



دراسة عملية ونظرية لتوزيع الاجهادات الحرارية في وصلات اللحام النقطي لسبيكة الالمنيوم – مغنيسيوم (5052)

م.م. احلام عبد الامير الخفاجي
قسم الهندسة الكهروميكانيكية
الجامعة التكنولوجية

ا.د. منى خضير عباس
قسم هندسة الانتاج والمعادن
الجامعة التكنولوجية

الملخص

في هذه الدراسة تم لحام صفائح من سبيكة الالمنيوم – مغنيسيوم نوع (5052) بطريقة اللحام القوس الكهربائي النقطي بقطب التنكستن (TIG Spot) المحمي بالغاز الخامل على شكل وصلات تراكبية لصفحة ذات سمك (1mm). واجريت عملية اللحام النقطي عند تيارات مختلفة وازمان مختلفة وعند طول قوس ثابت (1.6 mm). وتم اختيار الظروف المناسبة للحام اعتمادا على قوة القص العظمى لوصله اللحام. اما الدراسة النظرية فقد تضمنت استخدام برنامج (Ansys 5.4) باستخدام طريقة العناصر المحددة لحساب الاجهادات الحرارية في وصلة اللحام عند تيارات لحام (120,110,100,80) Amp وازمان لحام (8,7,6)sec. وقد اظهرت النتائج العملية ان افضل قوة قص لوصله اللحام كانت 2000N عند تيار لحام (110 Amp) وزمن (6Sec) والتي اعطت افضل توزيع للاجهادات الحرارية الضغطية خلال قطر وعمق نقطة اللحام. وتم اجراء المقارنة للنتائج المستحصلة من البرنامج الحاسوبي مع النتائج العملية من خلال قياس الصلادة عبر مقطع وصلة اللحام النقطي حيث كانت النتائج متوافقة.

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDY FOR THERMAL STRESSES DISTRIBUTION IN (TIG SPOT) WELDS OF AL-MG ALLOY (5052).

Abstract

In this study Tungsten Inert Gas spot welding (TIG Spot) is carried out for Al-Mg alloy (5052) with the overlap join for sheet of 1mm thickness. Welding process is carried out at different welding currents and times at a constant arc length (1.6mm). optimum welding conditions are determined depending on maximum shear force of weld joint. Theoretical work is by using finite element method by utilizing program (Ansys 5.4) to calculate thermal stresses in TIG Spot at welding currents (80,100,110,120)Amp and welding times(6,7,8)sec.

The results showed that the best maximum shear force for welds was 2000N at 110Amp and 6sec. These result gives better distribution for thermal compressive stresses through depth and diameter of spot weld. The comparisons between computational results and experimented work from hardness measurement through a cross section of spot weld have a good agreement.

1- المقدمة

تعتبر طريقة لحام القوس الكهربائي النقطي بقطب التنكستن المحمي بالغاز الخامل (TIG Spot) من طرائق اللحام الانصهاري والتي تعد من أهم العمليات التجميعية المهمة لربط والصفائح المعدنية الرقيقة التي تدخل في صناعة الأجزاء المعدنية وهي تحقق متانة جيدة للأجزاء وضمان الأداء الجيد علاوة على سهولة وسرعة اللحام والإنتاجية العالية.[1]

اللحام الانصهاري هو عملية صهر معدن أو سبيكة بتعريضها إلى درجات حرارة عالية تفوق درجة انصهارها ثم انجماد المعدن المنصهر تحت الظروف الطبيعية . ان اللحام النقطي بقطب التنكستن المحمي بالغاز الخامل (TIG Spot) يتم باستعمال قطب التنكستن مثبت داخل مشعل اللحام ويمثل احد أقطاب الدائرة الكهربائية بينما تعتبر الشغلة هي القطب الآخر.

وقد تحدث اجهادات حرارية في الأجزاء الملحومة عند نقطة اللحام وتتخلف اجهادات متبقية (Residual Stresses) بعد أكمال عملية اللحام حيث تسبب أحيانا عدم ترابط الوصلات الملحومة علاوة على ان اجهادات شد عالية تتولد خاصة في المنطقة القريبة من اللحام قد تسبب فشل في التراكيب الملحومة وأحيانا انفصال قطعتي اللحام. أما إذا كانت الاجهادات المتبقية من نوع اجهادات ضغطية فأنها تكون مفيدة وتعمل على تحسين خواص الوصلة [2] . لقد قام العديد

من الباحثين بدراسة الاجهادات المتبقية في الملحومات ومنها الدراسة التي قام بها الباحث (T.Zacharia) وجماعته[3] في عام(1997) بمحاكاة ونمذجة الاجهادات المتبقية في الملحومات للفولاذ (HY-100). واستخدم اللحام النقطي بطريقة (GTA) وأجريت عملية التحليل للاجهادات باستعمال طريقه العناصر المحددة (FEM) ومقارنتها بطريقة حيود النيوترونات (Netro diffroetions) وقد وجد تطابق جيد في النتائج بين الطريقتين وتم التوصل إلى أن الاجهادات المتبقية المستحصلة من البرنامج الحاسوبي في منطقة الانصهار والمنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ) كانت أعلى من الاجهادات المقاسة بطريقة حيود النيوترونات .

قام الباحث (Li Baoqing) وجماعته(2002)[4] بمحاكاة عملية لحام المقاومة الكهربائي لسبيكة الالمنيوم (5052) بطريقة العناصر المحددة (FEM) واستخدمت طريقة التحليل (Contact analysis) لدراسة توزيع الضغط عند مساحة التماس عند الأسطح الفاصلة ما بين الأجزاء المراد لحامها أي عند السطح الفاصل بين الأقطاب والشغلة وتعتبر عملية توزيع

الاجهادات عندها عملية معقدة وصعبة التحليل لذلك استخدمت المحاكاة باستعمال برنامج (Ansys) لتسهيل عملية التحليل والحل . وقد لوحظ من نتائج المحاكاة العددية (Numerical simulation) إن توزيع الضغط عند منطقة الاتصال بين الشغلة والأقطاب تعتمد بشكل أساسي على قطر الأقطاب وسمك الشغلة ومقدار القوة المسلطة على الأقطاب .

قام الباحث (N.Visniakov) وجماعته [5] عام (2004) بأجراء المحاكاة بطريقة العناصر المحددة (FEM) عند لحام الهياكل المعقدة الشكل (Cast rims) من سبيكة الألمنيوم – سيليكون (3%Si). وتم أجراء اللحام بالقوس الكهربائي (TIG) باستخدام أقطاب لحام نوع (OK 78.05 Tig rod) قطرها (4.0mm) عند ظروف لحام متغيره من التيار، السرعة وكمية الحرارة أداخله ودراسة مدى تأثيرها على البنية المجهرية لمناطق اللحام وكذلك جوده ونوعيه اللحام واستعمل برنامج Ansys Software ونوعية العنصر (Solid 70). وقد تم قياس توزيع درجات الحرارة عند ثلاث نقاط بالقرب من حافة (Rims). وقد تم التوصل إلى ان اكبر منطقة هي المنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ) وكانت درجة الحرارة أعلى من (573°K) وان الاختلاف في قيمة درجات الحرارة بين النتائج العملية والنظرية لأتزيد عن 5%.

وقام الباحث (T.Sariel) وجماعته عام (2006) [6] بدراسة توزيع الاجهادات المتبقية لأقراص من سبيكة (Ti6Al4V) ملحومة بطريقه اللحام النقطي (GTA Spot). وقد تم قياس توزيع الاجهادات بطريقه حيود الاشعه السينية وقد استخدمت ثلاث أقراص (Disc) بسمك مختلف (10.5,8.5,6.5)mm. وأجريت عليه اللحام بتيارات مختلفة وتم مقارنة النتائج المستحصلة من طريقه الثقوب (Hole-drilling) والمحاكاة العددية. وقد وجد إن توزيع الاجهادات في الطرق الثلاثة كان متماثلا ومتشابهة مع نتائج التوزيع المستحصلة من البحوث السابقة وكانت عبارة عن اجهادات شديه بالقرب من منطقه الانصهار وتتحدر تدريجيا إلى اجهادات ضغطية عند الابتعاد عن منطقه الانصهار ثم تزداد وتصل تقريبا إلى الصفر عند حافة القرص. وكانت قيم الاجهادات تختلف في الطرق الثلاث.

