

LIGAS.

El idioma de las artes se conforma con el de la química en la denominación de los compuestos de que tratamos. La combinación de dos ó de un mayor número de metales es una *liga*, exceptuando aquella en que domina el mercurio, pues comunicándole este en parte su flúidez lleva el nombre de *amalgama*.

El número de las ligas usadas en las artes es muy crecido, y aun se está lejos de haber agotado, en todas proporciones, todo cuanto podría probarse acerca de este objeto.

Un metal no es siempre susceptible de ligarse indiferentemente con cada uno de los otros metales; y hasta los hay que no pueden tener entre sí especie alguna de union manifiesta, á lo menos en las circunstancias en que se opera ordinariamente esta clase de combinaciones. Lo contrario sucede en otros metales que se unen entre sí con la facilidad mas maravillosa en casi todas proporciones, como si estuvieran dotados de una especie de avidez uno con otro.

Las ligas tienen, en general, propiedades que no parecen derivadas de las de sus componentes; lo que indica que esta union no es una simple mezcla.

Las ligas comparadas con los metales que contienen, ofrecen generalmente los caracteres siguientes: 1º la ductilidad es con frecuencia menor que la de los constituyentes, y se tienen muchos ejemplos de metales muy dúctiles que, por su union, forman una liga escesivamente fragil. Por lo relativo á la dureza, el fenómeno es casi siempre al revés: es por lo comun mas considerable, excepto en las amalgamas mercuriales.

Sucede tambien rarissimas veces que la gravedad especifica de una liga sea media entre la de los metales que la componen; pero, cosa estraña, asi como aumenta á veces esta gravedad, disminuye otras veces; es decir, que el volumen de una liga es muchas veces mayor que la suma de los volúmenes, y tambien es á menudo menor.

Hé aquí, tocante á esta última propiedad, la tabla de las correspondencias, insertada en la última edición de la *Química elemental* de Thenard.

Ligas cuya densidad es mayor que la densidad media de los metales que las componen.

Oro y zinc.	Plata y plomo.	Cobre y paladio.
Oro y estaño.	Plata y estaño.	Cobre y bismuto.
Oro y bismuto.	Plata y bismuto.	Plomo y antimonio.
Oro y antimonio.	Plata y antimonio.	Platino y molibdeno.
Oro y cobalto.	Cobre y zinc.	Paladio y bismuto.
Plata y zinc.	Cobre y estaño.	

Ligas cuya densidad es menor que la densidad media de los metales que las componen.

Oro y plata.	Plata y cobre.	Estaño y paladio.
Oro y hierro.	Cobre y plomo.	Estaño y antimonio.
Oro y plomo.	Hierro y bismuto.	Niquel y arsenico.
Oro y cobre.	Hierro y antimonio.	Zinc y antimonio.
Oro e iridio.	Hierro y plomo.	
Oro y niquel.	Estaño y plomo.	

El grado de fusibilidad de una liga es tambien muy dificil de determinar á priori, porque este grado se separa igualmente, en la mayor parte de los casos, de la regla del medio proporcional entre las fusibilidades de los constituyentes. Sin embargo, en general, puede decirse con anticipacion que la liga es mas fusible que ninguno de sus constituyentes. Tenemos un ejemplo muy señalado de la fusibilidad que adquieren los metales por su union en la composicion conocida con el nombre de *metal fusible* de Darcet.

Esta liga se compone de ocho partes de bismuto, cinco de plomo y tres de estaño. Se funde á la temperatura del baño-maría, y aun puede aumentarse su fusibilidad, sin cambiar sensiblemente su testura, por medio de una adición muy ligera de mercurio. En este estado sirve para la inyección de las piezas anatómicas, y para tapar los agujeros de los dientes cariados.

Los colores de las ligas parece que no dependen por ningún estilo de los colores propios de los metales que se unen; así es que el color del cobre, en vez de debilitarse por la adición de una cierta cantidad de zinc, que es un metal infinitamente mas bajo de color, se observa, al contrario, realzado singularmente. Y por otra parte, hasta una cortísima cantidad de plata para extinguir el color vivo de oro.

Solo trataremos aquí de las ligas usadas en las artes.

