عدد خاص
بالمؤتمر الليبي الدولي للعلوم التطبيقية
و الهندسية
27-28- سبتمبر 2022

لحام المقاومة الكهربائية للحديد الغير قابل للصدأ

Reviw paper

حسام النائلي[1] نوري بحيح[2] محمد الطاهر[3]

The Libyan Higher Technical Center for Training and Production[1,2,3]

nuri.bhieh@tpc.ly \hosamalkaber1985@gmail.com Mohamed.altaher@tpc.ly

الخلاصة

لحام المقاومة الكهربائية هي عملية لحام مستخدمة على نطاق واسع لربط الصفائح المعدنية الرقيقة في الصناعات الغذائية وصناعة السيارات والسكك الحديدية والطائرات. أهتم الباحثين حول قابلية اللحام للفولاذ المقاوم للصدأ المزيد والمزيد من الاهتمام مع الاستخدام المتزايد لأنواع مختلفة من الفولاذ المقاوم للصدأ في الصناعات. في هذا البحث، تم عرض الاعمال البحثية التي تم إجراؤها على اللحام المقاومة الكهربائية للفولاذ المقاوم للصدأ وكان التركيز الفولاذ الأوستنيتي، وهو أكثر استخدامًا. وهناك ايضا أعمال بحثية اخرى بحثت على انواع فولاذ أخرى وان كانت اقل. و تطرق الباحثين الى عدة مجالات كعمليات التشكيل ولحام المعادن الغير متشابهة، تحليل وضع الانهيار ، الخواص الميكانيكية ، والبنية المجهرية ، في هذه الورقة ستمنح للباحثين نظرة ثاقبة للعمل البحثي الذي تم انجازه في الماضي في هذا المجال ومن المتوقع ان توفر لهم الاتجاه الصحيح للعمل البحثي المستقبلي. حيث يخلق هذا مجالًا واسعًا للباحثين لإجراء دراسات متعمقة في هذا المجال.

مصطلحات –– لحام المقاومة الكهربائية ، الفولاذ المقاوم للصدا ، الفولاذ الاوستنيتي ، تحليل وضع الانهيار ، الخواص الميكانيكية ، البنية المجهرية .

Abstract

Electrical resistance welding is a welding process widely used to join thin metal sheats in the food, automobile, railway and aircraft industies. Research on the weldability of stainless steel is attracting more and more attention with the increasing use of various types of stainless steel in industries. In this paper, Most of the research on electrical resistance welding of stainless steels has been on austenitic stainless steels, which is more widely used. There are also other reseach works that searched on other types of steel, though less. In previous studies, researchers touched on several fields such as forming and welding processes of dissimilar metals, failure mode analysis, Mechanical properties,Microstructure.the information contained in this paper will give researchers an insight into the research work that has been accomplished in the past in this field and is expected to provide them with the right direction for future research work. In addition to the increasing demand for stainless steel as a manufacturing material, this creates a wide scope for researchers to conduct in-depth studies in this field.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

المقدمة

تم اختراع لحام المقاومة الكهربائية في عام 1877 بواسطة E. Thomson. حيث تم وصفها علي انها عملية ربط جزئيين معدنيين أو أكثر عن طريق الدمج في نقاط تلامس القطبين في واجهة القطعتين العمل. تولد مقاومة تدفق التيار عبر قطع العمل المعدنية وواجهتها الحرارة وبالتالي ترتفع درجة الحرارة عند واجهة قطع العمل. عندما يتم الوصول إلى نقطة انصهار المعدن، سيبدأ المعدن في الاندماج وتبدأ كتلة صلبة في التكون. ثم يتم إيقاف التيار الكهربائي ويتم تبريد الكتلة الصلبة لتصلب تحت الضغط معين.

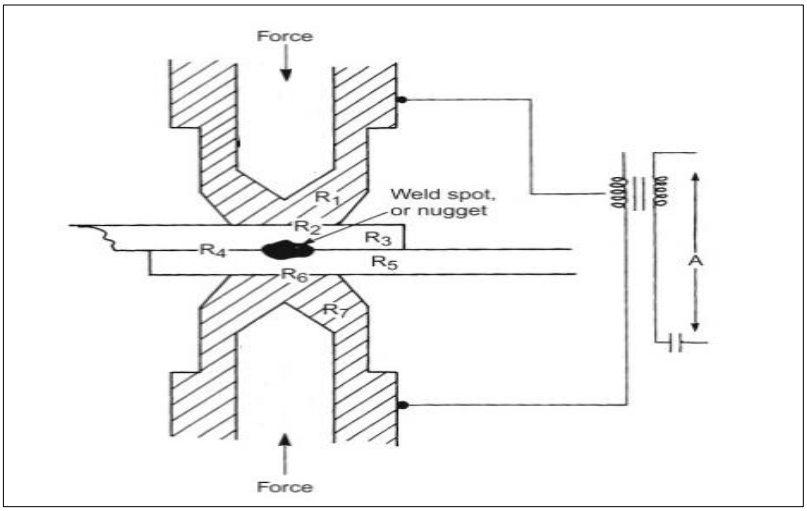
يستخدم لحام المقاومة الكهربائية على نطاق واسع في تصنيع الصفائح المعدنية كعملية مهمة لربط المعادن. كما ان لديها الكثير من التطبيقات في مجال صناعات الغذائية وصناعة السيارات، وتصنيع عربات السكك الحديدية، والفضاء والقطاعات النووية، والصناعات الكهربائية والإلكترونية. يمكن استخدامه على مجموعة متنوعة من المواد مثل الفولاذ منخفض الكربون ، والنيكل ، والألمنيوم ، والتيتانيوم ، وسبائك النحاس ، والفولاذ المقاوم للصدأ ، وسبائك الصلب منخفضة القوة العالية [1]. كما أنه يلعب دورًا مهمًا في علم الروبوتات [2]. حيث أن السيارة الحديثة تحتوي على 2000 إلى 5000 نقطة لحام[3]. تعد البساطة والتكلفة المنخفضة والسرعة العالية وإمكانية التشغيل الآلي من بين مزايا هذه العملية [4].

. كمية الحرارة الناتجة هي دالة للتيار والوقت والمقاومة بين قطع العمل [5 ، 6]. ويمكن حساب كمية الطاقة الحرارية في لحام المقاومة الكهربائية من المعادلة التالية:

$$Q = Ri^2t \qquad (1)$$

$$R = Ro + R1 + R2 + R3 + R4 + R5$$

$$R = (r * l)/A$$



شكل (1) مخطط عملية لحام المقاومة [28]

العوامل الرئيسية التي تتحكم في هذه العملية هي التيار، الوقت، قوة القطب، مقاومة التلامس، خاصية مادة القطب، حالة السطح، إلخ [7].