الهدف من البحث

1. دراسة توزيع الاجهادات الحرارية في منطقة اللحام والمنطقة المتأثرة بالحرارة لوصلات من سبيكة (Al-Mg) (5052) باستخدام طريقة العناصر المحددة باستخدام برنامج (Ansys 5.4).
2. دراسة تأثير متغيرات اللحام (TIG) النقطي من (زمن ، و تيار اللحام) على توزيع الاجهادات الحرارية في وصلات اللحام.
3. مقارنة النتائج المستحصلة من البرنامج الحاسوبي مع النتائج العملية عن طريق قياس الصلادة الدقيقة عند منطقة اللحام والمنطقة المتأثرة بالحرارة والمعدن الاساس.

Experimental Work

2 - الإجراءات العملية:

1-2 السبيكة المستخدمة:

تم استخدام سبيكة الألومنيوم- مغنيسيوم (Al-Mg) على شكل صفائح بسمك (1 mm) لما تتميز به من متانة عالية وقدرة على التشكيل واللحام ومقاومة جيدة للتآكل مما يجعلها جيدة الاستعمال في عمليات اللحام مقارنة مع باقي أنواع السبائك عالية المتانة. [7]
والجدول (1) يوضح التركيب الكيماوي لسبيكة (Al-Mg) (5052). والجدولين (2)، (3) يوضح الخواص الميكانيكية والحرارية لسبيكة (Al-Mg) (5052). [8].

2-2 عملية اللحام

أجريت عملية اللحام بالقوس الكهربائي بقطب التنكستن المحمي بالغاز الخامل (TIG spot) (لصفيحتين متراكبتين من سبيكة (Al -Mg) وبسمك (1mm) لكل منهما .وقد تم استخدام ماكينة لحام اعتيادية نوع (<Messer Griesheim Multi WIG>G350-1) . واستعمل قطب التنكستن نوع (EWth₂) بقطر (3.2mm)، وكان معدل ضخ غاز الاركون (15 Liter/min) وتم تثبيت طول القوس (وهي المسافة بين نهاية قطب التنكستن والأجزاء المراد لحامهما) حيث كان (1.6mm). وقد أجريت عملية اللحام باستعمال قطبية مباشرة (DCSP) وفولتية ثابتة (12Volt). وتم تحديد الظروف المناسبة لمتغيرات اللحام وتم مقارنة هذه النتائج مع النتائج العملية بالاعتماد على قياس قوة القص العظمى للوصلة اللحام وتوزيع الصلادة عبرالمقطع العرضي لوصلة اللحام النقطي.

2-3 اختبار قوة القص

استخدم جهاز اختبار الشد (Instron Machine 1195) لقياس قوة القص العظمى لوصلات اللحام النقطي وهو من الاختبارات الشائعة لفحص قوة القص إذ لا يمكن الاعتماد على فحص مقاومة الشد لنقطة اللحام ونظرا لعدم انتظام مساحة منطقة اللحام لصعوبة قياسها بدقة نظرا للتغير الذي يطرأ على المنطقة مع اختلاف ظروف اللحام. [9].

2-4 الفحص المجهرى والصلادة

بعد عملية اللحام واختيار الظروف المناسبة لكل حالة من متغيرات اللحام تم تحضير العينات للفحص المجهرى وقياس الصلادة لوصلات اللحام النقطي (TIG Spot) .
وقد أجريت عملية التتعيم الرطب بالماء باستخدام ورق تتعيم من نوع (SiC) بدرجات مختلفة (1000,500,320,220). ثم أجريت عملية الصقل باستخدام معجون الماس (Diamond) بحجم (1µm). بعد ذلك تم غسل العينة بالماء والكحول وتم تجفيفها.

ثم تم استعمال محلول الإظهار والذي يتكون من (1%HF+99%H₂O) حيث تم غمر العينة لمدة 20sec) وبعدها تم غسل العينة بالماء والكحول وجففت لتصبح جاهزة للفحص المجهرى. إما بالنسبة لقياس الصلادة فقد استخدم جهاز فيكرز (Vickers Test) لقياس الصلادة الدقيقة لمنطقة اللحام والمنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ) من خلال تسليط حمل مقداره 20g) لفترة زمنية تصل الى (15 sec). تم قياس معدل قطر الاثر الناتج على اساسها وتم حساب الصلادة عبر المقطع العرضي لمنطقة اللحام بدا من مركز نقطة اللحام ثم المنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ) الى المعدن الأساس.

3- الجانب النظري/ محاكاة عملية اللحام Theoretical Work / Welding Simulation

تمت نمذجة عملية اللحام لوصلات اللحام النقطي (TIG Spot) من نوع لحام تراكبي (Over lapping) باجراء التحليل باستخدام برنامج (Ansys 5.4) واستعمال طريقة العناصر المحددة وكما يلي:- [10]

1- يتم رسم القطعتين المراد لحامهما لوصلة اللحام نوع (Over lapping) في حاله (3D)، ولما كانت الاجزاء المراد لحامهما متناظرة المقاطع، فقد تم اخذ نصف الأنموذج وكما مبين في الشكل (1) وتم الرسم حسب الابعاد الآتية:

$$\text{Length (L)} = 100\text{mm}, \text{ Width (W)} = 25\text{mm}, \text{ Thickness (t)} = 1\text{mm}$$

2- إدخال خواص المعدن

يتم إدخال خواص السبيكة المستخدمة في هذا البحث وهي سبيكة الألمنيوم - مغنيسيوم (5052) والجدولين (2)، (3) يبينان الخواص الميكانيكية والحرارية للسبيكة على التوالي .

3- نوع العنصر وعمل الشبكة

الهدف النهائي لتحليل العناصر المحددة هو إعادة خلق أنموذج رياضي للنظام الحقيقي الهندسي وبمعنى آخر التحليل يجب إن يتم على الأنموذج الرياضي الذي تم خلقه لتمثيل الخواص الفيزيائية إذ إن توليد الأنموذج يعني الترتيب الهندسي لعقد الأنموذج والعناصر وعمل الشبكة (Mesh) ونوعيتها (Free Mesh). وتم معادلة المعدن على اساس (Bilinear Kinematic Hardeing Rue) وعلى اساس سلوك المادة (Elasto Plastic). اما العنصر الذي تم تطبيقه هو (Solid 98) والذي استخدم في البرنامج من اجل تمثيل حالة الازدواج بين الإزاحة والاجهادات (Coupling). ويمتلك هذا العنصر العديد من درجات الحرية وتم تحديد أربعة درجات هي (Stresses, Ux, Uy, Uz). علما ان درجات الحرية الكلية لعملية اللحام

النقطي حسب الأنموذج الذي تم تحليله في هذا البحث 7772 عقدة $4 \times$ درجات في الحرية
فنحصل على درجات الحرية الكلية للأنموذج.

$$\text{درجات الحرية الكلية للأنموذج} = 7772 \times 4 = 30088$$

وتم تحديد حجم صغير للعنصر عند منطقة اللحام لأهمية هذه المنطقة مقارنة عما يجاورها
وللحصول على دقة عالية لنتائج توزيع الاجهادات والشكل (2) يبين عمل الشبكة لوصلة اللحام
وحسب تصميم منطقة اللحام.

4 - إدخال متغيرات اللحام الرئيسية لعملية اللحام والتي تم دراستها في هذا البحث ضمن الحدود
التالية:

زمن اللحام (6, 7, 8) sec و تيار اللحام (80, 100, 110, 120) Amp .