La facultad de combinar así los metales unos con otros equivale á poseer sustancias metálicas en número mucho mayor de las que tenemos á nuestra disposición. Así es que tal liga equivale á un metal que, teniendo enteramente la propiedad de permanecer sólido á la temperatura ordinaria, es sin embargo de una fusibilidad mucho mayor que la de otro alguno. Una segunda liga reemplaza á un metal seco, quebradizo, muy sonoro, y ápto para ser empleado en la confección de campanas y campanillas de reloj, etc. Otra será susceptible de tomar el mas bello bruñido, lo que la hará excelente para la fabricación de los espejos metálicos, telescopios, etc. Las aplicaciones de la parte de la química que se ocupa de la liga de los metales para formar compuestos mistos, son muy numerosas é importantes;

y sin embargo aun están muy distantes de lo que por ellas podría lograrse. Es un campo vasto que aun se ha de explotar, y que ha quedado erial desde los trabajos de Gellert y de Black. Esta negligencia nos admira tanto mas, cuanto que generalmente los ensayos de este género no necesitan aparato costoso, ni trabajos delicados, ni mucha fatiga.

Se sabe por lo comun bastante bien que tal metal es susceptible de ligarse con tal otro, pero no se ha experimentado en que proporciones respectivas de los constituyentes podría ser esta union mas ventajosa. Las ligas, por otra parte, pueden hacerse en números ternarios, cuaternarios, etc. Se han hecho pocos ensayos, y casi no se conoce el efecto de las ligas de tantos metales nuevamente descubiertos. Muchas de estas combinaciones darian campo á resultados los mas extraordinarios y notables: se ha procurado imitar el *Wootz*, ó acero indiano, y los ensayos hechos á este fin han producido ya resultados singulares.

La práctica ilustrada de las ligas se funda en algunos datos generales que es indispensable conocer para llegar á prepararlas bien.

Se observa desde luego que el método se apoya en la operación de la fusión de los metales que se quieren unir. Puesto que á la temperatura necesaria para esta fusión son muy susceptibles generalmente de oxidarse, es esencial resguardarlos, en cuanto sea posible de la acción del aire. Se presentan diferentes medios para alcanzar este objeto, que todos tienen relación con el grado de oxidabilidad y fusibilidad de los metales en particular. Así es que para el estaño y el plomo, por ejemplo, basta echar en el crisol, cuando los metales comienzan á fundirse, un poco

de resina, aceite ó sebo. A este efecto se revuelve con una varita de hierro. Si se oxidan algunas porciones metálicas, se ponen inmediatamente en movimiento por el hidrógeno y el carbon que resultan de la descomposicion de los cuerpos grasos.

Cuando se trata de ligar el hierro con el estaño, como el primero exige una temperatura mucho mas elevada que el segundo para entrar en fusion, aun con la presencia del estaño fundido, es evidente que los cuerpos grasos cuyo uso acabamos de indicar se quemarian antes de poderse verificar la liga; y esta es la causa porque en tal caso es preciso recurrir á un flujo que forme una especie de baño, con el fin de rodear por todas partes el metal para preservarle del contacto del aire. Cuando se juzga que está bien operada la fusion, se revuelve para poner las partes bien homogéneas.

Un obstáculo considerable á la union de dos metales por la fusion, es el que procede de una notable diferencia en sus pesos específicos. Es difícil, en este caso, obtener una liga muy idéntica en todas sus partes, pues cada uno de los dos metales tira continuamente á separarse segun el orden de su densidad. No hay otro medio para obviar este inconveniente que el braceaje mas frecuente y completo, en particular en el momento de la fusion. Pero cuando se opera sobre grandes masas puede retardarse el enfriamiento del interior bastante tiempo, para que haya nueva separacion de los constituyentes en el baño fluido y este es uno de los grandes daños que puede haber en la fundicion de las campanas y cañones. Cuando se sospecha que tiene lugar esta division, lo mejor es hacer pedazos la pieza y someterla de nuevo á la fusion; con esta precaucion raras veces quedan mal mezcladas las materias.

Tambien es muy difícil algunas veces ligar tres ó mas metales, lo que puede provenir de muchas causas, ó de que el uno es menos fusible ó mas oxidable que los otros, ó tambien de que la afinidad, que debe determinar la union de todos, no es bastante enérgica. Cuando es esta última causa la que influye, puede combatirse no tomando cada metal aislado, sino combinándolos de dos en dos, para hacer luego una sola liga. Así por ejemplo, es bastante difícil ligar directamente una corta porcion de hierro con bronce; pero si en lugar de hierro se añade hoja de lata, es decir una primera liga de hierro y estaño, entonces la combinacion se efectua luego, y el bronce por esta adiccion adquiere calidad bajo cierto aspecto. Otro ejemplo: para hacer el laton (cobre y zinc) mas apto para ciertos usos, es necesario añadirle una corta cantidad de plomo, sin combinar directamente los otros dos metales porque produciria muy mal resultado. M. Chaudet asegura haber observado este efecto, y aconseja con preferencia fundir primero el plomo con el zinc, pues estos dos metales se combinan fácilmente; y luego añadir el cobre á esta primera liga para obtener el resultado que se busca.

