



artesanías de colombia

**CONDICIONES FÍSICOQUÍMICAS DE LOS MATERIALES DE LA CADENA
PRODUCTIVA DE ORO / JOYA EN ANTIOQUIA**

FERNÁN ARIAS URIBE

**PROGRAMA NACIONAL PARA LA CO FORMACIÓN DE CADENAS PRODUCTIVAS PARA
EL SECTOR ARTESANAL
CADENA MINERÍA / JOYERÍA DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA**

Bogotá D.C., Diciembre de 2.004



artesanías de colombia

MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO
ARTESANIAS DE COLOMBIA S.A.

CONDICIONES FÍSICOQUÍMICAS DE LOS MATERIALES DE LA CADENA
PRODUCTIVA DE ORO / JOYA EN ANTIOQUIA

CECILIA DUQUE DUQUE
Gerente General

ORLANDO ERNESTO BENAVIDES
Subgerente Administrativo y Financiero

LYDA DEL CARMEN DIAZ LOPEZ
Directora Unidad de Diseño

FERNAN ARIAS URIBE
Asesor en Diseño



Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
artesanías de colombia.s.a.



Bogotá D.C., Diciembre de 2.004

CONTENIDO

INTRODUCCION

1. ANTECEDENTES
2. ORO Y PLATA
 - 2.1 Propiedades físicas y químicas
 - 2.2 Propiedades físicas de los lingotes
3. METALES QUE INTERVIENEN EN LA ELABORACIÓN DE JOYAS
 - 3.1 Aleaciones
 - 3.2 Los óxidos de los metales
 - 3.3 Coloración
 - 3.4 Resistencia química de los materiales
 - 3.5 Reacción de los metales preciosos y las aleaciones ante los agentes químicos
 - 3.6 Purificación

CONCLUSIONES

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INTRODUCCION

En la cadena productiva de la joyería intervienen todos los aspectos físicos y químicos. Son las condiciones con las cuales se trabaja. Se podría decir que la elaboración de una joya es el manejo de las condiciones físicas, la elaboración mecánica, temperaturas y momentos y de las cualidades químicas, resistencia, el cambio y la manera en que se afectan los diferentes materiales en relación de tiempo y espacio con otros.

Desde la pureza de un material el punto de partida para la transformación de éste y solo conociendo como se afecta ante las distintas sustancias, ya sean en estado gaseoso, líquido o sólido podemos transformarlo.

En éste documento vamos a suponer que hablamos de materiales puros, condición casi imposible en la realidad, pues la naturaleza no trabaja de ésta manera, sin embargo en un taller de joyería se debe procurar mantener los materiales y sustancias en el estado más "controlable" posible.

En esto se ocupa la cadena productiva minería / joyería. En Antioquia, como en casi todas partes, los talleres procuran conseguir los materiales de la más alta pureza, aunque esto implica todo un ciclo en la producción, pues el oro y la plata de mina se obtienen combinados, de hecho la plata también se obtiene en la purificación del oro.

Así, los orfebres y joyeros tienen dos opciones: comprar los materiales en las fundiciones de Medellín, lo cual es difícil pues éstas solo producen para exportar, o purificar el material de mina o "chatarra", joyas viejas o dañadas en sus talleres. Cuando trabajan la plata la compran importada de las minas del Perú o directamente a comerciantes particulares.

Cuando se obtiene el metal puro, éste se trabaja con limpieza y economía para lograr destacar de él sus mejores cualidades.

1. ANTECEDENTES

En Envigado existe una cooperativa, Galena. En Apartadó los joyeros agremiados en Asojura. En Medellín hay un grupo de orfebres muy heterogéneo. La Galería Antioqueña de Orfebrería en El Bague funciona como una empresa privada. El taller de la E.A.T. de Caucaasia se encuentra inutilizado. En Montano se están entrenando en las técnicas básicas de joyería. En Segovia se están capacitando con SENA. La joyería en Santafé de Antioquia ha sido una tradición desde la colonia y la filigrana se usó como forma de trabajar el metal precioso.

En varias oportunidades y en especial en el año 2.002, dentro del Programa Nacional de Joyería, muchos joyeros y aprendices de joyería de Antioquia han participado y se han beneficiado de los cursos, talleres y asesorías que Artesanías de Colombia realiza.

En Medellín, en la Universidad de Antioquia, en el Departamento de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales está el "Grupo de Investigaciones Pirometalúrgicas y de Materiales", el GIPIMME que ha

adelantado investigaciones muy claras y profundas sobre las características de los materiales que interesan en joyería. Se han generado documentos sumamente didácticos que los joyeros pueden consultar.

