

LEMEJ

Laboratorio de
Ensayos de Materiales
y Estructuras



UNNOBA
UNIVERSIDAD NACIONAL
NOROESTE • BUENOS AIRES

CONGRESO INTERNACIONAL DE SOLDADURA

COINSO 2021

RESÚMENES

UNNOBA, 19, 20 Y 21 MAYO 2021

ANÁLISIS DEL DIÁMETRO DE GOTA EN EL PROCESO DE SOLDADURA FCAW-S CON CORRIENTE CONTINUA PULSADA

ANALYSIS OF THE DROP DIAMETER IN THE WELDING PROCESS FCAW-S WITH PULSED DIRECT CURRENT

Pedro Cerda Villegas (P)⁽¹⁾, Víctor Vergara Díaz⁽¹⁾, Tiago Vieira da Cunha⁽²⁾

(1) Universidad de Antofagasta, Departamento de Ingeniería Mecánica, Antofagasta, Chile

(2) Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Joinville, SC, Brasil.

Dirección de contacto: (P) p.cerda.villegas@gmail.com; victor.vergara@uantof.cl

Eje temático: procesos avanzados de soldadura.

Resumen

La utilización de alambres tubulares autoprotegidos en Chile todavía es bastante reducida principalmente empleando corriente continua pulsada, la cual puede ser una alternativa para realizar soldaduras en chapas de menor espesor y en todas las posiciones.

Es objetivo de este estudio analizar la influencia del diámetro de gota en el proceso de soldadura FCAW-S empleando la corriente continua pulsada. Conforme a la literatura, el cálculo de los parámetros para que se produzca la transferencia metálica estable por el método pulsado para una dada corriente media de soldadura debe seguir una secuencia. En una primera instancia, mediante una transferencia metálica globular – goticular, se procede a identificar la corriente de transición con ayuda de los oscilogramas de corriente y tensión para posteriormente determinar el periodo (T). El periodo de la corriente continua pulsada es el tiempo necesario para obtener un determinado diámetro de la gota (Dg) cuando se utiliza una determinada velocidad de alambre y un diámetro de electrodo (De). La ecuación para realizar ese cálculo se deriva de la relación entre el volumen de alambre que avanza durante el tiempo T y se transforma en una gota de diámetro Dg. Esta característica se puede constatar con instrumentación especializada, pero en esta investigación solamente se estimó y se verificó la estabilidad del proceso con los oscilogramas de corriente y tensión. Los depósitos fueron realizados de forma mecanizada en la posición plana usando como material de aporte el alambre tubular autoprotegido AWS E71T-11 de 1,2 mm diámetro, sobre chapas de acero SAE 1015.

Abstract

The use of self – shielded tubular wires in Chile is still quite low, mainly using pulsed direct current, which can be an alternative for welding thinner plates and in all positions.

The aim of this study to analyze the influence of the drop diameter in the FCAW-S welding process using pulsed direct current. According to the literature, the calculation of the parameters for the stable metallic transfer to take place by the pulsed method for a given average welding current must follow a sequence. In the first instance, by means of a globular – spray metallic transfer, the transition current is identified with the help of current and voltage oscillograms to subsequently determine the period (T). The period of the pulsed direct current is the time required to obtain a certain droplet diameter (Dg) when using a certain wire speed and electrode diameter (De). The equation to perform this calculation is derived from the relationship between the volume of wire that advances during time T and is transformed into a drop of diameter Dg. This characteristic can be verified with specialized instrumentation, but in this investigation the stability of the process was only estimated and verified with the current and voltage oscillograms. The deposits were made in a mechanized way in the flat position using as filler material the AWS E71T-11 1,2 mm diameter self - shielded tubular wire, on steel sheets SAE 1015.

Palabras clave: diámetro de gota, FCAW-S, corriente continua pulsada y transferencia metálica

Keywords: drop diameter, FCAW-S, pulsed direct current, metallic transfer

AVALIAÇÃO DA SOLDABILIDADE DO AÇO SINCRON EN 10025-4 S355M APLICADO NA FABRICAÇÃO DE TORRES EÓLICAS COM PROCESSO DE SOLDAGEM DE ALTA DEPOSIÇÃO

WELDABILITY EVALUATION OF SINCRON EN 10025-4 S355M STEEL APPLIED IN WIND TOWER MANUFACTURING WELDING WITH HIGH EFFICIENCY PROCESS

Tadeu Messias Donizete Borba⁽¹⁾, Rodrigo Sanchez Oliveira⁽²⁾ (P), Leonardo de Oliveira Turani⁽³⁾

(1) Centro de Pesquisa & Desenvolvimento, Usiminas, Ipatinga, MG, Brasil.

(2) Assistência Técnica, ESAB, Contagem, MG, Brasil

(3) Assistência Técnica, Usiminas, Belo Horizonte, MG, Brasil

Dirección de contacto: Rodrigo.Oliveira@esab.com.br; (P) Presentador

Eje temático: Procesos avanzado de Soldadura / Metalurgia de la Soldadura.

Resumo

A busca de soluções em melhoria da produtividade tem sido a tônica nas relações entre a siderurgia e os fabricantes de torres eólicas. Nesse sentido, a Usiminas, após a implantação da tecnologia CLC (Continuous on-Line Control), tem realizado diversos projetos de desenvolvimento de produtos e aplicação dos aços estruturais TMCP (Thermo-Mechanical-Control-Process) com características mecânicas e metalúrgicas diferenciadas em relação aos aços convencionalmente utilizados pela indústria brasileira, em especial pelos fabricantes de torres eólicas. Devido à importância que os processos de soldagem representam na fabricação de torres eólicas, estudos de soldabilidade são importantes para a elaboração de procedimentos e a seleção adequada dos aços e consumíveis que permitam o aperfeiçoamento das etapas de soldagem. Nesse contexto, este trabalho visou avaliar comparativamente as propriedades mecânicas e a caracterização microestrutural da região soldada do aço Sincron EN 10025-4 S355M, produzido pelo processo TMCP, e ASTM A572 grau 50, produzido por laminação convencional, ambos soldados pelo processo SAW Tandem Arc, empregando aportes de calor superiores aos comumente utilizados na soldagem convencional dos tramos metálicos. De acordo com os resultados obtidos, foi possível obter juntas soldadas SAW Tandem Arc com excelentes propriedades mecânicas e tenacidade, especialmente quando empregado o aço Sincron EN 10025-4 S355M, em conjunto com a combinação arame/fluxo OK Autrod12.22/OK Flux 10.72. Os procedimentos de soldagem avaliados neste trabalho podem ser uma excelente referência para o aumento da produtividade na fabricação de torres eólicas, com a redução de passes nas soldas longitudinal e circunferencial das virolas.

Abstract

The search for solutions to improve productivity has been the emphasis in relations between the steel industry and the wind tower manufacturers. In this sense, Usiminas, after the implementation of CLC technology (Continuous On-Line Control), has conducted several development projects and implementation of structural steel TMCP (Thermo-Mechanical-Control-Process) with mechanical and metallurgical characteristics differentiated in relation to steels conventionally used by Brazilian industry, especially the wind tower manufacturers. Because of the importance of the welding processes in the manufacture of wind towers, weldability studies are important for the development of procedures and the proper selection of steels and consumables enabling the improvement of welding activities. In this context, this work has the objective of comparative evaluate the weldability of steel Sincron EN 10025-4 S355M (TMCP steels) and ASTM A572 grade 50 (Normalizing steels), when welded by SAW Tandem Arc process using heat inputs higher than those commonly used in wind turbine manufacturing. The results obtained showed that is possible to obtain SAW Tandem Arc welded joints with excellent results for mechanical properties and toughness when employed especially Sincron EN 10025-4 S355M steel, together with combination wire/flux OK Autrod12.22/OK Flux 10.72. The welding procedures evaluated in this work can be an excellent way to increase the productivity in the manufacture of wind towers decreasing the number of pass in longitudinal and circumferential welds.

Palabras clave: Aço TMCP, SAW tandem arc, Energia eólica, Zona afetada pelo calor, EBSD

Keywords: TMCP Steel, SAW tandem arc, Wind power, Heat affected zone, EBSD

SOLDADURA GTAW-P DE CARCASA DE MOTOR DE COMBUSTIBLE SOLIDO EN ACERO AISI 4130

GTAW-P WELDING OF SOLID ROCKET MOTOR CASE OF AISI 4130 STEEL

Mercedes A. Durán^(1,2) (P), Alejandro O. Miranda⁽¹⁾, Hernán G. Svoboda^(1,3)

(1) GTSyCM3, INTECIN, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

(2) Ministerio de Defensa, Ciudad de Buenos Aires, Argentina

(3) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

Dirección de contacto: mecciduran@gmail.com

Eje temático: 1- Procesos Avanzados de Soldadura. 8- Metalurgia de la Soldadura.

Resumen

El desarrollo local de motores de combustible sólido para aplicaciones aeroespaciales duales es un área de desarrollo estratégico en la que se ha venido trabajando en los últimos 50 años. El proceso GTAW es uno de los habitualmente empleados, así como el acero AISI 4130, para este tipo de aplicaciones. Sin embargo, la variante pulsada de dicho proceso ha sido mucho menos explorada, siendo junto con una ejecución de la junta en forma mecanizada, sin aporte de material, objetivos del presente trabajo. El mismo se enmarca en un proyecto de desarrollo de capacidades locales para la fabricación de la carcasa de un motor de combustible sólido de 160 mm de diámetro, de construcción soldada en diferentes materiales metálicos. El material empleado fue una chapa de acero AISI 4130 en 2 mm de espesor. En primer lugar, se realizaron cordones del tipo “bead on plate”, luego juntas soldadas en chapa plana y soldaduras longitudinales en un sector de chapa rolada en 160 mm de diámetro. Se analizó la condición “como soldada” así como con tratamiento térmico post-soldadura de 520°C durante 60 min. Sobre las distintas soldaduras se adquirieron las señales de tensión y corriente durante la soldadura, se realizaron ensayos no destructivos, caracterización macro y microestructural, perfiles de microdureza y ensayos de tracción. La eficiencia de junta alcanzada luego del tratamiento térmico post-soldadura fue de alrededor del 90%. Se desarrollo un procedimiento de soldadura para la ejecución de la soldadura longitudinal de la carcasa en las condiciones descriptas, basado en la comprensión de las relaciones entre variables de proceso, microestructura/defectos y propiedades mecánicas.

Abstract

The local development of SRM (*Solid Rocket Motors*) for dual aerospace applications is a strategic area in which it has been working for the last fifty years. GTAW process is one of the most habitually employed, as well as the AISI 4130 steel, for this type of applications. However, the pulsed mode has been much less studied, being with an automated executed joint, without filler material, objectives of the present work, which is part of a project to develop local capacities to produce SRM case (160 mm diameter) of welded metallic materials. The material used was a 2 mm thickness AISI 4130 steel sheet. Firstly, welds in “bead on plate” conditions were done, then the coupons with butt joint configuration were carried out and finally, cylindered steel sheet was welded in the longitudinal direction conforming a sector. As welded (AW) and post-welded heat treatment (520 °C to 1 hour) conditions were analysed. During the weld process, the signals of current and voltage were acquired. Non-destructive testing (NDT), macro and microstructural characterization, micro-hardness profiles and tensile tests were done. The joint efficiency achieved after post weld heat treatment was around to 90%. A welding procedure was developed for the fabrication of a SRM case welded in AISI 4130, under the described conditions, based in the comprehension of the relationships between process variables, microstructure/defects and mechanical properties.

Palabras clave: Carcasa de motor de combustible sólido, GTAW-P, acero AISI 4130, Procedimiento de soldadura

Keywords: Solid Rocket Motor Case, Pulsed-GTAW, AISI 4130 steel, Welding procedure

EFECTO DE TRATAMIENTO TÉRMICO PRE Y POST-SOLDADURA EN SOLDADURAS DE ACERO MARAGING C250 OBTENIDOS POR GTAW-PULSADO

PRE AND POST WELD HEAT TREATMENT EFFECT ON PULSED-GTAW WELDS OF MARAGING C250 STEEL

Mercedes A. Durán^(1,2) (P), H. Nelson Álvarez Villar⁽³⁾, Hernán G. Svoboda^(1,4)

(1) GTSyCM3, INTECIN, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

(2) Ministerio de Defensa, Ciudad de Buenos Aires, Argentina

(3) CITEDEF,

(4) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

Dirección de contacto: mecciduran@gmail.com

Eje temático: 1- Procesos Avanzados de Soldadura. 8- Metalurgia de la Soldadura.