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

أنواع لحام المقاومة الكهربية

- اللحام النقطي (لحام البقعة) ويسمى بالإنجليزية(Spot Welding) ، وهو أحد الطرق الشائعة في عمليات اللحام بالتلامس وينقسم لحام البقعة إلى مجموعتين... :
- اللحام الدرزي (اللحام الخطي)...
- اللحام البروز (الاسقاط)

مزايا وعيوب اللحام بالمقاومة الكهربائية

المميزات

- هذه الطريقة بسيطة ولا تتطلب عمالة عالية الخبرة.
- سمك معدن اللحام المقاوم 20 مم، والنحافة 0.1 مم
- آلي ببساطة
- معدل الإنتاج مرتفع
- يمكن لحام المعادن ذات الصلة والمختلفة.
- سرعة اللحام ستكون عالية
- لا يحتاج إلى أي تدفق أو حشو معادن أو غازات واقية.

العيوب

- تكلفة الأدوات ستكون عالية.
- سمك قسم العمل محدود بسبب المتطلبات الحالية.
- إنها أقل كفاءة للمعدات عالية التوصيل.
- تستهلك طاقة كهربائية عالية.
- تحتوي مفاصل اللحام على قوة شد وإجهاد صغيرة.

قابلية اللحام للفولاذ المقاوم للصداء

من بين الفئات الخمس للفولاذ المقاوم للصدأ، يعتبر الفولاذ الأوستنيتي من المعادن المفضل استخدامها في تصنيع هياكل عربات السكك الحديدية. لقد تم قبولها بالفعل على نطاق واسع لاستخدامها في هياكل الحافلات والمركبات [11] بالإضافة الي الصناعات الغذائية. الفولاذ المقاوم للصدأ ذو قابليه عالية للحام وبالأخص لحام المقاومة الكهربائية. تعتبر مراحل الأوستنيتي من سلسلة 300 هي أكثر أنواع شيوعًا، يليها الفولاذ المقاوم للصدأ الفريتي. يعتبر الفولاذ المرتنزيتي المقاوم للصدأ هو الأقل شيوعًا لأن الوصلات الملحومة تكون دائمًا أكثر هشاشة. تم الإبلاغ عن بعض الدراسات حول لحام المقاومة الكهربائية على نوع آخر من الفولاذ المقاوم للصدأ المقوى بالترسيب من الفولاذ المقاوم للصدأ مثل درجة الحموضة 17PH–4PH والتي لها تطبيقات واسعة في صناعات الطيران [12]. وراي ولیندر وآخرون[13]. درسوا أداء الإجهاد للفولاذ المقاوم للصدأ المزدوج الملحوم على شكل نقطي وحاولوا تحسين معاملات اللحام (الوقت والتيار والضغط) لتحقيق أفضل الهياكل كبنية داخلية دقيقة.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

الفولاذ المقاوم للصدأ مرشح ممتاز لتطبيقات هيكل السيارة. من خلال توفير الوزن وتحسين "مقاومة التحطم" ومقاومة التآكل ، يمكن أيضًا إعادة تدويرها. تمزج المادة بين الخصائص الميكانيكية القوية والمقاومة للحريق وقابلية التصنيع الممتازة. تحت تأثير الصدمات ، يوفر الفولاذ المقاوم للصدأ عالي القوة امتصاصًا ممتازًا للطاقة فيما يتعلق بمعدل الإجهاد [14].

مع تزايد الطلب على الفولاذ المقاوم للصدأ في قطاعي السيارات والسكك الحديدية، بالإضافة الي الصناعات الغذائية، تكتسب الأبحاث حول لحام المقاومة الكهربائية للفولاذ المقاوم للصدأ أهمية كبيرة. معظم الإرشادات والتوصيات الحالية تتعلق بالفولاذ منخفض الكربون وهناك معلومات محدودة تم التطرق لها تتعلق بقابلية اللحام الموضعي للفولاذ المقاوم للصدأ. في هذا البحث ، تم إجراء محاولة لتوحيد وإبراز النتائج التي حصل عليها العديد من الباحثين حول لحام المقاومة الكهربائية للفولاذ المقاوم للصدأ في الماضي. يمكن تقسيم معظم الأعمال البحثية التي تم الوصول اليها حول لحام المقاومة الكهربائية للفولاذ المقاوم للصدأ على نطاق واسع إلى خمس مجموعات.

1. محاكاة العملية وتحليل العناصر.
2. لحام المعادن الغير المتشابهة.
3. تحليل وضع الانهيار.
4. تحسين المتغيرات.
5. توصيف وصلات اللحام.

1 محاكاة العملية وتحليل العناصر.

تتكون عملية لحام المقاومة الكهربائية من ظاهرة كهربائية وحرارية وميكانيكية، مما يجعل هذه العملية معقدة وغير خطية للغاية وبالتالي، يصبح من الصعب تصميمها.

هناك العديد من الأبحاث حول جوانب مختلفة من النمذجة والمحاكاة وتحسين العملية في عملية لحام المقاومة الكهربائية للفولاذ المقاوم للصدأ. في هذه الورقة، تم إجراء تحليل مفصل لإنشاء علاقات بين معاملات اللحام، قوة اللحام، جودة اللحام والإنتاجية لتحديد معاملات اللحام التي تؤدي إلى عملية مثالية.

يمكن استخدام نموذج رياضي لتحليل عملية لحام المقاومة الكهربائية والاستفادة من القوة الحسابية لأجهزة الكمبيوتر الحالية لتوظيف الصيغ الرياضية المعقدة لمحاكاة عملية اللحام وفقًا للقوانين الفيزيائية. بمجرد التحقق من ذلك ، يمكن استخدامه لشرح الظواهر التجريبية المرصودة ، لتقديم نظرة ثاقبة لاستجابة المواد المحلية لاختيار معاملات العملية ، ولتقليل حجم العمل التجريبي [15].

يمكن توفير الوقت والمال بشكل كبير باستخدام برنامج يحاكي عملية اللحام بالمقاومة. Sorpas هو برنامج يستخدم للمساعدة في تصميم أجزاء ومفاصل اللحام بالمقاومة. يحدد معاملات اللحام ، وكيف يمكن تحسينها لظروف مختلفة في الإنتاج ، ويتنبأ بالبنية المجهرية للأجزاء بعد اللحام [16].

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

قام Nied[15] بتطوير نموذج لمحاكاة هذه العملية، باستخدام عناصر صلبة متساوية الشكل لتمثيل القطب الكهربائي وقطعة العمل، وعناصر اخرى لتمثيل ظروف التلامس السطحي. تم اختبار النموذج على الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنيتي بدرجة AISI 321.