5- وضع الشروط الحدية التي تجعل أنموذج العناصر المحددة لقطعتي اللحام وكأنهما إنشاء
عملية اللحام فعلا وهي نوعان:

أولا : شروط حدية خاصة ب تثبيت قطعتي اللحام لكي لا تكونان حرتان تحت تأثير القوة
المسلطة وهي تساهم في حساب الاجهادات والتشوهات .

ثانيا : شروط حدية خاصة بالمحيط الحراري بحيث تكون مشابهة بقدر الامكان للظروف
الحقيقية التي تكون بها القطعتين إنشاء عملية اللحام ، فكان اعتبار القطعتين تحت درجة حرارة
اولية مقدارها (50°C) وهي الدرجة التي تحيط بنقطة اللحام ، ودرجة حرارة نقطة اللحام تعتمد
قيمتها على متغيرات اللحام من زمن وتيار لحام والشكل (3) يوضح الشروط الحدية الخاصة
بالقطعتين.

6- تطبيق الأحمال استخلاص النتائج

في هذه المرحلة تم تعريف شكل التحليل وهو تحليل انتقالي (Transient) حيث انه يحتاج إلى
زيادة كبيرة في الوقت ويحتاج إلى تكرار التوازن . وقد تم تطبيق الحمل الحراري الناتج عن التيار
والبدء بحل العناصر المحددة.

7- عرض النتائج

في هذه الخطوة يتم عرض نتائج التحليل ، أي عرض توزيع الاجهادات الحرارية عبر قطر وعمق
نقطة اللحام لوصلات اللحام عند تيارات وازمان مختلفة .

Assumptions

4- الافتراضات

- 1- اهمال انتقال الحرارة بالحمل والاشعاع.
- 2- اعتبار تغير سرعة انتقال المصدر الحراري ثابتة حيث ان اللحام موقعي (نقطي).
- 3- اعتبار الصفائح المعدنية المراد لحامها مثبتة ومعزولة حراريا وكما موضح في الشكل (3) في متن البحث.
- 4- اعتبار تغير الخواص الفيزيائية للسبيكة ثابتة مع الزمن.
- 5- اعتبار الاجزاء الملحومة ونقطة اللحام متناظر.

5- النتائج والمناقشة

1- مناقشة النتائج العملية

1-1 تأثير تيار وزمن اللحام

من الجدول (4) الذي يوضح القيم العملية لنتائج اختبار الشد القصي لوصلات اللحام النقطي لسبيكة الالمنيوم (5052). يلاحظ عند زيادة تيار اللحام تزداد قوة القص العظمى لوصلات اللحام النقطي عند زمن ثابت وطول قوس ثابت (1.6mm). وكذلك الحال بالنسبة لزيادة زمن اللحام فان قوة القص العظمى تزداد ايضا عند تيار ثابت وطول قوس ثابت. ولكن نجد ان تأثير التيار اكبر من تأثير زمن اللحام وهذا يعود الى زيادة قطر نقطة اللحام وكذلك تغلغل اللحام عبر القطعتين المتراكبتين وبالتالي زيادة مقاومة الوصلة.

ونجد ان افضل تيار هو (110Amp) عند زمن (6sec) حيث وصلت قوة القص العظمى الى (2000N) ثم انخفضت قوة القص الى (1400N) عند تيار (130Amp) وهذا يعني ان زيادة التيار الى قيم عالية جدا يؤدي الى تناثر (Splashing) وخروج المعدن المنصهر من منطقة اللحام وبالتالي تؤدي الى تكوين عيوب اللحام كالمسامية والفجوات والشقوق ومن ثم انخفاض قوة القص لوصلة اللحام.

1-2 مناقشة نتائج قوة القص والصلادة والبنية المجهرية

تم قياس الصلادة الدقيقة وعند الظروف المناسبة من تيار اللحام (110Amp) وزمن اللحام (6sec) وطول القوس (1.6mm) كما موضح في الشكل (4). وقد حصلنا على قيمة للصلادة عند مركز وصلة اللحام (HV) 53. وقد اخذت قيم الصلادة عبر المقطع العرضي لوصلة اللحام النقطي على بعد مسافات من مركز منطقة اللحام ثم المنطقة المتأثرة بالحرارة باتجاه السبيكة الاساس.

اما الشكل (5) يوضح البنية المجهرية لمناطق اللحام والمعدن الاساس لسبيكة الالمنيوم مغنيسيوم (5052) والشكل (5-a) والشكل (5-b) المنطقة المتأثرة بالحرارة وهي عبارة عن بلورات طويلة متجهة نحو مركز الوصلة بسبب الانحدار الحراري من وصلة اللحام النقطي الى المنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ) والشكل (5-C) يبين البنية المجهرية لمنطقة اللحام وهي عبارة عن حبيبات ناعمة متساوية تقريبا ويعزى ذلك الى معدل التبريد السريع عند منطقة اللحام والتوصلية الحرارية العالية للالمنيوم لسبيكة الالمنيوم.

2 - نتائج البرنامج الحاسوبي

2-1 تأثير تيار وزمن اللحام

عند زيادة تيار اللحام تزداد كمية الحرارة المتولدة في منطقة اللحام وحسب المعادلة ($H=tIE$) (حيث ان H تمثل كمية الحرارة بالجول و t زمن اللحام بالثانية و I تيار اللحام بالامبير و E فولتية اللحام بالفولط) مما يساعد على زيادة معدل صهر المعدن وبالتالي يزداد قطر نقطة اللحام وعمق التغلغل لمنطقة الصهر عبر السطح الفصل مابين القطعتين المتراكبين. وخلال عملية اللحام يحدث تمدد وتقلص شديدين خلال دورة اللحام الحرارية اذ ترتفع درجة الحرارة اعلى من درجة الانصهار حيث تصل الى 697°C عند تيار (130 Amp) وزمن (6 sec) وطول قوس (1.6 mm) [11]. وقد ترافق هذه العملية تكوين اجهادات حرارية ضغطية وشدية عبر نقطة اللحام وكذلك عبر سمك القطعتين وهذا يعني تباين الخواص الميكلورجية والميكانيكية مابين نقطة اللحام والمعدن الاساس ثم يؤدي الفشل الوصلة بسهولة. وقد تؤدي التيارات العالية والازمنة الطويلة الى حدوث خروج المعدن المنصهر من منطقة اللحام وحدوث تشوهات وعدم انتظام وتمائل شكل قطر منطقة اللحام.

وبعد تيار وزمن اللحام عاملان مهمان في عملية اللحام وذلك لتأثيرهما الكبير في كمية الحرارة اللازمة لصهر المعدن وتكوين وصلة اللحام وبالتالي تأثيرهما على توزيع الاجهادات الحرارية في منطقة اللحام والمنطقة المتأثرة بالحرارة

عند ملاحظة الاشكال من الاشكال من (6) (7) (8) (9) عند تيارات تتراوح بين $(80-100 \text{ Amp})$ وزمن (6 sec) وطول قوس (1.6 mm) ان الاجهادات الضغطية تتركز عند منطقة اللحام أي عند المعدن المنصهر لمنطقة اللحام وتزداد قيمة هذه الاجهادات وتتسع خلال قطر منطقة اللحام بزيادة تيار اللحام، في حين تكون اجهادات شدية تتركز اسفل منطقة اللحام. وكذلك فان توزيع الاجهادات خلال عمق وصلة اللحام تزداد بزيادة تيار اللحام وصولا الى اسفل

الصفحة عند التيارات العالية والشكل (9) يلاحظ وجود اجهادات ضغطية قيمتها (33.8MPa) تتركز عند منطقة المعدن اللحام وجهادات شديدة عند منطقة المتأثرة بالحرارة اذ تتراوح بين (27.8MPa) و (11.7MPa) .

