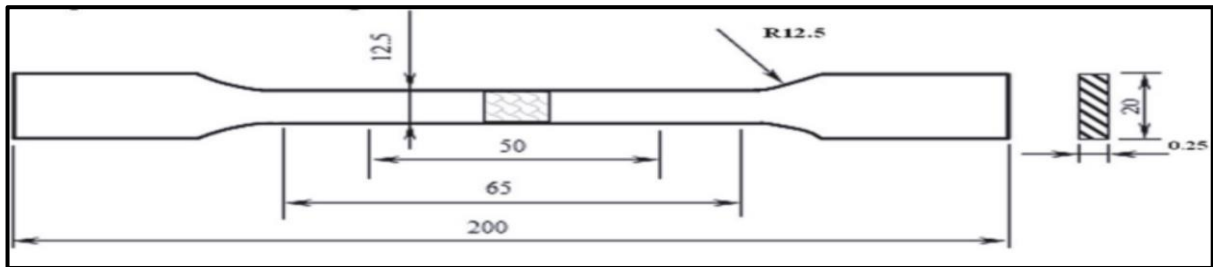


شكل (9) عينات الشد والكلال بعد عملية السفع.

5.2 اختبار الشد

هذه الماكينة بتسليط حمل بسرعة (1 mm/min) على العينة لحين حدوث الفشل و قراءة الحمل الأقصى من الشاشة الرقمية الخاصة بالماكينة علما أن للماكينة إمكانية حفظ القيمة القصوى للحمل عند الفشل.

تم تصنيع عينات الشد بموجب الموصفات القياسية (ASTM E8) والموضحة ابعادها في الشكل (10). اجري اختبار الشد للعينات الملحومة وغير الملحومة لغرض تحديد مقاومة الشد ونقطة الخضوع والمطيلية. اجري اختبار الشد باستعمال ماكينة الشد نوع (HOYTOM) ذات سعة (170 kN) وتم اختبار الشد على



شكل (10) ابعاد عينة اختبار الشد حسب الموصفات القياسية (الابعاد بالملم) [13].

6.2 اختبار الصلادة

غرز التي كانت عبارة عن هرم رباعي وقد تم اخذ متوسط القراءات لثلاث مناطق عند منطقة اللحام. وموصفات الجهاز موضحة في الجدول (3).

تم قياس الصلادة بطريقة فيكرز للعينات المسفوعة وغير المسفوعة والسبيكة الأساس باستخدام جهاز الصلادة (THV-501E). وذلك بتسليط حمل مقداره (500 g) ولمدة خمس ثواني، وبواسطة اداة

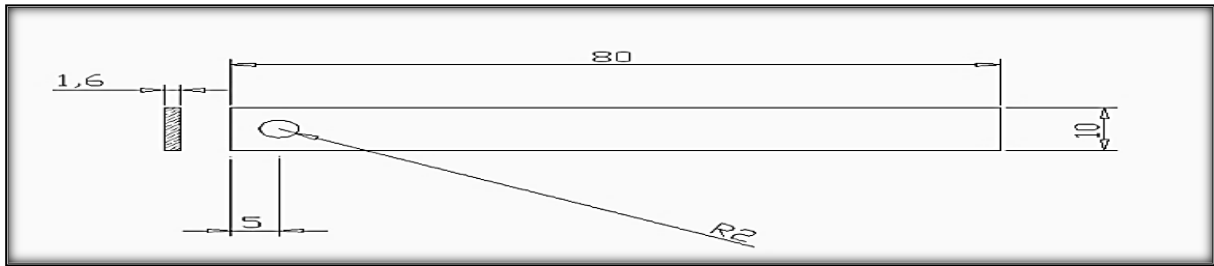
الجدول (3)

مواصفات جهاز اختبار الصلادة.	الاحمال المسلطة
10 ، 25 ، 50 ، 100 ، 200 ، 300 ، 500 ، 1000 غم	
التوافق مع المعيار العالمي	ASTM E-384, ISO/DIS6507-2
طريقة إبقاء الحمل	تلقائي
إمكانية الانتقال	بالاتجاه المحور X-Y بمسافة (110*110mm)
أداة الغرز	نوعان من أداة الغرز القياسية من الالماس 400HV – 700HV

7.2 اختبار الكلال

- 1- سرعة دوران عالية 6000 rpm تستخدم للمعادن وتعطي مليون دورة خلال 3 ساعات.
 - 2- سرعة دوران منخفضة 1500 rpm تستخدم للمواد البلاستيكية تعطي مليون دورة خلال 12 ساعة.
- حدود الطول الفعال للعينة ومقدار الانحراف 60 – 20 mm و ± 20 mm \rightarrow 0 على التوالي [14]. في عينات اللحام كانت المسافة من الجزء المثبت الى خط اللحام (5 mm).