Se puede decir que en Antioquia existen los dos extremos con respecto al tratamiento del material, como en casi todas las áreas, entre los antioqueños están los joyeros que trabajan el material casi como lo consiguen, sin purificarlo y los investigadores y empresarios que tiene laboratorios e industrias, donde someten al material a los mas exigentes ensayos. Ambas formas coexisten en una sociedad y en una tierra tan ricas que se prestan para todo tipo de desarrollo alrededor del oro.

2. ORO Y PLATA

2.1 Propiedades físicas y químicas

Plata

Simbolo Ag. Peso atómico 107.87 Es un metal blanco brillante, dúctil y maleable. Es posible obtener láminas del espesor de 2,5 micrones (millonésimas de metro) a través de las cuales pasa la luz de color verde azul. Su dureza está entre 2.5 y 3 en la escala de Mohs. Es el más dúctil y maleable después del oro.

De todos los metales, la plata es el que mejor refleja la luz, es el mejor conductor de la electricidad y el calor. Los vapores son azulados y se forman a la temperatura de ebullición. En sus minerales se halla combinado con azufre, cloro, antimonio y algunos otros en menores proporciones

En el aire o el agua puros, la plata es inalterable, tanto en frío como en caliente, condición que sirve a los orfebre para determinar su pureza. Resiste muy bien a la sosa y potasa cáustica. El ácido que disuelve la plata con mas facilidad es el nítrico, dando a lugar nitrato de plata, mientras una parte del ácido se descompone desprendiendo humos rojos irritantes y venenosos. Como el nítrico no disuelve el oro, se aprovecha ésta propiedad para separar ambos metales.

La plata resiste bien el ácido fosfórico, que ataca al vidrio, se afecta con el cloro presente en el agua de los acueductos y el bromo; en mayor proporción por sus ácidos. Resiste el sulfúrico si está frío y diluido en agua. Los cianuros solubles en agua (de sodio y potasio) la disuelven fácilmente en el aire o en el agua. En frío se oxida por el ozono con formación de oxido de plata negro, muy resistente.

La Ag es atacada fácilmente por los productos que contienen azufre con la formación de sulfuro negro. Hoy en día han aumentado mucho las proporciones de azufre en el aire y por eso las piezas recién abrigantadas de plata se vuelven opacas con relativa rapidez.

En estado fundido la plata puede llegar a absorber 20 veces su volumen de oxígeno, que luego expelle bruscamente al enfriarse dando lugar a un fenómeno de tipo eruptivo con posibles proyecciones de partículas de plata. Esta es la causa de muchas de las burbujas y poros de la plata ya enfriada. Este material en caliente se traspasa por el oxígeno del aire, por eso no va bien recubrir recipientes oxidables que se van a calentar con este metal.

Debido a su color característico, absorbe poco los rayos caloríficos, al devolver casi todos los rayos rojos, por esto retarda el calentamiento de los rayos solares. Es fácilmente soldable, buen conductor y de baja resistencia de contacto.

Símbolo Au. Peso atómico 196,967 Aparece especialmente en estado metálico, en rocas duras compactas, superficiales o profundas o en arenas aluviales. Puede encontrarse hasta con un 39% de plata, también puede contener telurio. Existen cuatro métodos de extracción: Levigación, amalgama, cianuración y cloruración. En todos los casos se opera sobre el metal en estado de arenilla.

En la levigación se lava el material con agua que separa preferentemente la arena por su menor peso específico. En la amalgama se disuelve el oro con mercurio y después se destila, el mercurio hierve a 77°C . La cianuración consiste en la dilución del oro con cianuro sódico o potásico en presencia del hidrógeno, precipitando luego con cinc. El último método consiste en una corriente de cloro que separa el oro del material en suspensión acuosa; luego se separa con el método del sulfato ferroso (explicado en el capítulo de purificación).

Ha sido considerado como un metal totalmente inalterable e incorruptible. Lo disuelve el "agua regia", una mezcla de ácido clorhídrico y ácido nítrico, posibilitando la separación del platino.

2.2 Propiedades físicas de los lingotes

Resistencia y elasticidad

La resistencia se entiende la propiedad de oponerse a las fuerzas que tienden a deformar o a romper. La dureza se relaciona muchas veces con la resistencia, pero no siempre. De hecho la dureza es una forma particular de resistencia que se trata aparte debido a su gran importancia. Otros tipos de resistencia son los que se oponen a la compresión, a la tracción, a la flexión, a la torsión o al corte.

La elasticidad es la cualidad de volver al estado inicial después de deformarse temporalmente bajo la acción de las fuerzas. Gracias a la elasticidad, un cuerpo sometido a un empuje modifica la forma o el volumen para volver a recuperar las dimensiones originales después de eliminar la fuerza. Existen varias formas de elasticidad como de resistencia.

Compresión: Un cuerpo sobre una base se comprime de arriba hacia abajo, el cuerpo tiende a curvarse hacia afuera las caras libres a la vez que se alarga. Cuando la fuerza de compresión supera la resistencia el objeto se aplasta. El proceso acostumbra ser contrario a la fuerza de tracción, que tiende a alargarlo.

Tanto mayor es el estiramiento de un material sometido a la tracción más dúctil es éste material. El aluminio, el hierro colado, los ladrillos, las piedras de cal, son considerados materiales frágiles porque carecen de fase plástica: El límite de elasticidad coincide con la carga de rotura.

Maleables y dúctiles son todos aquellos materiales que en su fase plástica pueden ser reducidos fácilmente a láminas o hilos. Un cuerpo dúctil o maleable deformado más allá del límite de elasticidad puede a recobrar la situación de partida pero sin llegar a ella; si el cuerpo ha experimentado un temple,

la elasticidad se amplía un tanto pero la rotura es más fácil en éste límite. Un material se denomina tenaz cuando posee una carga de rotura muy elevada. Entre los metales tenaces están el hierro y el platino.

Es posible conferir muchas propiedades a un material variando por ejemplo la temperatura. Un material muy frágil como el vidrio puede convertirse en láminas o fibras a gran temperatura. Otro sistema para modificar las propiedades consiste en el añadido voluntario o no de impurezas. De las aleaciones de 18 kilates, la menos elástica es la de oro verde.

Dureza: Es una propiedad muy importante en orfebrería, basta pensar en la dureza de las piedras preciosas y en la de los instrumentos de trabajo, abrasivos, etc. Un material puede resistir bien una clase de operaciones, como maniobrar con él, ésta propiedad ya es una dureza, pero no es la única que interviene. Este material ofrece también una resistencia cuando se le pule por ejemplo, y esta es también otra dureza, su resistencia a ser rayado por otros cuerpos. Existen tantas durezas distintas como resistencias. Por ejemplo, las mejores aleaciones de bronce no son las más duras, éstas se desgastan muy rápidamente; los aceros más duros se agrietan con rapidez al contacto con el esmeril. Las tijeras pierden rápidamente el filo si se utilizan para cortar el plástico no rígido. Todo esto nos hace pensar que las medidas de dureza deben valorarse con relación a la utilización específica.

Entre los distintos tipos de dureza a la abolladura, al corte, al gastado, al frotado o al rayado, esta última es la estudiada en la mineralogía y utilizada en las piedras preciosas. Por el contrario, la resistencia a la penetración tiene importancia tecnológica en el caso de las limas, buriles, cinceles.

Hay una simple prueba práctica para juzgar la dureza de un material, consiste en comprimir una esfera de acero endurecido entre dos láminas, una del cuerpo a examinar y la otra de una muestra de comparación. Es evidente que como mínimo uno de los dos cuerpos no debe ser más duro que la esfera. La abolladura más profunda se hará en el metal más blando.

El estudio del efecto de las fuerzas permite observar fenómenos de gran importancia a la hora de valorar los distintos materiales y poderlos utilizar bien. Es evidente que el resultado definitivo será siempre el del uso.

Las aleaciones de oro utilizadas en orfebrería pueden ordenarse según un valor decreciente de dureza así:

- Oro blanco al níquel cinc
- Oro rojo
- Oro rosa
- Oro amarillo
- Oro blanco al paladio
- Oro verde

Cuanto más duro es un material tanto más difícil su elaboración, pero la pieza tiene una mayor duración y conserva mejor su estado. El cobre aumenta la dureza de la plata, del oro y del platino, metales blandos en estado puro. demasiado tiernos para conferir a la pieza un estado duradero.

fragilidad

Es una mala propiedad en orfebrería. Algunas aleaciones que resultarían interesantes por su color no pueden utilizarse por ser frágiles. En las aleaciones utilizadas normalmente puede presentarse este problema debido a la presencia de impurezas. Todos los procesos mecánicos pueden transferir impurezas, los semielaborados mecánicos deben hacerse y permanecer bien limpios.

El plomo, el estaño y el bismuto son peligrosos para el oro. Un metal cualquiera puede volverse frágil por exceso de elaboración mecánica o bien por sobrecalentamiento debido a una duración excesiva o a una temperatura demasiado alta.

resiliencia

Es lo contrario a la fragilidad, es la resistencia a la ruptura por choque. Las joyas fabricadas por fusión son frágiles a los choques, son poco resilientes, esto sucede cuando el trabajo no se ha llevado cabo correctamente.

elasticidad

Es la propiedad fundamental en la elaboración de joyas, al dejarse deformar sin romperse. De esta propiedad primaria derivan otras: ductilidad, maleabilidad, laminabilidad, plegabilidad, etc.

maleabilidad y laminabilidad

Es la propiedad que tienen los cuerpos metálicos de dejarse aplastar en láminas sin que aparezcan grietas. Como antiguamente se hacía con martillo, de ahí el término maleabilidad. Esta propiedad no se presenta únicamente en la laminación, sino en todos los trabajos en que haya que dar forma. Las aleaciones son menos maleables que los metales que intervienen, el comportamiento viene también influido por la temperatura, cobre, plata y oro, pueden llegar incluso a ser frágiles cuando se encuentran cercanos a la temperatura de fusión. No existe una escala numérica para medirla.

Cuanto más maleable es un metal, más resistente al laminado antes de precisar la recocción. El oro de 750 milésimas no resiste también el laminado que cuando contiene 20 o 25 milésimas de plata.

ductilidad

Los metales dúctiles son tanto como maleables, pero la ductilidad no sigue la misma escala que la maleabilidad. Es más frecuente que un metal tenaz sea también dúctil. Estas propiedades dependen de las fuerzas de cohesión entre las partículas metálicas. La ductilidad se caracteriza por la posibilidad que tiene un material de ser estirado en hilos. A medida que aumenta el estirado, aumenta también la resistencia a la tracción, es decir la tenacidad.

En las aleaciones de orfebrería, la escala de ductilidad no coincide con la de maleabilidad. Antes de la recocción los metales se alargan más fácilmente en el siguiente orden:

Oro inglés (920 de Au y 80 de Cu)

Oro rosa

Oro rojo

● Oro blanco

Oro verde

El color

La importancia del color está fuera de toda discusión en orfebrería. Por motivos de resistencia y dureza, en las aleaciones se prefiere al oro de 18 kilates. Estas aleaciones se obtienen aprovechando la propiedad que tienen el cobre y la plata en unión con el color del oro puro, dando tonalidades rojas y verdes respectivamente. Variando las milésimas de los dos metales (manteniendo las 750 de oro) es posible obtener todas las coloraciones posibles desde el rojo máximo (con cobre), a un oro verde, mediante la adición de 250 milésimas de plata.

Otras coloraciones se obtienen de aleaciones con otros metales, oro gris con 860 milésimas de oro y entre 57 y 140 de hierro + hasta 83 de plata. El oro azul con 750 de oro y 250 de hierro y el oro púrpura con 790 de oro y 210 de aluminio.

Para preparar oro blanco se pueden hacer opciones entre uno de 750 milésimas de oro con 190 de níquel mas 60 de cinc y otro con 250 de paladio.

Sonoridad

El sonido que emite el cuerpo al golpe es un elemento de juicio utilizable por el orfebre experto, permite medir el grado de compactidad, la capacidad de soldado, el endurecimiento, un buen resultado de la fusión, de la recocción, de la forja, de la elaboración mecánica en general. Una pieza compacta y bien soldada emite un sonido claro, puro y compacto, si no es así, el sonido aparece quebrado.

Isotropía y anisotropía

Si observamos una propiedad física, por ejemplo la dilatación térmica constante en el cuerpo sea cual sea la dirección, se dice que el cuerpo es isótropo respecto a la dilatación térmica (Ej: el vidrio). Si la propiedad varía con respecto a la dirección se dice que el cuerpo es anisótropo, por ejemplo la madera.

El trabajo mecánico hace que los metales sean anisótropos. Una placa obtenida por laminación se deja cerrar más fácilmente en el sentido del laminado. En la función del objeto se debe tener en cuenta esta propiedad, se buscan los planos de menor resistencia, ya sea para facilitar el trabajo o para evitar roturas; o los de mayor resistencia, para conservar la elasticidad.