اما الشكلين (10) (11) يوضحان العلاقة البيانية لتوزيع الاجهادات مع قطر نقطة اللحام وعمق اللحام على التوالي حيث يلاحظ ان قيمة الاجهادات الضغطية تزداد مع زيادة التيار وتتركز في منطقة اللحام في حين ان الاجهادات الشديدة تتضائل باتجاه المعدن الاساس خلال قطر نقطة اللحام وكذلك باتجاه عمق اللحام.

وعند ملاحظة الشكلان (12) (13) الذان يوضحان توزيع الاجهادات عند زمن (7-8)sec عند تيار ثابت قيمته (80)Amp يلاحظ ان زيادة زمن اللحام يؤثر على زيادة تشتت في توزيع الاجهادات وعدم النظامها والشكلان (14) (15) يوضحان العلاقة البيانية لتوزيع الاجهادات خلال قطر نقطة اللحام وسمك اللحام على التوالي ويلاحظ ان زيادة زمن اللحام يؤثر على زيادة توزيع الاجهادات خلال قطر وعمق اللحام.

الاستنتاجات

- 1- تؤدي التيارات العالية والازمنة الطويلة الى انخفاض قوة القص العظمى وكذلك عدم انتظام شكل قطر منطقة اللحام والتغلغل الكبير خلال سمل القطعتين المترابيتين.
- 2- تمتلك وصلة اللحام النقطة اعلى صلادة HV (53) عند مركز نقطة اللحام ثم تنخفض تدريجيا باتجاه المنطقة والمتأثرة بالحرارة ثم المعدن الاساس.
- 3- وصلت اعلى قيمة للاجهادات الضغطية عند مركز نقطة اللحام عند لحامها بتيار 110Amp وزمن 6sec والتي هي افضل توزيع للاجهادات الضغطية خلال قطر وعمق وصلة اللحام النقطة ومن ثم تتلاشى هذه الاجهادات وتصل الى الصفر خلال المنطقة المتأثرة بالحرارة HAZ .
- 4 - تطابق جيد بين النتائج العملية المستحصلة من التجارب لقياس الصلادة مع النتائج المستحصلة من البرنامج الحاسوبي باستخدام (Ansys 5.4) من حيث توزيع الاجهادات الضغطية والصلادة خلال مناطق وصلة اللحام النقطة.

References

- 1- W.Gibson Stuart,"Advanced Welding", First Published By Macmillan Press LTD,London,1997.
- 2-Sindo Kon, "Welding Metallurgy", 2nd edition ,John Widy&Sons Inc.Publication,2003.
- 3-T.Zacharia , B.Taljat and B.Radhakrishnan," Modeling of Stresses in Hy-100 Weldments",ICES97,International Conference on Computational Engineering Science,Jan Jose,Costa Rica,May4-7,1997,P.P 1-5.
- 4- Li-Baoqing,Shan Ping Lian,Hu Shengsun," Study of Contact Behavior in the Pre-Squeeze Stage of Aluminum Alloy Resistance Spot Welding",2002
- 5- N.Visniakov,D.Scekaturuviene,O.Cernasejus,"Modeling of Thermal Processes in A Dissymmetrical Welded Cast Aluminum Desingns",4th International DAAAM Conference , 29-30th April 2004,Tialinn,Estonia,PP223-226.
- 6- J.Sariel,L.Dahan,R.Reuven,M.Szanto and A.Stern,"Residual Stress Distribution in GTA Spot welded Ti6Al4V Disks",Copy right JCPDS-International Center for Diffraction Data 2006 ISSN 1097-2002 PP195-200.
- 7-W.Bolten, Engineering Materials Technology , Butter Worths, 3rd edition ,1998.
- 8-" Aluminum Select Physical and Elastic Properties", Matter Project the . University of Liverpool 2001 <http://www.matter.com>
- 9- هيثم يحيى عبد المجيد "دراسة تأثير بعض المتغيرات في لحام TIG Spot لسبائك الالمنيوم" اطروحة ماجستير ,الجامعة التكنولوجية .قسم هندسة الانتاج والمعادن 2003
- 10 -"ANSYS Verificatin Manual", ANSYS ,Inc. ,1996.
- 11- منى خضير، عبد الحسين غانم ,احلام عبد الامير "محاكات التوزيع الحراري لوصلات اللحام النقطي (TIG Spot) لسبيكة الالمنيوم – مغنيسيوم باستعمال طريقة العناصر المحددة" Al-kharizmi Engineering J oural, Baghdad univarsity vol.4,N o,2 , 2008,pp83-97.

جدول (1) التركيب الكيميائي (wt%) لسبيكة Al-Mg (5052-O) [8].

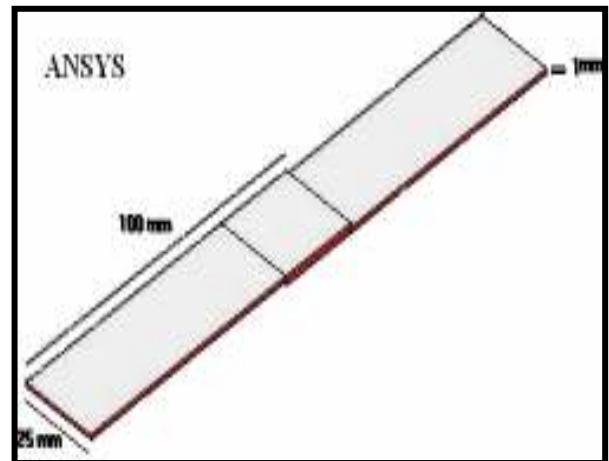
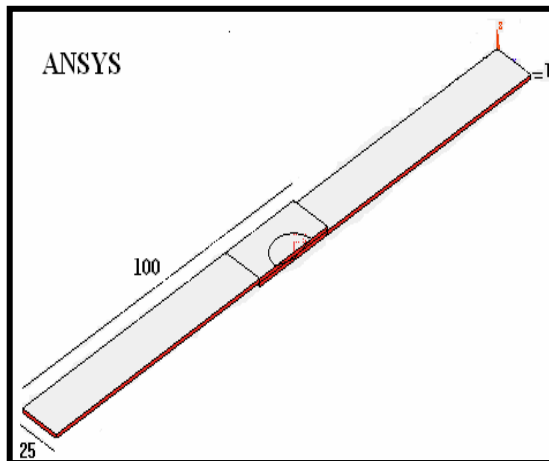
Element	Si	Mg	Fe	Mn	Cu	Cr	Zn	Al
wt%	0.215	2.26	0.21 5	0.0042	0.04	0.3025	.0025	96.9

جدول (2) الخواص الميكانيكية لسبيكة Al-Mg (5052-O) [8]

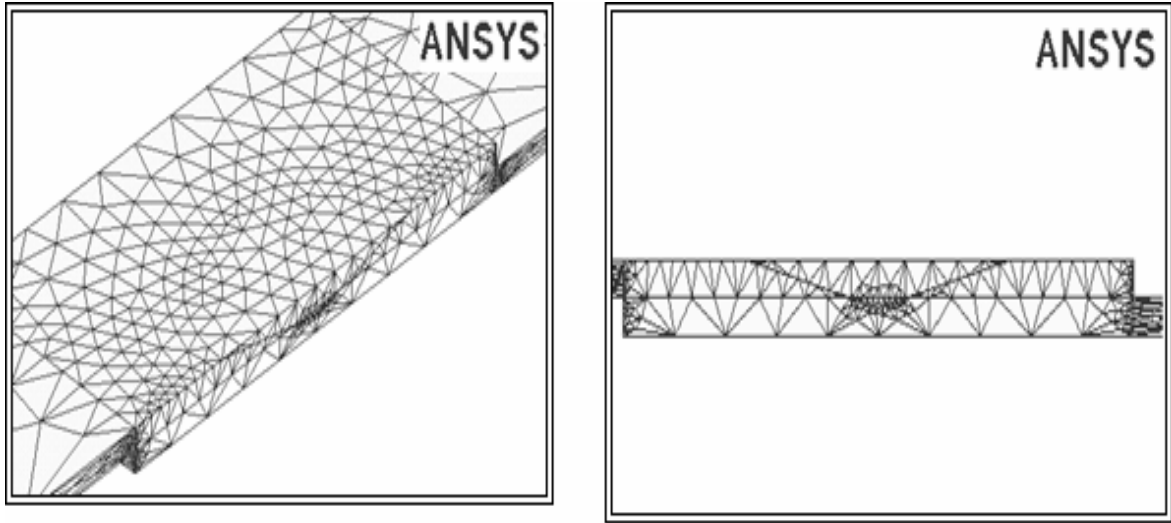
معامل المرونة E Gpa	معامل الجساءة G Gpa	إجهاد الشدة σ_T MPa	إجهاد القصر τ MPa	إجهاد الخصوع σ_y MPa	المطيلية $\delta\%$	صلادة برينل HB	صلادة فيكرز HV
70	26.3	195	125	90	25	50	50