تم تصنيع عينات الكلال وفقا لمواصفات الجهاز كما موضحة في الشكل (11) [14]. اجري فحص الكلال باستخدام جهاز كلال الانحناء المتناوب (HSM20) HI – TECH (alternative) مع (R= -1) في درجة حراره الغرفة بسعة ثابتة وسرعة دوران 6000 دورة في الدقيقة والطول الفعال (50 mm). حيث يحتوي الجهاز على نوعين من السرعة :



شكل (11) عينة اختبار مقاومة الكلال (الأبعاد بوحد الملم).

8.2 قياس الاجهادات المتبقية

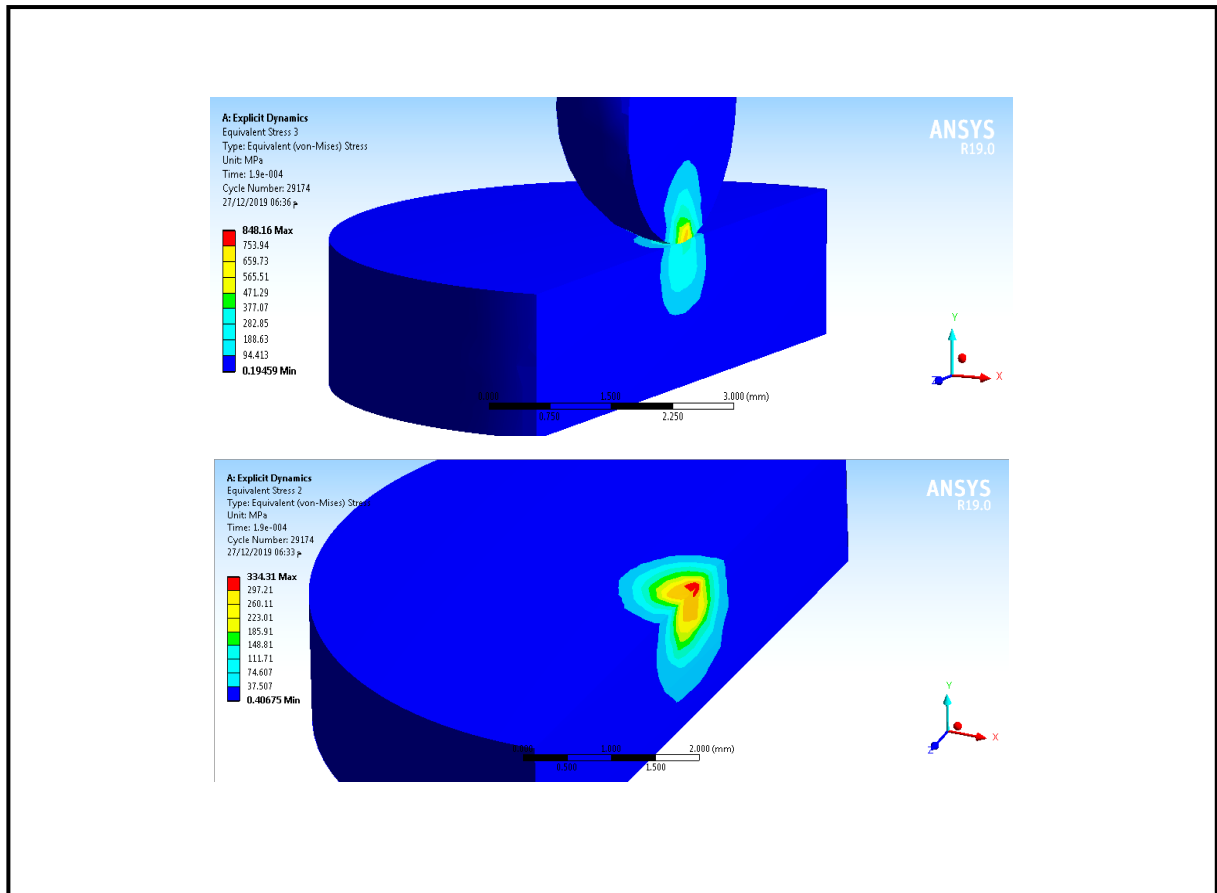
وكذلك عملية السفع حيث ان الاشاره السالبة تدل على ان الاجهادات المتبقية هي اجهادات انضغاطية والإشارة الموجبة تعني ان الاجهادات شدية.

