

# Cobre y sus Aleaciones

## INDICE

---

28.1. Propiedades del cobre .....	542
28.2. Aleaciones de cobre .....	542
28.3. Factores influyentes en la soldabilidad del cobre y sus aleaciones .....	543
28.4. Metales de aportación .....	544
28.5. Soldeo por fusión del cobre y sus aleaciones .....	545
28.5.1. Soldeo del cobre .....	546
28.5.2. Soldeo de los latones .....	546
28.5.3. Soldeo de los broncees .....	547
28.6. Soldeo fuerte y blando del cobre y sus aleaciones .....	547

### **28.1. Propiedades del Cobre**

El cobre es un material metálico de color rosa salmón que en presencia de aire se oscurece dando una tonalidad rojiza. Funde a unos 1083°C.

De entre sus propiedades físicas cabe destacar su excelente conductividad eléctrica y térmica (sólo superado por la plata) y su elevado coeficiente de dilatación.

De sus propiedades mecánicas destaca su excelente ductilidad (Alargamiento = 40-45% en estado recocido) y una resistencia mecánica de 20-22 Kg/mm<sup>2</sup> (en estado recocido)

Por deformación se eleva su resistencia a 35-40 Kg/mm<sup>2</sup>, disminuyendo el alargamiento a un 6-8% y la conductividad eléctrica. Esta resistencia mecánica adquirida puede mantenerse hasta unos 100°C, temperatura a partir de la cual empieza a producirse un ablandamiento. A bajas temperaturas las características mecánicas mejoran, incluido el alargamiento.

### **28.2. Aleaciones de Cobre**

El cobre puro se utiliza en aplicaciones eléctricas en las que se requieren grandes conductividades, también se emplea en la industria de la construcción que aprovecha su resistencia a la corrosión para conducciones y techumbres, en diversos tipos de maquinaria y en transporte.

Sin embargo, también se utilizan las aleaciones de cobre ya que con la adición de determinados elementos se consiguen mejorar algunas de sus propiedades ampliando el número de aplicaciones. La adición de elementos de aleación suele aumentar las propiedades mecánicas y disminuir la conductividad eléctrica.

Las aleaciones de cobre más importantes son:

- Latones: aleaciones cobre-cinc
- Bronces: aleaciones cobre-estaño
- Otras aleaciones de cobre:
  - Cuproaluminios: aleaciones de cobre y aluminio, también denominados bronce de aluminio.
  - Cuprosilicios: aleaciones de cobre y silicio.

- Cuproníqueles: aleaciones de cobre y níquel.
- Cuproberilio: aleaciones de cobre con pequeñas adiciones de berilio, son las aleaciones de cobre con mayor resistencia mecánica.

Las aleaciones de cobre son muy utilizadas en la industria naval. Algunas de ellas, como los bronces, se utilizan en cojinetes, rodamientos y piezas antifricción, otras aplicaciones son tubería, cables y barras, piezas moldeadas y forjadas.

### **28.3. Factores Influyentes en la Soldabilidad del Cobre y sus Aleaciones**

En la soldabilidad del cobre influyen fundamentalmente sus propiedades físicas (conductividad térmica y eléctrica y coeficiente de dilatación) y la presencia del oxígeno en el cobre. Se destaca lo siguiente:

#### ***Elevada conductividad térmica***

El cobre tiene una gran conductividad térmica, unas siete veces la del acero a temperatura ambiente.

Esta gran conductividad incrementa las pérdidas de energía, por lo que debe aportarse mucho calor para poder fundir los bordes de las piezas a unir y, al mismo tiempo, provoca zonas afectadas térmicamente de mayor extensión. Como comparación puede decirse que se necesita, aproximadamente, una cantidad de calor para fundir el cobre cinco veces superior a la necesaria para el acero. Esto obliga normalmente a precalentar antes de soldar. En general las aleaciones de cobre tienen el mismo problema, aunque la conductividad es menor por lo que a veces no es necesario precalentar.

#### ***Elevado coeficiente de dilatación***

El cobre tiene un coeficiente de dilatación muy alto, que influye en el calentamiento, en el enfriamiento y en la aparición de tensiones. Esta propiedad, unida a la importancia de la cantidad de calor que precisa para su soldeo, puede provocar la aparición de deformaciones importantes. Será necesario no embriar en exceso la pieza, seleccionar la preparación adecuada, utilizar secuencias de soldeo que disminuyan las tensiones y deformaciones y reducir el aporte térmico.

### *Selección del diseño de la unión*

Como se ha dicho debe permitir minimizar tensiones y prevenir la aparición de grietas causadas por el elevado coeficiente de dilatación del cobre. Igualmente, la elevada fluidez del cobre hace que se utilicen placas de respaldo para evitar pérdidas de metal fundido y descolgaduras, problema que se presenta en mayor número de ocasiones que con los aceros.

