



Ciencias Holguín
ISSN: 1027-2127
revista@cigetholguin.cu
Centro de Información y Gestión Tecnológica de
Holguín
Cuba

Soldadura del cobre. Recomendaciones tecnológicas

Rodríguez Pérez, Osmundo Héctor

Soldadura del cobre. Recomendaciones tecnológicas

Ciencias Holguín, vol. 24, núm. 2, 2018

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Holguín, Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181555444001>

Esta licencia permite a otros entremezclar, ajustar y construir a partir de su obra con fines no comerciales, y aunque en sus nuevas creaciones deban reconocerle su autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Soldadura del cobre. Recomendaciones tecnológicas

Copper welding. Technological recommendations

Osmundo Héctor Rodríguez Pérez I
 Universidad de Holguín, Cuba
 hector041246@gmail.com

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181555444001>

Recepción: 28 Julio 2016
 Aprobación: 11 Noviembre 2017
 Publicación: 30 Abril 2018

RESUMEN:

Se describen los grupos de aleaciones de cobre tales como latones y bronce y de esta forma se brindan las recomendaciones tecnológicas fundamentales para la soldadura de estos materiales por arco eléctrico manual y con llama oxiacetilénica. Se estudia la soldabilidad de estos materiales y se exponen los siguientes factores: influencia de los elementos aleantes, problemas de soldabilidad, principios de la selección de los materiales de aporte, preparación de las piezas, limpieza superficial, colocación relativa de las piezas, empleo de intensidades de corriente lo más altas posibles y con las mayores velocidades de soldadura, precalentamiento las piezas, corriente de soldadura con polaridad invertida, el arco corto, tratamiento térmico posterior y control de calidad de la calidad.

PALABRAS CLAVE: Soldadura, Cobre.

ABSTRACT:

The groups of copper alloys such as brass and bronze are described thus the fundamental technological recommendations for the welding of these materials by manual electric arc and with oxyacetylene flame are given. The welding capacity of these materials is studied and the following factors are exposed: influence of the alloying elements, problems of welding capacity, principles of the selection of the materials of contribution, preparation of the pieces, superficial cleaning, relative positioning of the pieces, use of current intensities as high as possible and with the highest welding speeds, preheating parts, welding current with inverted polarity, short arc, subsequent heat treatment and quality control of quality.

KEYWORDS: Welding, Copper.

INTRODUCCIÓN

El cobre tiene una densidad a 20 °C de 8,9 g/cm³, la temperatura de fusión es 1 083 °C y la de ebullición de 2 595 °C, el coeficiente de dilatación lineal es de $16,5 \times 10^{-6}$. El cobre puro tiene toda una serie de propiedades técnicas muy valiosas tales como: alta plasticidad, elevada conductibilidad eléctrica y calórica, pequeña capacidad a la oxidación, etc. Esto ocasiona que se utilice mucho en la práctica industrial, además el cobre sirve como base para las aleaciones de latones y bronce.

NOTAS DE AUTOR

- I Es Profesor Emérito, Profesor Consultante, Profesor Titular y Doctor en Ciencias Técnicas con una experiencia de 44 años en las universidades en las cuales ha trabajado, Título de Héroe del Trabajo de la República de Cuba (2017). 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 el extranjero entre trabajos científicos, monografías, artículos de revistas y otras publicaciones docentes. Ha impartido varias conferencias magistrales en el ámbito nacional e internacional. Participa en eventos tanto en Cuba, así como en el extranjero y ha impartido cursos, diplomados en Cuba y fuera del país. Ostenta la Orden Lázaro Peña de 1. Grado, 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 otras medallas, Premios al Mérito Científico y de la Academia de Ciencias de Cuba. Ha desarrollado colaboración científica con varios países y tiene varias maestrías tutoradas, una especialidad de postgrado y ha participado en tribunales y oposiciones de grados científicos. Es experto de la Junta de Acreditación Nacional de Carreras Universitarias, Maestrías y Doctorados

El cobre y sus aleaciones se diferencian por la presencia de pequeñas cantidades de oxígeno, fósforo, plata y arsénico los cuales afectan sus propiedades físicas y mecánicas.

El cobre forma aleaciones de mucha utilidad, tales como los latones y los bronce. Los latones son aleaciones de cobre con zinc, mientras que los bronce son aleaciones con estaño, silicio y aluminio (bronce al estaño, al silicio, al aluminio).

El **problema científico** es la ausencia de una tecnología correcta para la soldadura de piezas de estos materiales y en este artículo se brindan las recomendaciones teórico-prácticas para la unión de piezas con los argumentos desde el punto de vista de su aplicación práctica, por lo tanto, el campo es la tecnología de soldadura para la soldadura del cobre y sus aleaciones.