مارتن[17] وآخرون طوروا أداة قادرة على التنبؤ بشكل موثوق بقدرة حمل القص والشد في لحام المقاومة للفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنيتي بدرجة AISI304. تم استخدام النموذج المذكور لتحليل دورات الضغط واللحام لتحديد الاستجابات الكهربائية والحرارية والميكانيكية. تم الحصول على تنبؤات توزيع درجة الحرارة والتمدد الحراري والضغوط المرتبطة به وهندسة كتلة اللحام من هذا النموذج.

قام C. L. Tsai [18] وآخرون بدراسة محاكاة عملية لحام المقاومة ومحاكاتها باستخدام ANSYS. تم تحليل السلوك الميكانيكي للعملية إلى جانب الاستجابات الحرارية العابرة أثناء اللحام النقطي. تمت دراسة تشكيل كتلة اللحام في لحام المقاومة الكهربائية لفولاذ AISI 347 المقاوم للصدأ الأوستنيتي بسماكات متساوية وغير متساوية وأيضًا من الفولاذ المقاوم للصدأ AISI 347 إلى الفولاذ الكربوني AISI 1045. أخذ نموذج العناصر المحدودة في الاعتبار، السلوك الميكانيكي وكذلك الاستجابات الحرارية.

على الرغم من أنه ليس خاصًا بالفولاذ المقاوم للصدأ على وجه الخصوص، فقد طور Thakur.AG [19] وآخرون ، نموذج FEM (Finite element method) ثنائي الأبعاد لتحليل السلوكيات الحرارية العابرة للعملية باستخدام برنامج ANSYS والتحليل الحراري الهيكلي باستخدام مجال متقارن PLANE223 لمحاكاة الخصائص الحرارية لعملية لحام المقاومة الكهربائية بشكل عام. كانت أهداف هذا التحليل هي فهم فيزياء العملية وتطوير أداة تنبؤية تقلل عدد التجارب لتحسين معاملات اللحام.

Y Zhang et al. [20] درس معدلات التبريد في مناطق مختلفة من كتلة صلبة ملحومة في Cr18Ni9Ti1 مادة الفولاذ المقاوم للصدأ ، على أساس نظرية التصلب السريع و Furer–Wunderlin نموذج تباعد ذراع التغصنات الثانوية (SDAS). في حساب معدلات التبريد باستخدام طريقة SDAS. أظهرت النتائج التجريبية أن قيم SDAS في بقعة ملحومة Cr18Ni9Ti1 أظهرت كتلة صلبة تباينًا كبيرًا على نفس محور التغصنات الأساسي. معدل التبريد من حافة الكتلة إلى مركز الكتلة لوحظ انخفض في درجة الحرارة من 10^5 إلى 10^4 كلفن / ثانية.

2 لحام المقاومة الكهربائية للمعادن الغير متشابها.

يمكن أن يكون لحام المقاومة الكهربائية غير المتشابهة أكثر تعقيدًا من اللحام المتماثل بسبب الدورة الحرارية التي تختلف من معدن الي اخر.

اجتذب لحام المقاومة الكهربائية للفولاذ المقاوم للصدأ مع فولاذ منخفض السبائك انتباه العديد من الباحثين، نظرًا لأن الوصلات المعدنية المتباينة من الفولاذ المقاوم للصدأ تجد الكثير من التطبيقات في الصناعات. تم الإبلاغ عن العديد من الدراسات في هذا المجال بتوليفات مختلفة مع إحدى المواد مثل الفولاذ المقاوم للصدأ.

قام مورات وزملاؤه [21]، بدراسة قابلية لحام المقاومة الكهربائية للصفائح الفولاذية المجلفنة الخالية من التداخل مع صفائح الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنيتي.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

M. Alenius et al [22] استكشاف الخصائص الميكانيكية للوصلات غير المتشابهة الملحومة بالحام المقاومة الكهربائية للفولاذ المقاوم للصدأ و المجلفن. تم إجراء العديد من الاختبارات لتحديد معاملات لحام المقاومة الكهربائية للوصلات المعدنية المتباينة ولتمييز خواصها الميكانيكية. تمت دراسة قدرة اللحام الموضعي للوصلات المعدنية غير المتشابهة بين الفولاذ المقاوم للصدأ والفولاذ غير المقاوم للصدأ في هذا العمل.

A. K. Biradar et al [23] ، تم إجراء دراسة عن لحام المقاومة الكهربائية للمعادن المختلفة بين الفولاذ الطري والفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنيتي AISI 304 ، بسمك متوسط المدى. تم إجراء لحام المقاومة الكهربائية للمعادن غير المتشابهة بسمك متوسط المدى (0.8 مم إلى 1.2 مم صفائح MS وSS (MS صفائح الحديد الأسود المدرفل علي الساخن،

SS صفيحة من الفولاذ المقاوم للصداء)) عن طريق تغيير معاملات اللحام مثل وقت اللحام وتيار اللحام وقوة اللحام. تم تطوير معادلة متعددة الحدود من الدرجة الأولى لربط قوة اللحام بوقت اللحام وتيار اللحام وقوة اللحام.

مهدي منصوري حسن عبادي وآخرون [24] ، تمت دراسة العلاقة بين البنية المجهرية والخصائص الميكانيكية للحام المقاومة الكهربائية المتباينة من الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنيتي AISI 304 والفولاذ AISI 1008 منخفض الكربون. تمت دراسة علاقات التركيب والخصائص في لحام المقاومة الكهربائية غير المتشابهة لفولاذ AISI 304 المقاوم للصدأ الأوستنيتي (SS) والفولاذ AISI 1008 منخفض الكربون.

قام Nachimani Charde [25] بتوصيف منطقة اللحام للحام المقاومة الكهربائية على الوصلات غير المتشابهة ذات السمكات المختلفة، باستخدام الفولاذ المقاوم للصدأ AISI 304 والفولاذ الكربوني. ركز هذا البحث على تأثير التغيرات البارامترية للوصلات غير المتشابهة باستخدام 304 الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنيتي والفولاذ الكربوني بسمك مختلف.

RK Rajkumar et al. [26]، قام بفحص وصلة اللحام المتباينة لـ AISI 302 الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنيتي والفولاذ منخفض الكربون في عمل بحثي. تحلل هذه الورقة تكون اللحام الموضعي على 302 فولاذ مقاوم للصدأ أوستنيتي وفولاذ منخفض الكربون بسمك 1 مم. حيث أن التغييرات البارامترية (الحالية والوقت) أدت إلى تغييرات متناسبة في قوة الشد بغض النظر عن المواد الأساسية. وأفادوا أيضًا أنه تم العثور على مناطق اندماج الفولاذ الكربوني أقصر من تلك الموجودة في الفولاذ المقاوم للصدأ ولكن المناطق المتأثرة بالحرارة كانت أوسع من الفولاذ المقاوم للصدأ.

