



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS

[BENEFICIO DE METALES]

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO DE MINAS

PRESENTA:

BALAREZO, MANUEL

MÉXICO, D. F.

1892



Universidad Nacional
Autónoma de México



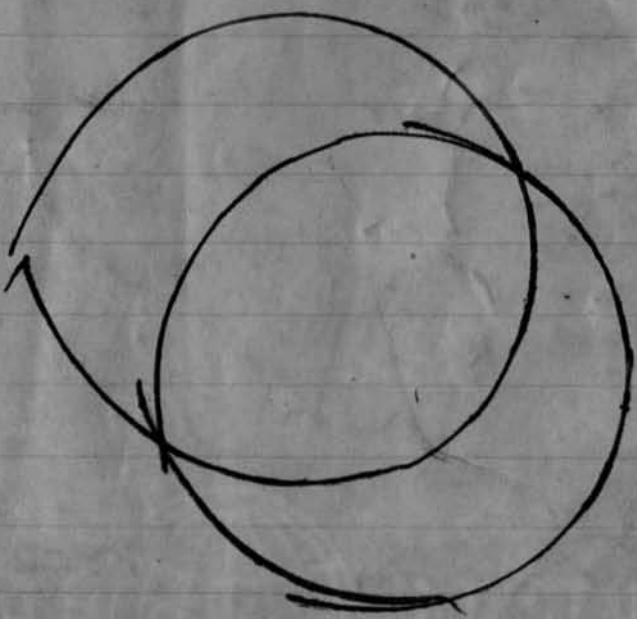
UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Balarezo
Manuel.
-1892-



Señores Sinodales:

Difícilísimo me parece llegar al lugar presente con el objeto de manifestar de una manera evidente y clara los adelantos que deben suponer la conclusión de una carrera científica. He aquí porqué me presento con mi hábito acostumbrado, la modestia, convencido de mis pocas fuerzas e implorando vuestra indulgencia.

La tesis que tengo la honra de presentarles como un estudio al cual me ha obligado un requisito de ley, solo significa que si acatar las disposiciones de nuestro Gobierno a la vez que he deseado adquirir un título honroso en beneficio de aquellos a quienes pudiera alguna vez serles útil. Este estudio en el que nunca pretendería demostrar nada nuevo ni mucho menos descubrir, se limitó exclusivamente a probar que he estudiado, siendo vosotros quienes decidieran mi suerte al pretender pisar el primer escalon de la vida práctica.

Manuel Balarzo

México, Agosto 10 de 1892





Es poco comun que los metales estén aislados, esto solo sucede con los metales preciosos y algunos otros: oro, plata, platino, cobre, ect. En general la tierra los encierra al estado de mezclas o de combinaciones multiples llamadas minerales.

Estos minerales, extraidos sea de la superficie o del seno de la tierra, son sujetos a preparaciones mecanicas con objeto de separarlos de la mayor parte de las materias extranas y hacer, por consiguiente, que el metal por extraer se encuentre en determinada proporcion. Esta proporcion es variable, segun el valor del metal o la facilidad mayor o menor con que se separa de las sustancias a que está unido. El hierro siendo muy barato en el comercio, sus minerales deben ser muy ricos para producir utilidad en su explotacion. Los minerales de hierro mas pobre, encierran cuando menos un 25 por ciento de este metal; y esto cuando se encuentran al estado de óxido. Pero cuando está combinado con el azufre, a pesar de que sean estos minerales muy abundantes en la naturaleza y contengan un 45 por ciento, no son explotables, porque los tratamientos que seria necesario emplear para extraer hierro de buena ca

lidad resultaria muy costoso. El cobre teniendo mayor valor comercial que el hierro, son explotados con utilidad los minerales que solo contengan algunos milésimos de metal, y aun hasta los sulfuros. En fin, minerales que solo contengan algunos milésimos de plata u oro, pueden ser beneficiados con éxito. Una vez enriquecidos los minerales, por los procedimientos mecánicos, se les lleva a las oficinas metalúrgicas donde el metal es aislado por los procedimientos mas adecuados y en seguida se le da la forma mas conveniente para las necesidades de la industria.