Resumen

El desarrollo local de motores de combustible sólido (SRM) para aplicaciones aeroespaciales duales es un área de desarrollo estratégico. El proceso GTAW es uno de los habitualmente empleados, siendo el acero Maraging C250 el material de última generación para este tipo de aplicaciones. Este material de ultra-alta resistencia permite alcanzar los 1600 MPa en condición de tratado térmicamente. En este sentido, el desarrollo del procedimiento de soldadura que permita optimizar las propiedades mecánicas y las condiciones de fabricación de carcasas de SRM es un área de trabajo actual, siendo los tratamientos térmicos pre y post soldadura un aspecto de relevancia. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las condiciones de tratamiento térmico pre y post soldadura en una chapa de acero Maraging 250 de 2 mm de espesor soldada en configuración "bead on plate" (BoP) mediante el proceso GTAW-Pulsado sin aporte de material y en forma mecanizada. Sobre chapas de este material en condiciones Recocida (R) y Envejecida (E) se realizaron cordones BoP. Sobre cortes transversales de las soldaduras en ambas condiciones se realizó la caracterización macro y microestructural y se determinaron perfiles de microdureza Vickers. Posteriormente, se realizaron tratamientos térmicos post-soldadura (PWHT) de envejecido a temperaturas entre 480 y 550°C. En el metal de soldadura de las condiciones con PWHT se observó la presencia de alrededor de 5% de austenita revertida. La condición R con PWHT a 480°C presenta un perfil de dureza relativamente uniforme con una dureza mínima en la zona del metal de soldadura de unos 480 HV, con unos 500 HV en el material base.

Abstract

The local development of SRM (*Solid Rocket Motors*) for dual aerospace applications is a strategic area. GTAW is one of the welding processes often used for this type of applications, being the Maraging C250 steel a last generation material. This ultra-high strength steel could achieve 1600 MPa in the heat-treated condition. Accordingly, the development of welding procedure for optimizing the mechanical properties and the conditions to manufacture of SRM case is a current working area, being the pre and post weld heat treatments (PWHT) a relevant issue. The objective of the present work was to evaluate the effect of the pre and post welding heat treatment conditions in a 2 mm thickness Maraging C250 steel sheet welded in "bead on plate" (BoP) condition through Pulsed-GTAW process without filler material and automatically executed. On samples of the analysed material in annealing (R) and aged (E) conditions, welds in BoP configuration were performed. For both conditions, macro and microstructural characterization and microhardness Vickers (HV) profiles were done. Subsequently, post welding heat treatment were carried out at different temperatures between 480 and 550 °C. In the weld metal of the PWHT conditions the presence of around 5% of reverted austenite was observed. The R-PWHT (480 °C) condition presents a microhardness profile relatively uniform with a minimum hardness value of 480 HV in the weld metal, with 500 HV in the base material.

Palabras clave: Carcasa de motor de combustible sólido, GTAW-Pulsado, acero Maraging C250, tratamiento térmico pre y post soldadura, austenita revertida

Keywords: Solid Rocket Motor Case, Pulsed-GTAW, Maraging C250 steel, pre and post weld heat treatment, reverted austenite.

AVALIAÇÃO DA SOLDAGEM NA PRESENÇA DE PRIMER NAVAL COM OS PROCESSOS GMAW E FCAW PULSADO

WELDING ASSESSMENT IN THE PRESENCE OF NAVAL PRIMER WITH THE GMAW AND FCAW PULSED PROCESSES

Ana Carolina de Simone Garcia ⁽¹⁾, Tiago Vieira da Cunha ⁽¹⁾, Víctor Vergara Díaz (P)⁽²⁾

(1) Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville, Joinville, SC, Brasil

(2) Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Antofagasta, Antofagasta, Chile

Contato: victor.vergara@uantof.cl

Eje temático: Procesos avanzados de soldadura.

Resumo

Os estaleiros encontram-se em sua grande maioria no litoral, onde sofrem grande ação da umidade oriunda do mar. Isto torna necessário medidas de proteção contra oxidação das chapas metálicas durante estocagem e processamento. Para tanto, é utilizada uma tinta do tipo Shop Primer, que oferece proteção catódica as chapas. No entanto, buscando uma maior eficiência na construção de uma embarcação, é desejável que a posterior retirada desta camada de tinta não seja necessária, como forma de reduzir o tempo de produção. Assim, é de interesse que a execução dos processos de soldagem ocorra na presença desta tinta na superfície da peça de trabalho sem, contudo, comprometer a qualidade final dos cordões de solda. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos decorrentes da presença do primer na soldagem com os processos GMAW e FCAW pulsado no que diz respeito à estabilidade dos processos e morfologia dos cordões de solda. Para tanto, foram realizados ensaios de soldagem, empregando dispositivo mecanizado, com os arames ER70S-6 e E71T-1 em duas configurações de corrente média e mantendo-se fixos os demais parâmetros de soldagem. Quatro espessuras diferentes de camada de primer foram empregadas sobre os corpos de prova a fim de avaliar sua influência na estabilidade dos processos e qualidade final dos cordões. Como resultado, foram obtidos cordões de solda íntegros e com acabamento superficial uniforme para ambos os processos. Contudo, os cordões realizados com o processo FCAW apresentaram penetração muito baixa, melhor molhabilidade e maior largura quando comparado com aqueles obtidos com o GMAW, que apresentaram maiores valores de reforço e penetração. Por fim, pode-se concluir que a soldagem na presença do primer empregado é viável.

Abstract

The shipyards are mostly located on the coast, where suffer a great influence of humidity from the sea. This makes it necessary to protect metal sheets against oxidation during storage and processing. To this, a Shop Primer paint type is used, which offers cathodic protection to the plates. However, aiming a greater efficiency in the vessel construction, it is desirable that the subsequent removal of this paint layer is not necessary, as a way of reducing production time. Thus, it is of interest that the welding processes execution takes place in the presence of this paint on the workpiece surface without, however, compromising the final quality of the weld beads. In this context, the present work aims to evaluate the effects resulting from the primer presence in welding with the pulsed GMAW and FCAW processes with regard to the stability of the processes and morphology of the weld beads. For this purpose, welding tests employing a mechanized device were carried out with the ER70S-6 and E71T-1 wires in two average current configurations and keeping the other welding parameters fixed. Four different primer layer thicknesses were used on the specimens surface in order to evaluate their influence on the process stability and final quality of the welds beads. As a result, weld beads with a uniform surface finish were obtained for both processes. However, the weld beads made with the FCAW process showed very low penetration, better wettability and greater width when compared to those obtained with GMAW, which showed higher reinforcement and penetration values. Finally, it can be concluded that welding in the presence of the primer used is feasible.

Palavras-chave: Estaleiros, GMAW, FCAW, Primer Naval, Cordão de solda.

Keywords: Shipyards, GMAW, FCAW, Naval Primer, Weld bead.

PRESENTACIÓN DE UNA VARIANTE DEL FRICTION STIR SPOT WELDING APLICADA A LA SOLDADURA DE CHAPAS DE DUAL PHASE

PRESENTATION OF AN ALTERNATIVE OF THE FRICTION STIR SPOT WELDING APPLIED TO WELDING OF DUAL PHASE SHEETS

Alejandro A. Mateos ⁽¹⁾ (P), María José Castillo ⁽¹⁾ ⁽²⁾, Guillermo A. Lombera ⁽³⁾, Marcelo F. Pelayo ⁽⁴⁾

(1) Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras (LEMEJ) – Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires, Junín, Buenos Aires, Argentina

(2) DEYTEMA – Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Nicolás, San Nicolás, Buenos Aires, Argentina.

(3) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata – CONICET, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina

(4) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Lomas de Zamora, Buenos Aires, Argentina
Dirección de contacto: aamateos@unnoba.edu.ar

Eje temático: 1 - Procesos avanzados de soldadura

Resumen

Con el objetivo de buscar mejores calidades en las soldaduras y menor consumo de energía, constantemente se desarrollan novedosos procesos de soldadura aplicados a la industria automotriz. Uno de los procesos que cumple con estas condiciones, es el Friction Stir Spot Welding (FSSW) que permite generar soldaduras solapadas por puntos, al igual que Resistance Spot Welding (RSW), pero en estado sólido. Sin embargo, este proceso presenta la particularidad de que se genera una indentación producida por el trabajo de la herramienta y queda supeditado, mayoritariamente, a materiales de bajo punto de fusión. Por otro lado, el avance de los materiales utilizados en la fabricación de vehículos ha propiciado el uso de aceros de alta resistencia, como los Dual Phase (DP), que contienen una fase de ferrita blanda y una de martensita dura. El objetivo de este trabajo es dar a conocer una técnica de soldadura alternativa al FSSW que se estudiará en el marco de un doctorado en ingeniería y que presenta, a priori, un gran potencial para soldar chapas de acero DP con indentaciones similares a las obtenidas por RSW. Este proceso emplea una proyección en la superficie opuesta a la de trabajo de la herramienta. Para analizar su aplicabilidad, se realizó un rastreo bibliográfico para determinar las variables intervinientes y sus interrelaciones. A partir de esta exploración bibliográfica se comenzará a trabajar en el desarrollo experimental para validar o refutar lo revisado en la teoría.

Abstract

In search of better qualities in welding and lower consumption, new welding process applied to automotive industry are constantly being developed. One of this is Friction Stir Spot Welding (FSSW) which allows perform lap spot joints like Resistance Spot Welding (RSW) but in solid state. However, this process present an indentation produced by the tool and mainly it used in materials with low melting point. On the other hand, the improvement of the materials used in vehicles manufacturing has propitiated the employment of high strength steels, as Dual Phase (DP), which its containing a soft ferrite phase and other of hard martensite. The aim of this paper is to announce an alternative welding technique to FSSW that will be studied in a PhD in engineering and that shows great potential for welding DP steel sheets with indentation similar those obtained by RSW. This process use a projection in the anvil opposite to the work tool. To study the applicability, a bibliographic analyze to obtain he intervening variables and your interrelationships was carried out. From this bibliographic exploration, work will begin on the experimental development to validate or refute what was found in the theory.

Palabras clave: Soldadura por Fricción Agitación, Proyección, Aceros Dual Phase.

Keywords: Friction Stir Welding, Projection, Dual Phase steels

DESARROLLO DE PROCEDIMIENTO DE MANUFACTURA ADITIVA POR ARCO ELÉCTRICO CON ALAMBRE (WAAM) EN ACERO AL C-MN-SI

PROCEDURE DEVELOPMENT FOR WIRE ARC ADDITIVE MANUFACTURING IN C-MN-SI STEEL

Alejandro Miranda ⁽¹⁾, Hernán G. Svoboda ^(1,2)

(1) GTSyCM3, INTECIN, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

(2) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

hsvobod@fi.uba.ar

Eje temático: 1-Procesos Avanzados de Soldadura

Resumen

El proceso de Manufactura Aditiva por Arco Eléctrico con Alambre (WAAM) ha generado un fuerte impacto como proceso de fabricación en los últimos años, presentando en la actualidad un gran potencial como tecnología de fabricación digital. Las características mecánicas, estabilidad dimensional, distorsiones y acabado superficial son algunos de los aspectos que se presentan como desafíos actuales para esta tecnología. El procedimiento empleado tiene un fuerte efecto en los aspectos mencionados. En el presente trabajo se analizan las características de los depósitos obtenidos en paredes de 70 mm de largo, 15 mm de ancho y 100 mm de altura en acero al carbono-manganeso-silicio obtenidos mediante WAAM empleando el proceso GTAW-P con alimentación de alambre frío E70S6 de 0,9 mm de diámetro, en un router CNC, con refrigeración de la base. Se analizaron la calidad superficial, en nivel de defectos, aspectos microestructurales y propiedades mecánicas. La estabilidad dimensional lograda es buena, así como la calidad superficial y el nivel de defectos. Las propiedades mecánicas obtenidas son acordes a las especificadas para el material de aporte empleado. El proceso GTAW pulsado con alimentación de alambre frío se presenta como un proceso viable para aplicaciones de WAAM.