أرافينثان وآخرون [27] ، أجرى دراسة عن الوصلات المعدنية غير المتشابهة بين الفولاذ المقاوم للصدأ والفولاذ الطري ، مع التركيز على نمو الكتلة الصلبة عن طريق تغيير زمن اللحام والتيار. أظهرت اختبارات الشد علاقة بين الزيادات الحالية المختلفة ووقت اللحام الكافي لتحقيق اللحام المناسب.

Nachimani Charde [28]، حلل تأثير التغيرات البارامترية للوصلات غير المتشابهة باستخدام 304 الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنيتي والفولاذ الكربوني بسماكين مختلفين. وذكر أن زيادات صلابة الجانب الملحوم (من HRB55 إلى HRB100 ومن HRB75 إلى HRB100 ،حيث ان HRB يرمز الي صلابة برنيل (اختبار برنيل للصلابة)) موجودة بسبب المعالجة الحرارية التي حدثت أثناء عملية اللحام.

لاديسلاف كولاريك وآخرون [29]، فحص خصائص اللحامات للحام المقاومة الكهربائية المتباينة بين الفولاذ منخفض الكربون والفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنيتي CrNi. كان سمك المواد غير المتشابهة الملحومة 2 مم. وأفادوا أن منطقة HAZ (المنطقة

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

المتأثرة بالحرارة) للصفائح الفولاذية منخفضة الكربون قد تم العثور عليها أوسع من HAZ للفولاذ الأوستنيتي المقاوم للصدأ. لوحظ أن حجم طور الفرايت المتكون في المنطقة المتأثرة بالحرارة للصلب الكربوني أقل حجما وأن منطقة الإنصهار أعلى صلابة من المنطقة المتأثرة بالحرارة.

3 تحليل وضع الانهيار.

بشكل عام، يحدث الانهيار في لحام المقاومة الكهربائية في وضعين: بيني وسحب. في الوضع البيني، يحدث الانهيار من خلال انتشار الشقوق عبر منطقة الانصهار، بينما، في وضع الانسحاب، يحدث الانهيار من خلال السحب الكامل (أو الجزئي) للكتلة. وضع الانهيار اللحام الموضعي هو مقياس نوعي لجودة اللحام. توفر اللحامات الموضعية التي تنهار في وضع سحب الكتلة الصلبة أحمال أعلى ومستويات امتصاص طاقة أعلى من تلك التي تنهار في وضع الانهيار البيني. بشكل عام، يعد وضع الانسحاب هو وضع الانهيار المفضل نظرًا لارتفاع تشوه وامتصاص الطاقة.

قام Chao YJ [3] بتحليل أوضاع الانهيار في لحام المقاومة الكهربائية بشكل عام وقدم تحليلًا رياضيًا للتنبؤ بوضع الفشل، إما انسحاب الكتلة الصلبة أو السطح البيني.

Seyed Pirooz Hoveida Marashi [30] ، درس سلوك المفاصل الملحومة باللحام المقاومة الكهربائية غير المتشابهة من فولاذ الكربون المنخفض والفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنيتي، تحت اختبار الشد والقص مع تركيز الانتباه على وضع الفشل. تم الإبلاغ عن أنه في وضع فشل الانسحاب، يبدأ التعنق في محيط الكتلة الصلبة ثم ينتشر الفشل على طول محيط الكتلة الصلبة إلى الكسر النهائي. في حالة اللحام بالمقاومة الكهربائية للمعادن الغير المتشابهة، فإن صلابة منطقة الانصهار التي يحكمها التخفيف بين معدنين أساسيين، وحجم منطقة الانصهار للجانب الصلب منخفض الكربون هي عوامل مهيمنة في تحديد وضع فشل المفصل.

. قام V Badhekaaوزملاؤه [31] ، بالتحقيق في طريقة انهيار الفولاذ المقاوم للصدأ الملحومة بالمقاومة الكهربائية، و لخصوا إلى أن معدل التبريد الأسرع، وارتفاع محتوى الكربون، وغياب التسخين اللاحق، هي المسؤولة عن التصدع في اللحام وبالتالي انهيار السطح البيني.

قام M. Pouranvari [32] بإجراء دراسة تتعلق بوضع انهيار اللحامات بالحام المقاومة الكهربائية للفولاذ المقاوم للصدأ بدرجة AISI304 تحت اختبار الشد والقص. أظهرت النتائج أن توصية حجم اللحام التقليدي بـ t 4 غير كافية لضمان وضع انهيار الانسحاب لفولاذ مقاوم للصدأ AISI304 أثناء اختبار الشد. بالنظر إلى موقع الانهيار وآلية الانهيار في اختبار الشد، فإن الحد الأدنى من حجم منطقة بركة اللحام المطلوب لضمان تقدير وضع فشل الانسحاب باستخدام نموذج تحليلي. وفقًا لهذا النموذج، بالإضافة إلى سماكة الصفيحة، فإن نسبة صلابة منطقة الانصهار إلى صلابة موقع الانهيار هي العامل الرئيسي الذي يحكم وضع انهيار اللحامات الموضعية أثناء اختبار الشد.

M. Pouranvari Y [33] ، درسوا آلية فشل اللحامات المقاومة للفولاذ المقاوم للصدأ AISI 304، أثناء اختبار الشد المتقاطع بمساعدة تحقيق Scanning electron microscope(SEM) ، ولاحظوا أن حجم منطقة الانصهار وخصائص الصلابة من العوامل الرئيسية التي تتحكم في وضع انهيار اللحامات النقطية المقاومة AISI 304. وجد أن سماكة الصفيحة،

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

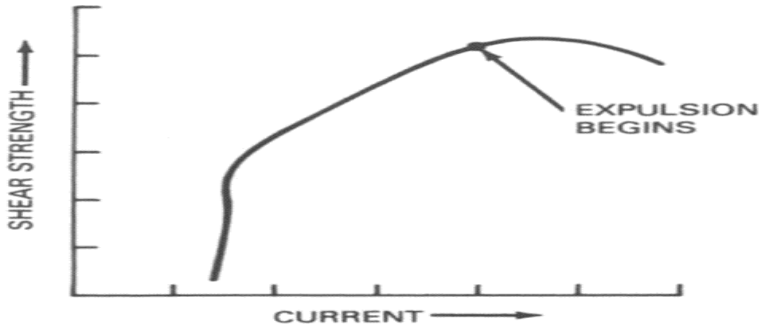
حجم منطقة الانصهار، وخصائص الصلابة للحامات هي عوامل رئيسية تتحكم في طريقة انهيار لحام المقاومة الكهربائية. أظهرت النتائج أيضًا أن زيادة حجم منطقة الانصهار أدى إلى تحسين الحمل الأقصى للحامات في اختبار الشد.