En cuanto á la diferencia de fusibilidad, de la que hemos hablado como de un obstáculo á la union de los metales, no estan poderosa que alguna vez no sea fácil sacar de ella una gran ventaja para la descomposicion de ciertas ligas; lo que tiene lugar en la operacion de la licuacion para separar la plata unida al cobre. Para conseguirlo, se añade una cierta cantidad de plomo; y el resultado es una liga compuesta de elementos muy diferentes respecto de la fusibilidad. Espuesta esta misma liga á un calor tan solo suficiente para fundir el plomo, se licua este y arras-

tra casi toda la plata ; y la diferencia de oxidabilidad ofrece desde luego el medio de separar el plomo de la plata.

He aquí las principales ligas usadas en las artes :

Una de las que están mas en uso es la del zinc con el cobre, y es mas ductil y menos oxidable que el cobre por sí solo ; en comparacion con el zinc, son aun mas manifiestas estas propiedades, y son de grandísima ventaja para muchas artes : no hay otra liga que esté tan en uso como esta. Puede hacerse en proporciones muy variadas, dentro de los límites de lo que se llama cobre amarillo, laton, tumbaga, similor, metal del príncipe Roberto, oro de Manheim, etc. Todas estas denominaciones son relativas á las diferentes cualidades que adquiere la liga, segun las proporciones respectivas de sus dos constituyentes ; pero todas se confunden bajo el nombre genérico de laton.

Estaño y cobre.

La union del cobre y del estaño constituye la liga, bien conocida bajo el nombre de bronce, liga muy preciosa que se fabrica en grande para campanas y piezas de artillería.

Como hablaremos del bronce en otros artículos de esta obra, es inutil hablar mas de ellos en este lugar.

La necesidad que se ofrece á menudo de reunir sólidamente muchas piezas metálicas, ha dado origen al método de la soldadura, que consiste en juntar y pegar sus superficies en uno ó muchos puntos por medio de una liga que se interpone, y una de cuyas condiciones esenciales es ser mas fusible que el me-

tal que compone la pieza que se quiere soldar, ó que los dos que se quieren juntar. Otra condicion no menos necesaria de la soldadura es que sea formada de metales aptos para combinarse fácilmente con el que ó los que se junta esta soldadura para servir de lazo : de lo cual resulta claramente que cada metal exige, por decirlo así, una soldadura particular. Es tambien necesaria una liga de oro y plata ó de oro y cobre, para soldar el oro de joya ó de vajilla. La soldadura de la plata es una liga de esta con cobre ; la del cobre es, ó estaño puro para las piezas que no han de estar al fuego, ó una liga á la que se da el nombre de soldadura fuerte, y se compone de estaño y cobre. En cuanto á la soldadura del estaño y del plomo, es una liga de estos dos metales, etc. Segun el grado de fusibilidad mas ó menos considerable que se necesita, queda al arbitrio de cada uno hacer variar, dentro de límites bastante estensos, las proporciones respectivas de los componentes de estas ligas : así es que para piezas muy delicadas se emplea la liga mas fusible. La que se llama *soldadura de los plomeros*, se compone de una parte de estaño y dos de plomo.

La capa metálica de otra especie con que se cubren ciertos metales para preservarlos de la accion del aire y de otros diversos agentes que los pueden alterar, y hacerlos aptos á la construccion de una grande variedad de instrumentos y herramientas, es real y verdaderamente una liga que se produce, muy superficial en verdad, y que solamente tiene lugar en el punto de contacto de las dos superficies. Fuera de este punto, los dos metales están del todo libres y separados uno de otro : la estañadura, el dorado y el plateado se hallan en este caso. Hablaremos por separado de estos tres métodos. La hoja de

lata es tambien una liga cuyo procedimiento indicaremos.