Abstract

The Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) process has generated a strong impact as a manufacturing process in recent years, currently presenting great potential in digital manufacturing technology. The mechanical characteristics, dimensional stability, distortions and surface finish are some of the aspects that present themselves as current challenges for this technology. The procedure used has a strong effect on the aspects mentioned. In the present work, the characteristics of the deposits obtained in walls of 70 mm long, 15 mm wide and 100 mm high in C-Mn-Si steel obtained by WAAM are analyzed. The GTAW-P process was used with E70S6 cold wire feed of 0.9 mm diameter, in a CNC router, with the base water cooled. Surface quality, defect level, microstructural aspects and mechanical properties were analyzed. The dimensional stability, the surface quality and the level of defects have good characteristics. The mechanical properties obtained are in accordance with those specified for the filler material used. Pulsed GTAW with Cold Wire process is presented as a viable process for WAAM applications.

Palabras clave: Manufactura Aditiva, WAAM, Acero Carbono-Manganeso-Silicio, Microestructura, Propiedades mecánicas

Keywords: Additive Manufacturing, WAAM, C-Mn-Si steel, Microstructure, Mechanical Properties

MICROSOLDADURA DE SOLAPE POR FRICCIÓN AGITACIÓN (FSLW) DE ALEACIONES DE ALUMINIO

MICRO FRICTION STIR LAP WELDING (FSLW) OF ALUMINUM ALLOYS

Micaela Álvarez ⁽¹⁾, Leonardo N. Tufaro ^(2,3) (P), Hernán G. Svoboda ^(3,4)

(1) Instituto Sábato, UNSAM-CNEA, San Martín, Buenos Aires, Argentina

(2) Centro de Investigación y Desarrollo en Mecánica, INTI, San Martín, Buenos Aires, Argentina

(3) GTSyCM3, INTECIN, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

(4) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

Dirección de contacto: ltufaro@inti.gob.ar

Eje temático: 1-Procesos Avanzados de Soldadura

Resumen

La soldadura por Fricción Agitación (FSW) ha presentado un fuerte impacto en los últimos 25 años, especialmente en relación a la soldadura de aleaciones de aluminio. Este proceso de unión en fase sólida presenta una serie de ventajas y se ha introducido en diversas industrias entre las cuales se destacan las industrias aeronáutica y aeroespacial, automotriz, naval y ferroviaria. Para el caso de la industria automotriz, se emplean en general uniones de solape en chapa fina. En el presente trabajo se estudio la soldadura FSLW (Friction Stir Lap Welding) en aleaciones de aluminio 5052-H32 y 6061-T6 en chapa fina de 1 mm de espesor. Se analizó el efecto de la velocidad de soldadura sobre las características de las uniones obtenidas, sobre las que se realizó la caracterización macro y microestructural, perfiles de microdureza y ensayos de corte. Se obtuvieron uniones con excelente aspecto superficial y bajo nivel de defectos. En los perfiles de microdureza se observa que la dureza mínima se ubica en la zona afectada por el calor. La aleación 5052 presenta un bajo ablandamiento, mientras que en el caso de la 6061, el mismo es más significativo, debido a la solubilización y sobre-envejecido de las fases endurecedoras. La eficiencia de junta para el caso de la aleación 5052 alcanza valores del orden del 85%, mientras que para la 6061 es de alrededor de 50%. La fractura se inicia a partir de la zona del *hook* de la unión.

Abstract

Friction Stir Welding (FSW) has presented a strong impact in the past 25 years, especially in relation to the welding of aluminum alloys. This solid-state joining process presents a series of advantages and it has been introduced in diverse industries among which stand out the aeronautical & aerospace, automotive, shipbuilding and railroad industries. In the case of automotive industry, lap joints of thin sheets are generally used. In the present work it was study the Friction Stir Lap Welding (FSLW) of aluminum alloys 5052-H32 and 6061-T6 in 1 mm thick thin sheets. It was analyzed the effect of the welding speed in the characteristics of the obtained joints. Macro and microstructural characterization, microhardness profiles and lap shear tests were made. The obtained welds have an excellent surface aspect and a low level of defects. In the microhardness profiles, it was observed that the minimum hardness was located in the heat affected zone. The alloy 5052 presented a low softening, while in the case of the alloy 6061, this softening was more significant due the dissolution and over-aging of the strengthening phases. The joint efficiency for the alloy 5052 reached values in the order of 85%, while for the alloy 6061, it was in the order of 50%. The fracture was initiated from the zone of the hook of the joint.

Palabras clave: FSLW, 5052-H32, 6061-T6, *hook*, ensayo de corte

Keywords: FSLW, 5052-H32, 6061-T6, hook, lap shear test

MICROSOLDADURA DE SOLAPE POR FRICCIÓN AGITACIÓN (FSLW) DE UNIONES DISÍMILES DE AA5052 Y AISI1010

MICRO FRICTION STIR LAP WELDING (FSLW) OF DISSIMILAR JOINTS OF AA5052 Y AISI1010

Leonardo N. Tufaro ^(1,2) (P), Hernán G. Svoboda ^(2,3)

(1) Centro de Investigación y Desarrollo en Mecánica, INTI, San Martín, Buenos Aires, Argentina

(2) GTSyCM3, INTECIN, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

(3) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

Dirección de contacto: ltufaro@inti.gob.ar

Eje temático: 1-Procesos Avanzados de Soldadura

Resumen

La soldadura por Fricción Agitación (FSW) ha tenido un gran desarrollo en los últimos 25 años. Este proceso de unión en fase sólida presenta una serie de ventajas, en especial para la soldadura de materiales disímiles. En diferentes aplicaciones industriales, como en el caso de la industria automotriz, es necesaria la unión de solape en chapa fina de materiales disímiles como aceros con aleaciones de aluminio. En el presente trabajo se estudió la soldadura FSLW (Friction Stir Lap Welding) en aleaciones de aluminio AA5052-H32 y acero AISI1010 en chapa fina de 1 mm de espesor, con la chapa de aluminio ubicada del lado superior de la junta. Se analizó el efecto de la velocidad de soldadura y la indentación de la herramienta sobre las características de las uniones obtenidas. Asimismo, se utilizaron distintas longitudes del pin de la herramienta para generar el flujo plástico adecuado en la interfaz entre ambos materiales, evitando una disminución excesiva del espesor de la chapa de aleación de aluminio debida a la indentación de la herramienta. Se realizó la caracterización macro y microestructural, perfiles de microdureza y ensayos de corte. Se obtuvieron uniones con un buen aspecto superficial y bajo nivel de defectos. En los ensayos de corte, en algunos casos se obtuvieron fracturas interfaciales, y en otros se produjo en la chapa 5052. Las mayores cargas de rotura se obtuvieron para las condiciones donde existe interacción mecánica entre el acero y el aluminio. Se desarrolló un procedimiento de soldadura apropiado para este tipo de uniones.

Abstract

Friction Stir Welding (FSW) has had a high development in the past 25 years. This solid-state joining process presents a series of advantages, especially for the welding of dissimilar materials. In different industrial applications, as in the case of automotive industry, it is necessary to lap joint thin sheets of dissimilar materials, such as steel and aluminum alloys. In the present work it was study the Friction Stir Lap Welding (FSLW) of aluminum alloys AA5052-H32 and AISI 1010 in 1 mm thick thin sheets, with the aluminum sheet in the upper position of the joint. It was analyzed the effect of the welding speed and tool indentation in the characteristics of the obtained joints. Different pin lengths were used to generate appropriate plastic flow at the interface between both materials, avoiding an excessive thickness reduction of the aluminum alloy sheet due to tool indentation. Macro and microstructural characterization, microhardness profiles and lap shear tests were made. The obtained welds have a good surface aspect and a low defects level. In the lap shear tests, in some cases interfacial fractures were obtained, and in other cases the fractures were located at the 5052 sheets. The highest fracture loads were obtained for those conditions where there was a mechanical interaction between aluminum and steel. It was developed an appropriated welding procedure for this type of joints.

Palabras clave: Soldadura de Solape por Fricción Agitación (FSLW), chapa fina, AA5052-H32, AISI1010, ensayo de corte

Keywords: Friction Stir Lap Welding (FSLW), thin sheet, AA5052-H32, AISI1010, lap shear test

EFEECTO DE LOS PARÁMETROS DE SOLDADURA GMAW-BRAZING PULSADO EN JUNTAS DE ACERO DP 1000

EFFECT OF PULSED GMAW-BRAZING PARAMETERS OF DP 1000 STEEL JOINTS

César D. Marconi ⁽¹⁾ (P), **Carlos F. Consigli** ⁽¹⁾, **María J. Castillo** ⁽²⁾, **Hernán G. Svoboda** ^(1,3,4)

(1) DEYTEMA-Centro de Desarrollo y Tecnología de Materiales, Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

(2) Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires, Escuela de Tecnología, Junín, Buenos Aires, Argentina

(3) GTSyCM3, INTECIN, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

(4) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

Dirección de contacto: cmarconi@frsn.utn.edu.ar

Eje temático: 2- Soldadura de nuevos materiales.

Resumen

Los aceros de fase dual (DP) ofrecen una buena combinación de resistencia, conformabilidad y soldabilidad y son de gran aplicación en la industria automotriz. La incorporación de estos nuevos materiales exige el desarrollo de nuevos procedimientos de soldadura. Actualmente, es cada vez más utilizado el proceso Gas Metal Arc Welding - Brazing (GMAW-B), ya que presenta buen aspecto superficial y no produce la fusión de los materiales a unir, limitando la degradación microestructural que sufren los aceros tipo DP. Dentro de este proceso, el modo pulsado es una variante que presenta potencial para mejorar las características de la unión, aunque no ha sido suficientemente estudiado. El objetivo de este trabajo es analizar el efecto de los parámetros de soldadura GMAW-B en modo pulsado sobre las características de las juntas soldadas en acero un DP1000. Sobre las probetas soldadas se determinaron los aspectos geométricos del depósito, la generación de defectos y la evolución microestructural a lo largo de la junta soldada. Se realizaron ensayos de arrancamiento por tracción y perfiles de microdureza. Con el aumento de la corriente de soldadura mejoró sustancialmente el aspecto superficial de los cordones, las características geométricas y las longitudes de mojado, determinando así la ocurrencia de la fractura fuera del cordón, en la zona afectada por el calor (ZAC). A su vez, el incremento del calor aportado por encima de cierto límite aumentó la degradación de la ZAC, disminuyendo el valor de dureza mínima y por consiguiente la carga de rotura.

Abstract

Dual phase steels (DP) offers a good combination of strength, formability and weldability and are widely used in the automotive industry. The incorporation of these new materials requires the development of new welding procedures. Currently, Gas Metal Arc Welding - Brazing process (GMAW-B) is increasingly used, since it presents good surface appearance and does not produce the fusion of the materials to be joined, limiting the microstructural degradation suffered by DP steels. Within this process, the pulsed mode is a variant that has the potential to improve the characteristics of the joint, although it has not been studied enough. The objective of this work is to analyze the effect of pulsed mode GMAW-B parameters on the characteristics of welded joints in DP steel sheets. On the welded specimens the geometrical aspects, defects level and microstructural evolution along the welded joint were evaluated. Tensile shear tests and microhardness profiles were carried out. With the increase in the welding current, the surface appearance of the weld beads, the geometric characteristics and the wetting lengths were substantially improved, thus determining the occurrence of fracture outside the bead, in the heat affected zone (HAZ). Nevertheless, the increase in heat supplied above a certain limit increased the degradation of the HAZ, reducing the minimum hardness value and consequently the fracture load.

Palabras clave: GMAW-Brazing, modo pulsado, acero dual phase, propiedades mecánicas.