### *Posición de soldeo*

Debe soldarse siempre que sea posible en posición horizontal por su elevada fluidez. La posición en cornisa debe utilizarse, fundamentalmente, sin metal de aportación. Las posiciones vertical y bajo techo son raramente utilizadas y en las aleaciones de cobre de menor fluidez, como los cuproaluminio, cuproníqueles y cuprosilicios, se utilizan con el menor aporte térmico posible.

### *Condición superficial*

Las superficies deben estar perfectamente limpias de grasa y óxido. Debe prestarse especial atención a aleaciones, como los cobre-aluminio y cobre-silicio, que forman una capa superficial de óxido que dificulta su soldeo.

### *Vaporización de elementos*

Algunos de los elementos de aleación vaporizan a muy baja temperatura, entre ellos están el cinc (de los latones), el cadmio y el fósforo. Estas pérdidas pueden motivar la formación de poros además de humos que pueden ser tóxicos, se deberán realizar cordones rápidos y emplear materiales de aportación con pequeñas cantidades de estos elementos.

## **28.4. Metales de Aportación**

Como metales de aportación se utilizan aleaciones de cobre. En la tabla 28.1 se indican las más utilizadas para los diferentes metales base.

La designación AWS de las varillas, alambres y electrodos revestidos consiste en el símbolo E de electrodo y/o R de varilla y los símbolos químicos de los elementos que forman parte de la aleación, por eso en todos aparece Cu, que es el símbolo químico del cobre.

Clasificación AWS		Metal de aportación		Metales base
Electrodo revestido <sup>1</sup>	Varillas y alambres <sup>2</sup>	Nombre común	Tipo	
ECu	ERCu	Cobre	Cobre	Cobres
ECuSi	ERCuSi-A	Cupro-silicio	Cobre-silicio	Latones, cuprosilicios
ECuSn-A ECuSn-C	ERCuSn-A	Bronce fosforoso	Bronce	Latones, bronce fosforoso
ECuNi	ERCuAl-A2	Cupro-aluminio	Cobre-aluminio	Cupo-aluminio, latones, cupro-silicio
ECuAlB	ERCuAl-A3	Cupro-aluminio	Cobre-aluminio	Cupro-aluminio
ECuNiAl	ERCuNiAl		Cobre-níquel-aluminio	Aleaciones níquel-aluminio-cobre
ECuMn-NiAl	ERCuMnNiAl		Cobre-manganeso-níquel	Cuproníqueles con aluminio y manganeso
	RBCuZn-A	Latón naval	Latón	Latón, cobre
	RCuZn-B RCuZn-C	Latón con baja formación de gases de cinc	Latón	Latón, Cu-Mn

(1) Especificación AWS A5.6 para electrodos revestidos de cobre y aleaciones de cobre.

(2) Especificaciones AWS A5.7 Varillas y alambres de cobre y sus aleaciones.

TABLA 28.1: METALES DE APORTE PARA SOLDEO POR FUSIÓN DE ALEACIONES DE COBRE

## 28.5. Soldeo por Fusión del Cobre y sus Aleaciones

Los procesos de soldeo por fusión más utilizados son el TIG, MIG, electrodos revestidos y oxigás. El soldeo por resistencia no es muy utilizado dada la elevada conductividad del cobre.

### 28.5.1. Soldeo del cobre

El mayor problema que se puede tener en el soldeo por fusión del cobre es la absorción del oxígeno del aire o la presencia de éste en la soldadura. Por esta razón, los cobres no desoxidados no se pueden soldar por procesos de fusión, ya que se fragiliza el cordón de soldadura con aparición de grietas, se tendrán que soldar mediante procesos de soldeo en estado sólido, como fricción, o por un proceso apropiado de soldeo fuerte.

En el soldeo por fusión de los cobres desoxidados se debe evitar realizar cordones con oscilación, porque durante el balanceo se absorbe gran cantidad de oxígeno. Los cordones serán rectos o con muy ligeras oscilaciones.

Los procesos de soldeo más utilizados son el TIG, utilizando argón o argón + helio como protección, el MIG, también con argón o argón + helio, el electrodo revestido y el arco-plasma. El soldeo oxigás se puede utilizar, pero no se recomienda porque se deforman más las piezas y suele ser necesario realizar un martillado de cada cordón de soldadura para reducir la deformación.

### 28.5.2. Soldeo de los latones

El mayor problema que se presenta es la vaporización del cinc. El cinc es un metal que funde y vaporiza a muy bajas temperaturas y el calor del arco de soldeo, o de la fuente de calor utilizada para soldar, no sólo fundirá el cinc, sino que lo vaporiza saliendo del baño de fusión en forma de vapores que producen fiebre metálica aunque se eliminarían sin producir otros efectos (ver capítulo 7).

Además, la vaporización del cinc favorece la formación de poros en las soldaduras.

Para reducir los efectos perjudiciales durante el soldeo se recomienda:

- Utilizar metales de aportación que no contengan cinc, ver tabla 28.1. En el soldeo oxigás se utilizan metales de aportación de latón, pero con contenido en cinc inferiores a los del metal base.
- Dirigir el calor del arco preferentemente hacia la varilla en lugar de hacia el metal base para reducir la cantidad de cinc vaporizado, ya que como se ha dicho el contenido de cinc del metal de aportación es inferior al del metal base.

Para reducir las pérdidas de calor por la gran conductividad térmica del material se **precalentará** la pieza de 95°C a 320°C, los latones de alto contenido en cinc no es preciso precalentarlos.

Los procesos de soldeo utilizados serán TIG y MIG utilizando argón o argón + helio como protección, o electrodos revestidos. El soldeo oxigás es bastante utilizado en el soldeo de tubería regulando la llama de forma que sea oxidante.

### **28.5.3. Soldeo de los bronce**

Los bronce, aleaciones cobre estaño, también se denominan bronce fosforoso porque tienen un contenido muy pequeño de fósforo que actúa como desoxidante.

El problema más importante durante el soldeo de estas aleaciones es la facilidad de formación de grietas, para disminuir esta tendencia y otros problemas que puedan encontrarse, se recomienda:

- Realizar un martillado de cada cordón de soldadura cuando todavía está caliente, de esta forma se reducen las tensiones internas y las deformaciones.
- El soldeo debe realizarse a la mayor velocidad que permita una buena fusión y con cordones rectos.
- El baño de fusión debe ser pequeño, por lo que se utilizarán bajas intensidades de soldeo.
- Como el baño de fusión es muy poco fluido es necesario en muchos casos precalentar a unos 200°C. Cuando se suelda con MIG con transferencia en spray no es necesario precalentar.
- Si posteriormente al soldeo se realiza un tratamiento térmico a unos 480°C con enfriamiento rápido se mejora la ductilidad.

El soldeo se realizará por los procesos TIG, MIG o electrodo revestido, no recomendándose el soldeo oxigás.

## **28.6. Soldeo Fuerte y Blando del Cobre y sus Aleaciones**

### *Soldo fuerte*

La mayoría de los cobres y sus aleaciones comerciales pueden ser soldados satisfactoriamente mediante alguno de los procesos convencionales de soldo fuerte.

El soldo fuerte del cobre y sus aleaciones presenta la gran ventaja, frente a los

procesos de soldeo por fusión, de reducir deformaciones y evitar los inconvenientes de los cobres que contienen oxígeno. Esta ventaja, que es tanto más acusada cuanto menor sea la temperatura de trabajo, igualmente conlleva menor peligro de volatilización de elementos y menores deformaciones.

A continuación se expondrán algunas precauciones específicas que deben tenerse en cuenta en algunas aleaciones:

### *Soldeo fuerte de cobres*

En cobres no desoxidados debe vigilarse la presencia de hidrógeno en la atmósfera, puesto que el hidrógeno y el oxígeno forman vapor de agua que es causa de fragilidad, se recomienda el soldeo de estos cobres en horno con atmósfera inerte o con soplete utilizando llama neutra o ligeramente oxidante.

### *Soldeo fuerte de los latones*

Los latones de elevado contenido en cinc (20-40%) deben ser soldados con un metal de aportación que tenga el más bajo punto de fusión posible, para evitar la pérdida del cinc por volatilización.

### *Metales de aportación para el soldeo fuerte*

Se utilizan las aleaciones de plata (BAG), aleaciones de oro (BAu), los cobres fosforosos (BCuP) y aleaciones cobre-cinc (RBCuZn). Los metales de aporte BAG se utilizan con todas las aleaciones de cobre, los BAu para aplicaciones electrónicas, los BCuP se utilizan con todas las aleaciones de cobre incluyendo algunas aleaciones cobre-níquel, los BCuP no se recomiendan para el soldeo fuerte de aleaciones Cu-Be. Los RBCuZn se utilizan para el soldeo de aleaciones cobre-níquel, cobre-silicio y cobre-estaño.

Las designaciones anteriores son las de la especificación AWS A5.8 "Metales de aporte para soldeo fuerte y cobresoldeo".

### *Fundentes para el soldeo fuerte*

Se utilizan fundentes 3A y 3B (según AWS A5.31) cuando se utilizan como metales de aporte BAG y BCuP para cualquier metal base, excepto aleaciones de aluminio para los que se necesitan fundentes más reactivos como el tipo 4. Cuando se utiliza ERCuZn como metal de aporte se puede utilizar el fundente tipo 5, con los que se puede trabajar a mayores temperaturas.

Es necesario realizar una buena limpieza de la unión, siendo necesario muchas veces el decapado químico (ácido sulfúrico para cobres y latones).



***Soldeo blando***

Los cobres comerciales y sus aleaciones pueden ser perfectamente unidos por soldeo blando con la mayoría de las varillas de aportación normales de estaño-plomo, si se ha seguido una técnica correcta en cuanto a limpieza y preparación superficial, decapante adecuado y calentamiento correcto. Los decapantes suelen ser de cloruro de cinc, ácido láctico (25%) y resinas vegetales en solución alcohólica.