La liga del estaño con el hierro es bastante difícil. Para obtener buen resultado, debe comenzarse por poner en el crisol el hierro en muy pequeños pedazos, cubriéndolo en seguida con vidrio molido. Se coloca este crisol en un hornillo de viento, y se calienta hasta el rojo-blanco; luego se echa el estaño fino, que se funde en el momento que cae. Se resuelve inmediatamente la mezcla, y se cubre otra vez con vidrio molido, y despues se cierra el crisol. Cuando todo está bien rojo, se menea todavia y se da el último calor; y por fin se echa despues en una rielera. Por la razon que hemos indicado mas arriba, hablando del hierro unido al bronce, es probable que se sacaria mejor resultado en esta operacion substituyendo á las virutas de hierro recortaduras de hoja de lata.

La liga del estaño y del hierro llega al calor rojo antes de entrar en fusion; y no obstante si se pasa de una parte á otra por la superficie de una plancha de cobre ligeramente caliente, pero impregnada de sal amoniaco, la liga se funde muy luego. Entonces se puede estender sobre la plancha de cobre con una estopa, con la misma facilidad que si fuera estaño puro. Este método es el que propuso hace algunos años M. Biberel, maestro calderero de París. Las proporciones que indicó eran de ocho partes de estaño y una de hierro. Esta estañadura ofrece muchas ventajas, y es mas durable que la que se hace con estaño puro: sin embargo parece que su uso no se ha estendido, lo que quizá proviene de la dificultad que hay en operar la combinacion con estas proporciones.

El plomo en su estado de estrema blandura es ab-

solutamente impropio para un crecido número de usos y es preciso comunicarle una cierta dureza, ligándolo con antimonio en mas ó menos proporcion, segun se necesite. En la dosis de un sexto de antimonio, ó por último límite, de un duodécimo, la liga es mas dura, pero mas fusible que el plomo; sin embargo conserva aun su maleabilidad. Estos dos metales combinados en la proporcion de uno de antimonio con cuatro de plomo, dan una liga que se emplea para los caracteres de imprenta. Estas proporciones están no obstante lejos de ser totalmente fijas, y cada fabricante las hace variar y se premia de poseer la receta buena, de la que se acostumbra hacer un secreto. Cuando se trata de que sea barata la operacion, se aumenta la dosis del plomo; pero entonces falta apoyo al hueco de la letra, y despues de algun tiempo de servicio cede al esfuerzo de la prensa y se vuelve remachada, como dicen los impresores; en tanto que, por el contrario, una muy pequeña cantidad de cobre añadida á la dosis de plomo y antimonio que hemos indicado, produce unos caracteres de buena calidad, y de mucha duracion.

La liga usada en París para llaves de fuente es bastante análoga á la que acabamos de mencionar; excepto que las proporciones de plomo son mas considerables en aquella. Para estas llaves, cuando el régulo de antimonio es caro, reemplazan los artífices una parte mas ó menos considerable por zinc. Este último metal comunica siempre al plomo un cierto brillo, dureza y un principio de sonoridad.

En una dosis en exceso debil comunica el arsenico fragilidad á la mayor parte de los metales, aumentando asimismo su fusibilidad. En una temperatura mas ó menos elevada, se descompone fácil-

mente esta clase de ligas, en particular con el contacto del aire. Esta propiedad del arsénico ha servido de una grande ayuda para el laboreo de la platina. Se fundian juntos los dos metales, despues se estraiia el arsénico por una calcinacion gradual, y al paso que por efecto de esta volatilizacion del arsénico, la platina se ponía muy porosa, se unian sus partes sometiéndolas á una fuerte presion. Pero al presente que han disminuido mucho de precio los ácidos minerales, se prefiere con razon tratar la platina por la via húmeda; primero porque de este último modo puede obtenerse mas pura y maleable, y por otra parte porque, como con el método del arsénico, el operario no queda espuesto á todos los daños de un envenenamiento por fumigacion, el que á la verdad es muy lento alguna vez, pero no falta sin embargo á ser pronto ó tarde funesto al trabajador, cualquiera que sea la precaucion que tome para resguardarse de las emanaciones arsenicales.

El cobre blanco, usado para fabricar ciertos instrumentos, se forma de seis partes poco mas ó menos de cobre con una de arsénico, y se obtiene por la fusion directa del cobre con el arsénico, tratando el primero por el arseniato de potasa, y cuidando por otra parte, durante la operacion, de resguardarse de los vapores.

Fabricacion del laton ó cobre amarillo.

Esta liga de cobre es de muchísima utilidad.

El laton se compone promediamente de 0,64 de cobre, 0,55 de zinc, y 0,05 de plomo y de estaño, que se hallan en él accidentalmente. Se emplea en las artes para un gran número de usos.