معامل التوصيل الحراري λ W/m.k	معامل التمدد الحراري $\mu\text{m/m-}^\circ\text{C}$	السعة الحرارية Cp J/kg.k	درجة التجمد T _{sol} °C	درجة السيولة T _{Liq} °C	الكثافة ρ kg/m ³	نسبة بويسن γ
138	23.7	901	605	650	2860	0.33

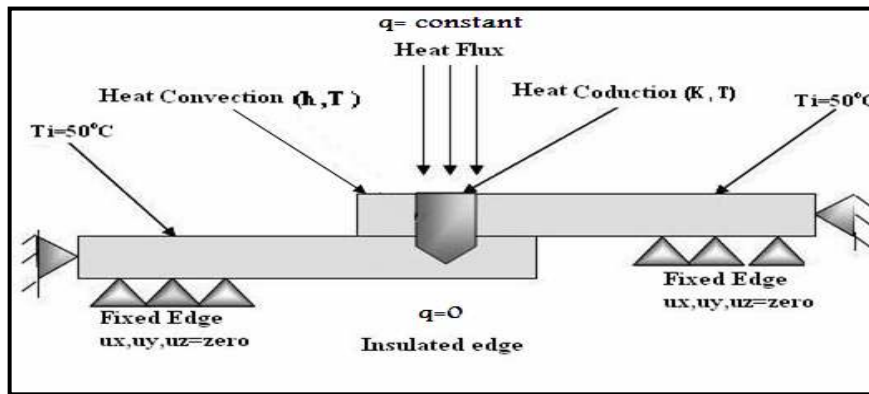
جدول (3) الخواص الحرارية لسبيكة ألومنيوم-مغنيسيوم (5052-O) [8]



شكل (1) يبين ابعاد القطعتين المراد لحامهما



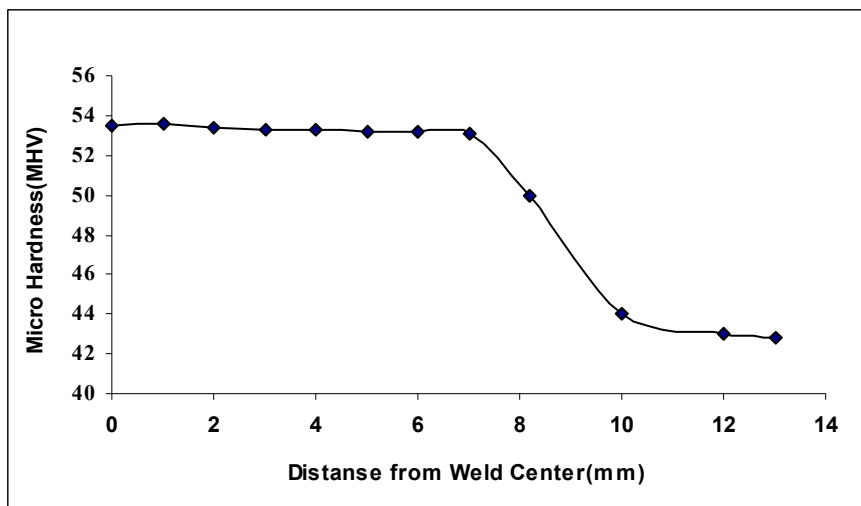
شكل (2) يوضح الشبكة في حالة (2-D) وحالة (3-D)



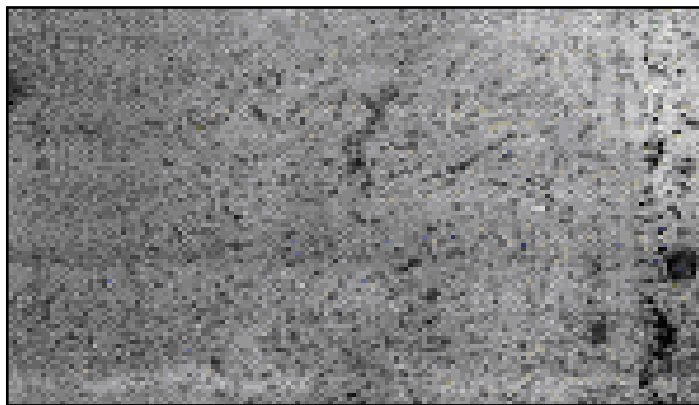
شكل (3) يوضح الشروط الحدية لتثبيت القطع

جدول (4) النتائج العملية من اختبار الشد القصي (Shear Tensile Test) لوصلات اللحام النقطي

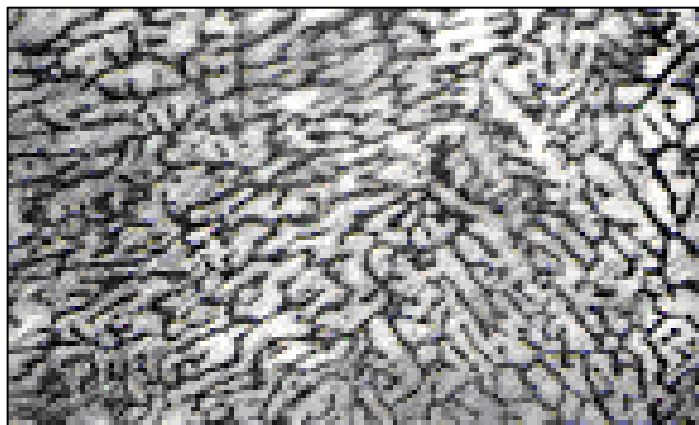
Welding Current (Amp)	Maximum Shear Force (N)		
	6 (Sec)	7 (Sec)	8 (Sec)
50	-	1400	-
60	-	1500	-
70	-	1900	1750
80	1500	2000	1400
90	1650	2400	1300
100	1800	-	-
110	2000	-	-
120	1750	-	-
130	1400	-	-



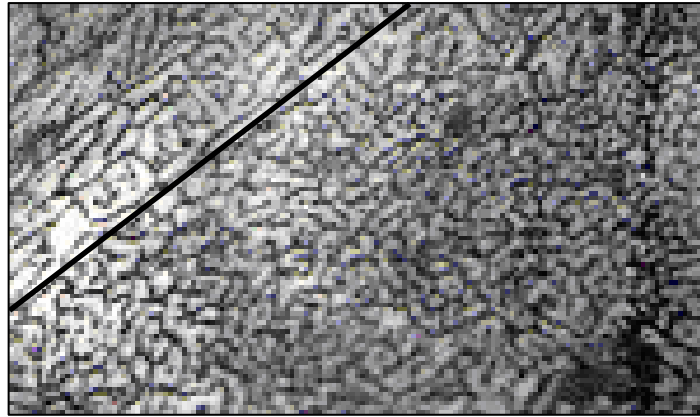
شكل (4) يوضح توزيع الصلادة الدقيقة لوصلة اللحام لصفحة من سبيكة (Al-Mg) عند تيار (100 Amp), وزمن لحام (6 sec) وطول قوس (1.6 mm)