Keywords: GMAW-Brazing, pulsed mode, dual phase steel, mechanical properties.

SOLDADURA DISÍMIL POR ARCO PULSADO ENTRE ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS, LEAN DÚPLEX Y DÚPLEX

DISSIMILAR WELDING BY PULSED ARC BETWEEN AUSTENITIC, LEAN DUPLEX AND DUPLEX STAINLESS STEELS

Martínez Juan^(1,2)(P), Zappa Sebastián^(1,3), Gerardo Gonzales⁽⁴⁾, Zalazar Mónica⁽⁴⁾, Svoboda Hernán^(3,5)

(1) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Provincia de Buenos Aires, Argentina

(2) Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Provincia de Buenos Aires, Argentina

(3) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Ciudad de Buenos Aires, Argentina

(4) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, Argentina

(5) Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Ciudad de Buenos Aires, Argentina

Dirección de contacto: jmmartinez@inti.gob.ar; (P)

Eje temático: 2. Soldadura de nuevos materiales

Resumen

En los últimos años, la ciencia de los materiales ha trabajado arduamente con el fin de desarrollar materiales con composiciones químicas, microestructuras y propiedades específicas. Por cuestiones de optimización en la selección de los mismos, hoy en día, la industria se encuentra con el desafío de lograr soldaduras sanas con materiales diferentes. A dichas soldaduras se las conoce como soldadura disímil. El objetivo de este trabajo es el de estudiar el comportamiento microestructural y mecánico de soldaduras disímiles entre chapas de aceros inoxidable austeníticos (AISI 304L), lean dúplex (LDX 2101) y dúplex (DX 2205), mediante el uso del proceso semiautomático con protección gaseosa inerte y arco doble pulsado (GMAW-PP), utilizando como material de aporte un alambre macizo de acero inoxidable dúplex. Para tal fin, se soldaron tres cupones de soldadura (acero austenítico con lean dúplex, acero austenítico con dúplex y acero lean dúplex con dúplex) con arco doble pulsado y se realizaron cortes transversales para la caracterización química y microestructural, empleando espectrometría de emisión óptica, microscopía óptica y electrónica de barrido, respectivamente. Para la caracterización mecánica, se realizaron barridos de dureza, sobre dichos cortes transversales, y se mecanizaron y ensayaron probetas de tracción a temperatura ambiente. Los resultados mecánicos obtenidos muestran una importante disminución de la dureza en la zona afectada por el calor del acero austenítico y una mayor resistencia a la tracción en la soldadura disímil entre lean dúplex y dúplex.

Abstract

In recent years, materials science has worked hard to develop materials with specific chemical compositions, microstructures, and properties. Due to optimization issues in their selection, today, the industry faces the challenge of achieving welds without defects with different materials. This weld is known as dissimilar weld. The objective of this work is to study the microstructural and mechanical behavior of dissimilar welds between sheets of austenitic stainless steels (AISI 304L), lean duplex (LDX 2101) and duplex (DX 2205), using the semi-automatic process with a inert gaseous protection and double pulsed arc (GMAW-PP), using as welding material a solid duplex stainless steel wire. For this purpose, three welding (austenitic steel with lean duplex, austenitic steel with duplex and lean duplex steel with duplex) with double pulsed arc were welded and cross sections cuts were made for chemical and microstructural characterization, using optical emission spectrometry, light microscopy and scanning electron microscopy, respectively. For mechanical characterization, hardness sweeps were performed on the cross sections, and tensile specimens were mechanized and tested at room temperature. The obtained mechanical results show an important decrease in the hardness on the zone affected by the heat of the austenitic steel and a greater tensile strength in the dissimilar weld between lean duplex with duplex.

Palabras clave: Doble Arco Pulsado, Caracterización Metalúrgica, Caracterización Mecánica

Keywords: Double Pulsed Arc, Metallurgical Characterization, Mechanical Characterization

19 al 21 de mayo de 2021
JUNÍN|BUENOS AIRES|ARGENTINA

DESARROLLO DE TECNICAS MAGNETICAS PARA EL CONTROL DE SOLDADURAS EN CHAPAS DE ACERO

DEVELOPMENT OF MAGNETIC TECHNIQUES FOR THE CONTROL OF WELDING IN STEEL SHEETS

Neyra A. Miriam Rocío^(1,2) (P), Ortega P. Valeria⁽¹⁾, Ferrari Guido⁽³⁾, Chiapparoli Wadi⁽⁴⁾,
Gómez Martín^(1,3)

(1) Dpto. Proyecto ICES y Ondas Elásticas, Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Buenos Aires, Argentina.

(2) Departamento de Ing. Eléctrica, Fac. Reg. Delta, Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Campana, Buenos Aires, Argentina

(3) Grupo de Emisión Acústica, Fac. Reg. Delta, UTN, Campana, Buenos Aires, Argentina.

(4) Instituto Argentino de Siderurgia (IAS), Buenos Aires, Argentina.

Dirección de contacto: neyra@cnea.gov.ar

Eje temático: soldadura de nuevos materiales

Resumen

El Ruido Magnético Barkhausen (RMB) es un método de ensayo no destructivo, aplicable a materiales ferromagnéticos, muy sensible a cambios en la microestructura, tensiones internas, impurezas y otros defectos. Si un material ferromagnético es sometido a un campo magnético variable, el movimiento de las paredes de los dominios magnéticos inducirá una señal eléctrica sobre una bobina sensora colocada sobre la superficie del material alcanzada por el campo. Tanto el movimiento de las paredes de los dominios como la señal inducida estarán condicionados por los defectos, en su distribución espacial y temporal. Por lo tanto, este método tiene una gran perspectiva de aplicación en la detección de tensiones residuales, corrosión, daños por fatiga, dureza y fragilización por irradiación. Sin embargo, esta técnica, basada en este fenómeno magnetoeléctrico complejo, aún no está estandarizada. En este estudio se analizan la repetibilidad, la trazabilidad y la estabilidad de esta metodología de RMB para el caso particular del monitoreo de uniones soldadas a tope por arco eléctrico en dos chapas de acero al carbono con uniones por soldadura defectuosas por tramos. Este material fue provisto por el Instituto Argentino de Siderurgia (IAS). Entonces, se midió el RMB en todo el largo del cordón de soldadura y se pudieron asociar al Valor Cuadrático Medio (RMS) de las señales de RMB los defectos encontrados a lo largo de la soldadura. Todas las chapas tienen indicaciones en las diferentes secciones como “bien soldadas” o “mal soldadas” siendo así designadas por el operador que realizó el proceso de la soldadura, según criterios de evaluación por inspección visual. Los resultados muestran que en la sección “bien soldada” los valores RMS del RMB resultaron ser menores que la media obtenida y en la sección “mal soldada”, la tendencia del valor RMS fue mayor que la media. De esta manera, se comprobó la utilidad del RMB para identificar la calidad del cordón de soldadura.

Abstract

Magnetic Barkhausen Noise (MBN) is a non-destructive test method, applicable to ferromagnetic materials. This method is very sensitive to changes in microstructure, internal stresses, impurities, and other defects. If a ferromagnetic material is subjected to a varying magnetic field, the movement of the walls of the magnetic domains will induce an electrical signal on a sensing coil placed on the surface of the material exposed to the field. Both the movement of the domain walls and the induced signal will be conditioned by the defects, in their spatial and temporal distribution. Therefore, this method has a great applicability in the detection of residual stresses, corrosion, fatigue damage, hardness, and irradiation embrittlement. However, this technique, based on this complex magnetolectric phenomenon, is not yet standardized. In this study, the repeatability, traceability, and stability of this MBN methodology were analysed for electric arc welded joints in two carbon steel sheets with defective welded joints in specified sections. This material was provided by the Instituto Argentino de Siderurgia (IAS). Then, the MBN was measured over the entire length of the weld and the defects found along the weld could be associated with a variation in the Root Mean Square (RMS) of the MBN signals. The steel plates were labelled along the weld as “well welded” or “poorly welded”, thus being designated by the operator who carried out the welding process, according to evaluation criteria by visual inspection. In the “well welded” section, the results show that the RMS value of the MBN are lower than the average obtained. In the “poorly welded” section, the trend of the RMS value was greater than the average. In this way, the effectiveness of MBN to identify the quality of the weld was proven.

Palabras clave: Ruido Magnético Barkhausen, acero al carbono, soldadura.

Keywords: Magnetic Barkhausen Noise, carbon steel, welding.

TRATAMIENTOS TÉRMICOS PARA LA OBTENCIÓN DE ACEROS DUAL PHASE

HEAT TREATMENTS TO ACHIEVE DUAL PHASE STEELS

María José Castillo ⁽¹⁾⁽²⁾ (P), **Alejandro A Mateos** ⁽¹⁾, **Gianluca Lombardo** ⁽¹⁾, **Hernán Svoboda** ⁽²⁾⁽³⁾

(1) Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras (LEMEJ) – Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires, Junín, Buenos Aires, Argentina

(2) DEYTEMA – Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Nicolás, San Nicolás, Buenos Aires, Argentina.

(3) GTSyCM3, INTECIN, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Ciudad de Buenos Aires, Argentina
Dirección de contacto: mjcastillo@unnoba.edu.ar

Eje temático: 4 – Diseño y fabricación de productos para soldadura

Resumen

Los Aceros Avanzados de Alta Resistencia han encontrado en los últimos años numerosas aplicaciones en diversas industrias, especialmente en productos tipo chapa. Los aceros Dual Phase (DP) forman parte de esta familia y presentan una buena combinación de resistencia y tenacidad. Las mallas electrosoldadas utilizadas como refuerzo de estructuras de hormigón son ampliamente utilizadas en la industria de la construcción y emplean productos denominados ATR500N. El objetivo de este trabajo es desarrollar tratamientos térmicos que permitan obtener aceros DP a partir de barras de construcción utilizadas actualmente como refuerzos de hormigón. Para ello, se probaron distintos tratamientos de austenización parcial con intervalos de 20°C dentro del rango intercrítico, variando también, los tiempos de mantención. Posteriormente, se realizaron revenidos a 200 °C sobre las probetas previamente tratadas. Las temperaturas intercríticas fueron definidas en función de lo establecido en trabajos anteriores de los autores. Para la evaluación del desempeño de los tratamientos empleados se realizaron estudios metalográficos y ensayos mecánicos de microdureza y tracción para evaluar el cumplimiento de la norma IRAM U 500 26. A partir de los resultados obtenidos se pudo concluir que para ciertas condiciones de tratamiento se superaron los requerimientos mínimos establecidos por la norma previamente mencionada.

Abstract

In last years, Advanced High Strength Steels (AHSS) have found numerous applications in various industries, especially in sheet metal products. Dual Phase (DP) steels are part of this family and present a good combination of strength and toughness. The electrowelded meshes used as reinforcement in concrete structures are widely used in the construction industry and uses products called ATR 500 N. The aim of this paper is developed heat treatments that allow obtaining DP steels from steels bars commonly used in reinforcement concrete. To achieve this, different partial austenization treatments, with intervals of 20 °C were made, varying the maintenance times too. Subsequently, on previously treated specimens, a tempered at 200 °C was made. The intercritical temperatures were defined based on previous works of the authors. To evaluate the performance of treatments used, metallographic studies and mechanical tests of microhardness and tensile were carried out to evaluate compliance with the IRAM U 500 26 standard. From the obtaining results, it could be concluded that for some treatment conditions the minimum requirements established in mentioned standard were met.

Palabras clave: Mallas electrosoldadas, Aceros Dual Phase, Tratamientos térmicos, Propiedades mecánicas

Keywords: Electrowelded meshes, Dual Phase Steels, Heat Treatments, Mechanical Properties

FMC CAPTURE TECHNIQUE AND DATA RECONSTRUCTION FOR FOCUSED ULTRASOUND IMAGING APPLIED TO RAIL WELDING INSPECTION

TÉCNICA DE ADQUISICIÓN FMC PARA IMÁGENES ENFOCADAS DE ULTRASONIDO. APLICACIÓN A LA INSPECCIÓN SOLDADURAS DE RIELES FERROVIARIOS

Guillermo Cosarinsky⁽¹⁾, Juan Manuel Iriarte (P)⁽¹⁾, Jose Brizuela⁽¹⁾⁽²⁾, Nicolás Berardi⁽³⁾

(1) Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Villa Maipú, Buenos Aires, Argentina

(2) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

(3) Trenes Argentinos Infraestructura (ADIFSE), Argentina.

