



Ciencias Holguín

E-ISSN: 1027-2127

revista@ciget.holguin.inf.cu

Centro de Información y Gestión Tecnológica  
de Santiago de Cuba  
Cuba

Rodríguez-Pérez, Osmundo Héctor

Soldadura del aluminio. Recomendaciones tecnológicas

Ciencias Holguín, vol. XX, núm. 3, julio-septiembre, 2014, pp. 1-11

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba  
Holguín, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181531517003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

***Soldadura del aluminio. Recomendaciones tecnológicas / Welding of aluminum. Technological recommendations***

Osmundo Héctor Rodríguez-Pérez. [hrgez@facing.uho.edu.cu](mailto:hrgez@facing.uho.edu.cu)

**Institución del autor**

Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”

**PAÍS:** Cuba

**RESUMEN**

En el artículo se brindan las características tecnológicas de los diferentes tipos de aleaciones de aluminio que existen: (peso específico, resistencia a la tracción, resistencia a la corrosión, etc.), y la clasificación y designación de las aleaciones de estos materiales. Se trata el problema de su soldabilidad operatoria que está influenciada por la formación estable de su óxido a temperatura ambiente. El trabajo trata sobre los principales aspectos teóricos y prácticos en la soldadura y la recuperación de piezas de los aluminios y sus aleaciones entre las que se encuentran las siguientes: preparación de las piezas en cuanto a limpieza superficial, preparación de los bordes, criterios para la selección del material de aporte, precalentamiento de las piezas, tipo de corriente y gas protector, métodos de soldadura y criterios para evitar tensiones y deformaciones.

**PALABRAS CLAVE:** SOLDADURA; ALUMINIO

**ABSTRACT**

This paper discusses the technological characteristics of different types of aluminum alloys (considering specific weight, tensile strength, corrosion resistance, etc.) and the classification and designation of alloys of these materials. The problem of operative weldability which is influenced by the stable formation of its oxide at room temperature is dealt with. The article also discusses the main theoretical and practical aspects in welding and recovery of aluminum parts and its alloys, among which are the following: preparing parts for surface cleaning, edge preparation, criteria for the selection of the filler

material, preheating of parts, type of current and shielding gas, welding methods and criteria to avoid stress and strain.

**KEY WORDS:** WELDING; ALUMINUM

## **INTRODUCCIÓN**

En este trabajo se estudian los diferentes tipos de aleaciones de aluminio con sus características principales, clasificación y designación, problemas de soldabilidad y los aspectos tecnológicos principales en lo que se refiere a la preparación de las piezas, la selección del material de aporte, tecnologías de soldadura y acabado.

En el tema se brindan las recomendaciones tecnológicas para la soldadura del aluminio y sus aleaciones en los procesos de soldadura por arco eléctrico.

Se estudian las dificultades en la soldadura y recuperación de piezas del aluminio y sus aleaciones con el objetivo de poderlas resolver y luego establecer los aspectos a tener en cuenta para unir estas piezas mediante procesos de soldadura. En el artículo se persigue realizar las recomendaciones tecnológicas para poder soldar y recuperar estos materiales.

El problema es la ausencia de una tecnología adecuada para la soldadura de piezas de estos materiales y en el artículo se brindan las recomendaciones teórico-prácticas para la unión de piezas en estos materiales con argumentos desde el punto de vista de su aplicación práctica.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Características Tecnológicas**

El aluminio es un metal ligero con un peso específico de  $2,7\text{g/cm}^3$  y una temperatura de fusión de  $660^\circ\text{C}$ , en estado puro tiene una conductibilidad térmica y eléctrica excelentes; debido al hecho de tener el aluminio y sus aleaciones tan buena conductibilidad térmica y un calor latente de fusión tan elevado, su soldadura requiere un suministro considerable de calor.

## **RESULTADO DEL TRABAJO**

El aluminio puro tiene una baja resistencia a la tracción  $88\text{-}117\text{ N/mm}^2$  en estado bruto, mientras que en estado de deformación en frío esta resistencia es

algo mayor 147-245 N/mm<sup>2</sup>, pero tiene también la ventaja de ser un material altamente dúctil.

El aluminio es un metal con un elevado potencial electronegativo, sin embargo, independientemente de este hecho posee alta resistencia a la acción del agua, a la mayoría de las soluciones neutras y a muchas soluciones ácidas débiles, así como también al efecto atmosférico debido a su pasividad.

Cuando se requiere la más alta resistencia a la corrosión se deben emplear los aluminios de mayor pureza, sin embargo sus aleaciones tienen mayores propiedades mecánicas pero con menos resistencia a la corrosión. Esto es particularmente aplicado a las aleaciones de aluminio con Cu, en un menor grado a las aleaciones con silicio y menos aún a las aleaciones con Zn, Mg y Mn.

