

**Ministry of Higher Education
and Scientific Research
University of Baghdad
Institute of Laser for Postgraduate Studies**



Estimation of Residual Stresses and Mechanical Properties of Dissimilar Metals Welded by CW CO₂ Laser

A thesis

**Submitted to the Council of the Institute of Laser for
Postgraduate Studies, University of Baghdad in
partial fulfillment of the Requirements for the Degree
of Doctor of Philosophy in Laser/Mechanical
Engineering.**

**By
Dhia Ahmed Salal Al-Azawi**

2013AD

1434AH

Abstract

In most recent times, joining of dissimilar materials by laser technique has become relatively phenomenon and a challenging task in engineering industries. This has been due to the technicalities and economical importance attached to it. The consideration of dissimilar-metals being combined to a greater extent, provide possibilities for benefiting from the mechanical properties of each material in a functional way. In this study, high power CO₂ laser was employed to investigate the residual stresses distribution, operating cost and the weld properties of dissimilar metals (316L stainless steel and AISI1016 carbon steel) in its proper prospective. In this research work, the effect of different levels of laser powers namely (1, 1.25 and 1.5 kW), specimen scanning speeds (500,750 and 1000mm/min) and focal point positions of (-1, -0.5 and 0) on the residual stresses, cost, toughness, tensile strength, heat input and weld bead geometry (weld pool area and weld pool width) are all presented. As software, the Design of Experiment (DOE) was applied through L9 Taguchi method in the development of the experimental layout. The results identify the optimal combinations of the laser welding input variables to obtain economic laser weld joint with minimal residual stresses and excellent mechanical properties. Development of linear and quadratic polynomial equations was deduced in predicting the response parameters for the joint zone. Regarding to the optimization been analyzed, the numerical optimization reveals the reduction percentages for the responses was around; HI (23%), OC (13%), A (9%), W (9%). Maximum impact strength, tensile strength and lowest operating cost were obtained due to the optimization criteria, as the second criterion was applied. It stated that, the reduction percentages for the responses were around; OC(31%), IS (12%) and TS (6%). The optimization techniques, when the second criterion was applied, would result in significant

reduction in the principal residual stresses for both dissimilar sides such that; 26% for 316L st.st. side and around 25% for AISI 1016 mild steel side. However, the results showed that the proposed models predict that the responses adequately fall due within the limits of welding parameters being investigated.



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بغداد
معهد الليزر للدراسات العليا

تقييم الاجهادات المتبقية والخصائص الميكانيكية للمعادن الغير المتشابهة الملحومة بليزر ثاني اوكسيد الكربون المستمر

الاطروحة مقدمة الى مجلس معهد الليزر للدراسات العليا /جامعة بغداد
كجزء من متطلبات نيل شهادة الدكتوراة فلسفة في ليزر /الهندسة
الميكانيكية

من قبل
ضياء احمد صلال

الملخص

في الاونة الاخيرة ان ربط المعادن غير المتشابهة اصبح نسبيا ظ اهرة مهمة و صعبة في الصناعات الهندسية وقد يعزى ذلك إلى الالهمية التقنية والاقتصادية المرتبطة به. ان الاعتبارات المتوخاه من ربط المعادن غير المتشابهة تجرى الى حد كبير نظرا الى توفير الامكانيات للاستفادة من الخصائص الميكانيكية للمعادن بطريقة وضيقة. في هذه الدراسة تم استخدام ليز ثنائي اوكسيد الكربون ع الي الطاقة للتحري عن توزيع الاجهادات المتبقية ، تكاليف التشغيل وخصائص لحام المواد الغير المتشابهة (الفولاذ المقاوم للصدأ ٣١٦ والفولاذ الكربوني ١٠١٦). في هذا العمل البحثي ،تم دراسة تأثير مستويات مختلفة لطاقة الليزر (١٠٠٠، ١٢٥٠ و ١٥٠٠) واط ، سرعة مسح العينة (٥٠٠، ٧٥٠ و ١٠٠٠) م/م/دقيقة وموقع التركيز (-١، -٠.٥ و ٠) م لم على الاجهادات المتبقية ، التكاليف ، مقاومة الصدمة ، مقاومة الشد ، الحرارة الداخلة و الشكل الهندسي لمنطقة اللحام (عرض ومساحة بركة اللحام) حيث ان دراسة البحث تناولت جميع هذه المتغيرات.

تم توظيف برنامج محاكاة حاسوبي (تصميم التجارب) من خلال طريقة تاكوشي لبناء وتصميم شكل التجربة العملية . وطبقا لذلك فان نتائج هذا التصميم قد حددت التركيبات ذات التأثير لمتغيرات اللحام للحصول على لحام بكلف اقتصادية منخفضة من جانب و مع وجود اقل ما يمكن من الاجهادات المتبقية وبافضل الخصائص الميكانيكية من الجانب الاخر . هذا وقد وتم بناء معادلات رياضية خطية او رباعية ادت بالتالي الى استنباط النتائج لهذا اللحام دون اعادة التجارب مرة اخرى . هذا اذ انه بالاعتماد على التحليل العددي تم الحصول على انخفاض في ما يلي : حوالي (٢٣%) في الحرارة الداخلة ، (١٢%) في كلفة التشغيل ، (٩%) في مساحة مقطع اللحام و (٩%) في عرض مقطع اللحام . ان اقصى مقاومة صدمة ، اقصى مقاومة شد مع اقل كلفة تشغيل قد تم الحصول عليها بناء على استخدام معيارين اساسيين اللامثلية .

وقد بينت النتائج ان المعيار الثاني قد حقق افضل الخصائص الميكانيكية اخذا بنظر الاعتبار الكلفة. ان نتائج المعيار الثاني بالنسبة للاجهادات المتبقية قد حققت ان خفاض مهم بالنسبة للاجهادات المتبقية لكلا المعدنين الغير متشابهين حيث بلغت (٢٦%) للفولاذ المقاوم للصدأ (٣١٦ ل) و (٢٥%) لفولاذ الكربوني (١٠١٦). على اية حال فان النتائج التي تم التنبأ عنها بواسطة هذه الموديلات المقترحة ضمن هذا التصميم ومخرجات التجارب العملية هي تقع ضمن حدود متغيرات اللحام التي تم التحري عنها .