Dirección de contacto: cosarinsky@cnea.gov.ar; (P) Presentador

Eje temático: inspección y calidad de productos soldados

Resumen

Las técnicas de imagen por ultrasonido están en constante desarrollo en busca de obtener mayor resolución y facilidad en la evaluación. Cualquier imagen de ultrasonido puede ser calculada a partir de la técnica de adquisición conocida como Full Matrix Capture (FMC), en la cual se utilizan todas las combinaciones posibles de transmisor-receptor de un transductor multielemento (array). Por otro lado, entre los distintos métodos de reconstrucción de la imagen, el llamado Total Focusing Method (TFM) se caracteriza por generar imágenes completamente enfocadas, siendo así la referencia de calidad en imágenes de ultrasonido. Aunque el método TFM ofrece la mejor calidad de imagen, se requiere de una capacidad para procesar grandes cantidades de datos. La implementación por hardware y software es compleja, restringiendo muchas veces la aplicación directa en la industria. Sin embargo, en el mercado han surgido nuevas tecnologías que permiten la aplicación de TFM con algunas limitaciones. En otros casos, la capacidad de cómputo de las plaquetas gráficas (Graphical Processing Units o GPUs) es utilizada para obtener tiempos de cálculo aceptables a grandes profundidades de adquisición con el método TFM. En este trabajo se estudia la aplicabilidad de las imágenes TFM en la evaluación de soldaduras en rieles de ferrocarril. La unión se caracteriza por un gran espesor de pared y por producir ruido debido a la estructura de grano. Para esto se ha utilizado un equipo de 128 canales para la adquisición FMC y software desarrollado por los autores para el cálculo de las imágenes TFM utilizando GPU.

Abstract

Ultrasound imaging techniques are in constant development to provide more resolution and to simplify the data evaluation. Any kind of ultrasound image can be computed by recording the Full Matrix Capture (FMC), which allows obtaining all possible transmit-receive combinations with an array transducer. On the other hand, among the imaging reconstruction methods, the Total Focus Method (TFM) stands out for producing a fully focused image, being the reference of quality in the generation of ultrasound images. Although the TFM method offers the best quality as far as the image is concerned, it is necessary to have the capacity to process large amounts of data. The implementation by both hardware and software is complex, restricting its direct application in the industry. However, new technologies have emerged on the market that can apply the TFM method with some limitations. In other cases, the computing capacity of the Graphics Processor Units (GPUs) is used to achieve acceptable calculation times and large capture ranges for TFM imaging. This paper addresses the applicability of the TFM images in the evaluation of the rail welding, which has a large wall thickness and sometimes involves structural grain noise. For this purpose, a 128-channel (full parallel) device was used to obtain FMC data and customized GPU software was developed for computing TFM.

Palabras clave: ensayo, ultrasonido, rieles, ferrocarril

Keywords: testing, ultrasound, rails, train

IMPLEMENTACIÓN DE ENSAYOS DINÁMICOS DE IMPACTO EN EL CONTROL DE CALIDAD DE UNIONES METÁLICAS

IMPLEMENTATION OF DYNAMIC IMPACT TESTS ON THE QUALITY CONTROL OF METALLIC JOINTS

Furlani A. ⁽¹⁾, Martinez F. ⁽¹⁾, Cantón G. ⁽¹⁾, Del Pópolo M. ⁽¹⁾, Zaradnik R. ⁽¹⁾

(1) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Centro Universitario, (5500) Mendoza, Argentina.
amfurlani@uncu.edu.ar

Eje temático: tópico 5, Inspección y calidad de productos soldados.

Resumen

Resulta de gran interés el estudio de las propiedades mecánicas en las soldaduras de distintos tipos de aceros, teniendo en cuenta sus múltiples aplicaciones en diferentes industrias. Entre los ensayos que se realizan se encuentran los de impacto, que determinan la capacidad de un material de absorber cargas instantáneas, por el trabajo necesario para introducir la fractura de la probeta de un solo golpe referido a la unidad de área útil, para obtener lo que se denomina resiliencia. Sirve para aceptar o rechazar materiales iguales de diferentes lotes y dar la resistencia de una probeta entallada fracturada por una carga instantánea, siendo muy importante en el diseño de máquinas con partes móviles pesadas que se emplean con altas velocidades. Se realizan en máquinas denominadas péndulos, verificando el comportamiento de los materiales según el método Izod y el de Charpy. En ambos casos la rotura se produce por flexionamiento por choque de la probeta, utilizando especialmente un dispositivo que permita aplicaciones de temperatura a sistemas externos. El objetivo principal es determinar la resistencia al impacto de uniones metálicas en condiciones similares a las de servicio, a las temperaturas especificadas. Debido al escaso tiempo de adquisición del equipo utilizado para variar la temperatura de la muestra y por el cierre de los Laboratorios por la pandemia, se presentarán en esta oportunidad, junto a resultados obtenidos en ejemplos de referencia sobre ensayos Charpy, otras técnicas normalizadas utilizadas para calificar procedimientos de soldadura, como ensayos de tracción, de plegado, de microdureza y metalográficos.

Abstract

The study of the mechanical properties in the welds of different types of steels is of great interest, taking into account their multiple applications in different industries. Among the tests carried out are those of impact, which determine the ability of a material to absorb instantaneous loads, due to the work necessary to introduce the fracture of the specimen in a single blow referred to the unit of useful area, to obtain the which is called resilience. It is used to accept or reject the same materials from different batches and give the resistance of a notched specimen fractured by an instantaneous load, being very important in the design of machines with heavy moving parts that are used at high speeds. They are carried out in machines called pendulums, verifying the behavior of the materials according to the Izod and Charpy methods. In both cases, the break is produced by shock bending of the specimen, especially using a device that allows applications of temperature to external systems. The main objective is to determine the impact resistance of metallic joints in conditions similar to those of service, at the specified temperatures. Due to the short acquisition time of the equipment used to vary the temperature of the sample and due to the closure of the Laboratories due to the pandemic, on this occasion, along with results obtained in reference examples on Charpy tests, will be presented other standard techniques used to qualify welding procedures, such as tensile, bending, microhardness and metallographic tests.

Palabras clave: Ensayos Dinámicos, Termostatación, Uniones Soldadas.

Keywords: Dynamic Testing, Thermostatization, Welded Joints.

EVALUACIÓN MECÁNICA Y METALÚRGICA DE RIELES FERROVIARIOS SOLDADOS POR ALUMINOTERMIA

MECHANICAL AND METALLURGICAL EVALUATION OF WELDED RAIL RAILWAYS BY ALUMINOTERMIA

Tomás Ringuelet; José L. Sarutti; Gustavo, Veloso; Jorge E. Grau; Ricardo W. Gregortti

Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT-CICPBA)

Dirección de contacto: metalurgia@lemit.gov.ar; quimica@lemit.gov.ar

Eje temático: T5

Resumen

En el presente trabajo se analizaron los cupones de soldadura aluminotérmica de rieles de ferrocarril mediante ensayos mecánicos de flexión en tres puntos, dureza Brinell y metalografía en la soldadura, zona afectada por el calor (ZAC) y metal base. La soldadura aluminotérmica es un proceso de soldadura que se basa en la reacción de oxidación-reducción entre el polvo de aluminio y polvo de óxido de hierro. Una vez iniciada la reacción exotérmica los productos son hierro, alúmina y una gran cantidad de calor capaz de fundir y calentar al acero hasta 2000°C. Si bien el proceso es antiguo, data de principios del Siglo XX, se lo continúa usando debido a su versatilidad para realizar soldaduras en zonas inhóspitas. Los resultados obtenidos indicaron que la carga de rotura a la flexión estuvo en el orden de las 115 tn, valores superiores a los especificados por la norma ALAF 5-032/02. Los valores de dureza fueron levemente mayores en la ZAC, 293 HB, respecto del metal base, 280 HB. Las estructuras del metal base, la ZAC y la zona de la soldadura han sido mayoritariamente perlíticas (93 a 97%), con pequeñas lagunas de ferrita en bordes de grano. Respecto de la porosidad, en algunos casos ha sido mayor que la exigida por la norma. Como conclusión se destaca que los cupones de soldadura han cumplido con la carga de flexión y dureza requerida por la norma, por lo que el procedimiento de soldadura fue satisfactorio.

Abstract

In the present work, the aluminothermic welding coupons of railway rails were analyzed by mechanical tests of three-point bending, Brinell hardness and metallography in the weld, heat-affected zone (ZAC) and base metal. Aluminothermal welding is a process based on the oxide-reduction reaction between aluminum powder and iron oxide powder. The products of the exothermic reaction are iron, alumina and a large amount of heat capable of melting and heating the steel up to 2000 °C. Although the process is old, it dates back to the beginning of the 20th century; it continues to be used due to its versatility for welding in inhospitable areas. The results obtained indicated that the bending breaking loads were in the order of 115 tons. This value is higher than those specified by the ALAF 5-032/02 standard. The hardness values were slightly higher in the ZAC, 293 HB, compared to the base metal, 280 HB. The base metal, ZAC and weld zone structures have been mostly pearlitic (93 to 97%), with small amount of ferrite at grain edges. Regarding porosity, in some cases it has been higher than that required by the standard. In conclusion, it is highlighted that the welding coupons have complied with the bending load and hardness required by the standard, so the welding procedure was satisfactory.

Palabras clave: Soldadura aluminotérmica, rieles ferroviarios, ensayos mecánicos, metalografía.

Keywords: Aluminothermic welding, railway rails, mechanical tests, metallography.

LA IMPORTANCIA DEL CONTROL DE LOS PARÁMETROS DE ENSAYO EN LA INSPECCIÓN DE SOLDADURAS POR EL MÉTODO DE LÍQUIDOS PENETRANTES

THE IMPORTANCE OF CONTROLLING THE TEST PARAMETERS WHEN INSPECTING WELDS WITH PENETRANT TESTING

Franco M Viscomi ⁽¹⁾, Cristian Genzano ⁽²⁾

(1) FMV INSPECCIONES SAS, San Nicolás, Buenos Aires, Argentina

(2) OSHMA SRL, Temperley, Buenos Aires, Argentina

Dirección de contacto: fviscomi@fmvservicios.com.ar

Eje temático: Inspección y calidad de productos soldados.

Resumen

El examen por Líquidos Penetrantes (LP) es un método de ensayo no destructivo (END) tradicional utilizado extensamente en la búsqueda de discontinuidades superficiales de todo tipo de materiales: vidrios, cerámicos, polímeros, aleaciones ferrosas y no ferrosas. Además encuentra su aplicación en diversas industrias tanto durante la fabricación como en controles de mantenimiento de componentes en servicio. Entre dichas aplicaciones se destaca la inspección de soldaduras. Algunas de las bondades de este método de ensayo que pueden mencionarse son: brinda un efecto de contraste y magnificación de la discontinuidad con lo cual pueden visualizarse aún aquellas muy pequeñas, es un método sencillo y económico que brinda resultados rápidos y es portátil por lo cual puede realizarse in situ. Si bien el ensayo es sencillo de realizar, deben respetarse ciertos pasos y parámetros de acuerdo con la técnica de ensayo seleccionada: limpieza inicial, intermedia, modo de aplicación, tiempos de actuación de los penetrantes, temperatura, condiciones de secado, entre otras. Cuando estos factores no son controlados debidamente, la sensibilidad del ensayo disminuye a tal punto donde algunas discontinuidades pueden no ser detectadas. En este trabajo se presentan los resultados de ensayos de Líquidos Penetrantes realizados sobre uniones soldadas bajo diferentes técnicas. Algunos se realizaron bajo procedimientos apropiados y otros sin considerar los pasos o parámetros correctos, comparando así los resultados obtenidos.