Las materias primeras empleadas para la fabricacion del laton son:

1º Los minerales de zinc, los mismos de que se saca ordinariamente el zinc metálico; estos son los óxidos y carbonatos de zinc conocidos bajo el nombre de *calamina*. El sulfuro de zinc que se encuentra alguna vez en bastante abundancia en las otras minas metálicas, podria emplearse con ventaja en la fabricacion del laton, lo que han demostrado muchos ensayos bien probados;

2º El zinc metálico;

5º El cobre metálico. Se emplea por lo regular cobre roseta de Drontheim (Noruega); se ha mirado como el mejor que puede emplearse en la fabricacion del laton;

4º Los productos zincíferos, tales como las cadmias de ciertos hornos altos de la Bélgica, producto conocido en este pais con el nombre de *keiss*, y cuya riqueza en zinc lo hace de un uso muy ventajoso en la fabricacion del laton;

5º La moalla roja y amarilla. Se designan, por este nombre, los restos de utensilios de cobre ó de laton.

Los hornillos ú hornos que se emplean en la fabricacion del laton son circulares; su bóveda tiene la figura de una cúpula como las de las cercanías de Jemapes, ó la de un cono truncado como cerca de Givet en los Países-Bajos, ó en Bristol (Inglaterra). Estos hornillos deben construirse con ladrillos refractarios unidos muchos, y dispuestos casi siempre sobre una misma línea, á lo largo de la cual hay una vasta chimenea por donde salen los humos y vapores que se desprenden de los hornillos.

Potes ó crisoles.

Cada hornillo contiene ocho potes ó crisoles. Estos, que son ligeramente cónicos, tienen 0^m,21 de diámetro en su parte superior, y 0^m,48 de altura. Pueden contener la cantidad de materia necesaria para producir de 50 á 60 kilogramos de latón; deben ser muy refractarios, y sostener medianamente de quince días á un mes de trabajo continuo.

Fabricación del latón por medio de la calamina.

En este procedimiento es preciso hacer dos operaciones, porque no pueden ligarse en el latón sino de 26 á 28 centésimos de zinc por medio de la calamina. La liga, aunque se obtiene por lo común de la primera operación y que se llama *arcot*, no contiene más que 20 por 100 de zinc. En la segunda operación se combina una nueva cantidad de zinc con esta primera liga.

En Jemapes, según dice M. Berthier, para obtener el *arcot*, los fabricantes emplean:

50	kilogramos de cobre de Dronheim.
20	» calamina.
10	» kiess.
16	» carbon de leña.

Esta última sustancia sirve para descomponer la calamina, y debe reducirse á polvo bastante fino.

La calamina debe estar tostada y reducida á polvo muy fino. La tuestan en el local mismo del laboreo y, la venden á los fabricantes de latón en este estado; estos la reducen á polvo con la muela cerniéndola despues.

Con la mezcla antecedente se obtiene 57 kilogramos

y medio de *arcot*, que contienen 80 centésimos de cobre y 20 de zinc.

Para trasformar el *arcot* en latón, se emplean dos mezclas diferentes, si se desea tener una liga seca, apta para tornearse, y que tenga la propiedad de dejarse partir sin rasgarse; de lo contrario se obtiene una liga grasa, es decir, que se rasga y engrasa la herramienta cuando se corta.

El primero de estos latones, que se hace en planchas llamadas *alanas*, ó en vendas largas del espesor de siete líneas, llamadas *vendas de hilo*, se obtiene con la mezcla siguiente:

12	kilogramos de cobre roseta.
9	» moralla amarilla.
20	» <i>arcot</i> .
30	» mezcla de calamina y kiess.
16	» carbon de leña.

Se añaden á mas, cuando la materia está bien fundida, 5 kilogramos de zinc metálico en pedazos. Esta mezcla da, término medio, 51 kil. 57 de latón, compuesto poco mas ó menos de 65, 40 de cobre, y de 54, 60 de zinc, plomo y estaño. Una fundición ó prensa de latón propia para la fabricación de los alfileres se compone de:

15	kilogramos de cobre roseta.
5	« moralla de amarilla.
20	» <i>arcot</i> .
30	» mezcla de calamina y kiess.
16	» carbon de leña.

Se añaden además al baño metálico 4 kilogramos de pedazos de zinc. El producto de latón es casi el mismo que en la operación antecedente.

Se calienta el hornillo de modo que los potes ó crisoles esten rojos, y se cargan de la mezcla indica-