Los **objetivos** esenciales de este trabajo son: los problemas que presentan estos materiales para la soldadura y el conocimiento de las principales recomendaciones teórico-prácticas para la obtención de uniones soldadas de calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

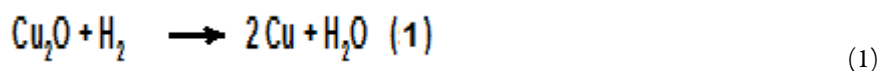
Soldabilidad del cobre y sus aleaciones.

Características del cobre y sus aleaciones.

El cobre al ser calentado se oxida fácilmente formando la eutéctica $\text{Cu}+\text{Cu}_2\text{O}$ la cual se distribuye alrededor de los límites de los granos ocasionando la aparición de las grietas en caliente, debido a que su temperatura de fusión es 20°C menor que la del cobre puro.

En el cobre fundido la eutéctica $\text{Cu}+\text{Cu}_2\text{O}$ se sitúa en los límites de los granos y después del tratamiento por presión esta se destruye y en el cobre laminado el oxígeno está presente en forma de inclusiones aisladas de óxido cuproso (Rodríguez, 1990).

El cobre que contiene oxígeno está expuesto, al calentarse, a la llamada enfermedad del hidrógeno, la cual consiste en que si el cobre se calienta en un medio que contenga hidrógeno se produce una difusión del hidrógeno en el cobre y se desarrolla la reacción de reducción del óxido cuproso de la siguiente forma:



El vapor de agua que se origina ocasiona una presión alta dentro de las discontinuidades del metal provocando grietas.

Aleaciones de cobre

Los latones son aleaciones de cobre con contenidos de este elemento desde 55-95 % y de Zn en el rango de 5-45 %; existen latones aleados con Sn, Mn, Al, Pb, As, P e Fe y todas estas aleaciones son muy utilizadas en la práctica industrial.

Las aleaciones de cobre con estaño se denominan bronce al estaño. Las aleaciones de cobre con Al, Si, Be y otros elementos también se llaman bronce, pero para diferenciarlos de los de estaño se denominan respectivamente bronce al aluminio, al silicio y al berilio.

RESULTADOS

Soldabilidad del cobre y sus aleaciones mediante los procesos de soldadura por arco

Soldabilidad del cobre

En la soldabilidad del cobre influyen varios aspectos que son: la formación de la eutéctica Cu-Cu₂O, el fenómeno de la enfermedad del hidrógeno, su alta conductibilidad térmica y la fluidez del baño fundido. Mientras menor sea la cantidad de la eutéctica en el cobre la soldabilidad será mayor.

En la soldadura del cobre por arco eléctrico se debe emplear la mayor intensidad de corriente posible, debido a la alta conductibilidad térmica que éste posee. La soldadura de este material se puede realizar mediante electrodos metálicos revestidos y el proceso de soldadura bajo gases protectores (Gas Metal Arc Welding), American Welding Society, (1966).

El proceso de soldadura debe ser rápido y sin interrupciones con el objetivo de evitar la formación de la eutéctica en los límites de los granos, la velocidad de soldadura que se recomienda es de 25 cm/min. Los electrodos que se utilizan son del grupo ECuSn.

En la soldadura del cobre la holgura entre los bordes no es admisible debido a que la fluidez del cobre es mayor que la de los aceros. En planchas con espesores menores de 3 mm se utilizan las uniones a doblez y no se necesita material de aporte; en espesores mayores de 3 mm los bordes se preparan con bisel a 90°. En espesores mayores de 6 mm se precalientan los bordes de soldadura.

En planchas delgadas, menores de 5 mm, las piezas se someten a un martillado en frío, después de realizada la unión soldada y para piezas de espesores mayores el martillado se realiza a temperaturas entre 200-300 °C.

Después del martillado se somete la unión soldada a un recocido entre 500-550 °C y posteriormente se enfría en agua. Después de todo este proceso los granos que se obtienen son finos.

En la soldadura del cobre con electrodos metálicos revestidos la raíz de la costura se protege con un fundente y se utiliza la corriente directa polaridad invertida (CDPI) con un arco corto.

Soldabilidad de las aleaciones del cobre con zinc (latones)

En la soldadura de las aleaciones del cobre con zinc (latones) se produce un fenómeno que es la evaporación del zinc, que es la causa de la porosidad del cordón. En la soldadura de los latones también se produce la absorción del hidrógeno en el baño metálico que también da lugar a la formación de poros.

La soldadura de los latones se realiza en posición horizontal con el arco corto y con corriente directa polaridad normal (CDPN), la intensidad de corriente que se recomienda para un electrodo de 5 mm de diámetro es de 250-275 Amperes y la velocidad de soldadura debe ser de 30-40 cm/min. Después de terminada la unión soldada ésta se martilla y luego se somete a un recocido entre 600-650°C; cuando el contenido de cobre es menor del 60 % el martillado se hace en caliente a una temperatura superior a los 700 °C; si por el contrario el contenido de cobre es mayor del 60 %, el martillado se hace en frío. Se recomienda la soldadura en una sola pasada.

