

Steel filler metal caracterización estructural, de la soldadura en acero inoxidable aisi 304, para la construcción de equipos de la industria alimenticia

Yraima Rico
Riyaneth Escalona
Xioan Rivero

Universidad Nacional Experimental Politécnica UNEXPO
iraima.rico@gmail.com

Fecha de recepción: 10- 04- 2016 Fecha de aceptación: 15- 05- 2016

Resumen

Los equipos que se utilizan para el procesamiento, conservación y almacenamiento de alimentos están fabricados en Acero Inoxidable y la forma más común de ensamblarlos es mediante soldadura. La soldadura destinada a estar en contacto directo con alimentos o en ambientes para el procesamiento de éstos, requiere de una metodología especial para su realización, y deben desarrollarse para ciertas condiciones de servicio; este tipo de soldadura se denomina soldadura sanitaria. El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar

estructuralmente soldaduras de acero inoxidable AISI 304, para la construcción de equipos de la industria de alimentos. Se realizaron tres tipos diferentes de soldadura por arco: TIG, MIG y Electrodo Revestido en láminas de 4,7 mm de espesor, con el fin de comparar sus principales características. Las soldaduras se caracterizaron macro y micro estructuralmente mediante Microscopía Óptica (MO), Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) y EDS, determinando fases, composición química de las fases, micro constituyentes y defectos presentes en las soldaduras, además se realizaron ensayos de dureza

de las láminas soldada, desde el material base, pasando por la ZAC hasta el centro de las soldaduras, mediante el ensayo de dureza Vickers. Se determinó que las uniones soldadas con el proceso TIG presentaron las mejores características para esta aplicación, sin descartar que una mejora en la fabricación de los bisels y un aumento en la energía del proceso, podrían mejorar la penetración y las características de las soldaduras MIG.

Palabras Clave: Soldadura, Acero inoxidable, AISI 304

Steel filler metal structural characterization, welding in stainless steel aisi 304, for the construction of equipment in the food industry

Abstract

The equipment used for processing, preserving and storing food is made of stainless steel and the most common way to assemble it is by welding. Welding intended to be in direct contact with food or in environments for processing food requires a special methodology for its realization, and must be developed for certain service conditions; this type of welding is called sanitary welding. The present work aims to structurally characterize AISI 304 stainless steel welds, for the

construction of equipment in the food industry. Three different types of arc welding were performed: TIG, MIG and Coated Electrode in sheets of 4.7 mm thickness, in order to compare their main characteristics. The welds were characterized macro and micro structurally by Optical Microscopy (OM), Scanning Electron Microscopy (SEM) and EDS, determining phases, chemical composition of the phases, micro constituents and defects present in the welds. In addition, hardness tests were carried out on the welded sheets, from the base material, through the ZAC to

the center of the welds, by means of the Vickers hardness test. It was determined that the joints welded with the TIG process presented the best characteristics for this application, without ruling out that an improvement in the manufacture of the bevels and an increase in the energy of the process could improve the penetration and characteristics of the MIG welds.

Keywords: Welding; stainless steel; AISI 304

Introducción

Los equipos que se utilizan para el procesamiento, conservación y almacenamiento de alimentos están fabricados generalmente en Acero Inoxidable y la forma más común de ensamblarlos es mediante soldadura.

Estos equipos destinados a la industria alimenticia, se caracterizan por la utilización de una soldadura que debe estar expuesta a diversos agentes orgánicos y químicos generados durante la producción y procesamiento de alimentos; y al mismo tiempo están sometidos a diversos esfuerzos mecánicos producto del peso de los equipos, la presión de los fluidos, entre otros. Esto quiere decir que una soldadura que forme parte de un equipo de procesamiento de alimentos requiere de características y propiedades determinadas para su construcción.

La soldadura destinada a estar en contacto directo con alimentos o en ambientes para el procesamiento de éstos, requiere de una metodología especial para su realización, y deben desarrollarse para ciertas condiciones de servicio; este tipo de soldadura se denomina soldadura sanitaria.

Actualmente la fabricación de soldadura sanitaria para elaboración de tanques, acoplamiento de tuberías y otras aplicaciones, en la industria alimenticia, es incipiente en Venezuela, trayendo como consecuencia la importación de equipos que encarecen los productos finales de dicha industria.

El presente trabajo tiene como obje-

tivo caracterizar estructuralmente soldaduras de acero inoxidable AISI 304, para la construcción de equipos de la industria de alimentos, mediante soldaduras por arco: TIG, MIG y Electrodo Revestido.

Con este trabajo se pretende evaluar y comparar los diferentes tipos de soldadura y observar las diferencias Macroestructurales, Microestructurales y dureza, para determinar qué tipo de soldadura es más idónea para la construcción y/o reparación de equipos destinados a la industria alimenticia.