Marius Chirileanu وآخرون [34] ، فحص أوضاع الانهيار تحت قوى الشد لوصلات لحام المقاومة الكهربائية. كان الغرض من هذا العمل هو تسليط الضوء على تأثيرات مواد الوصلات ومعاملات اللحام على قوة الشد وعلى نمط فشل المفاصل.

ذُكرت عن تأثير البيئة المسببة للتآكل (3٪ كلوريد الصوديوم المائي) على خصائص الكلل لفولاذ مقاوم للصدأ ملحوم موضعي AISI 304 وفولاذ مقاوم للصدأ مزدوج SAF 2304 بواسطة Linder و Melander [13].

4 تحسين المتغيرات.

يتم الحصول على لحام بجودة أفضل من خلال تحسين المعاملات العملية لأنها تلعب دورًا حيويًا في تحديد قوة اللحام. يؤدي تحسين المعاملات إلى جودة اللحام المطلوبة [35]. يتم الحكم على جودة لحام المقاومة الكهربائية بشكل أفضل من خلال حجم الكتلة المنصهرة والمنطقة المتأثرة بالحرارة (HAZ) وقوة المفصل [36].



الشكل (2) تأثير التيار في قوة وصلة اللحام. [29]

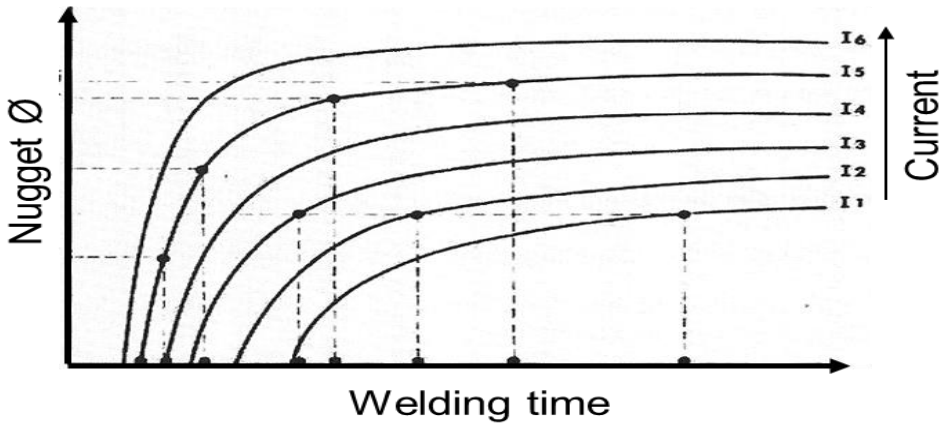
A.G Thakur وآخرون [37] ، في دراسة أجريت، حاول تطبيق طريقة تا غوتشي لتحسين مقاومة الشد في لحام المقاومة الكهربائية للفولاذ المقاوم للصدأ من الدرجة AISI 304. تم الإبلاغ عن أن التيار هو أهم عامل يؤثر على قوة الشد في اللحام مع نسبة مساهمة 31.18٪ تليها مدة اللحام بنسبة 17.77٪.

Chinmoy Mondal وآخرون [38] ، حاول تحسين اللحام النقطي بسمك 0.6 مم من الفولاذ المقاوم للصدأ المقوى بالترسيب 17-4 باستخدام عملية التسلسل الهرمي التحليلي وحصل على وصلات لحام جيدة بتيار 2.5 كيلو أمبير، لوقت لحام من 6 إلى 7 دورات وأيضًا بقيمة حالية أخرى من 6 إلى 7 كيلو أمبير مع زمن لحام يبلغ 5 دورات مع الحفاظ على الحمل ثابتًا عند 4 كيلو نيوتن.

قام T Wray [13] ، بتحسين معلمات اللحام (الوقت والتيار والضغط) للحام المقاومة الكهربائية للفولاذ المقاوم للصدأ على الوجهين، لتحقيق أفضل الهياكل الدقيقة. تباين تيار اللحام بين 4.7 إلى 5 كيلو أمبير مع 15 دورة لـ 2101 و SAF 2304، 20 دورة لـ 2205 و 25 دورة لـ SAF 2507. كانت قوة القطب 3.25 كيلو نيوتن. كان قطر الكتلة الصلبة من 4.5 إلى 4.9 ملم .

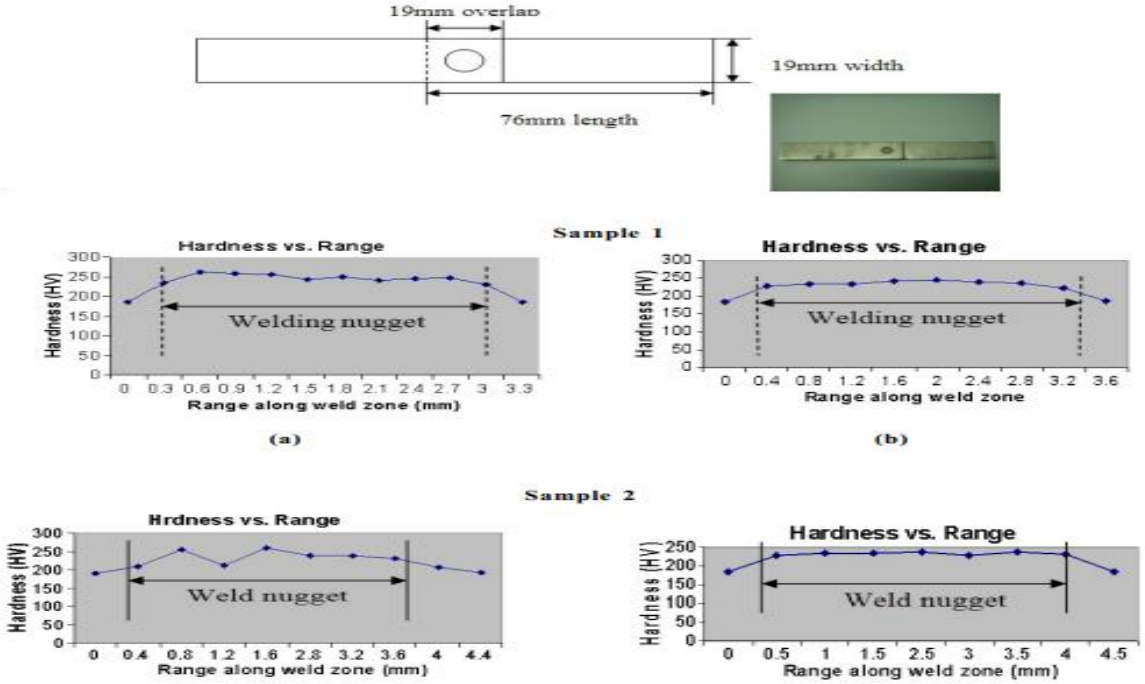
Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