36623 عقدة. إذ تم ايجاد مقدار التشوه الحاصل على السطح نتيجة عملية السفع بالكرات المبينة في الشكل (12) ومقدار اجهادات (von-Mises) الشكل (13)، وكذلك تم حساب عدد دورات الفشل وذلك عن طريق تسليط حمل (Force) وباستخدام نظريات الفشل. وعينات الكلال موضحة في الشكل (14)، حيث تمت مقارنتها مع النتائج التي تم الحصول عليها عمليا باستخدام جهاز الكلال.

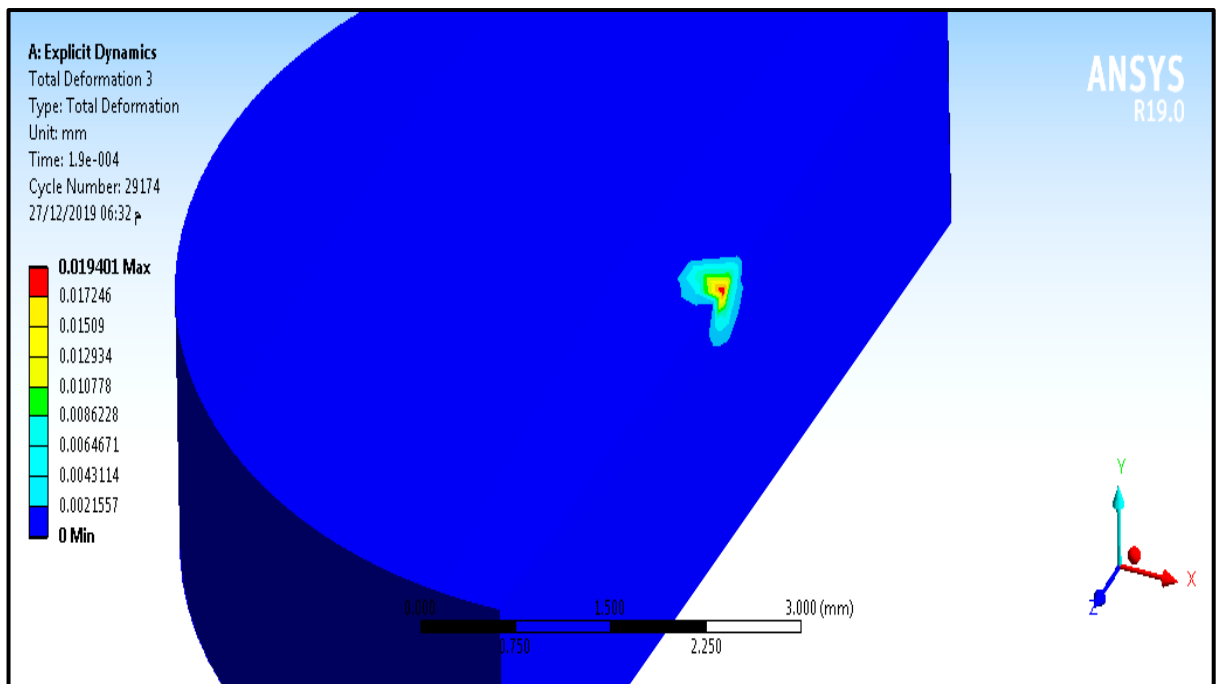
تم قياس الاجهادات المتبقية عند منطقة اللحام باستخدام تقنية حيود الاشعة السينية، بواسطة جهاز نوع (Lab – 6000) في مختبر بغداد المركزي. لاستخرج قيم الاجهادات المتبقية الناتجة من عملية اللحام

3. التحليل العددي

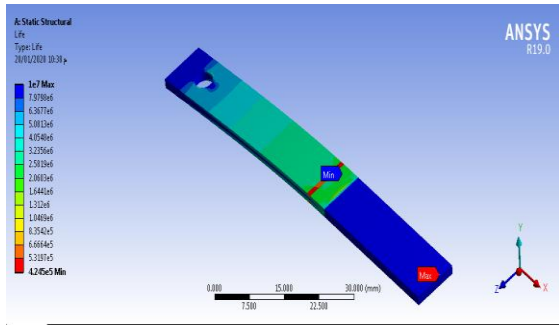
استخدم برنامج ANSYS.19 لمحاكاة عملية السفع حيث تم استخدام عنصر (solid, Brick 8 node 45) حيث يملئ عناصر رباعي الاسطح النموذج بعدد أقل من العقد لطول حافة العنصر نفسه و يستخدم العنصر للمعاملات المعقدة [15], تم إجراء عملية الربط عن طريق اختيار حجم وعدد العناصر في كل جسم المجموع الكلي لعدد العناصر 7924 عنصراً مع مجموع عقد