Soldabilidad de las aleaciones de cobre con estaño (bronces al estaño)

Las piezas de bronce al estaño tienen la tendencia a disminuir su resistencia a altas temperaturas durante el calentamiento; a temperaturas superiores a 550 °C el estaño se desprende en forma de bolas pequeñas, las cuales se desplazan por la superficie del material oxidándose rápidamente y formando óxido de estaño, esto

da lugar a la formación de poros en el sitio del desprendimiento de estas bolas de estaño y a una disminución de la resistencia de la pieza.

La soldadura del bronce por arco eléctrico con electrodo metálico revestido se realiza con CDPI. La intensidad de corriente que se emplea es de 30-40 Amperes por cada mm de diámetro del electrodo metálico. Se puede utilizar la corriente alterna, pero con mayor estabilidad del arco empleándose una intensidad de corriente de 75-80 Amperes por cada mm de diámetro de electrodo utilizado. La soldadura se debe realizar lo más rápido posible sin interrupciones ni movimientos de oscilación.

Después de realizar la unión soldada, en el caso de los bronce fundidos, se somete la unión soldada a un recocido de 450-500 °C y en el caso de los bronce laminados, la unión soldada se somete a un martillado en frío, con el objetivo de obtener un cordón compacto y resistente.

El cobre y sus aleaciones pueden ser soldados con mejores resultados que los anteriores, mediante los procesos de soldadura por arco eléctrico en atmósfera protectora Lositskiy, (1968).

En el trabajo Tecnología de soldadura para la fabricación de la Estatua del Titán de Bronce General Antonio Maceo se establece la tecnología de la soldadura, la cual contiene los siguientes pasos tecnológicos: proceso de soldadura manual por arco eléctrico, empleo de la corriente directa polaridad invertida, diámetros de electrodos con 3 y 4 mm y las mayores intensidades de corriente posibles, las mayores velocidades de soldadura y sin holgura, el metal de aporte utilizado es el BRONZOID 1, que es equivalente al E Cu-Sn-A de la AWS Rodríguez, (1990).



FIGURA 1.

Estatua del Titán de Bronce General Antonio Maceo en la provincia de Holguín

Tomada por Osmundo Héctor

Soldabilidad del cobre y sus aleaciones mediante los procesos de soldadura con llama oxiacetilénica

Soldabilidad del cobre

La soldabilidad del cobre mediante el proceso de soldadura con llama oxiacetilénica es buena y una correcta ejecución del proceso con el martillado posterior garantiza un material depositado con una resistencia que oscila entre 167-216 N/mm², la cual es ligeramente menor que la del material base en estado recocido.

En la soldadura con llama oxiacetilénica del cobre se necesita una llama con una potencia superior a la normal, debido a la conductibilidad calórica de este. Se recomienda para espesores de hasta 10 mm sopletes con potencias de 150 l/h de acetileno, mientras que para espesores mayores debe ser de 200 l/h por cada mm de espesor del material base; en piezas con grandes espesores se recomienda soldar con dos sopletes: uno con 150-200 l/h de acetileno para el precalentamiento de la pieza y otro con 100 l/h para la ejecución del proceso de soldadura.

En muchas ocasiones se recomienda cubrir las piezas con telas de amianto para reducir las pérdidas de calor.

El tipo de llama que se recomienda es la reductora con el dardo de la misma casi perpendicular con respecto al baño de fusión. El proceso se realiza lo más rápido y uniforme posible, con el objetivo de evitar la formación del óxido de cobre y las grietas en caliente. No se recomienda el punteo de la pieza para su alineación, pues durante el posterior calentamiento, producto del proceso de soldadura, estos se pueden agrietar.

En la soldadura del cobre la varilla debe fundirse un pequeño tiempo antes que los bordes, depositando este metal sólo cuando los bordes comiencen a fundirse. Las planchas con espesores menores de 3 mm no se biselan, pero para espesores mayores se biselan a 45°. Antes de realizar el proceso de soldadura los bordes deben limpiarse con chorros de arena.

Las varillas que se utilizan en la soldadura con llama deben ser de una composición química similar a la del material base.

El diámetro de la varilla debe ser de 1/2 a 3/4 del espesor de la pieza a soldar y nunca mayor de 8 mm. En la soldadura con llama oxiacetilénica del cobre se utilizan fundentes para desoxidar este elemento y facilitar que pasen a la escoria.

