

CARACTERIZACIÓN MICROESTRUCTURAL DE LA SOLDADURA EN UNA SUPERALEACIÓN BASE COBALTO

Y. Rico^{a*}, L. Millán^a y J. Andrade^a

^a Universidad Nacional Experimental Politécnica .UNEXPO, Barquisimeto, Venezuela.

*Autor correspondiente, E-mail: iraima.rico@gmail.com ; iraricovi@unexpo.edu.ve

Recibido: Septiembre 2011 Aprobado: Febrero 2012

Publicado: Febrero 2012

RESUMEN

Las superaleaciones base Cobalto son ampliamente utilizadas en la industria aeroespacial, específicamente en la cámara de combustión de turbinas de alta potencia, esta presenta mayor soldabilidad al ser comparada con otras superaleaciones, sin embargo es necesario encontrar condiciones óptimas en el proceso de soldadura para obtener elevada resistencia. Este trabajo tiene como objetivo estudiar el efecto del gas protector sobre la microestructura y dureza, en la soldadura de una superaleación base Cobalto, mediante el proceso Tungsten Inert Gas (TIG). Se utilizaron los gases protectores Argón y la mezcla Argón-20%CO₂, y como material de aporte la aleación Hastelloy X. El análisis de las características microestructurales de las uniones soldadas se realizó mediante Microscopía Óptica (MO), Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) y Espectroscopía por dispersión en la energía de rayos X (EDX), donde se observó que la estructura de solidificación en el centro de la soldadura es dendrítica-celular y en la intercara metal base-soldadura es dendrítica-columnar. El ensayo de dureza de las láminas soldada, se realizó en el metal base, intercara y centro de la soldadura, mediante el ensayo de dureza Vickers, en este se observó que la dureza disminuye para ambos gases protectores, desde el metal base, hasta el centro de la soldadura, lo que se atribuye a la posible disolución de carburos W-Cr en el proceso de soldadura. Se determinó que las uniones soldadas con Argón como gas protector, presentan las condiciones más beneficiosas para realizar la soldadura TIG, ya que con este se obtiene una microestructura más homogénea, mayor dureza y menor cantidad de microporosidad.

Palabras claves: Superaleación base Cobalto, Soldadura TIG, Microestructura.

MICROSTRUCTURAL CHARACTERIZATION OF WELDING ON A COBALT BASE SUPERALLOY

ABSTRACT

Cobalt base superalloys are widely used in the aerospace industry, specifically in the combustion chamber of high-power turbines, it presents greater weldability when compared with other superalloys, however it is necessary to find optimal conditions in the welding process for high resistance. This work aims to study the effect of shielding gas on the microstructure and hardness in the welding of a cobalt base superalloy, through the process Tungsten Inert Gas (TIG). We used the argon shielding gas and the mixture argon-20% CO₂, and as filler alloy Hastelloy X. The analysis of the microstructural characteristics of welded joints was performed using optical microscopy (OM), scanning electron microscopy (SEM) and energy dispersive spectroscopy (EDS), where he noted that the solidification structure in the center of the weld-dendritic cells and the interfacial weld metal-base columnar dendritic. Hardness testing of welded plates, was performed on the base metal interface and center of the weld, using the Vickers hardness test, this showed that the hardness decreases for both shielding gases from the base metal to center of the weld, which is attributed to the possible dissolution of carbides in the W-Cr welding process. It was determined that the welds with argon as protective gas, have the most beneficial conditions for TIG welding, as this gives a more homogeneous microstructure, higher hardness and less microporosity.

Keywords: Cobalt Based Superalloy, TIG Welding, Microstructure.

INTRODUCCIÓN.

Las propiedades más significativas de las superaleaciones son la excelente resistencia mecánica a altas temperaturas, la estabilidad en su composición y la muy alta resistencia

a la corrosión en caliente, a la oxidación, a la fractura y a la fatiga mecánica y térmica. Las superaleaciones base Cobalto son ampliamente utilizadas en la industria aeroespacial específicamente en la estructura de la cámara

de combustión de motores a reacción así como en álabes de turbinas.

Esta superaleación manifiesta mayor soldabilidad al ser comparada con otras superaleaciones, sin embargo, a la hora de realizar reparaciones es necesario encontrar las condiciones óptimas del proceso de soldadura para obtener elevada resistencia [1].

Las excelentes características que presentan estas superaleaciones base cobalto, se deben a una microestructura conformada básicamente por una matriz de una solución sólida cúbica centrada en las caras α , como se muestra en el diagrama ternario de la Figura 1 y precipitación de carburos ubicados dentro de los granos y en los límites de estos [3].

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar el efecto del tipo de gas protector sobre la microestructura y dureza, en la soldadura de una superaleación base Cobalto, mediante el proceso Tungsten Inert Gas (TIG).

Para esto se utilizaron los gases protectores Argón y la mezcla Argón-20%CO₂, y como material de aporte la aleación Hastelloy X.

Con este trabajo se desea conocer cuál de gases protectores utilizados genera una microestructura más homogénea, libre de defectos y con mayor dureza; de manera que se puedan controlar las condiciones o parámetros de soldadura TIG, para la reparación de cualquier componente fabricado con esta superaleación.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se prepararon láminas de una superaleación base Cobalto de composición química Co= 49 % peso; Cr=22% peso; Ni=9 % peso; W= 7,5 % peso; Al=4,36 % peso; Rb=3,73 % en peso; Fe=1,94 % en peso; Mo=1,58 % en peso;

S=0,89 % en peso; Mn=0,29 % en peso; Ti=0,25 % en peso; con dimensiones de 75 mm de largo, 37,5 mm de ancho y 2 mm de espesor, las cuales fueron cortadas con una cortadora metalográfica utilizando un disco de corte para aleaciones no ferrosas.

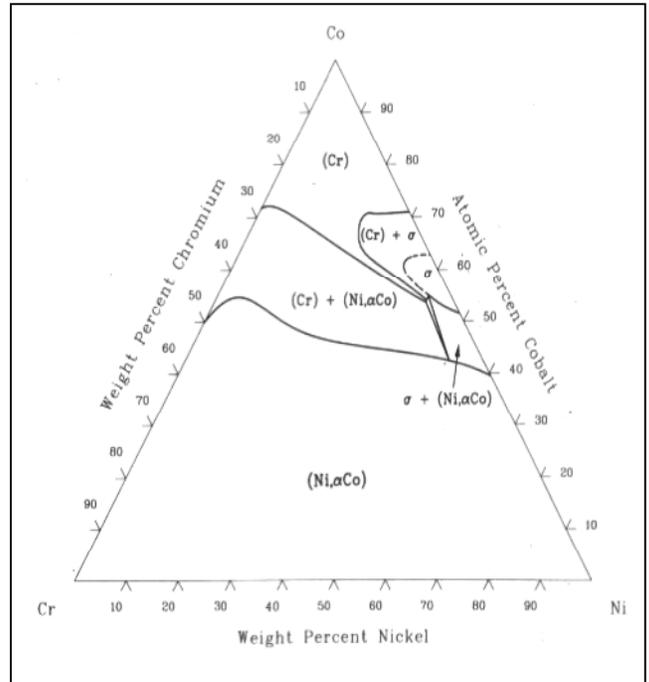


Fig. 1. Diagrama ternario Co-Cr-Ni, sección isotérmica a 1200°C. [2]

Posteriormente se realizó un decapado químico y limpieza, sumergiendo las piezas en ácido nítrico al 65% a una temperatura de 60°C durante 25 min. El ácido nítrico es un agente pasivo excelente para el Cobalto.

La soldadura de las láminas se realizó por medio del proceso Tungsten Inert Gas (TIG) para soldadura de aleaciones base Cobalto, así como lo indica la referencia [4], se realizó utilizando dos tipos de gas protector Argón y la mezcla Argón-20%CO₂, para láminas con un espesor 2 mm, estas láminas se soldaron usando material de aporte Hastelloy X y durante este procedimiento se mantuvo constante la intensidad de la corriente a 35 Amperios, con corriente continua directa para todas las soldaduras.

Las láminas soldadas se cortaron de manera transversal a la soldadura y la preparación de las láminas para el análisis microestructural se realizó bajo las indicaciones señaladas en el Metal Handbook [5], el ataque químico se realizó con agua regia (30 ml de ácido nítrico HNO_3 al 65%, 20 ml de ácido clorhídrico HCl al 37% y 10 ml de agua).

El análisis de las características microestructurales de las uniones soldadas se realizó mediante Microscopía Óptica (MO), Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) utilizando electrones retrodispersados (BSE) con Voltaje de aceleración de 25.0 KV y Espectroscopía por dispersión en la energía de rayos X (EDX) para identificar la composición química de las fases presentes.

La dureza de las láminas soldada fue obtenida, desde el metal base, pasando por zona de la intercara soldadura material base, hasta el centro de la soldadura, mediante el ensayo de dureza Vickers.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se observan las micrografías de las láminas soldadas con el gas Argón, en la Figura 2.A, referida al centro de la soldadura, se observa una microestructura de tipo celular dendrítica, y la Figura 2.B corresponde a la intercara soldadura metal base, o borde de la soldadura, en la cual se observa una estructura de tipo columnar dendrítica.

Estos diferentes tipos de estructuras presentes en las soldaduras se acreditan a las distintas velocidades de enfriamiento, las cuales fueron mayores en la intercara o borde de la soldadura, ya que el material base o sustrato ayuda a transferir más rápidamente el calor generado en el proceso de soldadura, generando bajos gradientes térmicos en esta zona y de allí la formación dendrítica columnar, donde las dendritas presentan un crecimiento

contrario al flujo de calor; en cambio en el centro de la soldadura el enfriamiento es más lento, con gradientes de temperaturas mayores, originando una estructura celular dendrítica.

En la intercara soldadura-material base no se aprecia con claridad la zona afectada por el calor, la cual en teoría, para la soldadura TIG es bastante pequeña. Sin embargo no se puede asegurar la ubicación de la misma debió a que luego del material base se observa inmediatamente la estructura de solidificación.

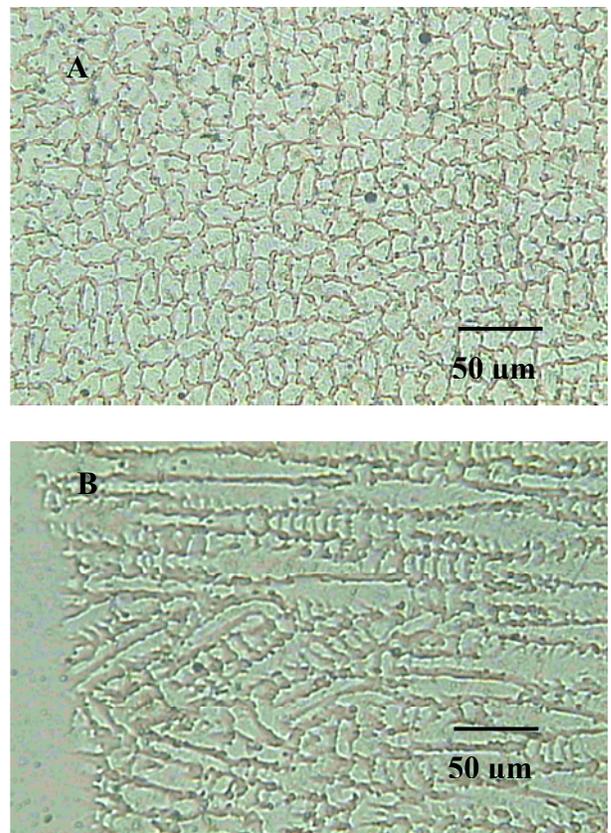


Fig. 2. Micrografías por MO de muestras soldadas con Argón. Micrografía del centro de la soldadura (A) donde se observa estructura dendrítica-celular e intercara (B) donde se observa estructura dendrítica-columnar.

La Figura 3 muestra micrografías por MEB de muestras soldadas con la mezcla de gases Argón-20% CO_2 ; en la Figura 3A, se muestra el centro de la soldadura y en la Figura 3B la intercara soldadura-metal base; en estas

imágenes se pueden apreciar algunos precipitados, así como también una gran cantidad de microporosidad, la cual es mayor al ser comparada con las láminas soldadas con Argón, esta comparación se realizó de manera cualitativa con micrografías de igual magnificación.