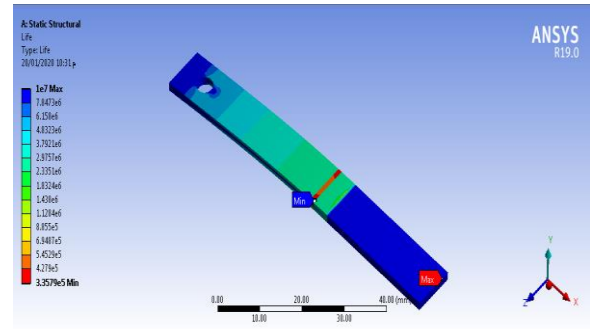
شكل (12) مقدار اجهادات (von- Mises) الناتجة من عملية السفع بالكرات الفولاذية.



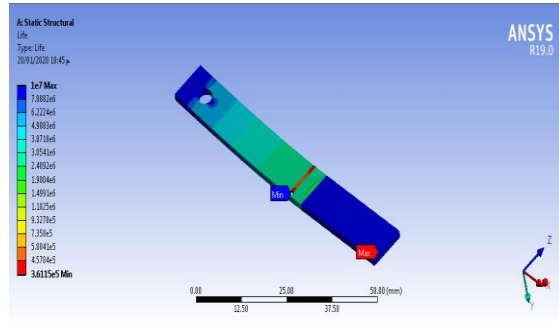
شكل (13) مقدار التشوه الناتج من عملية السفع بالكرات الفولاذية في سطح العينة.



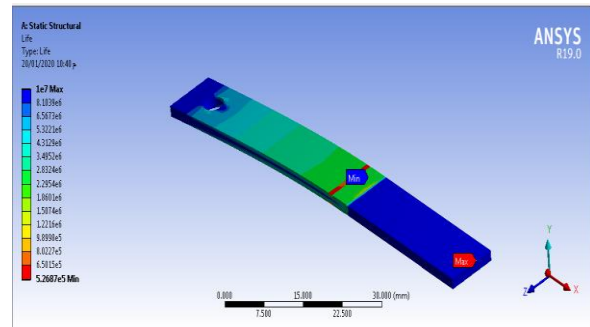
(ب)



(ا)



(د)



(ج)

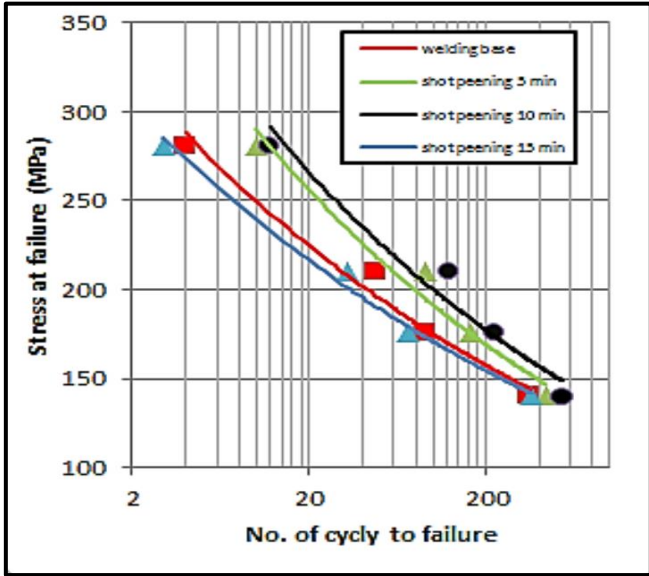
لمدة 5 دقائق (ج) عينة الكلال الملحومة والمسفوعة لمدة 10 دقائق (د) عينة الكلال الملحومة والمسفوعة لمدة 15 دقائق.

شكل (14) عينات اختبار الكلال قبل وبعد عملية السفع (أ) عينة الكلال الملحومة بدون سفع (ب) عينة الكلال الملحومة والمسفوعة