5 توصيف وصلة اللحام في لحام المقاومة الكهربائية



الشكل (3) العلاقة بين التيار والزمن وقطر الوصلة.[30]

JB Shamsul وآخرون [1] ، درس العلاقة بين قطر الكتلة وتيار اللحام في لحام المقاومة الكهربائية للفولاذ المقاوم للصدأ AISI 304. كما تم فحص توزيع الصلابة على طول منطقة اللحام. أشارت النتائج إلى أن زيادة تيار اللحام أعطت قطر كتلة صلبة كبيرة. ومع ذلك ، فإن تيار اللحام لم يؤثر كثيرًا على توزيع الصلابة. كما تم الإبلاغ عن أن حجم الكتلة الصلبة لا يؤثر على توزيع الصلابة كما موضح بالشكل رقم (4).



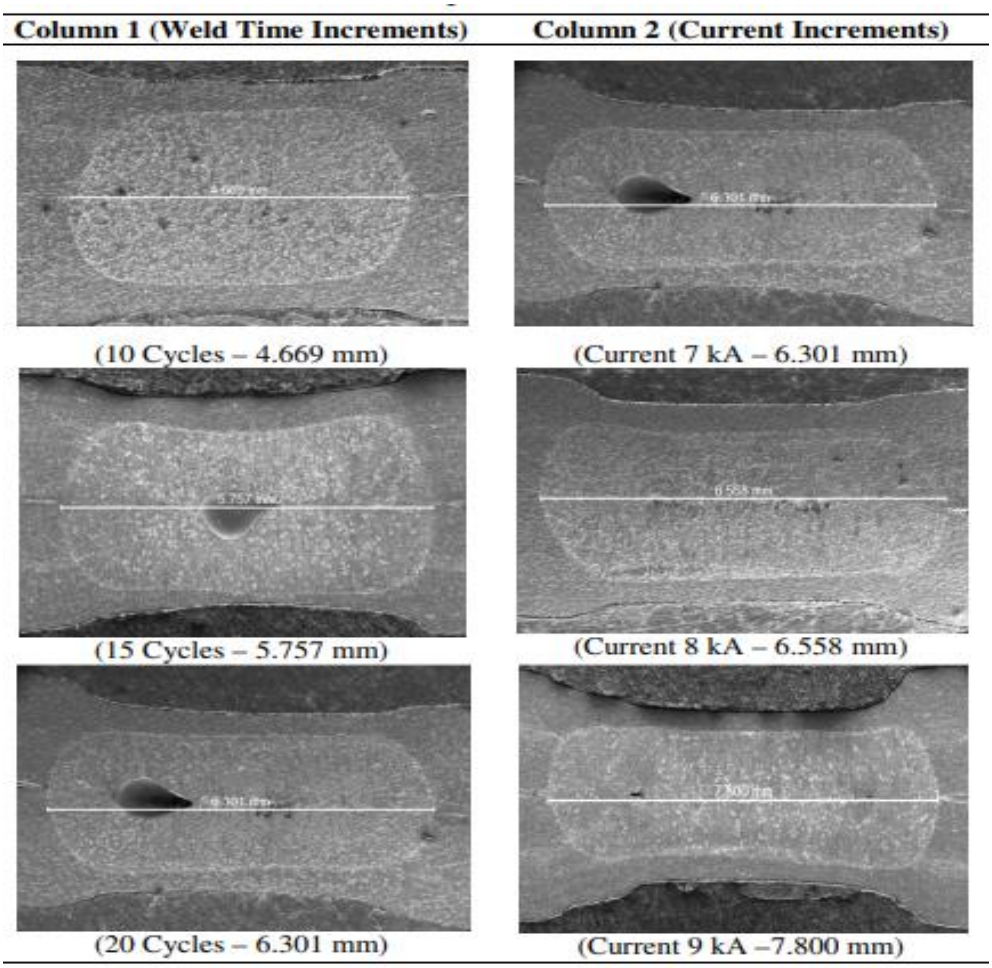
الشكل (4) توزيع الصلابة علي طول منطقة الانصهار.[1]

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

Bouyousfi وآخرون [39] ، درس تأثير معاملات العملية (شدة القوس ومدة اللحام والحمل المطبق) على الخصائص الميكانيكية لوصلة اللحام للفولاذ الأوستنيتي المقاوم للصدأ AISI 304. أظهرت النتائج أن الحمل المطبق يبدو أنه عامل التحكم في الخصائص الميكانيكية لوصلة اللحام مقارنة بمدة اللحام وشدة التيار.

M. Pouranvari وآخرون [40] ، في دراسة أخرى عن لحام المقاومة الكهربائية للفولاذ المقاوم للصدأ، بحثت في تأثير تيار اللحام على قدرة امتصاص الطاقة لحامات المقاومة الكهربائية للفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنيتي AISI304 أثناء اختبار الشد. أظهرت النتائج وجود علاقة طردية بين حجم منطقة الاندماج وطاقة الفشل في العينات.

ذكر Nachimani Charde et al. [41] ، في ورقة بحثية، حول نمو اللحام الموضعي على 304 صفائح من الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنيتي (2 مم)، أن نمو اللحام يتم تحديده بشكل أساسي من خلال متغيراته مثل وقت اللحام، طرف القطب والقوة. وذكر أن صلابة المناطق الملحومة أكبر من صلابة المنطقة غير الملحومة وكذلك المناطق المتأثرة بالحرارة ، الشكل رقم (5) يوضح البنية المجهرية لوصلة اللحام باختلاف الزمن و التيار.



الشكل (5) البنية المجهرية لوصلة اللحام باختلاف الزمن و التيار.[41]

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تم التحقيق في تأثير تيار اللحام على الخواص الميكانيكية للمعادن غير المتشابهة الملحومة الموضعية بين الفولاذ المقاوم للصدأ والفولاذ منخفض الكربون بواسطة Agustinus Eko Budi Nusantara et al. [42] ، ذكر أن زيادة تيار اللحام قد أدى إلى زيادة حجم الكتلة المنصهرة وقدرة تحمل الشد والقص للمفصل.

M. Vural وزملاؤه [43] ، بالتحقيق في تأثير قطر كتلة اللحام على مقاومة إجهاد وصلات اللحام من صفائح فولاذية مختلفة مثل صفائح الفولاذ المجلفن والفولاذ الأوستنيتي المقاوم للصدأ.