La unión soldada se somete a un martillado en frío para piezas con espesores de hasta 5 mm y a 200-300 °C en piezas gruesas con el objetivo de afinar el grano del metal depositado. Después del martillado la unión soldada se somete a un recocido con una temperatura entre 500 y 550 °C y luego un enfriamiento rápido en agua lo cual afina el grano. El martillado nunca debe ser a temperaturas superiores a los 500 °C, puesto que ocasiona el surgimiento de grietas, ya que a esta temperatura el cobre se vuelve frágil.

Soldabilidad de las aleaciones del cobre con el zinc (latones)

En la actualidad la soldadura con llama oxiacetilénica de los latones se emplea ampliamente a pesar de su baja productividad, generalmente se utiliza la llama oxidante para evitar la evaporación del Zn, este tipo de llama oxida una parte del zinc formando una película en la superficie del baño metálico que protege las capas inferiores de la futura evaporación de este elemento. Además, el exceso de oxígeno reacciona con el hidrógeno libre en la zona del baño evitando la absorción de este elemento en el baño de soldadura, lo cual conduce también a una disminución en la evaporación del zinc y en la formación de poros en la costura. La potencia del soplete utilizado debe ser de 100 l/h por cada milímetro del espesor del material a soldar. Los bordes de soldadura deben estar bien limpios antes de soldar.

El material de aporte es una varilla de latón que contiene: 60,5-63,5 % de cobre; 0,3-0,7 % de zinc y también silicio, el cual actúa como elemento desoxidante disminuyendo la evaporación del zinc. Estas varillas

tienen como resultado una costura sin poros y con una evaporación mínima del zinc, con esta varilla se puede emplear una potencia de hasta 150 l/h de acetileno por cada milímetro de espesor de la pieza a soldar, sin obtener un aumento sensible en la evaporación del zinc. El fundente utilizado puede ser el bórax.

La soldadura del latón debe realizarse con máscaras protectoras debido a que los vapores de zinc son perjudiciales a la salud del operario.

Soldabilidad de las aleaciones de cobre con estaño (bronces al estaño)

La soldadura con llama oxiacetilénica de los bronce en algunas ocasiones necesita del auxilio de un precalentamiento a 450 °C, con el objetivo de evitar el posible agrietamiento. El proceso se debe realizar en posición horizontal para evitar los golpes y los esfuerzos en la misma.

El tipo de llama que se recomienda es la reductora, debido a que la llama oxidante ocasiona la oxidación de los elementos del bronce tales como: plomo, silicio y aluminio. La formación de estos óxidos provoca la porosidad del cordón y en algunas ocasiones inclusiones de escoria. La llama debe mantenerse a una distancia mayor de lo normal del baño de soldadura con el objetivo de no sobrecalentar el mismo. El material de aporte debe tener la misma composición química que el material base y generalmente en estas varillas se introduce como desoxidante hasta 0.4% de silicio. La potencia de la llama debe estar entre 100-150 l/h de acetileno por cada milímetro de espesor del material base.

Los fundentes empleados son los mismos que los utilizados en la soldadura del cobre y los latones. La función esencial es proteger al material de la oxidación y hacer salir los óxidos hacia la escoria.

Después de terminada la unión soldada la pieza se somete a un recocido con temperaturas entre 450-500 °C enfriándola posteriormente en agua. Al proceso de martillado se somete sólo el bronce laminado y no el fundido.

Se han realizado estudios sobre la influencia que ejercen los diferentes procesos de soldadura en las propiedades físicas y metalúrgicas que afectan la soldabilidad del cobre y sus aleaciones Vallini, (1970)

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones del trabajo son:

1. Se describen los aspectos teóricos prácticos necesarios para la elaboración de la tecnología de la soldadura del cobre y sus principales aleaciones entre los cuales se encuentran: influencia de los elementos aleantes, problemas de soldabilidad y principios de la selección de los materiales de aporte
2. Se establecen los pasos tecnológicos necesarios para la soldadura del cobre puro, latones y bronce para los métodos de soldadura manual por arco eléctrico y manual con llama oxiacetilénica, que son: preparación de la pieza, limpieza superficial, colocación relativa de las piezas, proceso de soldadura, selección del material de aporte, ejecución de los cordones de soldadura, tratamiento térmico posterior y el control de la calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Welding Society. (1966). Metals and their weldability. (5 ed). Estados Unidos de America: American Welding Society.
- Lositskiy, N.T. (1968). Soldadura arco eléctrico en chapas finas cobre en atmósfera protectora. Svarochny Proizvodstvo, (10), 19-21
- Rodríguez, H., Olivero, O. y Rolando, A. (1990). Soldadura de la Estatua del Titán de Bronce Antonio Maceo y Grajales. Cuba
- Rodríguez, O.R. (1990). Metalurgia de la soldadura. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.

Vallini, A, (1970). La soldadura del cobre y sus aleaciones. Revista CENIM. 6 (1), 86-93