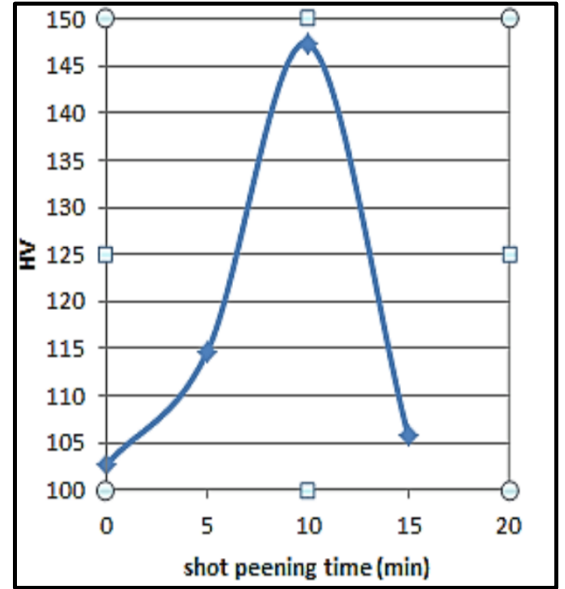
4. النتائج والمناقشة

تفوق سعة الاجهادات الشدية الضارة. وكذلك تزداد الصلادة السطحية بزيادة زمن السفع كما في الشكل (15) وذلك بسبب التشكيل البارد للسطح الناتج من عملية السفع بالكرات. حيث وجد ان زمن السفع (5,10) دقيقة تصل فيها قيمة الصلادة الى (114.6 HV). (147.36 HV) ولكن عند زيادة زمن السفع الى 15 دقيقة كانت قيمة الصلادة (105.66 HV) مما يؤدي الى الخشونة السطحية وبالتالي تجعل الطبقة مشوهة لدونيا بسبب عدد ضربات الكرات الفولاذية لمناطق اللحام, بهذا لوحظ نقصان في الصلادة السطحية وتحول الطبقة الى منطقة لدنة وبالتالي تزداد المطيلية نتيجة لاستيعابها التشكيل اللدن بمقدار اكبر وهذه النتائج متطابقة مع نتائج المصدر [17]. انه يدل على ان زيادة زمن السفع الى 15 دقيقة فان الخواص الميكانيكية للوصلات الملحومة تنخفض وذلك بسبب حدوث اصلاذ انفعالي شديد في الطبقات السطحية مما يؤدي الى توليد اجهادات شدية عالية والتي تقلل من الاجهادات الانضغاطية المفيدة. يتضح من مقارنة نتائج التجريبية والعديد لمنحنيات اجهاد - عدد دورات S-N curve الموضحة في الاشكال (من 19 الى 22) تكون متقاربة للغاية . لذلك , وجد توافق بين النتائج التجريبية والعديد. كانت نسبة الخطأ بين النتائج العديده والتجريبية لمقاومة الكلال اقل من 2% لكل الحالات واعلى نسبة خطأ لحد التحمل لا تتجاوز 2.1 %.

اظهرت نتائج الاختبار في الشكل (15)(16)(17) انخفاض قيم الصلادة والشد ومقاومة الكلال على التوالي بعد عملية اللحام بسبب تولد الاجهادات الشدية الناتجة من تقلص وانكماش المعدن نتيجة عملية التبريد. حيث يلاحظ من خلال الشكل (18) الناتج من فحص الاشعة السينية (XRD) انخفاض قيم الاجهادات المتبقية الانضغاطية في المجموعة (B) بسبب الاجهادات الشدية, ولكن بعدها تزداد نتيجة عملية السفع. تتحسن الخواص الميكانيكية لمجاميع العينات (C,D) عند مقارنتها مع القطع الملحومة غير المسفوعة في المجموعة (B) , حيث تؤدي عملية السفع بالكرات الفولاذية الى تكوين انخلاعات عالية الكثافة [16]. وتؤدي في نفس الوقت الى تشوية الحبيبات في الطبقة السطحية بعد القذف بالكرات والتي تحسن من الخواص الميكانيكية . بالنسبة لمقاومة الكلال تساهم الاجهادات الانضغاطية المتبقية في إعاقه تقدم شق الكلال على السطح . ومن الشكل (17) لمخطط منحني اجهاد - عدد الدورات (S – N curve) تزداد مقاومة الكلال للعينات المسفوعة مع زيادة زمن السفع لازمان (5, 10) دقيقة. وصلت قيمة حد الكلال الى (126.45 , 133.48 MPa) على التوالي مقارنة مع وصلات اللحام غير المسفوعة إذ كانت قيمته (122.89 MPa). ويعزى ذلك الى زيادة سعة الاجهادات الانضغاطية على سطح وصلات اللحام المسفوعة والتي



شكل (17) منحنى اجهاد - عدد دورات (S - N curve) شبة لوغاريتمي.

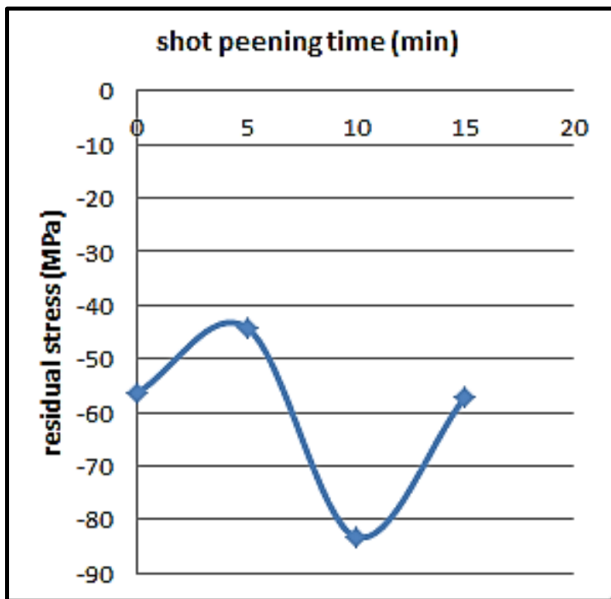


شكل (15) نتائج اختبار الصلادة.

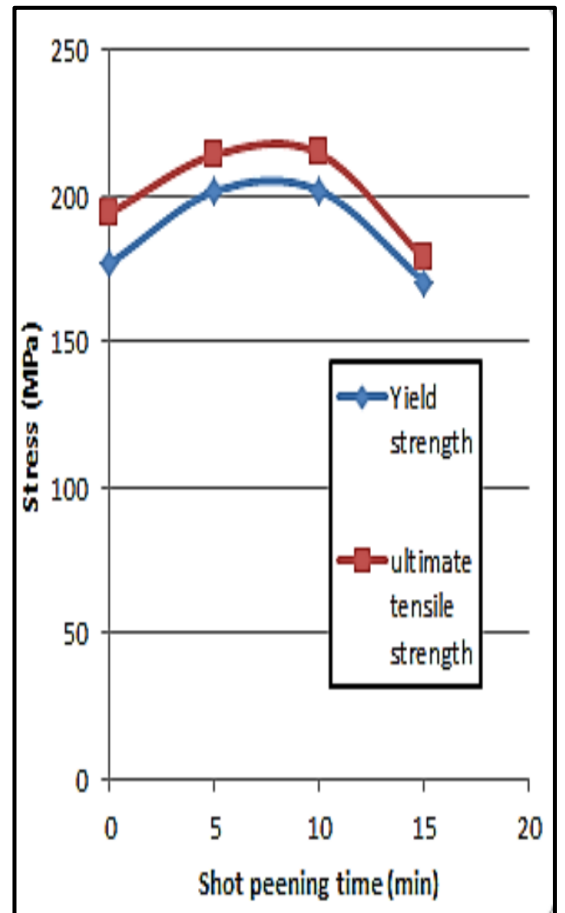
جدول (4)

نتائج حد التحمل لاختبار عمر الكلال.

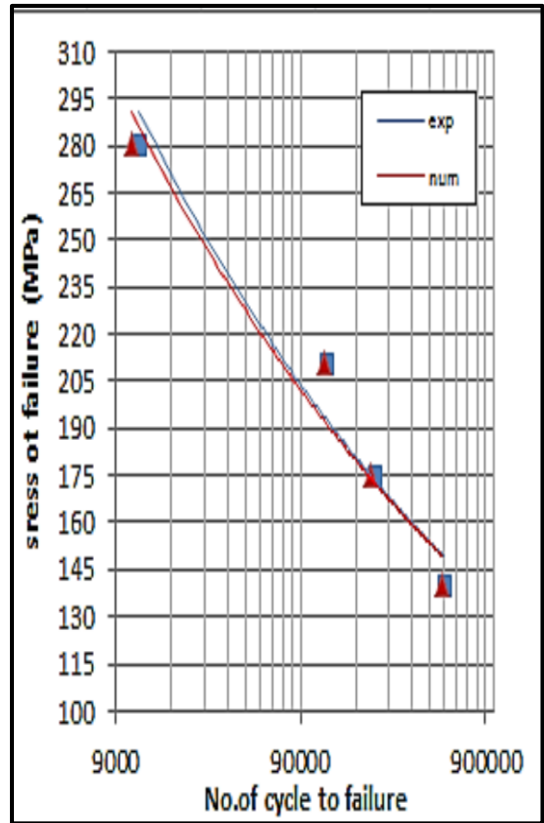
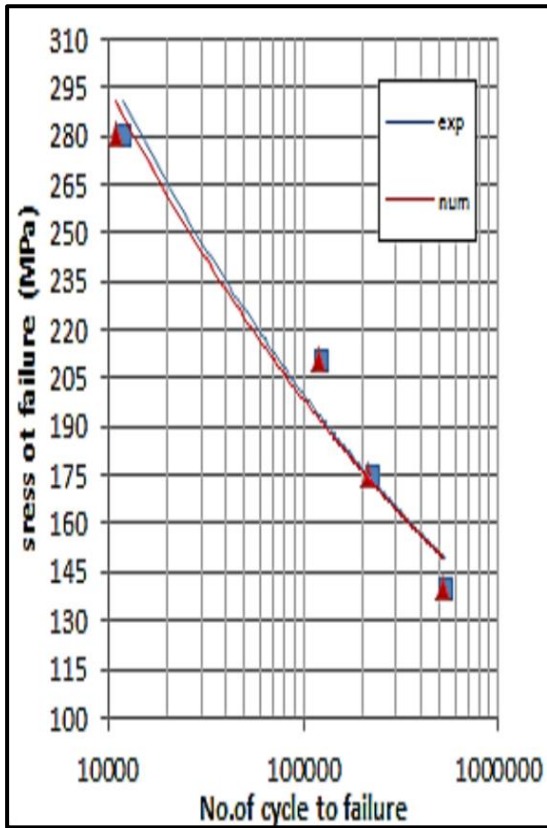
المجاميع	σ_f (MPa)
A	122
B	126
C	133
D	121