Triyono et al [44] ، جرى دراسة مقارنة حول قوة إجهاد المقاومة الملحومة بالحام المقاومة الكهربائية غير متساوية سماكة من الفولاذ الأوستنيتي المقاوم للصدأ بدرجة AISI 304. حيث تم الإبلاغ عن كتلة اللحام غير المتكافئة أن قيمة الصلابة المقاسة بنظام فيكرز غير متساوية عند حافة الكتلة المنصهرة وتكون قيمتها عالية.

النتائج:

مما ذكر في السابق، تم تقديم العديد من الأعمال البحثية التي تم إجراؤها على لحام المقاومة الكهربائية للفولاذ المقاوم للصدأ .تم تسليط الضوء على العديد من الجوانب المتعلقة بنمذجة العملية، واللحام غير المتماثل، وتحليل وضع الفشل، وتحسين المتغيرات وتوصيف وصلة اللحام حيث تم الوصول الي بعض النتائج الهامة مذكورة أدناه.

1- بشكل عام، تكون صلابة المنطقة الملحومة أكبر من صلابة المنطقة غير الملحومة.
2- في حالة الوصلات غير المتشابهة، لوحظ الشكل غير المتماثل لوصلات اللحام بسبب عدم التوازن الحراري الناتج عن الاختلاف في التوصيل الحراري والمقاومة الكهربائية، وان كتلة المصهور تعتمد بشكل مباشر على كمية التيار وزمن اللحام، بالإضافة الي ان كتلة المصهور الأكثر صلابة والمنطقة المتأثرة بالحرارة تكون أوسع.
3- يؤدي زيادة تيار اللحام إلى زيادة حجم الكتلة الصلبة في اللحام الموضعي، إلا أن زيادة تيار اللحام لا يزيد من توزيع الصلابة.
4- من بين متغيرات لحام المقاومة الكهربائية المختلفة، وجد أن تيار اللحام هو الأكثر تأثيرًا في تحديد قوة الشد.
5- حجم المصهور في منطقة اللحام تحدد بشكل كبير إمكانية حدوث الفشل من عدمه
6- يوجد علاقة تناسبيه طرديه بين قوى الشد مع التيار والزيادة في زمن اللحام
7- أدت الزيادة في زمن اللحام إلى زيادة في الأقطار في مناطق اللحام.

التوصيات:

من خلال ما تم دراسته لوحظ أن معظم الأعمال البحثية التي أجريت على لحام المقاومة الكهربائية للفولاذ المقاوم للصدأ تتم على الفولاذ الأوستنيتي المقاوم للصدأ .رغم ان الأنواع الأخرى من الفولاذ المقاوم للصدأ تدخل في العديد من التطبيقات في صناعات السكك الحديدية والسيارات، فإن المزيد من الدراسات المتعمقة للحام المقاومة الكهربائية وفق ما تم تقسيمه من الجوانب المختلفة المذكورة أعلاه، يفترض اعطاءه الكثير من الأهمية، بالإضافة الي لحام

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

الصلب متوسط الكربون ومرتفع الكربون تحتاج الي المزيد من الدراسة في الربط الغير متماثل مع الفولاذ المقاوم للصدأ كما نوصي بالتركيز على المتغيرات المؤثرة في عملية اللحام وذلك لإيجاد مؤثر اخر بخلاف التيار.

المراجع:

[1]. J.B.Shamsul and M.M hisyam, 2007."Study of spot welding of Austenitic stainless steel type 304",Journal of Applied Science Research,3(11):1494-1499,INSInet publication
[2]. Vishvesh J Badheka, S.K.Agrawal and Nandish Shroff, 2009."Resistance spot welding of Martensitic Stainless Steel (SS420)-Part I", International Journal of Mechanical and Materials Engineering (IJMME),Vol 4,No 3,328-340.
[3]. Chao Y J,(2003),"Ultimate strength and failure mechanism of resistance spot weld subjected to tensile, shear and combined tensile/shear loads",ASME journal of engineering Materials and Technology,Vol.125,125-132.
[4]. X.Sun, E.V .Stephens, M.A.Khaleel, "Engineering Failure Analysis",15(2008),356-367.
[5]. J.C.Feng,Y.R Wang, Z.D.Zhang, Sci.Technol. weld.Joining,11(2006),154-162.
[6]. Metals Handbook (1988).Ninth Edition:Volume 6, Welding,Brazing and Soldering,469-49.
[7]. E. P. Degarmo, J. T. Black, and R. A. Kohser, Materials and Processes in Manufacturing. New York: Macmillian Publishing Company, 1988.
[8]. G.Thakur and V.M Nandedkar,2010,Application of Taguchi method to determine resistance spot welding conditions of austenitic stainless steel AISI 304,Journal of Scientific & Industrial Research, Vol 69,Sep 2010,pp 680-683.
[9]. Flavio Friesen and Pierre-Jean Cunat, "Application of Stainless Steel in Crash Structures of Vehicles," in proceedings from 2004 SAE World Congress, sponsored by SAE International, Detroit, March 8-11, 2004. International Stainless Steel Forum,SAE International™, 400 Common-wealth Drive, Warrendale, PA 15096, 724-776-4841, fax 724-776-5760.
[10]. C.P. Nex & R. A.Smith ,Advanced Railway research Centre, The University of Sheffield, UK," Impact performance of model spot welded stainless steel structures", Experimental Mechanics, Allison (ed.) © 1998 Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5809 014 0.
[11]. Stainless steel in structural automotive applications. 2009. Stainless Steel Focus 10: 52–53.
[12]. Chinmoy Mondal,Subhajit Bhattacharya and Santanu Das, Parametric optimization of spot welding of 17-4 Ph stainless steels using the analytic hierarchy process,Indian Welding Journal,Oct 2011,pp69-77.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