La metalurgia es esencialmente un arte químico. El trabajo de los metales supone el conocimiento de las leyes de la química; y por tanto la metalurgia, como la mayor parte de las artes industriales, ha precedido a la ciencia. Mas bien, se puede decir que la metalurgia ha suministrado a la química los primeros hechos, las primeras nociones sobre las propiedades íntimas de los cuerpos. Así, los antiguos tratados, que hablan de la extracción de los metales, no son en el fondo sino simples recopilaciones de los procedimientos seguidos en los diversos países, un conjunto de recetas, una narración mas o menos fiel de las prácticas adoptadas por los obreros. A medida que la ciencia se ha desarrollado, estas memorias,

estas descripciones se han enriquecido de apreciaciones teóricas; se ha tratado de explicar las operaciones, de darse cuenta de ^{las} reacciones puestas en juego.

Aun mas: el ideal que debemos perseguir es llegar a formular principios y métodos de tratamientos, de una manera tan precisa que en un caso particular, cualquiera que éste sea, se pueda sin vacilar fijar de antemano el procedimiento que se debe seguir, lo que dará con los menores gastos, los productos mas perfectos y mas puros. Pero este ideal solo se alcanzará cuando la ciencia haya dicho su última palabra, o lo que es lo mismo, nunca. Sin embargo, si este ideal parece huir siempre de nosotros, debemos esforzarnos por acercarnos a él. Con este objeto, es necesario no limitarse a simples descripciones mas o menos empíricas, aun acompañadas de apreciaciones teóricas; es preciso motivar la eleccion de los métodos y motivarlos por la perfeccion de los productos y por la reduccion de los gastos del beneficio.

Debemos recordar que el progreso de la ciencia determina tambien el progreso incansante de los métodos. Tal método bueno ^{en} un momento dado deberá ceder

el paso a un método nuevo algunos años después. Luego la exposición de los métodos varía con el tiempo. La descripción de los procedimientos particulares pierde su importancia. A pesar de todo lo dicho, el objeto que nos debemos proponer es, fijar los principios sobre los cuales se fundan los métodos en uso, exponer las ventajas y los inconvenientes, de manera de poder elegir en conciencia el procedimiento que ofrezca el mayor número de ventajas, tomando en consideración las condiciones locales.

Como vemos, la metalurgia es en realidad la aplicación de la química a los tratamientos de los minerales; por lo tanto no debemos creer que las operaciones metalúrgicas sean en general simples procedimientos de laboratorio, practicados en una pequeña escala. El químico, en sus operaciones y análisis rara vez se preocupa por los gastos que suministran los métodos de que se sirve; mientras que el metalurgista, como todo industrial, nunca debe perder de vista el lado económico de sus procedimientos; no solo es necesario que sus productos sean buenos, sino que su ^{costo de extracción} precio sea inferior siempre al precio de venta.

A cada metal corresponden métodos particulares, y se pueden por consiguiente distinguir tantas metalurgias especiales como metales usuales. Pero

Todos estos métodos tienen puntos comunes; se fundan en cierto número de principios generales y con mucha frecuencia recurren á los mismos agentes, á los mismos aparatos y aun á los mismos procedimientos. En estos puntos comunes debemos fijar la atención, porque su conjunto constituye la metalurgia general, que podemos decir que es el arte de extraer los metales de sus minerales, con el menor costo posible, y de adaptarlos á los diversos usos de la industria.

La mayor parte de los minerales son, como hemos dicho, mezclas ó compuestos químicos de diversas clases. Para extraer el metal, es preciso destruir estos compuestos; de allí la necesidad de hacer la materia mineral mas ó menos fluida ó de reducirla á polvos impalpables, puesto que en estos estados las reacciones químicas son mas fáciles y mas completas. Desde la mas remota antigüedad se ha recurrido para hacer la materia fluida, á la fusion propiamente dicha, y aun hoy es el modo de tratamiento mas usado, cuando menos en Europa; aislar un metal, era fundirlo.