Materiales y Métodos

Para cada uno de los tipos de soldadura se fabricaron 3 probetas, con láminas de acero inoxidable AISI 304 con 17,78 cm de longitud y 2,5 cm de ancho, con un bisel en V de 30°, con raíz de 2 mm y un espesor de 4,7 mm (Horwitz, 1997), se realizó un decapado según la norma ASTM A-380 (ASTM, 1992), para esto se utilizó una solución compuesta por ácido fluorhídrico 1% V de la solución total, y ácido nítrico 38% V de la solución; para eliminar cualquier óxido, humedad, aceites, etc. El decapado se realizó a cada lámina antes y después de realizar cada tipo de soldadura, durante 30 minutos a 40°C. Para las soldaduras TIG, se utilizó un electrodo EWTH-1; 15,8 V y corriente [cc(-)] de 145 A, el flujo de Argón se fijó en 0,4214 m³/h. Las soldaduras con Electrodo Revestido se realizaron con un electrodo E 308L-16; con 24 V y corriente [cc(+)] de 100 A. Las soldaduras MIG se realizaron con un electrodo AWS ER308L; 22,8 V y corriente [cc(+)] a 169 A, el flujo de Argón se fijó en 0,4214 m³/h,

los parámetros utilizados en los procesos de soldadura fueron tomados de la referencia (AWS, 1996).

La dureza de las muestras soldadas, fue obtenida desde el metal base, pasando por la zona afectada por el calor (ZAC) y en el centro de la soldadura, mediante el ensayo de dureza Vickers, para ser comparadas en los tres tipos de soldadura utilizados.

El procedimiento para la preparación de las muestras fue tomado de la referencia, se realizó la caracterización macroestructural en cuanto a defectos como poros, grietas, socavaduras y la homogeneidad de la unión en general y el análisis de las características microestructurales de las uniones soldadas se realizó mediante Microscopía Óptica (MO), Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) y Espectroscopía de Energía Dispersiva (EDS).

Resultados y Discusión

En la Figura 1 se observan macrografías de las muestras soldadas con MIG (Figura 1.A), Electrodo revestido (Figura 1.B) y TIG (Figura 1.C). Las soldaduras con Electrodo Revestido y MIG presentaron un defecto inaceptable para la soldadura sanitaria como lo es la falta de penetración, según la norma AWS D18.1, las soldaduras sanitarias deben ser de penetración completa, no deberán contener grietas, socavaduras, poros y salpicaduras; ya que éstas facilitan la acumulación de residuos y producen focos de contaminación que perjudican la sanidad y la vida útil de los equipos soldados. Esta falta de penetración se puede atribuir al diseño del bisel utili-

zado, y a la falta de mayor energía para los procesos MIG y Electrodo Revestido, para el espesor de lámina utilizado.

En todos los tipos de soldadura se observan cristales con crecimiento dendrí-

tico columnar en la zona de fusión, en dirección opuesta al flujo de calor, y en la soldadura MIG una pequeña cantidad de cristales dendríticos equiaxiales en el borde superior de la misma, producto del rápido enfriamiento en esta zona.

En la figura 1, de igual manera pueden observarse las zonas afectadas por el calor en los 3 procesos utilizados, siendo mayor esta zona para las probetas soldadas con electrodo revestido.

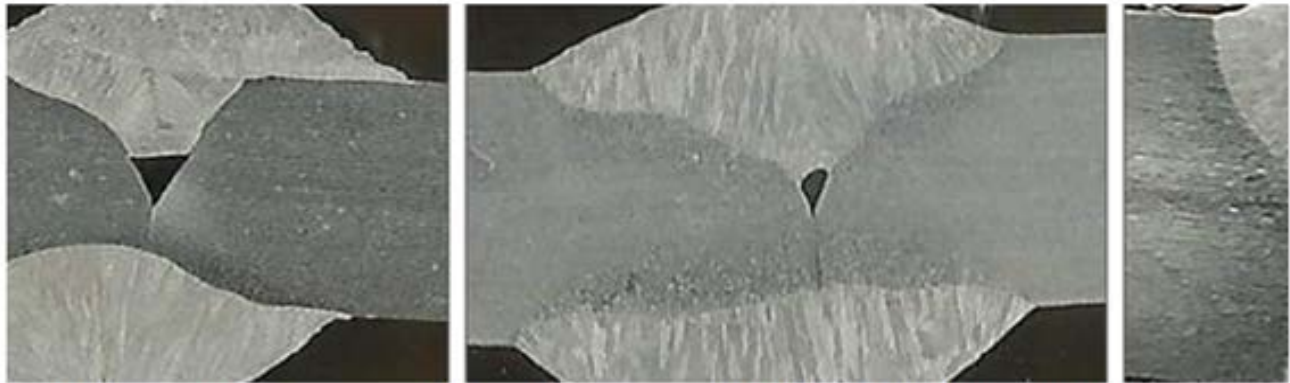


Figura 1. Macrografías de las muestras soldadas con los procesos MIG(A), Electrodo Revestido (B) y TIG (C) donde se observan preferencialmente crecimiento dendrítico columnar y defectos como la falta de penetración.