[13]. Hans Nordberg," Fatigue Properties of Stainless Steel Lap Joints", Outokumpu Stainless Research Foundation and Sheffield Hallam University , 2005- 01-1324.
[14]. Schuberth, S., E. Schedin, T. Frohlich and E. Ratte, 2008.Next Generation Vehicle-Engineering guidelines for stainless steel in automotive applications. Proceedings of the 6th, Stainless Steel Science and Market Conference, Helsinki (Finland), 10-13 June.
[15]. H. A. Nied, The Finite Element Modelling of the Resistance Spot Welding Process, Welding research supplement, AWS, Apr 1984,pp123-132.
[16]. Kevin R Chan,"Save time and money with resistance welding simulation software",Indian welding Journal,Oct 2008,pp 60.
[17]. O. Martin, P. D. Tiedra, M. Lopez, M. San-Juan, C. Garcia, F. Martin, and Y. Blanco, "Quality Prediction of Resistance Spot Welding Joints of 304 Austenitic Stainless Steel", Materials and Design, 30(2009), pp. 68–77.
[18]. C. L. Tsai,, O. A. Jammal, J. C. Papritan and D.W.Dickinson, Modeling of Resistance Spot Weld Nugget Growth,Welding research supplement,AWS,Feb 1992,pp 147-152 .
[19]. Thakur, A. G.; Rasane, A. R.; Nandedkar, V. M., "Finite Element Analysis of resistance spot welding to study nugget formation", International Journal of Applied Engineering Research (0976-4259;2010, Vol. 1 Issue 3, p483.
[20]. Y. Zhang, T.-J. Ma, H.-X. Xie, Y.-M. Tan, AND P.-Y. Li," Estimating the Cooling Rates of a Spot Welding Nugget in Stainless Steel, Welding journal,Sep 2012,Vol 91,pp247s-251s .
[21]. Murat, V., A. Ahmet, 2004. On the resistance spot weldability of galvanized interstitial free steel sheets with austenitic stainless steel sheets, Journal of Materials Processing Technology, 153-154: 1-6.
[22]. M. Alenius,P Pohjanne,M.Somervuori and H Hanninen,Exploring the Mechanical Properties of Spot Welded Dissimilar Joints for Stainless and Galvanized Steels,Welding journal-Dec 2006,pp 305-313.
[23]. A. K. Biradar, M. M. Akarate and S. Ram Reddy, Study and analysis of resistance spot welding of dissimilar metal having medium range thickness, International J. of Math. Sci. & Engg. Appls. (IJMSEA) ISSN 0973-9424, Vol. 3 No. IV (2009), pp. 33-51.
[24]. Mehdi Mansouri Hasan Abadi , Majid Pouranvari, Correlation between macro/micro structure and mechanical properties of dissimilar resistance spot welds of AISI 304 Austenitic stainless steel and AISI 1008 Low carbon steel, Association of Metallurgical Engineers of Serbia, MJoM Vol 16 (2) 2010 p. 133-146.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

[25]. Nachimani Charde, Characterization of spot weld growth on dissimilar joints with different thickness ,IJSER Sustainable Energy and Advanced Materials (ICE SEAM 2011) Solo-Indonesia. October 3-4, 2011 .
[26]. M. Vural, A. Akkus, and B. Eryurek, Effect of Welding Nugget Diameter on the Fatigue Strength of the Resistance Spot Welded Joints of Different Steel Sheets, J. Mater. Process. Technol., 2006, 176, pp 127–132.
[27]. Triyono, Jamasri , M. N. Ilman & R. Soekrisno, Fatigue Behaviour of Resistance Spot-Welded Unequal Sheet Thickness Austenitic Stainless Steel, Modern Applied Science, Vol. 6, No. 5; May 2012.
[28]. Michael Pfeifer, Materials Enabled Designs The Materials Engineering Perspective to Product Design and Manufacturing.
[29]. A K PANDEY, M. I. KHAN, K. M. MOEED, INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CURRENT ON TENSILE STRENGTH AND NUGGET DIAMETER OF SPOT WELDS MADE ON AISI-1008 STEEL SHEETS.
[30]. Seyed Pirooz Hoveida Marashi, DISSIMILAR SPOT WELDING OF DQSK/DP600 STEELS: THE WELD-NUGGET GROWTH.
[31]. V.J. Badheka , S.K. Agrawal and N. Shroff, Mode of failure of resistance spot welded martensitic stainless steel-part II, International Journal of Mechanical and Materials Engineering (IJMME), Vol. 5 (2010), No. 1, 43-52.
[32]. M Pouranvari, “Prediction of failure mode in AISI 304 resistance spot welds” Association of Metallurgical Engineers of Serbia , Vol 17 (1) 2011 p. 23-29.
[33]. Y M. Pouranvari and S.P.H.Marashi,Failure Mode Transition in AISI 304 Resistance Spot Welds, 303-308-s,Welding Journal, Nov2012, VOL. 91.
[34]. Marius Chirileanu, Nistoroschi Georgiana and Eugen Axinte, Researches on the failure modes under tensile forces of the Resistance Spot Welding (RSW) joints, International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) ISSN: 2248-9622 Vol. 3, Issue 2, March -April 2013, pp.396-400.
[35]. H.Eisazadeh, M.Hamedi, A.Halvaee,”New parametric study of nugget size in resistance spot welding process using Finite element method”, Materials and Design, vol.31, pp.149-157, 2010.
[36]. A.G.Thakur, T.E.Rao, M.S.Mukhedkar, .M.Nandedkar, “Application of Taguchi method for resistance spot welding of galvanized steel”,ARPN J of Eng and Applied Sci, vol.5(11), pp.22-26, 2010.
[37]. AG Thakur;V M Nandedkar;Application of Taguchi method to determine resistance spot welding of AISI 304;Journal of scientific and Industrial research,Vol 69,Sep 2010,pp 680-683.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

[38]. Chinmoy Mondal,Subhajit Bhattacharya ,Santanu Das,"Parametric optimization of Spot welding of 17-4 Ph Stainless Steels using the Analytic Hierarchy Process",Indian Welding Journal,Oct 2011,69-77.
[39]. Bouyousfi, B., T. Sahraoui, S. Guessasma, K. Tahar Chaouch, 2007. Effect of process parameters on the physical characteristics of spot weld joints, Materials and Design, 28: 414-41.
[40]. M. Pouranvari and E. Ranjbarnoodeh," Effect of Welding Current on Energy Absorption of AISI 304 Resistance Spot Welds ", Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 4(17): 2911-2914, 2012.
[41]. Nachimani Charde and Rajprasaad Rajkumar,"investigating spot weld growth on 304 austenitic stainless steel (2 mm) sheets, Journal of Engineering Science and Technology Vol. 8, No. 1 (2013) 69 - 76 ,© chool of Engineering, Taylor's University .
[42]. Agustinus Eko Budi Nusantara , Triyono , Kuncoro Diharjo," Welding Current Effect on Mechanical Properties of Spot Welded Dissimilar Metals between Stainless Steel J4 and Low Carbon Steel", International Conference and Exhibition on Sustainable Energy and Advanced Materials (ICE SEAM 2011) Solo-Indonesia. October 3-4, 2011.
[43]. M. Vural, A. Akkus, and B. Eryurek, Effect of Welding Nugget Diameter on the Fatigue Strength of the Resistance Spot Welded Joints of Different Steel Sheets, J. Mater. Process. Technol., 2006, 176, pp 127–132.
[44]. Triyono, Jamasri , M. N. Ilman & R. Soekrisno, Fatigue Behaviour of Resistance Spot-Welded Unequal Sheet Thickness Austenitic Stainless Steel, Modern Applied Science, Vol. 6, No. 5; May 2012.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية