

1. El cobre y sus aleaciones

Varias son las razones por las que la metalurgia artística otorga al cobre un papel principal: es un metal abundante en la naturaleza, posee unas atractivas características de dureza, maleabilidad y resistencia a los agentes atmosféricos y es versátil, pues permite mediante aleaciones (bronce y latón) mejorar o adaptar sus características a las distintas necesidades. Ya en 1639, Álvaro Alonso Barba, en su curiosísimo tratado sobre el arte de los metales, nos habla acerca de las propiedades y usos de este material (Alonso Barba, 2003: 54-55.):

“Excede en la composición del Cobre la parte sulfúrea, casi fija, de cuyo color destemplado se

origina su color encendido; respira sobre todos los metales olor de Azufre, quando se derrite, y por su demasiada combustion está menos sujeto a los daños que el ayre, agua, ò tierra pudieran ocasionar en orden á su corrupcion, (...). Es en las máquinas de duracion perpetua, por no tornarse de orin, como el Acero, ò Hierro, y asi en la antigüedad fue tenido en muy gran aprecio, y de èl se hacia la clavazon para los Navios, las Armas, y otros instrumentos, uso que tambien tuvieron los naturales de este Reyno.”

Las experiencias de los hombres del pasado, ya otorgaban al cobre una mayor importancia respecto a otros metales. Como muestra el texto, se conocía sus propiedades frente a los agentes de deterioro, que producen su corrupción o su alta resistencia al rozamiento (material de la supuesta máquina de duración perpetua). De esta forma, la observación de

las cualidades de los materiales metálicos y el concepto de ensayo-error, determina el uso y la modificación de los distintos materiales.

Etimológicamente, el vocablo *cobre* proviene del latín. Tanto del sobrenombre *cyprium* o *cuprum* que los romanos daban a dicho metal al relacionarlo con las ricas minas de la isla de Chipre, como lo muestra gran parte de las voces utilizadas por las lenguas occidentales modernas para designarlo (español: *cobre*; francés: *cuivre*; alemán: *Kupfer*; inglés: *copper*).

El cobre es uno de los elementos más usados en aleaciones pesadas. Las mezclas más usadas son el bronce y los latones, no obstante, existen más aleaciones.

La **alpaca** está compuesta por cinc, cobre y níquel. Tiene un color y brillo parecido a la plata. Cuando el níquel está presente en una cantidad elevada, la aleación tiene una buena dureza, elasticidad y dispone de un alto grado de resistencia a la alteración.

Los **latones** son aleaciones de cobre y cinc.

Los **bronces** tienen como base el cobre y proporciones variables de otros elementos como estaño, cinc, aluminio...

El **espéculo** es una aleación de cobre con un 30% de estaño. Posee un brillo estable al aire, muy similar al de la plata.

El **constantán** es una aleación formada por un 55% de cobre y un 45% de níquel, es muy utilizado para la fabricación de monedas.

El cobre tiene un punto de fusión de 1.083 °C, de ebullición de 2595 °C, una densidad de 8,9 g/cm³ y un bajo grado de fluidez en su estado de licuefacción (Guliáiev, 1994: 259). Estas condiciones no lo hacen indicado para ser colado en moldes, pero añadiéndole ciertos metales blancos de baja temperatura de fusión, como estaño, cinc y/o plomo, las combinaciones resultantes poseen un punto de fusión tanto más bajo cuanto mayor es el porcentaje de estos metales. Añadiendo al cobre un 10% de estaño, por ejemplo, el punto de fusión desciende a 1.000° C, con el 20%, desciende a 900° C y así sucesivamente. Por otro lado, debido a su maleabilidad, el cobre es especialmente adecuado para ser trabajado en láminas.

El estaño es el más importante de los metales blancos que se combinan con el cobre para formar los bronce. La fluidez en estado de fusión es directamente proporcional al porcentaje de este metal en la aleación, volviéndose, paulatinamente, más dura y más frágil en estado sólido, es decir, más sensible a los golpes y menos resistente a la tracción. Además adquiere una sonoridad característica: por este motivo las aleaciones que contienen porcentaje de estaño entre el 20 y el 30% se ha utilizado desde la Edad Media hasta nuestros días para fundir campanas. Álvaro Alonso propone unas proporciones para la fabricación del bronce entre el 10 y el 20% de estaño:

“De mezcla de Estaño, y cobre se hace el bronce de campanas, piezas de artillería, y otras

cosas. Echale una libra¹ de Estaño, desde quatro à ocho de Cobre, segun la diversidad de la otra. Tuvieron noticia los Indios de esta mezcla, y les servia para la fortaleza de sus instrumentos, y armas, como nosotros el acero, ò hierro templado, que ellos no alcanzaron.” (Alonso Barba, 2003: 62).

El bronce es la aleación más utilizada en las fundiciones. No se conoce con exactitud el origen del término, probablemente se deriva del germánico *brun*, oscuro, que pasó al latín tardío como *brunum aes* o *brunitius*. El término se origina en un momento en el que se extienden aleaciones de bronce, cuyas características se diferencian tajantemente de las del cobre y de las aleaciones de bronce ricas en cobre,

¹ Una libra equivale a 460 g

para las que utilizaba el vocablo latino *aes* (Maltese, 1995: 43).

Las propiedades de los bronce se modifican dependiendo del porcentaje de estaño, así el color varía del rojo pálido hasta el blanco; la conductividad eléctrica disminuye al reducir la proporción de estaño y las propiedades mecánicas mejoran al aumentar dicho porcentaje (Sánchez-Marín y Lasheras Esteban, 1969: 659.). En la *tabla 1* se puede observar la gama de colores de los bronce según su composición².

Actualmente, se llaman bronce de medalla a los que poseen un 5-8% de estaño. Estos bronce tienen unas buenas cualidades de moldeo y resistencia a la

²Tabla basada en el libro de Sánchez-Marín Pizarro, J. M. y Lasheras Esteban, J. M.

COLOR DEL BRONCE SEGÚN SU COMPOSICIÓN					
% <i>COBRE</i>	% <i>ESTAÑO</i>	<i>COLOR</i>	% <i>COBRE</i>	% <i>ESTAÑO</i>	<i>COLOR</i>
99	1	Rojo pálido	70	30	Blanco
95	5	Rosado	67	33	Blanco grisáceo
92	8	Amarillo rojizo	65	35	Blanco azulado
90	10	Amarillo anaranjado	50	50	Gris claro
86	14	Amarillo	40	60	Blanco mate
84	16	Amarillo rojo	30	70	Blanquecino
80	20	Dorado pálido	20	80	Blanco vivo
75	25	Rojo azulado	10	90	Blanco de estaño
73	27	Gris oscuro			

Tabla 1. Color del bronce según su composición

corrosión. Los bronce de cañones, del 8-12% de estaño, tienen muy buena resistencia a la corrosión y características mecánicas más elevadas (Sánchez-Marín y Lasheras Esteban, 1969: 661).

En otras ocasiones se busca intencionadamente cualidades en la aleación para poder trabajar en frío o para abaratar costes, así se sustituye en mayor o menor medida el estaño por plomo, metal más corriente, pesado, no sonoro y de aspecto opaco.

Las propiedades ópticas de algunos metales se usan para las imitaciones del dorado, por ejemplo, abaratando los gastos que supondría las decoraciones con oro. Cennino Cennini nos regala una receta “de un color semejante al oro, llamado purpurina” a base de estaño:

“(…) Este color de purpurina se prepara de la forma siguiente: toma sal amónica, estaño, azufre y mercurio en la misma proporción, quizás un poco menos de mercurio. Coloca todo ello en un frasco de hierro, de cobre o de cristal. Fúndelo todo al fuego; y ya está preparado. (…)” (Cennini, 2000: 198.)

Existen aleaciones bronceas en las que intervienen el cinc junto al estaño, al plomo o con ambos. Presentan una menor fragilidad un aceptable grado de fluidez en estado de fusión, un agradable color amarillo oro y principalmente una buena resistencia a los agentes atmosféricos. Por ese motivo las aleaciones que contienen cinc conservan durante

mucho tiempo el aspecto metálico y se prestan al dorado.

La palabra latón (francés: *laiton*; italiano: *lottone* después reducido a *ottone*) deriva probablemente de *aes luteum*, no sólo la característica del color sino también por el procedimiento usado para obtenerlo. El latón no fue nunca considerado una aleación sino una variedad del cobre coloreado de amarillo por medio del recalentamiento y la adición de un polvo especial, la calamina (*) (Malsese, 1995: 47). El hecho de que todas las fuentes hablen de una aleación de cobre y latón en lugar de cobre y cinc, se explica teniendo presente que el cinc en estado metálico se desconocía o no se conocía como componente del latón y que el latón se obtenía, siguiendo el método antiguo,

mezclando directamente cobre con calamina (un mineral de cinc pulverizado). Vuelve el Licenciado Álvaro Alonso a ilustrarnos:

“El Alaton se hace de pedazos de Cobre pequeños puestos en crisoles capaces; cubrele con polvo de Jalamina, que es un medio Mineral amarillo (...) Sobre el polvo de Jalamina se echa mucho vidrio molido, para que la cubra, y no dexé respirar; dasele fuego, y con èl muda color el Cobre, y crece á razon de ocho por ciento.”
(Alonso Barba, 2003: 62)

En la práctica se utiliza aleaciones de cobre que contienen hasta el 45% de cinc. Éste eleva la resistencia y la plasticidad de la aleación. La máxima plasticidad se consigue con el 30% de cinc (Guliáiev, 1994: 263).

El peltre (Maltese, 1995: 179) es una aleación compuesta de un porcentaje de estaño que varía entre un 73-90% con antimonio y cobre. El estaño posee un agradable color blanco brillante análogo al de la plata y no se oxida en contacto con el aire, no es atacado por los ácidos débiles ni es perjudicial para la salud (empleado para uso doméstico); no se puede usar en estado puro puesto que es demasiado dúctil, por lo que necesita de la aleación con otro metal para alcanzar la dureza necesaria.