Los requerimientos de la soldadura sanitaria (Norma AWS D18.1) especifican que la concavidad de la soldadura debe ser muy pequeña. Al observar los tres tipos de soldadura se determina que la soldadura TIG es la que presenta la menor concavidad.

La Fig. 2 muestra micrografía por MO de la soldadura con Electrodo Revestido que muestra las estructuras de la zona de fusión, la zona parcialmente fundida, la zona afectada por el calor (ZAC) y el material base. La zona de fusión está constituida por dendritas de austenita y ferrita que precipita en las zonas interdendríticas (Ver fig. 3.B), producto de las tasas de enfriamiento y el modo de solidificación. Este tipo

de solidificación ferríticaaustenítica es igual para los tres tipos de soldadura. A pesar de que la composición química del electrodo revestido es un poco diferente a la composición química de la varilla TIG y el alambre MIG, con el diagrama de Schaeffler (ASM Metal Handbook, 1998) se puede determinar que todas las soldaduras utilizadas son bifásicas y que están compuestas por ferrita y austenita.

En la ZAC el material sufre un aumento del tamaño de grano por el efecto de las altas temperaturas que alcanza. Esta zona adyacente a la zona fundida permanece a temperaturas elevadas mientras se enfría toda la zona fundida y parcialmente fundida lo que da tiem-

po a que ocurra este fenómeno de crecimiento de grano austenítico.

En la Figura 3.A se muestra una micrografía electrónica de barrido de la zona de fusión de una soldadura MIG donde se observa la transición del crecimiento equiaxial dendrítico a columnar dendrítico, en la Figura 3.B se observa la ferrita interdendrítica que precipita en la zona de fusión por efecto de las temperaturas y la composición química del material, la Figura 3.C muestra el espectro por EDS de la ferrita interdendrítica, la cual disuelve mayor cantidad de Cromo que la austenita, pero menor cantidad de Níquel y Manganeso.



Figura 2. Micrografía (MO) de la soldadura con Electrodo Revestido que muestra las estructuras de la zona de fusión, la zona parcialmente fundida, la zona afectada por el calor (ZAC) y el material base. Muestra atacada con agua regia.

La Figura 4 muestra los resultados del ensayo de dureza de las muestras soldadas con los tres tipos de soldadura, en esta se observa que la dureza disminuyó, en todos los casos, desde el metal base pasando por la ZAC, hasta el centro de la soldadura, lo que se atribuye a la formación de nuevos cristales libre

de deformación en la zona de fusión. Al comparar los tres procesos, la soldadura MIG presenta menor dureza debido a que en este tipo de soldadura, el tamaño de los cristales en la zona de fusión, es mayor al ser comparados con los otros tipos de soldadura. Esta disminución de la dureza en la zona de fusión no es

recomendable ya que podría afectar la resistencia de la junta soldada, el tipo de soldadura que presenta más homogeneidad en las medidas de dureza es la soldadura TIG, esto debido a la homogeneidad microestructural y menor tamaño de cristales en la zona de fusión (Shanmugam et al, 2010).