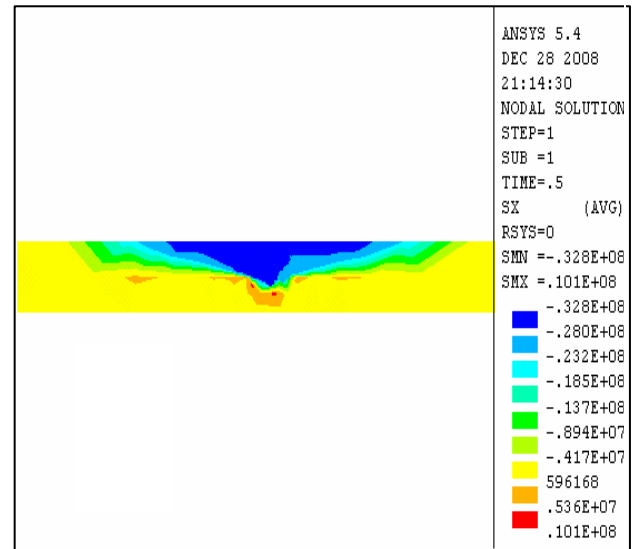
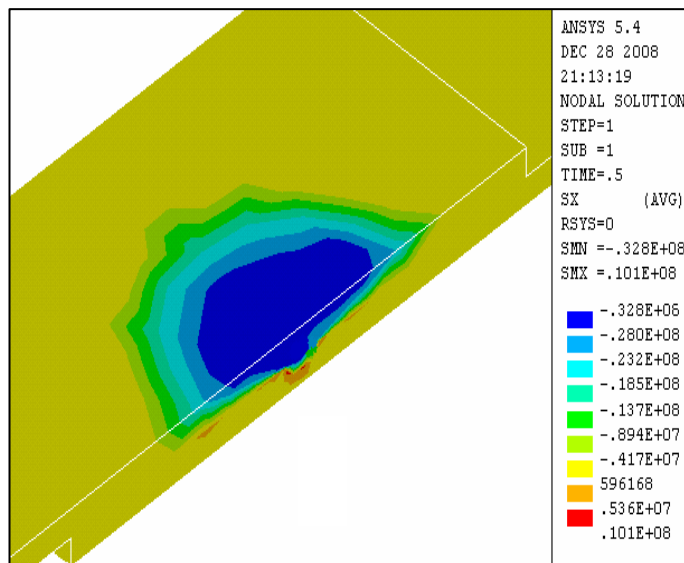
(a) السبيكة الاساس
38X قوة التكبير



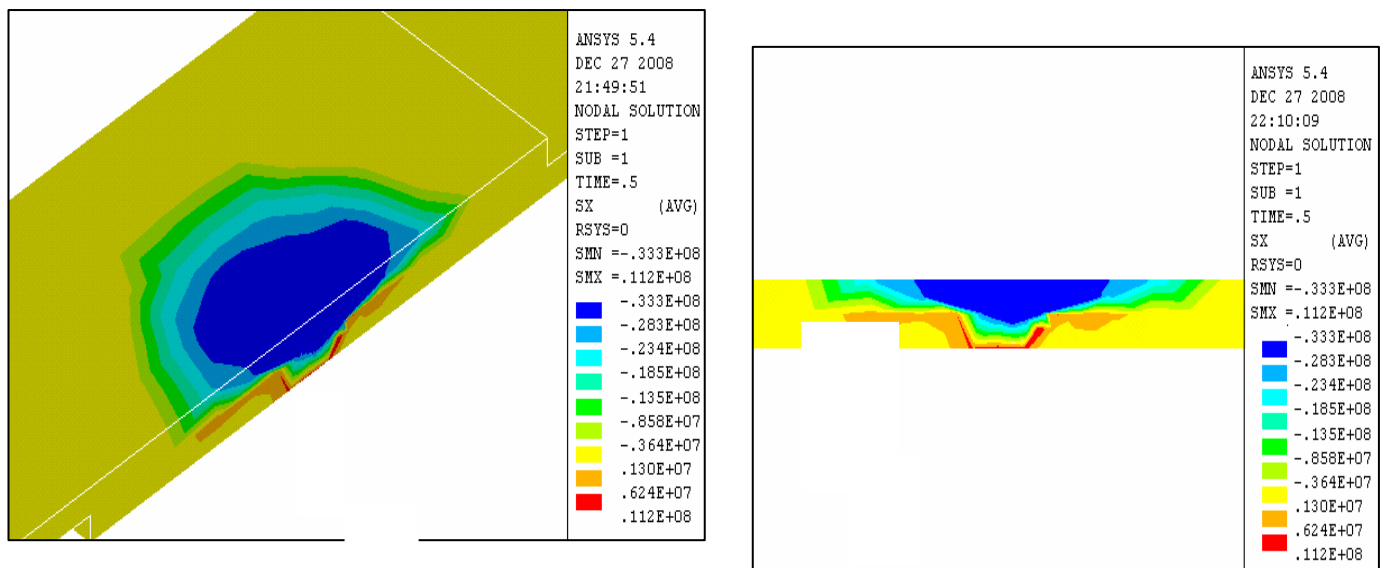
(b) المنطقة المتأثرة بالحرارة (حبيبات طولية)
380X قوة التكبير



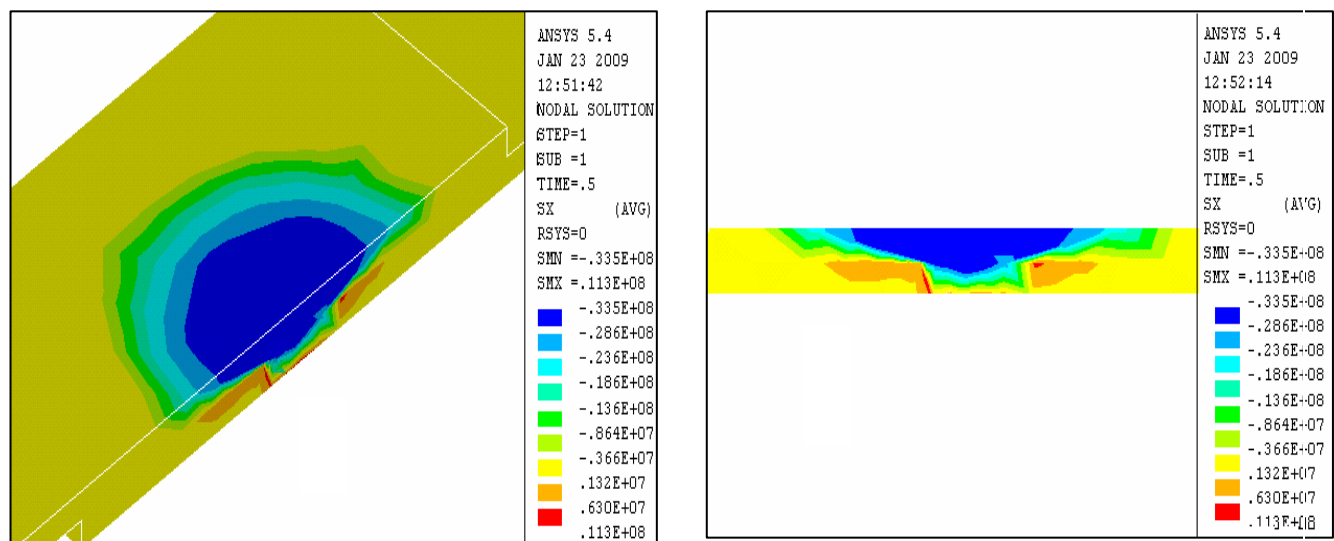
(c) منطقة اللحام (حبيبات ناعمة) والحبيبات الطولية
قوة التكبير 380X
الشكل (5) البنية المجهرية لوصلة لحام السبيكة (Al-Mg)



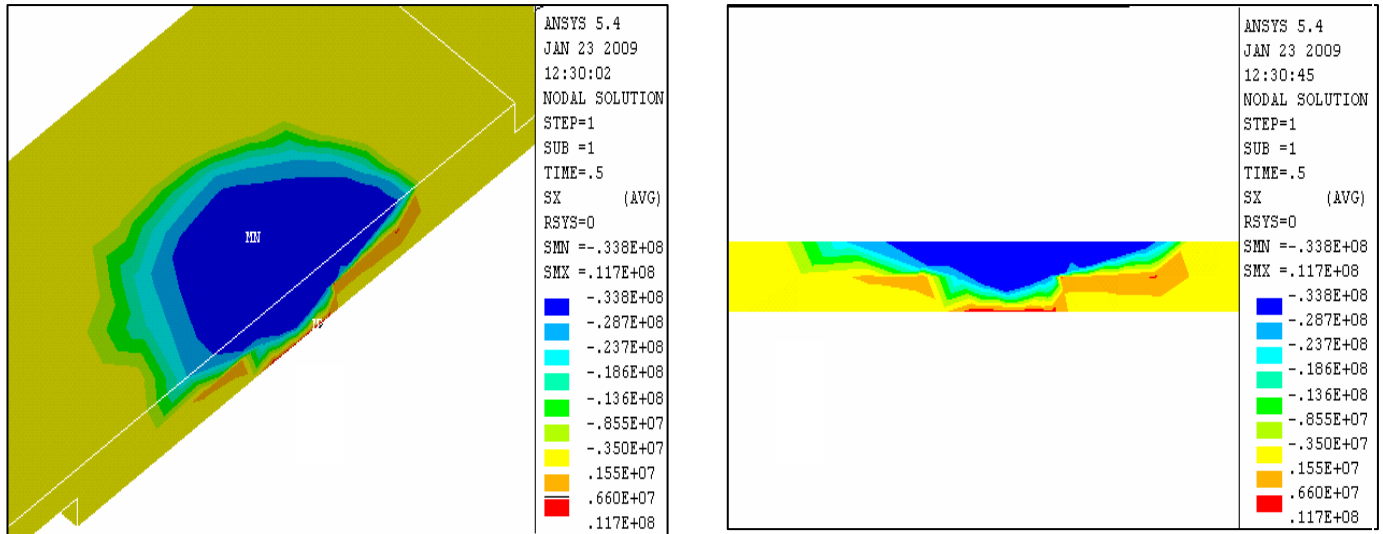
شكل (6) توزيع الاجهادات في منطقة اللحام عند تيار (80 amp) زمن (6sec) وطول قوس (1.6 mm)



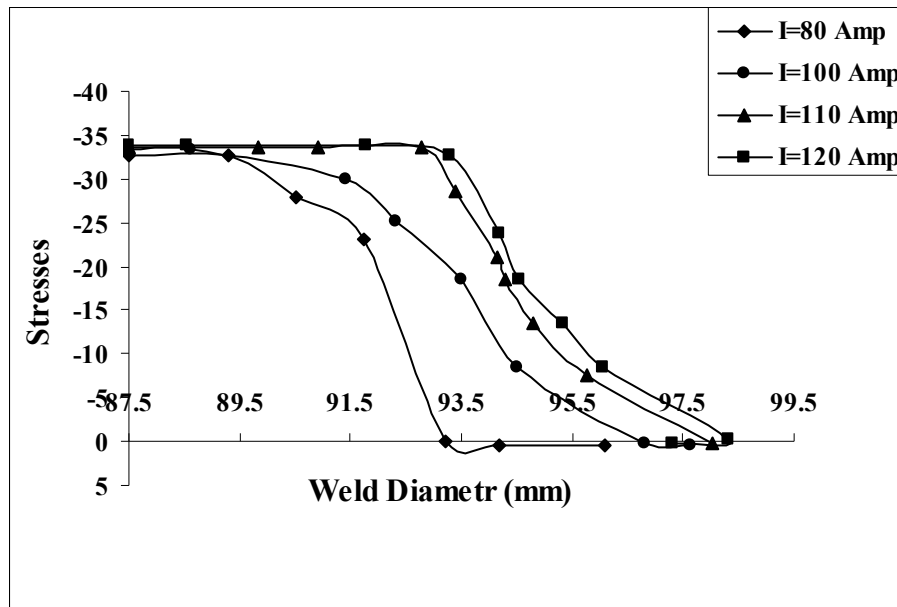
شكل (7) توزيع الاجهادات في منطقة اللحام عند تيار (100 amp) زمن (6sec) وطول قوس (1.6 mm)



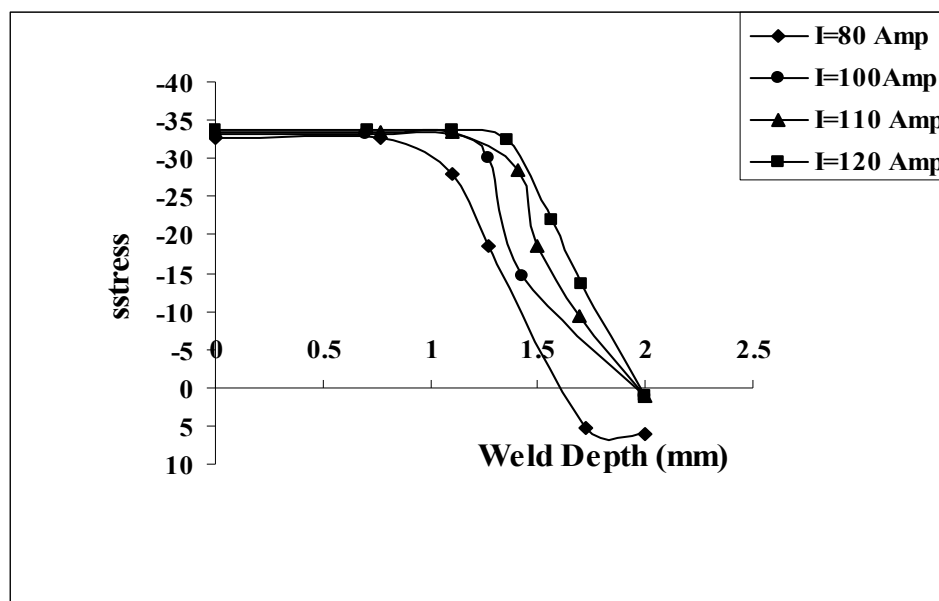
شكل (8) توزيع الاجهادات في منطقة اللحام عند تيار (110 amp) زمن (6sec) وطول قوس (1.6 mm)