شكل (18) تأثير السفع بالكرات على الاجهادات المتبقية.

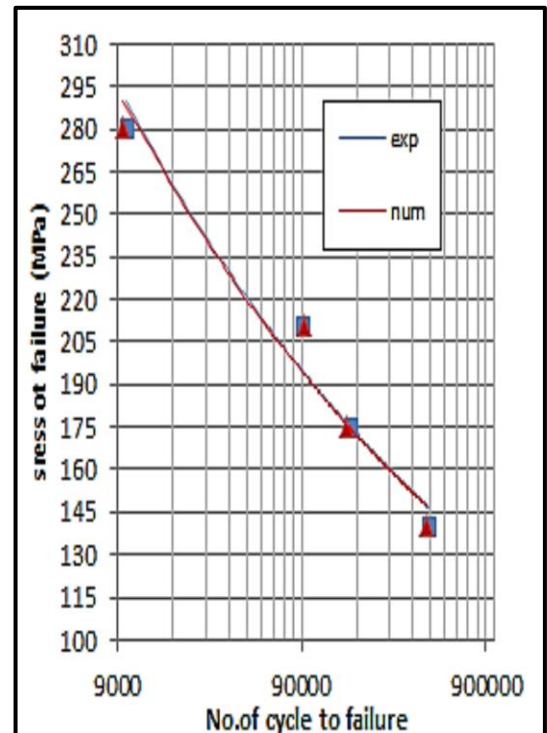
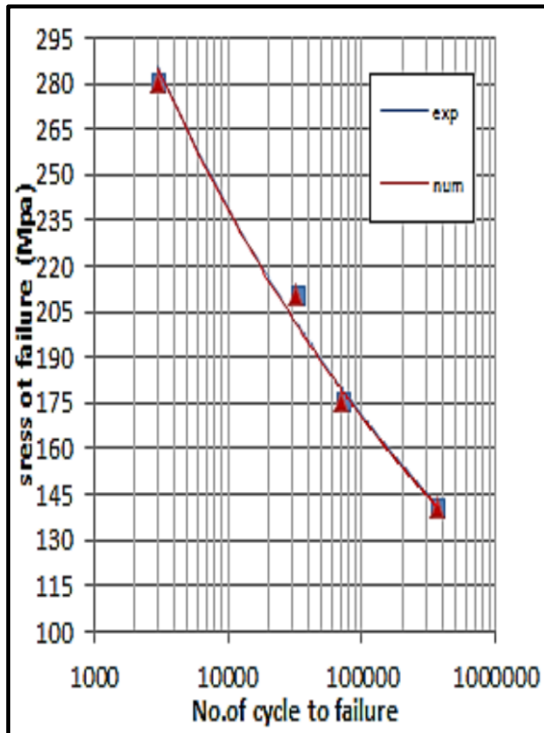


شكل (16) نتائج اختبار الشد



شكل (19) منحنيات S-N شبه لوغاريتمية للمقارنة بين النتائج التجريبية والعديدية للوصلات الملحومة بدون سفح.