El aluminio se oxida rápidamente formando una película de óxido refractario (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), el cual tiene una temperatura de fusión de 2 060 °C y un peso específico de 3,9, siendo los valores de ambos parámetros más altos que los del aluminio puro. Esta película protege al metal de una posterior oxidación, pero durante su soldadura puede persistir en el metal fundido como inclusiones dispersas.

Para obtener una soldadura de calidad es fundamental eliminar el máximo de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> que sea posible del baño de soldadura.

### **Clasificación y designación de las aleaciones de aluminio**

Las aleaciones de aluminio pueden ser laminadas y fundidas, las primeras se subdividen en las que se endurecen o no por tratamiento térmico.

Los principales grupos de aleaciones de aluminio son: Al-Mn, Al-Mg, Al-Cu y Al-Si.

La designación se realiza mediante cuatro números dígitos que representan los elementos principales de la aleación, en la siguiente tabla se observa esta designación.

**TABLA 1**  
**DESIGNACIÓN DE LOS GRUPOS DE ALEACIONES**  
**LAMINADAS [1]**

| <b>Elementos principales de la aleación</b>     | <b>Designación Reciente</b> |
|-------------------------------------------------|-----------------------------|
| Aluminio de grado de pureza de 99 % o superior. | 1XXX                        |
| Cobre.                                          | 2XXX                        |
| Manganeso.                                      | 3XXX                        |
| Silicio.                                        | 4XXX                        |
| Magnesio.                                       | 5XXX                        |
| Magnesio y Silicio.                             | 6XXX                        |
| Cinc.                                           | 7XXX                        |
| Otros elementos.                                | 8XXX                        |
| Series no utilizadas.                           | 9XXX                        |

En la designación el primer número indica el tipo de aleación. La serie 1XXX es para el aluminio con pureza igual y mayor que el 99%, mientras que las series 2XXX hasta 8XXX agrupan a las aleaciones según los principales elementos aleantes.

Para las aleaciones fundidas se emplean principalmente designaciones numéricas formadas por dos o tres dígitos, empleándose en ciertas ocasiones alguna letra como prefijo para indicar determinadas modificaciones con relación a la composición original. Los elementos aleantes usualmente presentes en las aleaciones fundidas son: Si, Cu y Mg, y las cantidades de estos elementos son generalmente mayores que las que se encuentran en las aleaciones laminadas; este factor hace que las aleaciones fundidas sean normalmente más difíciles de soldar que las laminadas.

### **PROBLEMAS EN LA SOLDABILIDAD DEL ALUMINIO Y SUS ALEACIONES.**

La soldabilidad del aluminio y sus aleaciones están regidas por los siguientes fenómenos:

a) Formación de la alúmina u óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), el cual tiene una temperatura de fusión de 2 030°C, que es superior a la temperatura de fusión del metal que es de 660°C y, además, también posee mayor densidad. La formación de la alúmina es la causa de la insoldabilidad operatoria del metal y

sus aleaciones; su presencia se opone a la interpenetración de las gotas fundidas que aseguran la continuidad del cordón de soldadura.

b) En el caso de algunas aleaciones, el ciclo térmico de soldadura provoca en el material base y zona fundida, la precipitación de compuestos definidos de la solución sólida, originando la disminución, por una parte, de las características mecánicas y, por otra, de la resistencia a la corrosión.

A consecuencia de que las aleaciones de aluminio tienen un coeficiente de expansión térmica relativamente alto comparado con la mayoría de los metales soldables, en estos se obtienen menores deformaciones.

### **RECOMENDACIONES TECNOLÓGICAS PARA LA SOLDADURA DEL ALUMINO Y SUS ALEACIONES**

El aluminio y sus aleaciones pueden soldarse por medio de una amplia variedad de procesos, entre los cuales se pueden citar: soldadura manual con llama oxiacetilénica, manual por arco eléctrico, manual por arco eléctrico con electrodo refractario en atmósfera protectora con gas inerte (TIG), por arco eléctrico con electrodo metálico en atmósfera protectora de gas inerte (MIG), por resistencia eléctrica, etc. En este material se brindan algunas recomendaciones en la soldadura manual por arco eléctrico con electrodo refractario en atmósfera protectora con gas inerte (TIG).