Masa volumétrica (peso específico o densidad)

La masa volumétrica es igual al peso dividido en el volumen.

$$\text{Masa volumétrica} = \frac{\text{Peso obtenido en la balanza}}{\text{Volumen}}$$

el número de gramos de un cuerpo cuando su volumen es de un centímetro cúbico, es decir de un bocado de un centímetro de lado. Para un mismo cuerpo, la masa volumétrica varía con la temperatura, por ello es preciso hacer constar ésta cuando damos un valor, si no viene indicada expresamente entendemos que se refiere a 20 °C.

El trabajo mecánico, el laminado o martillado, puede variar la masa volumétrica, así una pieza fundida tendrá diferente masa volumétrica que una armada con soldadura; aunque éstas variaciones no son muy importantes.

Un método para determinar la masa volumétrica en el taller orfebre es: Mediante la balanza se pesa el cuerpo atado con un hilo de nylon muy fino, de peso despreciable. Si lo pesamos sumergido en agua la disminución de peso corresponde al agua desplazada. Dividiendo el peso del cuerpo por ésta disminución, tendremos la masa volumétrica.

La medida de la masa volumétrica permite calcular el título de las aleaciones binarias, así como aproximar el de las ternarias, es un método aproximado, que no llega a tener la precisión de los análisis químicos. No obstante puede resultar útil en algunos casos cuando no se puede destruir la muestra. Se basa sobre el siguiente principio: Un metal tiene un título tanto más cercano a mil cuanto más se acerca su masa volumétrica a la del metal de mil.

La plata tiene una masa volumétrica de 10,5, el cobre de 8,9. En las aleaciones plata + cobre es válida la regla: "El título en plata aumenta en 100 milésimas cada vez que se añade 160 mg de cobre de masa volumétrica igual a 8,9".

$$\text{Título de la plata con cobre} = \frac{\text{Masa volumétrica} - 8,9}{0,0016}$$

Las aleaciones de oro-plata tienen otra regla: "Por cada 880 mg de más de 10,5, el título del oro aumenta 100 milésimas".

$$\text{Título de oro con plata} = \frac{\text{Masa volumétrica} - 10,5}{0,0088}$$

En el caso de las aleaciones de oro con cobre se aplica esta otra regla: "Por cada 104 mg de más de cobre de masa volumétrica 8,9 el título de la aleación aumenta en 10 milésimas".

$$\text{Título del oro con cobre} = \frac{\text{Masa volumétrica} - 8,9}{0,0104}$$

Homogeneidad

Un cuerpo es homogéneo cuando posee las mismas propiedades en todos los puntos. Una sustancia no homogénea recibe el nombre de mezcla; cada cuerpo homogéneo que la forma recibe el nombre de fase. El orfebre no puede utilizar las aleaciones procedentes de la fusión de materiales recuperados debido no solo a sus diferentes propiedades mecánicas, por su título o color, sino también porque no son homogéneas; esto puede influir en el resultado de los análisis para averiguar el título. Es preciso verificar.

Compacidad y porosidad

Un cuerpo es compacto cuando carece de poros, cavidades, grietas, etc.

Rugosidad

Es la propiedad contraria a la lisura. El estirado, el laminado en frío y la estampación dan un acabado que depende mucho del tipo de aparatos que se empleen. En general, los acabados y texturas manejan contrastes varando exclusivamente ésta propiedad.

Dilatación térmica

Esta propiedad consiste en la variación en las dimensiones de los cuerpos como consecuencia del aumento o disminución de la temperatura. Esta propiedad tiene también importancia en orfebrería, en la reproducción por el sistema de la cera perdida, en la superposición de distintos metales, en el esmalgado, etc. Debido a estas tensiones, los materiales pueden asumir formas nuevas no previstas; el riesgo de las deformaciones aumenta con el tamaño de la pieza.

Observando la superficie de un lingote puede decirse que tipo de variación de volumen ha tenido lugar después de la solidificación, se presenta una depresión en la zona media, si se produce un aumento de volumen, el lingote es convexo en la parte superior.

Los lingotes con superficie superior cóncava presentan una depresión tanto más marcada cuánto mas alta ha sido la temperatura de fundición, la típica forma de cola de golondrina. También aparecen variaciones en el peso debido a que la masa volumétrica varía con la temperatura del lingote: el lingote obtenido a temperatura más alta pesa menos porque el volumen es superior a temperatura más alta.

Por contracción térmica, los granos cristalinos que existen en el interior de los lingotes se distancian entre sí, debilitando las fuerzas de cohesión. Esto explica porque los metales obtenidos por solidificación no tienen buena resistencia mecánica.

Brillo o poder reflectante y lisura

No todos los metales y aleaciones pueden ser brillantados en la misma proporción. Cuando la luz incide sobre un metal se comporta de forma diversa según el estado de la superficie. Si ésta es lisa o bien brillantada, la luz se refleja en la misma inclinación respecto a la superficie metálica, es decir recorre el espacio y llega al ojo observador, solo si éste observa en la posición justa, esta es la forma de "reflexión de la luz" y la propiedad se llama especular. Para juzgarla bien hay que observar la perpendicular. La luminosidad máxima tiene una dirección preferida y por ella hablamos de luces direccionales. El efecto opuesto, de oscurecimiento o atenuación de la luz, se obtiene haciendo la superficie más rugosa o menos pulida.

En orfebrería el brillo alcanza unos valores máximos en el oro rojo y blanco, luego en el rosa, amarillo y verde. El metal más fácil y dotado del máximo poder de reflexión por excelencia es la plata.

3. METALES QUE INTERVIENEN EN LA ELABORACIÓN DE JOYAS

3.1 Aleaciones

El estudio de las aleaciones requiere un tiempo y un esfuerzo porque en ellas tienen lugar fenómenos químicos y físicos muy complejos. Esto explica por qué una misma aleación, conservando constante su composición química, puede transformar ciertas propiedades físicas como la dureza, tenacidad, maleabilidad, etc., por simple elaboración mecánica o tratamiento térmico; en algunos casos pueden llegar a variar incluso las propiedades químicas.

La mayoría de los metales deben utilizarse en aleaciones porque las propiedades específicas no permiten el uso en estado de elemento. Una aleación es el resultado de la incorporación o disolución de un metal como mínimo en otra sustancia. Si las sustancias son dos, la aleación recibe el nombre de binaria, si son tres ternaria, si son cuatro cuaternaria, hasta llegar a la polinaria. El metal predominante da el nombre de la aleación. Los metales nobles no son lo suficientemente duros; por ello los orfebres suelen verse obligados a reducir el título del metal precioso.

Los metales puros poseen un determinado punto de fusión. La fusibilidad de un metal puro queda siempre alterada mediante la adición de otro metal. La aleación obtenida presenta una fusibilidad mayor o menor, nunca mayor ni inferior a la de los metales que intervienen.

Cuando se funden entre sí dos o más metales, las aleaciones pueden provocar un aumento o disminución de volumen; por ello no es posible calcular el peso específico de una aleación a partir del título: el valor obtenido no es preciso. El método es siempre válido como sistema aproximado pues si existen metales nobles de alto peso específico, la aleación se resiste tanto más, cuanto mayor es el título del metal precioso. Por ello la medida del peso específico, que el orfebre consigue calcular de una forma aproximada sin más que sopesando con la mano, puede ser de gran utilidad a la hora de indicar la presencia o ausencia de un metal muy denso sin tener que destruir la muestra.

3.2 Los óxidos de los metales

En la superficie de las piezas, el color puede ser diverso del de la composición química de la aleación. Este fenómeno es bastante corriente debido a los tratamientos térmicos que experimentan las aleaciones en los talleres de orfebrería. Todas las aleaciones, a excepción de oro-plata y oro-paladio, contienen siempre metales oxidables, especialmente en caliente. El calentamiento que las piezas experimentan, ya sea por recocción o por soldado, produce una oxidación superficial de la parte no noble debido al oxígeno del aire. El cobre se oxida dando el óxido rojo o negro y se ennegrece tanto más como aumenta la proporción de cobre.

El color quedará modificado, el estrato superficial de la aleación toma una composición química distinta a la primera, sin llegar a la parte interna de la masa metálica.

3.3 Coloración

Se le da este nombre a cualquier tratamiento químico o galvánico capaz de modificar el color superfi-

cial característico de un metal o una aleación. La coloración recibe nombres específicos como, bruñido, oxidación, niel, plata antigua, etc. Blanquear o decapar es el método químico que modifica el color de la superficie y produce también un efecto mate. Se puede utilizar tanto en aleaciones de plata como en las de oro.

En distintas poblaciones, según sea la tradición orfebre tienen recetas para la coloración diferentes, en general ésta se hace con la solución de ácido sulfúrico al 10%, soluciones de ácido nítrico o de ácido clorhídrico, las proporciones varían según el taller. También con alumbre y sal en ebullición con agua, algunas veces añaden cáscara de naranja en alguna de éstas soluciones.

3.4 Resistencia química de los materiales

Para la conservación de los productos químicos y para su correcto uso es preciso conocer la resistencia química de los diversos materiales que la industria propone.

El acero inoxidable es precioso por su gran resistencia al ácido nítrico y a las sustancias alcalinas. No resiste bien al sulfúrico y menos al clorhídrico y todas las sustancias que contienen cloruros o fluoruros en medio ácido. Transmite el calor con lentitud.

Los recipientes de aluminio van bien únicamente para el ácido nítrico.

El cobre no debe usarse como recipiente en los baños de blanqueado. Siempre se disuelve un poco, aunque el proceso sea muy lento.

La porcelana y el vidrio tienen buena resistencia para los productos químicos en general, con excepción del ácido fluorhídrico. Son frágiles y más con cambios fuertes de temperatura.

Los materiales plásticos se están difundiendo cada vez más y tienen propiedades químicas muy ventajosas. Desafortunadamente, su resistencia al calor no es tan elevada, no llega a soportar temperaturas cercanas a los 100 °C, especialmente después del calentamiento prolongado. El polipropileno resiste hasta los 120 °C y el teflón hasta los 250 °C. Otra ventaja es la falta de fragilidad, lo que elimina el peligro de roturas. No son aconsejables para guardar disolventes. El polietileno de color blanco posee mayor resistencia química que el gris.

3.5 Reacción de los metales preciosos y las aleaciones ante los agentes químicos

El hierro se enmohece fácilmente tomando un color amarillo rojizo. Esta capa de óxido no tiene densidad y no sirve de protección para el material que está debajo, esta transformación puede continuar en profundidad, hasta llegar a consumir todo el metal.

El zinc se cubre con una capa superficial de óxido de zinc adherente protegiendo el metal subyacente; así mismo el aluminio.

Los metales inalterables conservan su aspecto ilimitadamente si no se les somete a ningún desgaste. Pertenecen a este grupo el platino, el oro, el rodio, el iridio, el cromo, etc.

Las aleaciones de los distintos metales suelen comportarse como alguno de los que intervienen en ella, por ejemplo si una aleación de plata contiene cinc, así sea en muy pequeña proporción, sus cualidades se afectan tal como lo hace el cinc.

Los ácidos afectan fácilmente a los metales no nobles, así que las aleaciones se afectan de igual forma, van perdiendo capas y conquistando el color del metal noble al sumergirse en algún ácido, si esto se hace continuamente o de manera muy fuerte como con la llamada "bomba" (solución de agua con nitrato sódico o potásico con adición de peróxido de hidrógeno), que es una forma habitual de abrillantar las joyas en el terminado, las piezas van perdiendo su peso, su consistencia y valor.

3.6 Purificación

Plata

Se efectúa la refinación por vía electrolítica o por vía química. Se escoge una según la cantidad que hay que purificar. Para los talleres orfebres se acostumbra el medio químico, en el caso de las empresas refinadoras se utiliza el método electrolítico.

Por vía química se recupera el metal como cloruro, al metal disuelto en soluciones o líquidos recuperados, en ácido nítrico generalmente, se le añade cloruro de amonio (sal de cocina es más económica), se deja reposar hasta que el líquido se vuelve superiormente limpio a causa de la sedimentación. Si otra adición de sal no produce un nuevo enturbamiento, toda la plata está en el sedimento en forma de cloruro, se puede entonces lavar y secar. Se combina con un peso igual de carbonato de sodio y se licúa en un crisol lleno no más de la mitad, porque la masa emana gas y aumenta su volumen, cuando deja de emanar gas, se aumenta la temperatura y se funde lentamente.

La refinación electrolítica se hace en celdas de gres o de plástico que contengan una solución de nitrato de plata con Ag hasta 50 g/l; acidez nítrica, 1,5 g/l; 2 A/dm²; los ánodos son de plata impura, y los cátodos de sutiles tiras de hacer inoxidable; los ánodos están encerrados en saquitos de tela, en los cuales se recogen las impurezas insolubles y las partículas de plata que se escapan a la disolución electrolítica. El Ag se deposita en el cátodo en forma de cristales macroscópicos, los cristales caen en el cestito inferior de donde se extraen periódicamente. Seguidamente los cristales se funden obteniéndose los lingotes.