Abstract

Penetrant Testing (PT) is a traditional non-destructive test (NDT) widely used in the detection of surface discontinuities in any type of materials: glass, ceramics, polymers, ferrous and non ferrous alloys. Also, It can be applied in different kind of industries during manufacturing process and maintenance checks of in-service components. Welding inspection can be highlighted among these applications. Some of the advantages of this method are: PT improves the contrast and magnifies the discontinuities so very small defects can be detected, It is a simple and economic test with fast results and It can be performed in situ. Although PT is an easy test to carry out, the parameters and steps shall be accomplished according to the selected technique. These are: initial and intermediate cleaning, application method, dwell times, temperature, drying conditions, etc. When these factors are not taken into account, the sensitivity of the test decreases and some discontinuities may not be detected. In this paper the results of welded joints tested with different Penetrant testing techniques are presented. Some of the test were performed following proper procedures, while others were carried out not considering the correct steps or parameters. Finally, a comparison is made.

Palabras clave: END, Líquidos Penetrantes, Soldadura, Inspección

Keywords: NDT, Penetrant Testing, Welding, Inspection

EFFECTO DE LA SEGREGACIÓN DE MO SOBRE LA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN LOCALIZADA DE SOLDADURAS DE ACEROS AL6XN[®] POR LA TÉCNICA DE PPT

MO SEGREGATION EFFECT ON LOCALIZED CORROSION RESISTANCE OF AL6XN[®] STEEL WELDS BY MEANS OF PPT TECHNIQUE

J. M. Echarri¹, C.A. Gervasi^{2,3}, P.D. Bilmes¹, C.L. Llorente^{1,3}, P. F. Bonvicini¹, J.A Martínez¹.

¹Laboratorio de Investigaciones de Metalurgia Física (LIMF), Facultad de Ingeniería UNLP, La Plata 1900, Argentina.

²Instituto de Investigaciones, Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA), Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de la Plata, Sucursal 4-C.C. 16, 1900 La Plata, Argentina. Area Electroquímica, Facultad de Ingeniería UNLP, 1900 La Plata, Argentina.

³Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. de Buenos Aires, La Plata 1900, Argentina.

E-mail: juanmanuel.echarri@ing.unlp.edu.ar, gervasiClaudio@gmail.com

Eje temático: 6-Corrosión y Protección de Superficies Soldadas, 8-Metalurgia de la Soldadura.

Resumen

La implementación de técnicas electroquímicas con control de potencial para el estudio de la corrosión localizada permite un avance en la comprensión de los mecanismos de daño logrando caracterizar el fenómeno de *pitting* en sus estadios iniciales estudiando la respuesta de aquellas regiones microestructurales debilitadas frente a la corrosión. En este sentido, los autores del presente trabajo correlacionaron la segregación interdendrítica y las fases σ y χ ricas en Mo presentes en cordones de soldadura, con la resistencia a la corrosión localizada de los mismos. Los materiales bajo estudio fueron soldaduras de acero Inoxidable superaustenítico AL6-XN[®] (UNS N08367) realizadas en las condiciones autógena y con los aportes ERNiCrMo-4 y ERNiCrMo-10. Los cupones de soldadura fueron estudiados por medio de la técnica de Pulsos Potenciostáticos (PPT) o tren de onda cuadrada, con el objeto de promover, mediante estímulo electroquímicamente controlado, la corrosión localizada del material bajo estudio y determinar los sitios microestructurales de su iniciación. A través de la respuesta a los escalones de potencial (corriente de corrosión medida - i_{corr}) y del análisis posterior de las muestras por microscopía electrónica de barrido analítica, se logró avanzar en el estudio de la relación entre la segregación de elementos y precipitación de fases con el mecanismo de corrosión actuante, empleando la eficacia de la técnica PPT para inducir el picado selectivamente en las microestructuras heterogéneas de las soldaduras. Adicionalmente, se puso de manifiesto la forma de ataque en uniones hechas con materiales de aporte típicamente utilizados en soldadas de AL6-XN[®].

Abstract

The use of potential controlled electrochemical techniques for the study of localized corrosion allows an advance in the understanding of the damage mechanisms, being able to characterize the pitting phenomenon in its initial stages by studying the response of the corrosion sensitized microstructural regions. In this sense, the authors of the present work correlated the interdendritic segregation and the σ - χ phases (rich in Mo) present in welding beads, with their localized corrosion resistance. The materials under study were AL6-XN[®] (UNS N08367) super-austenitic stainless-steel welds carried out in autogenous conditions and with ERNiCrMo-4 and ERNiCrMo-10 as filler alloys. The welding coupons were studied by means of the Potentiostatic Pulses technique (PPT) or square wave pulse, in order to promote the electrochemical stress of the material under study and to determine the microstructural sites of corrosion onset. Studying the response to the potential steps (measured corrosion current - i_{corr}) and the subsequent analysis of the samples by SEM-EDS, it was possible to advance in understanding the relationship between the segregation of elements and precipitation of phases with the acting corrosion mechanism, using the effectiveness of the PPT technique to selectively induce pitting in the welds microstructural heterogeneities.

Palabras clave: soldadura de AL6XN[®], ASTM G48, corrosión interdendrítica, técnica de pulsopotenciostáticos (PPT).

Keywords: AL6XN[®] welds, ASTM G48, interdendritic corrosion, potentiostatic pulse technique (PPT).

MICROSTRUCTURE AND WEAR BEHAVIOR OF STELLITE #6™ ALLOY COATINGS BY LASER CLADDING: ASSESSING THE IMPACT OF DILUTION WITH SPHEROIDAL CAST IRON

MICROESTRUCTURA Y COMPORTAMIENTO AL DESGASTE DE LOS REVESTIMIENTOS DE ALEACIÓN STELLITE # 6™ POR LÁSER: EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA DILUCIÓN CON HIERRO FUNDIDO ESFEROIDAL

Lubar E. H. S Rivero ⁽¹⁾ (P), Alex Pizzatto ⁽²⁾, Gabriel I. M. Lovera ⁽³⁾, Moisés F. Teixeira ⁽⁴⁾, Adriano Scheid ⁽¹⁾

(1) Graduation Program in Mechanical Engineering (PGMec), Curitiba, Paraná, Brazil

(2) Robert Bosch do Brasil Ltda, Curitiba, Paraná, Brazil

(3) Bachelor in Mechanical Engineering, Curitiba, Paraná, Brazil

(4) SENAI Institute of Innovation, Joinville, Santa Catarina, Brazil

Corresponding autor and presenter (P): Lubar Rivero; lubarsantos@yahoo.com.br

Topic: 6. Corrosion and protection of the welded surface

Resumen

La aleación Stellite #6™ a base de cobalto es el método de elección a menudo para proteger la superficie de los componentes debido a su alta resistencia al desgaste. El comportamiento de los revestimientos depende del proceso de soldadura, de la composición química y la microestructura. Muchos trabajos apuntan a obtener revestimientos con dilución cercana a cero y, así, preservar la composición de la aleación de revestimiento seleccionada. En algunos casos, el control de la dilución del sustrato con ciertos elementos químicos puede ser una oportunidad real para evitar la degradación o incluso optimizar las características de los revestimientos. Este trabajo investigó el efecto de la potencia del láser sobre la dilución, la microestructura, la dureza y el comportamiento de desgaste de los revestimientos de aleación stellite # 6™ mediante revestimiento con láser sobre un sustrato con alto contenido de silicio / alto contenido de carbono. La microestructura típica está compuesta por dendritas de Co (FCC) y una región eutéctica laminar interdendrítica con solución sólida de cobalto y carburo $M_{23}C_6$ [M: Cr], que también contenía carburo de tipo MC [M: W] en bloque. Una mayor dilución condujo a una mayor fracción de carburo y como consecuencia no se observó el efecto esperado de la dilución sobre la dureza (es decir, reducción de la dureza) y, de lo contrario, el volumen desgastado bajo la prueba de desgaste se redujo significativamente. Una mayor dilución trajo beneficios con respecto al rendimiento de desgaste debido a la mayor fracción de segunda fase dura.

Abstract

Cobalt-based Stellite #6™ alloy is often adopted to protect the surface of components due to its high wear resistance. Coatings behavior depends on the welding process set up which, in turn, dictates the chemical composition as well as the coating's microstructure. In this context, many works aim to obtain coatings with dilution close to zero and, thus, to preserve the composition of the selected coating alloy. However, in some cases, the dilution control to the substrate with certain chemical elements may be a real chance to avoid properties degradation or even to optimize the features of the coatings. This work aims to investigate the effect of laser power on the dilution, microstructure, hardness, and wear behavior of stellite #6™ alloy coatings by laser cladding on high-silicon / high-carbon substrate. The typical microstructure of the coatings was comprised of Co (FCC) dendrites and an interdendritic lamellar eutectic region with cobalt solid solution and $M_{23}C_6$ [M: Cr] carbide, containing also blocky-like MC [M: W] type carbide. Higher dilution led to a higher carbide fraction, despite lowering the amount of important metal carbide formers. As a consequence, the expected effect of dilution on the hardness (i.e. hardness reduction) was not observed and, otherwise, the worn volume under ball-on-flat wear test was significantly reduced. Results clearly indicated that a higher dilution brought benefits concerning the wear performance due to the higher hard second phase fraction.

Palabras clave: Revestimiento láser coaxial, Stellite # 6™, Microestructura, Comportamiento al desgaste, Dilución.

Keywords: Coaxial Laser Cladding, Stellite #6™, Microstructure, Wear Behavior, Dilution.

ANÁLISIS DE LA INTEGRIDAD ESTRUCTURAL EN UNIONES SOLDADAS DE ALTA RESISTENCIA CON RIESGO A LA FISURACIÓN EN FRÍO EN EL METAL DE SOLDADURA

ANALYSIS OF THE STRUCTURAL INTEGRITY IN HIGH STRENGTH WELDED JOINTS WITH RISK OF COLD CRACKING IN THE WELD METAL

Eduardo P. Asta ⁽¹⁾ (P), Francisco A. Cambiasso ⁽¹⁾, Juan J. Balderrama ⁽¹⁾

(1) Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo, Haedo, Buenos Aires, Argentina
Dirección de contacto: asta.eduardo@gmail.com; (P) Presentador (Eduardo Asta)

Eje temático: inspección y calidad de productos soldados (5), metalurgia de la soldadura (8).

Resumen

La soldadura de aceros estructurales de alta resistencia plantea problemas vinculados con la susceptibilidad a la aparición del proceso asistido por hidrógeno que provoca las denominadas fisuras en frío. Particularmente este problema se pone de manifiesto en el metal de soldadura (MS) debido a la necesidad de utilizar aportes de alta resistencia que generan un incremento de elementos de aleación en la composición química del MS y consecuentemente una microestructura con un elevado porcentaje de zonas locales frágiles (LBZ). Teniendo en cuenta el problema, en este trabajo se efectúa una evaluación de la tenacidad a la fractura utilizando ensayos de impacto Charpy-V y métodos indirectos de correlación, tanto para el metal de soldadura como la ZAC, correspondientes a la unión soldada de un acero estructural de alta resistencia. Esta evaluación permite realizar un análisis crítico de ingeniería (ECA) o análisis de integridad estructural para establecer el nivel de riesgo potencial de fractura frágil en este tipo de uniones, buscando un criterio que permita minimizar la utilización de precalentamiento en ZAC y MS a través de garantizar un nivel mínimo de tenacidad.

Abstract

The welding of high-strength structural steels raises problems related to the susceptibility to the appearance of the hydrogen-assisted process that causes the so-called cold cracks. This problem is particularly evident in weld metal (WM) due to the need to use high-strength filler metals that generate an increase in alloying elements in the MS chemical composition and consequently a microstructure with a high percentage of local brittle zones (LBZ). Taking into account that problem, in this work an evaluation of fracture toughness is carried out using Charpy-V impact tests and indirect correlation methods, both for the weld metal and the HAZ, corresponding to the welded joint of a high-strength structural steel. This evaluation allows a critical engineering analysis (ECA) or structural integrity analysis to be carried out to establish the level of potential risk of brittle fracture in this type of joints, seeking a criterion that allows minimizing the use of preheating in HAZ and WM through ensure a minimum level of fracture toughness.