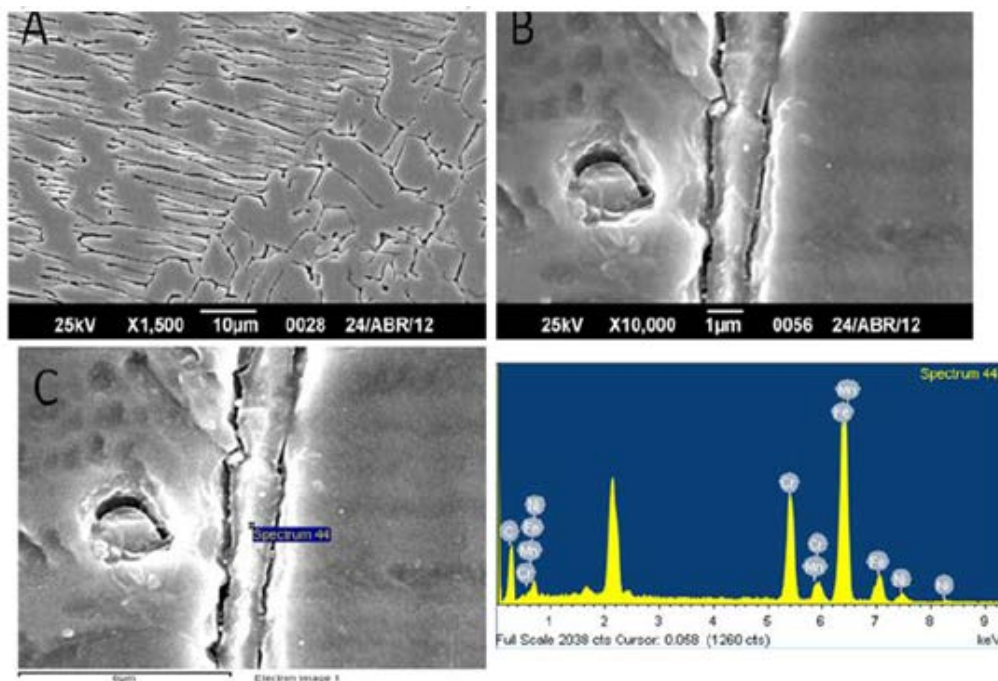


Figura 3. Micrografía por MEB de la zona de fusión de una soldadura por MIG y EDS de la ferrita interdendrítica.

Conclusiones

Las soldaduras MIG y con Electrodo Revestido no cumplieron con los requerimientos sanitarios, ya que presentaron falta de penetración para el espesor de lámina utilizado en la investigación, lo

cual es inaceptable según los requerimientos de normas internacionales.

Las uniones soldadas con el proceso TIG presentaron las mejores características para la aplicación en la industria alimenticia, sin embargo, no se debe descartar una mejora en la fabricación

de los biseles y un aumento en la energía del proceso, para mejorar la penetración y las características de las soldaduras MIG y con Electrodo Revestido para aplicaciones en la construcción de equipos en la industria de alimentos.

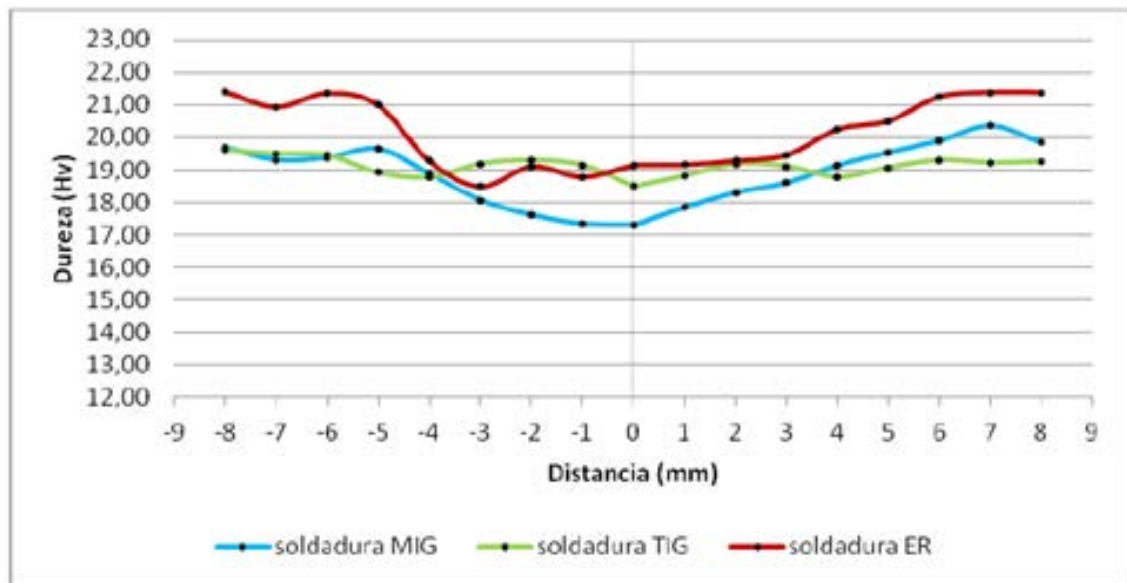


Figura 4. Perfiles de dureza de los tres tipos de soldadura, tomadas desde el centro de la soldadura hasta el material base.

Referencias bibliográficas

- American Welding Society. (1996). "Manual de Soldadura". Editorial McGraw Hill.
- ASM Metal handbook Volumen 9. (2006). "Metallography and Microstructures" ASM International. U.S.A
- ASM Metal Handbook. (1998) Welding, brazing, and soldering. Vol. 6.
- Horwitz, H; 1997. Soldadura: Aplicaciones y Práctica. 1era Edición, Editorial Alfaomega, D.F, México. PP. 340-365.
- Norma ASTM A-380: "Standard Practice for Cleaning, Descaling of Passivation of Stainless Steel Part, Equipment, and System" Norma AWS D18.1: "Specification for welding of Austenitic Stainless Steel Tube and pipe Systems in Sanitary (Hygienic) Applications.
- Shanmugam y Balasubramanian, 2010. Effect of Welding Processes on Tensile and Impact Properties, Hardness and Microstructure of AISI 409 Ferritic Stainless Joints Fabricated by Duplex Stainless.