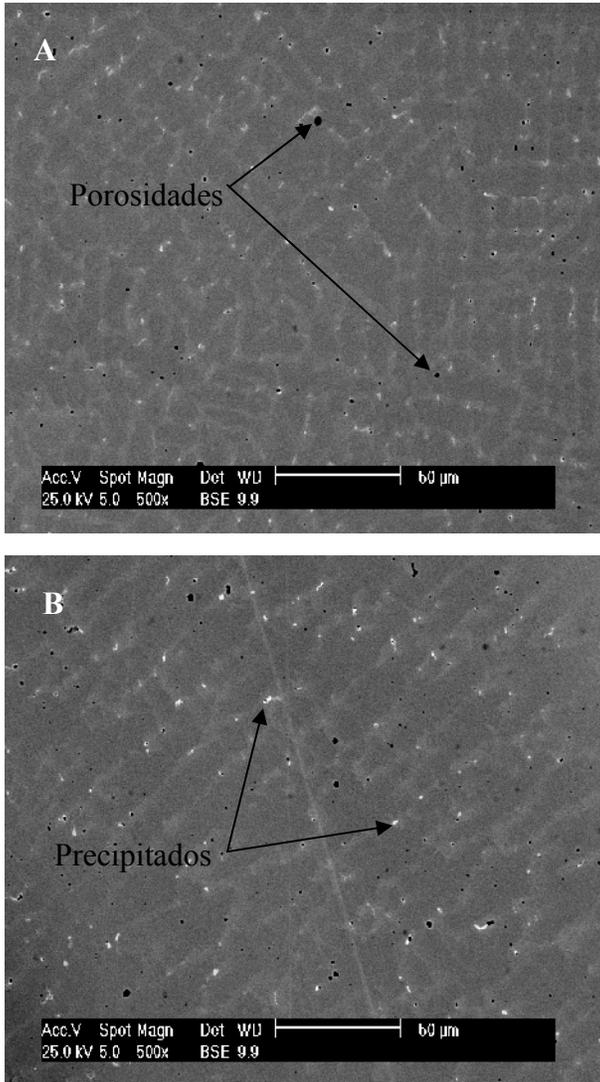


Fig. 3. Micrografías MEB de muestras soldadas con la mezcla de gases Argón-20%CO₂. (A) Centro de la soldadura y (B) intercara, en ambas se observa microporosidad y precipitados.

La mayor cantidad de porosidad presente en estas láminas se debe a la menor eficiencia protectoras de la mezcla de gases Argón-20%CO₂. Lo que origina que el metal en fase líquida, en el proceso de la soldadura, entra en contacto con el aire y se disuelven gases en el metal líquido que al solidificar generan la microporosidad.

En la Figura 4, se muestra un análisis obtenido por EDX para uno de los precipitados en el material base, donde se presentan básicamente como carburos de W-Cr, y destaca la gran cantidad de estos precipitados en el material base, al ser comparada con la cantidad de estos en la soldadura (Ver Figura 3). La estructura del material base consiste en granos de tipo equiaxial con carburos distribuidos en la matriz y límites de grano. La disminución de la cantidad de carburos presentes en la soldadura se atribuye básicamente a la disolución de estos en el proceso de soldadura.

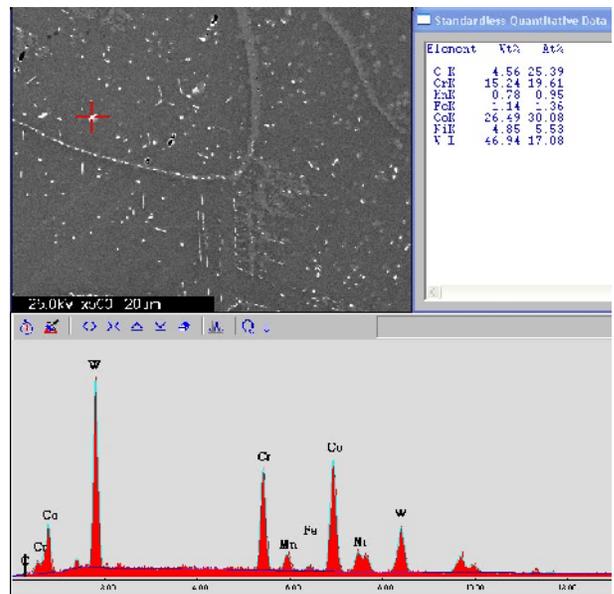


Fig. 4. Micrografía por MEB y EDX de precipitado de carburo W-Cr en el metal base, donde se observan gran cantidad de precipitados.