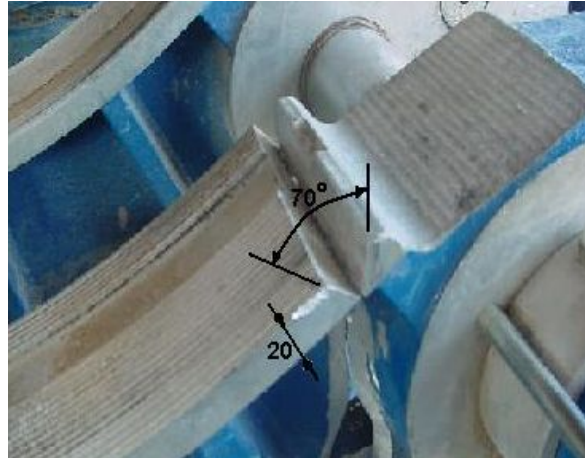
Las principales recomendaciones tecnológicas se realizan en base a la recuperación de piezas de aluminio fundido de grandes espesores y son las siguientes: preparación de la pieza, selección del material de aporte, precalentamiento, tecnología de soldadura y acabado.

#### **Preparación de la pieza**

Las operaciones que se llevan a cabo en el material antes de soldar tienen el objetivo de eliminar todo vestigio de suciedades e impurezas, las cuales actúan negativamente en la calidad de la unión, al ser fuentes de origen de defectos tales como: porosidades, inclusiones, etc. Estas impurezas pueden ser: pinturas, óxidos, grasas, etc.

Las piezas se deben colocar de manera tal de garantizar la planicidad de las mismas.

La preparación de los bordes en el caso de espesores mayores de 5 mm es en V con biseles entre 60 a 90° con el adecuado punteado de los bordes, a continuación se muestra la preparación de bordes sobre una pieza de aluminio fundido y espesor de 20 mm.



**Figura 1.** Preparación de bordes en pieza de aluminio fundido

Los bordes de la unión soldada deben ser desengrasados mediante algún solvente (solución cáustica), cepillando posteriormente éstos para eliminar el óxido de aluminio en una distancia de 30-60 mm a ambos lados de los extremos de los bordes.

### Selección del material de aporte

El principio de selección del material de aporte debe ser tal que garantice una composición química aproximadamente igual a la del material base. A continuación se dan algunos de éstas en la norma AWS.

Los materiales de aporte usados más frecuentemente para la soldadura del aluminio son aleados con una amplia variedad de elementos; los más comúnmente utilizados son: Mg, Mg + Mn y Si. En la tabla 2 se muestran algunos de los más usados.

**TABLA 2**  
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS MATERIALES DE APOORTE  
UTILIZADOS EN LA SOLDADURA DEL ALUMINIO Y SUS ALEACIONES

| Norma | Tipo<br>(marca)<br>Electrodo | Composición química (%) |     |     |       |      |      |           |         |
|-------|------------------------------|-------------------------|-----|-----|-------|------|------|-----------|---------|
|       |                              | Si                      | Fe  | Cb  | Mn    | Zn   | Ti   | Cr        | Mg      |
| AWS   | ER 4043                      | 4.5-6                   | 0.8 | 0.3 | 0.05  | 0.1  | 0.2  |           | 0.05    |
|       | ER 5183                      | 0.4                     | 0.4 | 0.1 | 0.5-1 | 0.25 | 0.15 | 0.05-0.25 | 4.3-5.2 |

|  |         |  |  |      |          |      |           |           |         |
|--|---------|--|--|------|----------|------|-----------|-----------|---------|
|  | ER 5356 |  |  | 0.1  | 0.05-0.2 | 0.1  | 0.06-0.2  | 0.05-0.2  | 4.5-5.5 |
|  | ER 5556 |  |  | 0.1  | 0.01     | 0.25 | 0.05-0.2  | 0.05-0.2  | 4.7-5.5 |
|  | ER 5654 |  |  | 0.05 | 0.01     | 0.2  | 0.05-0.15 | 0.15-0.35 | 3.1-3.9 |

El material de aporte 4043, que contiene 5% de Si, puede utilizarse cuando se sueldan las aleaciones de las series 3000 y en la soldadura de las aleaciones fundidas de aluminio.

Los materiales de aporte para soldar deben almacenarse en un lugar seco, antes de usarlos ellos deben secarse a una temperatura de 260-370 °C aproximadamente durante media hora, para liberarlos de humedad. El almacenaje en hornos o cabinas a (90-120) °C ayuda a obtener uniones soldadas libres de poros y, por lo tanto, de mejor calidad.

Los carretes de alambre dejados temporalmente sin uso en la máquina de soldar, como sucede en los cambios de turno trabajo, deben ser protegidos. Si el tiempo de inactividad es muy largo los carretes deben guardarse cuidadosamente en sus cajas. Tanto los electrodos como el alambre para soldar no deben ser extraídos de sus cajas hasta el momento de emplearlos.

### **Pre calentamiento**

Se debe aplicar un pre calentamiento de (300 a 400) °C en todos los bordes y lugares adyacentes. La temperatura se controla con un termopar digital.



**Figura 2.** Pre calentamiento de los bordes

### **Tipo de corriente y gas protector**



Se emplea corriente alterna de alta frecuencia (CAAF). La intensidad de corriente utilizada es de 260 amperes y la tensión de 30 voltios.