Oro

El oro generalmente se puede purificar por vía química o electrolítica. Por medio químico se diluye en agua regia (Una parte de ácido nítrico + tres de ácido clorhídrico, estando los dos en la misma concentración), obteniendo cloruro de oro. Se disuelve sulfato ferroso en el doble de su peso en agua, el líquido obtenido debe ser transparente, se añaden unas gotas de ácido sulfúrico, 5 por cada 100 grms. de sulfato, y se depositan clavos de hierro pulidos en el fondo de ésta solución, al menos los mismos gramos del ácido añadido, y se deja reposar mínimo 6 horas. Así el reactivo para la separación del oro está preparado.

Generalmente se necesitan de 3 a 4 gramos de sulfato, o sea de 9 a 12 gramos de la solución que se prepara para precipitar 1 gramo de oro. Con el método al sulfato ferroso se obtiene oro en forma de

polvo rojo oscuro, que se recoge en el fondo del recipiente, se filtra, se lava con agua y se funde.

El método de copela proviene de llevar el oro a 250 milésimas mediante fusión con cobre, el resto deben ser metales solubles en ácido nítrico. Por comodidad se alea con tres veces su peso en cobre. Se puede verter la aleación copelada en estado fundido formando un curso en el agua de manera que se obtenga el metal en forma de glóbulos que se utilizan después para el tratamiento al nítrico. También se puede solidificar en forma de lingote para después laminarlo a 30 micras de espesor y picarlo en cuadros de más o menos 1 cm. de lado. Se ataca, desengrasado y seco, con ácido nítrico en un recipiente de vidrio refractario, cuando no reaccione más, se lava. Los metales extraños se pueden disolver con ácido sulfúrico concentrado que se vierte sobre el oro en polvo obtenido del proceso de copelación. El ácido sulfúrico debe tener un peso tres veces mayor que el del metal. Se calienta lentamente hasta el inicio de la reacción, mezclando con una varita de vidrio. Cuando la reacción ha concluido, se deja enfriar, se lava bien varias veces con agua destilada y se funde.

La refinación electrolítica conviene a las empresas que disponen de grandes cantidades de oro constantes de título superior a 900 milésimas. Se consigue un buen resultado si el contenido de plata no supera las 100 milésimas. Se hace utilizando como cátodo una laminita de oro de mil y como ánodo el oro que hay que purificar. La solución está formada por cloruro de oro ácido en vez de agua regia.

La refinación con cloro (según Miller) se basa en el siguiente fenómeno: el cloro en gas, al atravesar una masa aurífera fundida, ataca primeramente a los otros metales, que rebajan el título al oro y por último al oro y al platino. El orden es más o menos: cinc, hierro, antimonio, estaño, arsénico, cobre, plomo, bismuto, plata, telurio, selenio, oro, platino. Tiene la ventaja de en pocas horas llevar el metal a 994 o 996 milésimas de oro, aproximadamente en una instalación que no requiere de mucho espacio. Tiene el inconveniente de tener que tomar precauciones para proteger al orfebre y al ambiente del cloro, gas venenoso y corrosivo. Conviene para el oro de más de 700 milésimas impuro, especialmente de plata.

CONCLUSIONES

- Los metales nobles puros no se oxidan.
- Las propiedades físicas de los metales se modifican y aprovechan para lograr distintos objetivos según sea la intención por medio de la adición de otros metales.
- El orden de la maleabilidad es inverso al de la dureza en las aleaciones de oro.
- La mayor o menor dureza no tiene nada que ver con la ductilidad.
- Todas las propiedades físicas de las distintas aleaciones se deben tener en cuenta en el momento de proponer un diseño; de igual manera las resistencias generadas por el trabajo mecánico.
- El oro tratado industrialmente requiere de métodos electrolíticos para su purificación.
- En los talleres de joyería basta con la purificación química para manejar las cantidades necesarias para la elaboración de joyas.

- La experiencia del orfebre es fundamental a la hora de evaluar las características de una aleación, pues en ésta los métodos físicos (masa volumétrica) y químicos (ensayos de toque) no permiten saber con exactitud la composición sin recurrir a la destrucción de la muestra.

SERVACIONES Y RECOMENDACIONES

- Se observa un distanciamiento entre las empresas refinadoras del oro y la comunidad orfebre.
- Se recomienda a las entidades facilitadoras promover la oferta de metales refinados.
- Es importante para las empresas exportadoras de oro tener una mirada comprometida con la creatividad y capacidad de los orfebres nativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Uigi Vitello
Ferrería Moderna
Cataluña, 26 – 08006 Barcelona
Licencias Omega S. A.