En la Figura 5 Se pueden observar los resultados del ensayo de dureza de las láminas soldadas, este muestra que la dureza disminuyó para ambos tipos de gases protectores, desde el metal base pasando por la intercara soldadura-metal base, hasta el centro de la soldadura, lo que se atribuye a la posible disolución de carburos W-Cr en el proceso de soldadura.

Al comparar los dos gases protectores, las láminas soldadas con la mezcla Argón-20%CO₂, presentan menor dureza, lo cual se atribuye a la mayor cantidad de microporosidad que se manifiestan en estas.

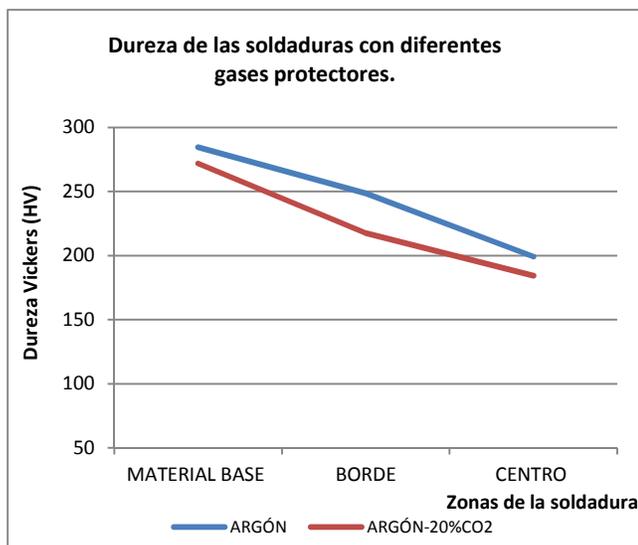


Fig. 5. Dureza de las soldaduras con diferentes gases protectores.

CONCLUSIONES.

Las láminas soldadas con Argón como gas protector, presentan las mejores propiedades al realizar la soldadura mediante el proceso Tungsten Inert Gas (TIG), ya que con este gas se obtiene una microestructura más homogénea, mayor dureza y menor cantidad de microporosidad.

El proceso de soldadura TIG utilizado en esta investigación es idóneo para la reparación de componentes de equipos de la industria aeronáutica, fabricados de superaleaciones base Cobalto.

REFERENCIAS

- [1] American Welding Society (1996) “*Manual de Soldadura*”, México, Editorial McGraw Hill.
- [2] ASM Metal handbook Volume 3 (2006) “*Alloy Phases diagrams*” U.S.A., ASM International.
- [3] ASM Metal handbook Volume 2 (2006) “*Properties and selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*”. U.S.A., ASM International.
- [4] ASM Metal Handbook. Volume 6 (2006) “*Welding, brazing, and soldering*”. U.S.A., ASM International.
- [5] ASM Metal Handbook. Volume 9 (2006) “*Metallography and Microstructures*”. U.S.A., ASM International.
- [6] Martin Castillo, Manuel Villa, Manuel Vite, Francisco Palacios, Luis Hernández y Guillermo Urriolagoitia (2005). “Estudio del comportamiento mecánicometalúrgico de aleación Iconel 600 y Estelita”. *Científica* 9: 13-22.
- [7] H. Kashani, A. Amadeh, H.M. Ghasemi. (2007). “Room and high temperature wear behaviors of nickel and cobalt base weld overlay coatings on hot forging dies”. *Wear* 262:800–806.
- [8] Fidel Zapiraina, Fidel Zubiria, Fermín Garcíandía, Itziar Tolosa, Samuel Chuecab and Aimar Goiriab. (2011) “Development of Laser Welding of Ni based Superalloys for Aeronautic Engine Applications (Experimental Process and Obtained Properties)”. *Physics Procedia* 12: 105–112.
- [9] H. Rezaei (2011). “Diffusion Welding of Nickel-based Superalloys”. *Diffusion-fundamentals.org* 15. 2:1-4.
- [10] B. Sarasola, J.L. Pedrejón, R Rodríguez-Martín, I. Ocaña, M.R. Elizalde (2010). “Microestructura y respuesta mecánica a altas temperaturas de uniones soldadas de Haynes 230[®]”. *Ciência & Tecnologia dos Materiais* 22:15-19.

- [11] Donald J. Tillack. (2007). "Welding Superalloys for Aerospace Applications". *Welding Journal* 86(1):28-32.