Palabras clave: fractura, aceros estructurales, metal de soldadura, fisuración en frío, integridad estructural

Keywords: fracture, structural steels, weld metal, cold cracking, structural integrity

CARACTERIZACIÓN DE LA SOLDADURA CUPROALUMINOTÉRMICA EN CAÑERÍAS DE CONDUCCIÓN PARA LA PROTECCIÓN CATÓDICA

CHARACTERIZATION OF COPPER-ALUMINOTHERMITE WELD FOR CATHODIC PROTECTION ON LANDPIPES

Florencia S. Cossio ⁽¹⁾, Mónica Zalazar ⁽¹⁾

(1) Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ingeniería, Departamento de Mecánica Aplicada, Neuquén Capital, Argentina

Dirección de contacto: florenciacossio@gmail.com , monica.zalazar@fain.uncoma.edu.ar

Eje temático: 8 – 2.

Resumen

La soldadura cuproaluminotérmica es un proceso de termofusión en el cual el calor necesario para la unión es obtenido por medio de una reacción de oxidación-reducción entre el óxido de cobre y el aluminio metálico, que permite obtener altas temperaturas. Como resultado de dicha reacción se obtiene cobre metálico fundido como material de aporte. Este método de soldadura es ampliamente utilizado en la industria ferroviaria, para puestas a tierra y para la protección catódica en cañerías de conducción. En este caso, se caracterizó la soldadura cuproaluminotérmica para la protección catódica en cañerías de conducción de acero API 5L X52, para cables conductores de dos diámetros distintos, variando el tamaño del crisol utilizado y la marca del proveedor de fundente, además de la relación fundente/pólvora. Con el objetivo de obtener las condiciones óptimas de unión que garanticen la protección de la cañería sin afectar su integridad, se realizaron ensayos macroscópicos, microscópicos, medidas de microdureza y análisis SEM en la zona de la interfase. Además, se realizaron varias probetas combinando las variables mencionadas anteriormente, teniendo en consideración que la falta de unión puede producir falta de protección en la cañería, y una excesiva área de contacto provocará exceso de difusión de cobre y posibles micro fisuras en la superficie del metal base.

Abstract

Copper-aluminothermic weld is a thermofusion process in which the necessary heat for the weld is obtained by an oxide-reduction reaction between copper oxide and metallic aluminum, that leads to high temperatures. As a result of this reaction, metallic-liquid copper is obtained as filler material. This welding method is widely used in the railway industry, grounding welds and for cathodic protection of pipelines. In this study, copper-aluminothermic weld was characterized for the cathodic protection of API 5L X52 steel line pipes, using two copper conductor wires diameters, changing the mold size, the gunpowder brand, and the flux amount. With the objective of obtaining the optimum welding conditions that guarantee the line pipe protection without compromising its integrity, macroscopy and microscopy tests were performed, as well as microhardness sweeping and SEM characterization. Several test tubes were prepared to be tested, varying the conditions previously mentioned. It should be considered that an insufficient contact area could cause a lack of protection, whereas an excessive contact area could lead to an excessive copper diffusion and possible microcracks on the base material's surface.

Palabras clave: Soldadura Cuproaluminotérmica, Soldadura térmica, Protección catódica.

Keywords: Copper-aluminothermic weld, Thermite Weld, Cathodic protection.

EFFECTO DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA SOBRE LA TENACIDAD A LA FRACTURA EN ALEACIONES Fe-C-B-Cr-W-Mo-Nb

EFFECT OF WELDING PROCEDURE ON THE FRACTURE TOUGHNESS IN Fe-C-B-Cr-W-Mo-Nb ALLOYS

J. Gramajo (P)⁽¹⁾, A. Gualco^(1,2), H. Svoboda^(2,3)

(1) ICTM - Facultad de Ingeniería UNLZ, Camino de Cintura y Juan XXII, (1832) Lomas de Zamora, Argentina.

(2) CONICET, Av. Rivadavia 1917, C.A.B.A., Argentina.

(3) GTSyCM3, INTECIN, Facultad de Ingeniería - UBA. Av. Las Heras 2214 (1427), CABA, Argentina.
agustingualco@yahoo.com.ar

Eje temático: 8- Metalurgia de la soldadura.

Resumen

Las aleaciones base hierro que contienen niobio (Nb) y cromo (Cr) en combinación con boro (B) y carbono (C) han sido diseñadas para aplicaciones de revestimiento duro debido a su alta dureza y resistencia al desgaste, donde la incorporación de Mo y W mejora la resistencia al desgaste abrasivo severo. En este contexto, se han diseñado nuevos consumibles para soldadura semiautomática que depositan un material base hierro de alta aleación, con carboboruros complejos de W, Mo y Cr que presentan muy alta dureza y resistencia al desgaste abrasivo. El propósito de este trabajo fue estudiar las variaciones microestructurales de cupones soldados con 1 y 2 capas, con y sin gas de protección gaseosa. Se determinó la composición química en cada cupón, la microestructura se caracterizó por difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido. Se determinó el porcentaje de dilución y se realizaron perfiles de dureza Vickers (HV_2) y microdureza de las diferentes fases ($HV_{0.025}$). Se determinó la tenacidad a la fractura por macro-indentación con un indentador Vickers empleando cargas de 294 a 2450 N, por 10 s. Las durezas variaron entre 900 y 1100 HV_2 . Se observó un aumento de dureza en las áreas recristalizadas, así como un mayor porcentaje de carboboruros en las muestras con menor dilución. Las muestras soldadas que mostraron la menor dilución presentaron mejor resistencia al desgaste y menor tenacidad asociada principalmente con una mayor presencia de M_7X_3 .

Abstract

Iron based alloys containing niobium (Nb) and chromium (Cr) in combination with boron (B) and carbon (C) have been designed for hardfacing applications due to their high hardness and wear resistance, where the incorporation of Mo and W improves the performance of severe abrasive wear. In this context, new consumables for semi-automatic welding have been designed which deposit iron base highly alloyed material, with complex carboborides of W, Mo and Cr, with very high hardness and resistance to abrasive wear. The purpose of this work was to study microstructural variations coupons welded with one or two layers, with or without shielding gas. The chemical composition was measured on each coupon, the microstructure was characterized by X-ray diffraction and scanning electron microscopy. Dilution percentage was determined and Vickers microhardness profiles (HV_2) were made, as well as measurements of microhardness on the different phases ($HV_{0.025}$). Macro-indentation fracture toughness method was performed with Vickers indenter and imposed loads varying from 294 to 2450 N, for 10 s. The obtained hardness values were between 900 and 1100 HV_2 . An increase in hardness was observed in the recrystallized areas, as well as a higher percentage of carboborides in the last bead. Samples welded with lowest dilution presented better wear resistance and minor toughness associated mainly with higher contents of M_7X_3 .

Palabras clave: soldadura, dureza, tenacidad, microestructura, carboboruros.

Keywords: welding, hardness, toughness, microstructure, carboborides.

SOLUBILIZADO Y REVENIDO EN DEPÓSITOS DE SOLDADURA DE ACERO INOXIDABLE SUPERMARTENSÍTICO

SOLUBLIZED AND TEMPERED IN SUPERMARTENSITIC STAINLESS STEEL WELDING

Martínez, Juan Manuel^(1,2)(P), Zappa, Sebastián^(1,3), Svoboda, Hernán^(3,4)

(1) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Provincia de Buenos Aires, Argentina

(2) Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Provincia de Buenos Aires, Argentina

(3) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Ciudad de Buenos Aires, Argentina

(4) Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Ciudad de Buenos Aires, Argentina

Dirección de contacto: jmmartinez@inti.gov.ar; (P)

Eje temático: 8. Metalurgia de la soldadura

Resumen

Los aceros inoxidables supermartensíticos son muy utilizados en las industrias del gas y del petróleo gracias a sus propiedades de alta resistencia mecánica, buena tenacidad y resistencia a la corrosión, especialmente en plataformas off-shore. Mediante diferentes tratamientos térmicos post-soldadura (PWHTs) se puede eliminar el contenido de ferrita (que perjudica la tenacidad y la resistencia a la corrosión) y aumentar el contenido de austenita, mejorando la tenacidad y ductilidad. Los parámetros de estos PWHTs son sensibles a la composición química, segregación, velocidad de calentamiento, entre otros aspectos. El objetivo de este trabajo es monitorear las transformaciones de la austenita en la microestructura del metal de soldadura de un acero inoxidable supermartensítico durante diferentes tratamientos térmicos, usando técnicas avanzadas. Para tal fin, a partir del metal de aporte puro de un acero inoxidable supermartensítico se extrajeron muestras que fueron sometidas a tratamientos térmicos de solubilizado, temple y revenido, utilizando un simulador termomecánico Gleeble (GTMS). Durante los ciclos térmicos se monitorearon las transformaciones de la austenita mediante dilatometría y difracción de rayos X "in situ" de alta energía, empleando radiación Sincrotrón (XRD-IS). Las técnicas empleadas permitieron detectar las transformaciones de fase y su cinética, así como determinar las temperaturas críticas de transformación, de forma de optimizar los parámetros de los tratamientos térmicos.

Abstract

Supermartensitic stainless steels are widely used in the oil and gas industries thanks to their properties of high mechanical resistance, good toughness and resistance to corrosion, especially on off-shore platforms. By means of different post-weld heat treatments (PWHTs), the content of ferrite (which impairs toughness and corrosion resistance) can be eliminated and the content of austenite increased, improving toughness and ductility. The parameters of these PWHTs are sensitive to the chemical composition, segregation, heating rate, among other aspects. The objective of this work is to monitor the transformations of austenite in the microstructure of the weld metal of a supermartensitic stainless steel during different heat treatments, using advanced techniques. For this purpose, samples were extracted from the pure filler metal of a supermartensitic stainless steel, which were subjected to heat treatments of solubilized, quenched and tempered, using a Gleeble thermomechanical simulator (GTMS). During the thermal cycles, the austenite transformations were monitored by dilatometry and high-energy "in situ" X-ray diffraction, using Synchrotron radiation (XRD-IS). The techniques used allowed detecting the phase transformations and their kinetics, as well as determining the critical transformation temperatures, in order to optimize the parameters of the heat treatments.

Palabras clave: Austenita Revertida, Sincrotrón; DRX In Situ; Gleeble.

Keywords: Reverted Austenite, Synchrotron; DRX In Situ; Gleeble.

INFLUENCIA DE LOS MICRODEFECTOS EN LA RESISTENCIA AL CREEP DEL METAL DE SOLDADURA DEL ACERO P91

INFLUENCE OF MICRODEFECTS ON THE CREEP STRENGTH OF P91 STEEL WELD METAL

Alejandro Staffa ⁽¹⁾, Gabriel González ⁽¹⁾ (P), René Molina ⁽¹⁾, Luis Fernandez ⁽¹⁾, Lilian Moro ⁽¹⁾

(1) Universidad Tecnológica Nacional, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina
Dirección de contacto: astaffa@frbb.utn.edu.ar; (P) Gabriel González

Eje temático: 8

Resumen

La industria petroquímica y las plantas de generación de energía utilizan el acero ASME SA335 Gr P91 por su alta resistencia al creep, bajo coeficiente de dilatación térmica y estabilidad estructural a las radiaciones. Las uniones soldadas se realizan por arco eléctrico. Una alternativa del mismo es el proceso FCAW con alambres tubulares, que para espesores de 28,5 mm incluye en su procedimiento pre-calentamiento, calentamiento entre pasadas y un tratamiento térmico post soldadura (TTPS) de manera de lograr microestructuras bainíticas y/o martensíticas con precipitados de carburos y nitruros estables preferentemente en borde de grano que le otorguen al material buena resistencia al Creep. Finalmente para el control de calidad de la unión soldada se utilizan ensayos no destructivos volumétricos. A pesar del riguroso cumplimiento de los parámetros del proceso, su tratamiento térmico y de superar los controles de calidad, la unión soldada presenta una significativa dispersión en el comportamiento al creep. En el presente trabajo, mediante ensayos de creep a 600 °C y 160 MPa, estudia el comportamiento del metal de soldadura con TTPS y sin el mismo, y su relación con los micro-defectos aportados por el proceso en cuestión, no presentes en el metal base. Estos micro-defectos se distinguen en la caracterización de la fractura por SEM, poseen un tamaño que no resultan detectables por END volumétricos, y su presencia en el material, modifica la resistencia al creep del acero.