Se emplea un flujo de gas argón de 35 pie<sup>3</sup>/h.

### Otros aspectos tecnológicos

- Se debe utilizar el método “a izquierdas” con la varilla por la parte delantera del arco y con una inclinación con respecto a la pieza de 15°, tal y como se puede observar en la siguiente figura.



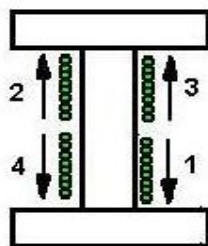
**Figura 3.** Método de soldadura a izquierdas

- La salida del electrodo con relación a la boquilla debe ser de 15 mm.

- El aluminio disipa muy rápidamente el calor y si el espesor es grande ocasiona que las deformaciones sean pequeñas, sin embargo para poderlos soldar se necesita la aplicación de grandes intensidades de corrientes eléctricas y esto favorece las deformaciones, entonces se deben depositar los cordones de manera de evitar estas deformaciones, tal es el caso de la soldadura de piezas fundidas de grandes espesores. Un ejemplo de esto se muestra en la figura 4<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Rodríguez Pérez, Osmundo Héctor: Tecnología de soldadura para la recuperación de las mordazas fijas de la máquina de termofusión PT – 100 de la conductora de agua del Rio Cauto a Holguín. Holguín. 2006. 60p. Informe de investigación.



**Figura 4.** Forma de deposición de los cordones en el alma de la viga

### Acabado

Se debe garantizar un enfriamiento lento con un tratamiento térmico posterior adecuado. Las piezas soldadas deben enfriarse lentamente después de terminadas.

### CONCLUSIONES

Las principales conclusiones del trabajo son:

- a) Se brindan los diferentes tipos de aluminio y sus aleaciones con sus características tecnológicas
- b) Se muestran las recomendaciones prácticas para la preparación de las piezas en la soldadura del aluminio y sus aleaciones.
- c) Se exponen las diferentes recomendaciones tecnológicas con respecto al precalentamiento, selección del material de aporte, tipo de corriente y gas protector, métodos de soldadura, criterios para evitar tensiones y deformaciones y como debe ser el acabado de estas piezas como forma final del trabajo

### BIBLIOGRAFIA

1. ASM Handbook Committee: Welding Handbook. 8ed. Vol.6. 734p. ASM Handbook Committee, EUA, 1971.
2. AWS: Welding Handbook. Metals and their weldability. 583p. EUA, 1966.
3. Rodríguez Pérez, Osmundo Héctor. Metalurgia de la Soldadura. Habana. Editorial Pueblo y Educación. 1983. 613 p.
4. Rodríguez Pérez, Osmundo Héctor: Tecnología de soldadura para la recuperación de las mordazas fijas de la máquina de termofusión PT – 100 de

la conductora de agua del Rio Cauto a Holguín. Holguín. 2006. 60p. Informe de investigación.

5. The Welding Handbook Committee: Welding Handbook. Fundamentals of Welding. EUA. American Welding Society Publishers. 1968. 600p

6. The Welding Handbook Committee. Welding Handbook. Metals and their Weldability. EUA. American Welding Society Publishers. 1966. 640 p.

### **Síntesis curricular del Autor**

**Dr. C. Osmundo Héctor Rodríguez-Pérez.** [hrgez@facing.uho.edu.cu](mailto:hrgez@facing.uho.edu.cu)

Profesor Emérito, Profesor Consultante, Profesor Titular, Doctor en Ciencias Técnicas e Ingeniero Mecánico con una experiencia universitaria de 43 años en las Universidades en las cuales ha trabajado. Desarrolla diversos trabajos científico técnicos importantes en el campo de la soldadura y la recuperación de piezas, con una repercusión notable desde el punto de vista científico técnico, social y económico. Posee varias publicaciones escritas en Cuba y en extranjero entre trabajos científicos, monografías, artículos de revistas y otras publicaciones docentes. Ha impartido varias conferencias magistrales nacional e internacionalmente. Participa en eventos en Cuba y en el extranjero y ha impartido cursos, diplomados en Cuba y fuera del país. Ostenta la Orden Carlos J. Finlay, la Orden Frank País de Primer Grado, la Distinción Especial del Ministro en el trabajo Científico en dos ocasiones, posee varias medallas, ordenes, premios al mérito científico y de la Academia de Ciencias de Cuba. Ha desarrollado colaboración científico con varios países y tiene varias maestrías tutoradas, una especialidad de postgrado y ha participado en tribunales y oponencias de grados científicos.

### **Institución del autor**

Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”

**Fecha de Recepción:** 17/09/2013

**Fecha de Aprobación:** 25/06/2014

**Fecha de Publicación:** 31/07/2014