شكل (21) منحنيات S-N شبه لوغاريتمية للمقارنة بين النتائج التجريبية والعديدية للوصلات الملحومة والمسفوعة لمدة 10 دقائق



شكل (20) منحنيات S-N شبه لوغاريتمية للمقارنة بين النتائج التجريبية والعديدية للوصلات الملحومة والمسفوعة لمدة 5 دقائق

شكل (22) منحنيات S-N شبه لوغاريتمية للمقارنة بين النتائج التجريبية والعديدية للوصلات الملحومة والمسفوعة لمدة 15 دقائق

5. الاستنتاجات

3- زمن السفع 10 دقيقة اعطى افضل تحسن في الخواص الميكانيكية.
4- ان طريقة X-RAY الغير تدميرية هي افضل طريقة لقياس الاجهادات المتبقية.

1- تزداد الخواص الميكانيكية لوصلات اللحام (FSW) بعد سفعها بالكراوات الفولاذية وبأزمان سفع (5 , 10) دقيقة إذ تتحسن مقاومة الشد والصلادة ومقاومة الكلال مقارنة بالعينات الملحومة غير المسفوعة.
2- اما للعينات الملحومة و المسفوعة لمدة 15 دقيقة فأنها لم تؤدي الى تحسن في الخواص الميكانيكية وذلك بسبب حدوث اصلااد انفعالي شديد في الطبقات.

المصادر

- [1] Thomas WM, Nicholas ED, Needham JC, Murch MG, Templesmith P, Dawes CJ. Friction Stir Butt Welding. Int. Patent App. PCT/GB92, Patent Application GB9125978.8, 6, December 1991: 460-317.
- [2] Hatamleh, O. Effects of Peening on Mechanical Properties in Friction Stir Welded 2195 Aluminum Alloy Joints. *Materials Science and Engineering*; 2008; 492 (1-2), 168-176.
- [3] Mustafa Sh. M. (2018) A Theoretical and Scientific Study of Friction Mix Welding of Different Alloys. MSc. Thesis, Tikrit University, Tikrit, Iraq; 2018. (In Arabic)
- [4] Company MI, Shot Peening Applications. 9th ed., Curtiss-wright Corporation, USA. 2005.
- [5] Champaigne J. Shot peening overview. Metal Improvement Company. 2001
- [6] Mona Kh. A, The effect of blasting steel balls on fatigue resistance of low carbon steel welded joints. *Engineering and Technology Journal*, 2008; 26 (3): 95-105. (In Arabic)
- [7] Salman HK, Khethier AM, Mohammed AAH. (2015). Effect of Shot Peening on the Mechanical Properties For Welded Joints of Aluminum Alloy 6061-T6. *Global Illuminators Publishing*, 2015; 2: 43-56
- [8] Shareef MNM. Effect of Shot Peening on Mechanical Properties and Endurance Limit of Composite Materials. MSc. Thesis University of Technology, Baghdad, Iraq, 2014.
- [9] Hatamleh O, Lyons J, Forman R. (2007). Laser peening and shot peening effects on fatigue life and surface roughness of friction stir welded 7075-T7351 Aluminum. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials and Structures*, 2007; 30 (2): 115-130.
- [10] Davis JR. (Ed.). (1990). ASM handbook (Vol. 2). ASM International.
- [11] Arici A, Selale, S. Effects of tool tilt angle on tensile strength and fracture locations of friction stir welding of polyethylene. *Science and technology of welding and joining*, 2007; 12 (6): 536-539.
- [12] Hamoody NA, Effect of Friction Stir Welding and Process Parameters on the Mechanical Properties of 2024 –T3 Aluminum Alloy Weldments. PhD thesis Degree of Doctor of Philosophy In the field of Mechanical Engineering / Applied Mechanics, 2011.
- [13] Prasad KS, Rao CS, Rao DN, Study on Effect of Welding Speed on Micro Structure and Mechanical Properties of Pulsed Current Micro Plasma Arc Welded AISI 304L Sheets. *Journal for Manufacturing Science & Production*, 2012; 12(2): 95-103.
- [14] Roberts NP, Hart NR. Alternating Bending Fatigue Machine (HSM20), Instruction Manual. Hi-Tech Ltd. UK, 2001; 150, 200-250.
- [15] Abbas MA. Comparison of convergence rate of higher order tetrahedral and hexahedral elements for Linear Static Structural FEA. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 2018; 119 (10): 1927-1933.
- [16] Sun Y, Sheng G, Gao X, Xu C., Yuan X. The effect of high energy shot peening on microstructure and joining strength of TIG welded AZ31B weldment. *Materials, Research Express*, 2018; 5 (8), 086516.
- [17] Ali AKh. (2014) The effect of blasting by pellets on the fatigue behavior of aluminum alloy 5052-H34. MSc Thesis, Tikrit University, Tikrit, Iraq. 2014. (In Arabic)