Abstract

The petrochemical industry and power generation plants use ASME SA335 Gr P91 steel for its high creep resistance, low coefficient of thermal expansion and structural radiation stability. Welded joints are made by electric arc. An alternative to it is the FCAW process with tubular wires, which for thicknesses of 28.5 mm includes in its pre-heating procedure, heating between passes and a post-weld heat treatment (PWHT) in order to achieve bainitic and /or martensitic microstructures with precipitates of carbide and nitrides stable preferably on grain edge that give the material good strength to Creep. Non-destructive volumetric tests are finally used for welded joint quality control. Despite rigorous compliance with process parameters, heat treatment and exceeding quality controls, the welded joint has a significant dispersion in creep behavior. In this work, by means of creep tests at 600oC and 160 MPa, it studies the behavior of the weld metal with and without PWHT, and its relationship to the micro-defects provided by the process in question, not present in the base metal. These micro-defects are distinguished in the characterization of the fracture by SEM, have a size that are not detectable by volumetric NDT, and their presence in the material, modifies the creep strength of the steel.

Palabras clave: P91, FCAW, TTPS, micro-defectos, creep.

Keywords: P91, FCAW, PWHT, micro-defects, creep.

INFLUENCIA DE LA ZONA INTERCRÍTICA EN LA RESISTENCIA AL CREEP DE LA UNIÓN SOLDADA DEL ACERO P91

INFLUENCE OF THE INTER-CRITICAL ZONE ON THE CREEP STRENGTH OF THE WELD JOINT OF P91 STEEL

Alejandro Staffa ⁽¹⁾ (P), Luis Fernandez ⁽¹⁾, Gerardo Pender ⁽¹⁾, Mónica Zalazar ⁽²⁾

(1) Universidad Tecnológica Nacional, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina

(2) Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ingeniería, Neuquén, Argentina

Dirección de contacto: astaffa@frbb.utn.edu.ar; (P) Luis Fernandez

Eje temático: 8

Resumen

Con el objetivo de evaluar el comportamiento al creep de uniones soldadas de acero ASME SA335 Gr P91, se realizaron ensayos de creep a 600 °C y 160 MPa en su condición previa y posterior al tratamiento térmico post soldadura – TTPS, seguido del estudio de las propiedades mecánicas y su relación con las micro-estructuras. Los estudios metalográficos y los perfiles de micro-dureza, permiten identificar zonas de debilidad estructural y la influencia del TTPS. En los ensayos de mayor duración, se observaron microestructuras bainíticas y/o martensíticas con precipitados de carburos y nitruros estables preferentemente en borde de grano que le otorgaron al material buena resistencia al Creep. Contrariamente, en los ensayos de menor duración, se observó que la ocurrencia de falla es en la zona afectada por el calor - ZAC. La importancia tecnológica del tema está centrada mejorar la confiabilidad de estos materiales y sus uniones soldadas ya que en que la industria petroquímica y las plantas de generación de energía utilizan el acero P91 por su alta resistencia al creep, bajo coeficiente de dilatación térmica y estabilidad estructural a las radiaciones. El estudio se realiza sobre uniones soldadas realizadas por arco eléctrico, proceso FCAW con alambres tubulares, sobre cañería de 28,5 mm de espesor. La unión soldada presenta una significativa dispersión en el comportamiento al creep, donde la región intercrítica de la ZAC presenta los valores más bajos de duración en hs.

Abstract

In order to evaluate the creep behavior of ASME SA335 Gr P91 steel welded joints, creep tests were performed at 600oC and 160 MPa in their pre- and post-heat-treatment post-weld condition – PWHT, followed by the study of mechanical properties and their relationship to micro-structures. Metallographic studies and micro-hardness profiles, allow to identify areas of structural weakness and the influence of PWHT. In longer-lasting trials, bainic and/or martensitic microstructures were observed with carbide precipitates and stable nitrides preferably on grain edge that gave the material good strength to Creep. Conversely, in shorter-term trials, it was observed that the occurrence of failure is in the heat-affected area - HAZ. The technological importance of the theme is focused on improving the reliability of these materials and their welded joints since the petrochemical industry and power generation plants use P91 steel for its high creep resistance, low coefficient of thermal expansion and structural stability to radiation. The study is carried out on welded joints made by electric arc, FCAW process with tubular wires, on pipes 28.5 mm thick. The welded joint has a significant dispersion in creep behavior, where the inter-critical region of HAZ has the lowest duration values in hs.

Palabras clave: P91, FCAW, TTPS, ZAC, creep.

Keywords: P91, FCAW, PWHT, HAZ, creep.

EFECTO DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA RSW EN JUNTAS DISÍMILES DE ACERO DP1000 Y ALEACIÓN DE ALUMINIO AA6063

EFFECT OF RSW WELDING PROCEDURE ON DISSIMILAR JOINTS OF DP 1000 STEEL AND AA6063 ALUMINIUM ALLOY

Victor E. Troffe⁽¹⁾ (P), Carlos F. Consigli⁽¹⁾, César D. Marconi⁽¹⁾, Hernán G. Svoboda^(1,2,3)

(1) DEYTEMA-Centro de Desarrollo y Tecnología de Materiales, Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

(2) GTSyCM3, INTECIN, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

(3) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

Dirección de contacto: cmarconi@frsn.utn.edu.ar

Eje temático: 8- Metalurgia de la soldadura.

Resumen

Con el advenimiento de las estructuras multimateriales en la carrocería de los automóviles, la demanda de uniones soldadas entre materiales disímiles ha aumentado notablemente en la industria automotriz. Las uniones Aluminio-Acero presentan baja soldabilidad debido a sus diferentes propiedades físicas. Además, la formación de una capa de compuestos intermetálicos Fe_xAl_y (IMC) frágil en la interfaz puede afectar la resistencia de la unión, dependiendo del espesor y tipo. El proceso de Soldadura de Punto por Resistencia (RSW) es altamente aplicado en la industria automotriz. El control de los parámetros de soldadura RSW, como ser el tiempo, la corriente de soldadura, la presión entre electrodos y la cantidad de pulsos, son algunos de los aspectos principales a definir para el desarrollo de procedimientos de soldadura robustos aplicables a la producción de soldaduras RSW disimilares aluminio-acero. El objetivo del presente trabajo es analizar la influencia del doble pulsado sobre la microestructura y propiedades mecánicas de soldadura RSW en uniones disímiles de acero dual phase de 1000 MPa de resistencia a la tracción con aleación de aluminio AA6063. Se soldaron uniones con uno y dos pulsos de corriente, manteniendo el resto de los parámetros constantes, las que fueron caracterizadas microestructural y mecánicamente. Se obtuvieron uniones con buenas propiedades mecánicas, observándose que las mismas aumentan para el pulsado doble. La presencia de una fina capa de compuestos intermetálicos Al-Fe en la interfaz del punto presentó un incremento en su espesor y cambio en composición y morfología por efecto del pulsado, afectando las propiedades mecánicas resultantes.

Abstract

With the advent of multi-material structures in car bodies, demands for welded joints between dissimilar materials have notably increased in automotive industry. Aluminum-Steel joints have low weldability due to their different physical properties. Besides, the formation of a brittle Fe_xAl_y intermetallic compound (IMC) layer at the interface can affect joint strength, depending on thickness and type. The Resistance Spot Welding (RSW) process is widely used in the automotive industry. RSW welding parameters such as time, welding current, pressure between electrodes and number of pulses are some of the main aspects to define in a welding procedure applicable to dissimilar aluminum-steel joints. The objective of this work is to analyze the influence of double pulsing on the microstructure and mechanical properties in dissimilar joints of dual phase steel of 1000 MPa of tensile strength with AA6063 aluminum alloy obtained by RSW. Lap joints were performed with one and two current pulses, maintaining the other parameters constant. The obtained welds were microstructurally and mechanically characterized. The fracture load was increased for double pulsed joints. There was observed a thin layer of Al-Fe intermetallic compound at the interface of the spot, which increase its thickness and change its composition and morphology due to the pulsing effect, affecting the resulting mechanical properties.

Palabras clave: RSW, uniones disimiles Al-Acero, microestructura, propiedades mecánicas.

Keywords: RSW, Al-Steel dissimilar joints, microstructure, mechanical properties.

**APLICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO EN
RECUPERACIÓN DE CIGÜEÑALES****APPLICATION OF SUBMERGED ARC WELDING PROCESS IN CRANKSHAFT
RESTORATION****Zalazar Mónica⁽¹⁾, Arcangelo Esteban⁽¹⁾, Gilabert Marcos⁽²⁾**

(1) Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ingeniería, Departamento de Mecánica Aplicada, Neuquén
Capital, Argentina

(2) Zanellato e hijos SA, Cipolletti, Rio Negro, Argentina

Dirección de contacto: monica.zalazar@fain.uncoma.edu.ar (P); esteban.arcangelo@gmail.com

Eje temático: 8.**Resumen**

Los cigüeñales pertenecen a motores de combustión interna de equipamiento pesado como camiones, máquinas móviles o estacionarias que suelen mantenerse en servicio constante. En servicio pueden sufrir daños o desgastes los muñones y se requiere de la recuperación de los mismos mediante soldadura. El objetivo de este trabajo es presentar los resultados obtenidos en la interacción Empresa – Universidad que permitieron poner en funcionamiento en la región del Comahue un equipo de soldadura por arco sumergido que se utilizará para recuperar los espesores de los muñones de cigüeñales de gran tamaño. Para la puesta a punto del equipo, se realizaron soldaduras circunferenciales sobre diferentes sustratos de acero utilizando distintos metales de aporte, fundentes y calor aportado. La combinación óptima de parámetros se determinó en función de la microestructura y la dureza resultante en el metal depositado. Con los resultados preliminares, se simuló experimentalmente un proceso de recuperación real de tres pasadas de soldadura sobre una sección de acero AISI 1045 de 185 mm de diámetro utilizando un metal de aporte ER410Ni-Mo en la primera pasada y ER420 en las restantes. En todas las pasadas se empleó el fundente LINCOLN 802 Neutro. Se seleccionó un precalentamiento de 50°C y una temperatura entre pasadas de 100°C. La inspección de la soldadura se realizó mediante ensayos no destructivos superficiales de líquidos penetrantes, macrografías, micrografías y medición de dureza transversal al depósito de soldadura. Los resultados muestran una capa depositada libre de fisuras luego del proceso de rectificado con una microestructura de martensita y una dureza final de 52HRC compatible con los requerimientos del servicio al que será sometido.

Abstract

Crankshafts are used in heavy duty internal combustion engines such as trucks or stationary machines under constant service. During service, journals can experience wear or damage and need to be recovered by welding. In this paper, we present the results obtained from the Company-University interaction, that allowed to put in operation a submerged arc welding equipment for restoring big size crankshafts in the Comahue region. In the setup of the equipment, circumferential welds were made using several filler metals, fluxes and heat input parameters. The optimal parameters were determined by microstructure and the hardness of the resulting deposit. A simulation of the restoration process with three welding passes was done using the previous results. These tests were performed on a solid round bar of AISI 1045 with a diameter of 185mm, using ER410Ni-Mo as a filler metal for the first welding pass and ER420 for the second and third passes. Lincoln 802 neutral flux was used in all welding passes. The preheat temperature selected was 50°C and 100°C for inter pass temperature. The welding passes were inspected using a nondestructive test, in this case, penetrant liquids as well as macrography, micrography and hardness test onto the transversal cut of the welding deposit. The results show a welding deposit free of cracks after grinding, with a martensitic microstructure and a final hardness of 52HRC, which is adequate for the service requirements of the part.

Palabras clave: Cigüeñales, soldadura por arco sumergido, recuperación.

Keywords: Crankshaft, submerged arc welding, recovery.