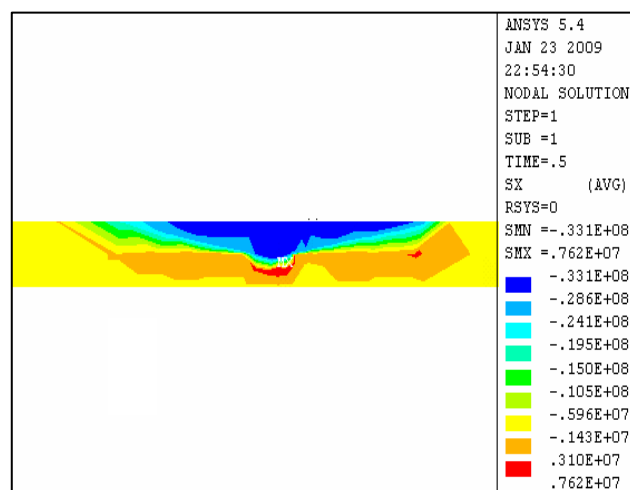
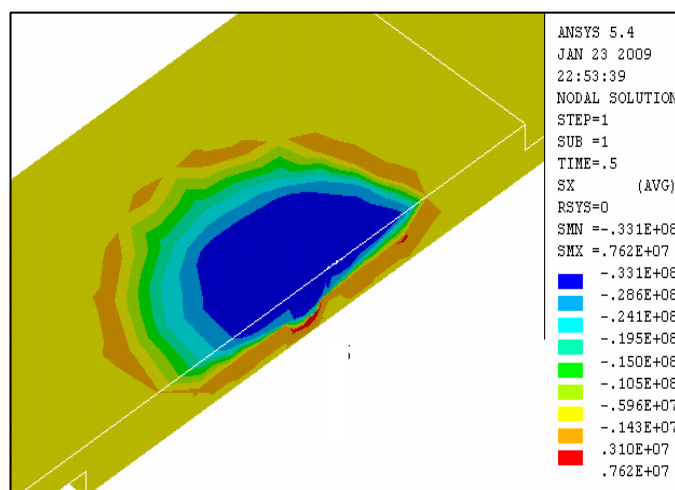
شكل (9) توزيع الاجهادات في منطقة اللحام عند تيار (120 Amp) زمن (6sec) وطول قوس (1.6 mm)



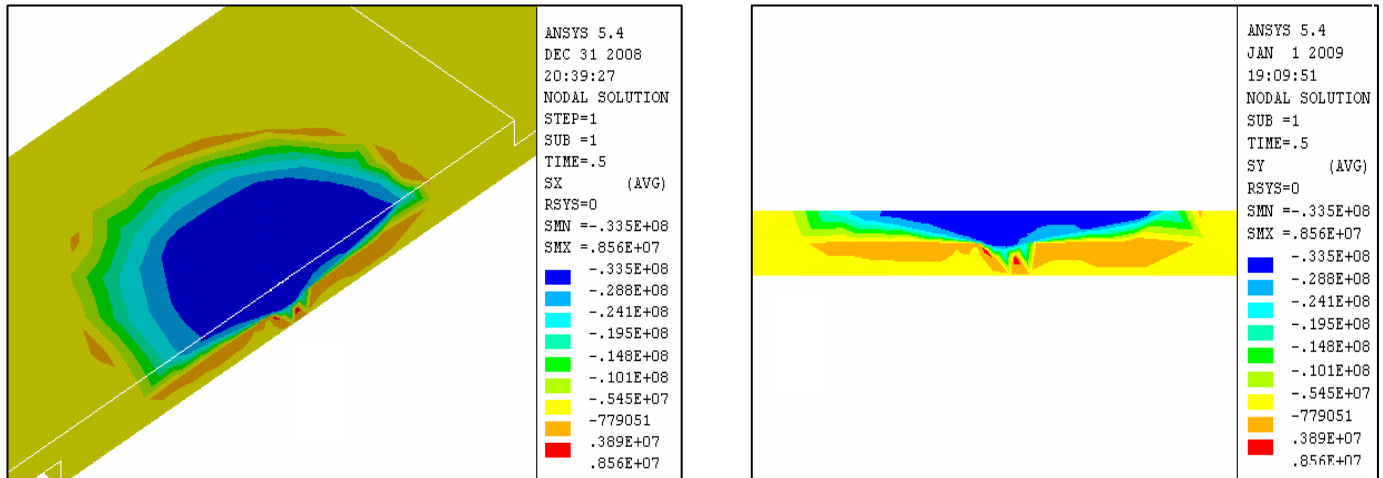
شكل (10) يوضح توزيع الاجهادت مع قطر نقطة اللحام عند زمن 6sec وطول القوس



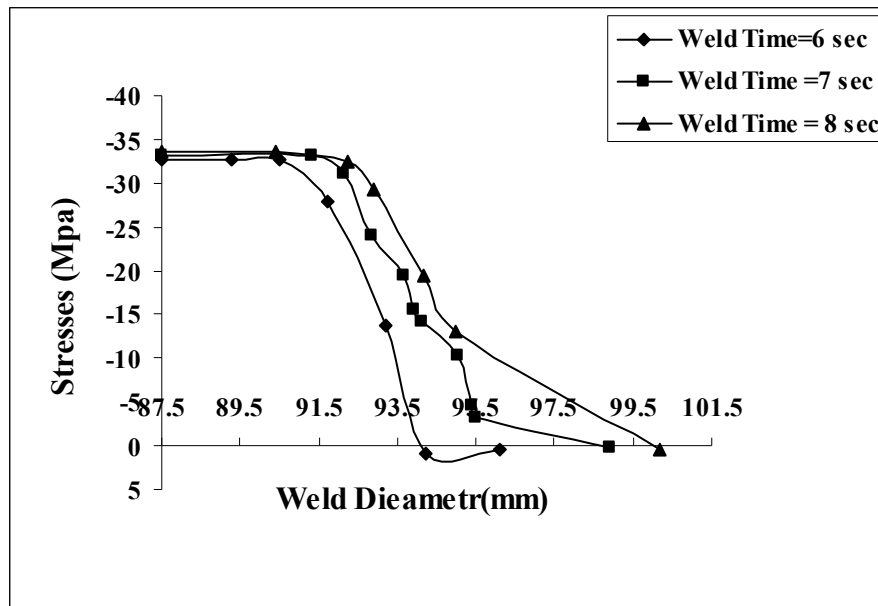
شكل (11) يوضح توزيع الاجهادات مع عمق نقطة اللحام عند زمن 6sec وطول القوس



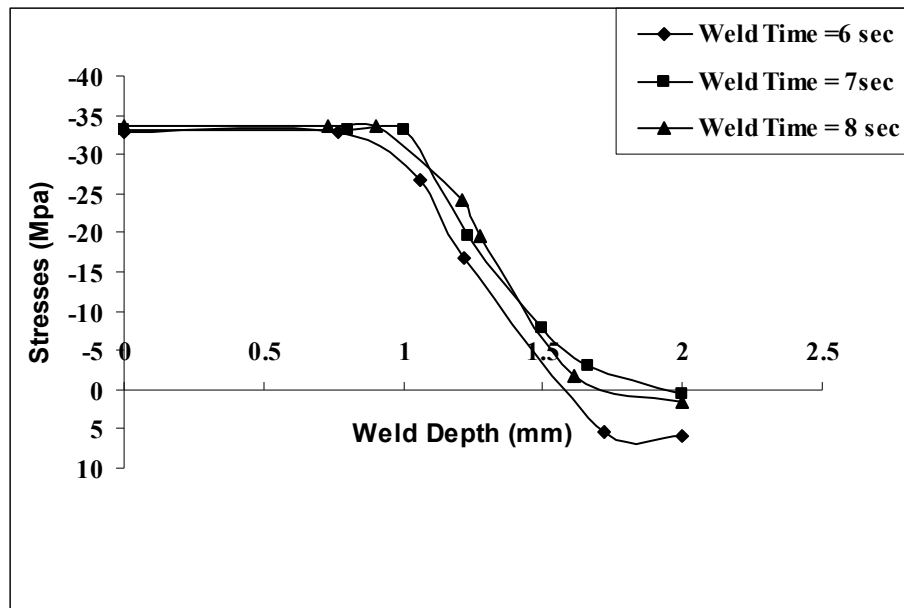
شكل (12) توزيع الاجهادات في منطقة اللحام عند تيار (80 amp) زمن (7sec) وطول قوس (1.6 mm)



شكل (13) توزيع الاجهادات في منطقة اللحام عند تيار (80 amp) زمن (8sec) وطول قوس (1.6 mm)



شكل (14) يوضح توزيع الاجهادات مع قطر نقطة اللحام عند تيار (80Amp) وطول القوس (1.6mm)



شكل (15) يوضح توزيع الاجهادات مع عمق نقطة اللحام عند تيار (80Amp) وطول القوس (1.6mm)