Sin embargo, la liquefacción puede tambien

operarse a la temperatura ordinaria. Sirviéndose de reactivos de afinidades químicas energicas, se pueden disolver los metales o sus compuestos. Basta recurrir al mercurio o al agua mas o menos acida, basica o cargada de sales.

Se pueden tambien aislar los metales, sirviéndose de corrientes eléctricas o electro-químicas. Por consiguiente podemos distinguir tres clases de procedimientos metalúrgicos:

Los procedimientos por fusion o la via ignea.

Los procedimientos por via húmeda y

Los procedimientos electro-químicos.

Como hemos dicho, la metalurgia no se limita a aislar los metales, es preciso darles ciertas formas apropiadas a los usos del comercio o de la industria. De esto resultan los procedimientos mecánicos, tales como el moldeo, la compresion lenta o brusca, con ayuda de prensas, martillos, laminadores, etc. sin hablar de una multitud de operaciones accesorias. La metalurgia debe necesariamente abrazar los procedimientos mecánicos directamente ligados al trabajo químico. Es posible, por ejemplo, producir hierro ordinario, no fundido, por procedimientos puramente químicos.

nicos. Después de aislar el hierro, es necesario reunir y soldar las partículas esparcidas, y sobre todo separarlo de las materias extrañas, conocidas con el nombre de escorias, expulsándolas por compresiones a golpe de martillo. Lo mismo para producir el calor necesario para las operaciones de la vía ignea, es preciso llevar el aire en medio del combustible, lo que trae la necesidad de usarse de los soplos, chimeneas.

Procedimientos por vía ignea

La vía ignea reconoce como base los procedimientos calóricos y oxidantes, definiremos los que nos parecen de la mayor importancia.

Los procedimientos por vía ignea suponen todos una temperatura elevada; por consiguiente, el procedimiento que es la base de todos los otros, es la producción de calor.

Los físicos desarrollan calor de muy variadas maneras; los metalurgistas, que deben siempre tener muy en cuenta los gastos de producción, no pueden llegar a ello de otro modo que no sea la combustión. Se entiende por esto, como ya es bien sabido, la combinación de un combustible con el oxígeno; ahora bien, los únicos combustibles a los cuales se puede recurrir son las materias hidro-carburadas, parcialmente oxidadas, producidas en diversas épocas por la vegetación; tales son las made-

ras, las turbas y sobre todo los combustibles minerales, vegetales antiguos, hoy depositados en el seno de la tierra.

En ciertas circunstancias especiales, se puede sin embargo utilizar también la oxidación de algunos otros cuerpos, tales como los sulfuros, etc., pero en general, lo repetimos, solo se puede ^{hacer uso} con provecho de la combustión propiamente dicha. Se distinguen dos clases de combustión: la completa y la incompleta o parcial.

En la combustión completa, el carbono es transformado en ácido carbónico, el hidrógeno en agua; la oxidación es completa. En la combustión parcial solo se trata de transformar simplemente el carbono en óxido de carbono y descomponer el agua y los compuestos ternarios de ciertos combustibles en una mezcla de hidrógeno más o menos carburado y de óxido de carbono. Se obtienen así gases eminentemente combustibles que servirán a su vez para la producción de calor. Los aparatos, en los cuales se hace esta transformación se llaman gasógenos y la operación misma gasificación de los combustibles sólidos o líquidos. Se recurre a esto cuando el empleo de un combustible gaseoso es más útil o más cómodo que el de un combustible ordinario.

El calor producido por la combustión, es

utilizado de diversas maneras: á veces obra solo, sin intervencion de ningun reactivo químico; Tales son las operaciones designadas con los nombres de calcinaion, destilacion, etc.

Otras veces obra en concurrencia de un reactivo oxidante como el aire, el agua u otros compuestos oxidados, lo que constituye la reverberacion, la cementacion oxidante, la afinacion de los metales brutos, etc. O bien el calor obra en union de reactivos reductores como el carbon, el hidrogeno, los hidro-carburos, ó ciertos metales y metaloides; tales son la reduccion propiamente dicha, la cementacion carburante, fusion reductora.

Procedimientos caloríferos.

Calcinaion,^{es} una operacion que tiene por objeto producir una especie de desagregacion de la materia mineral y sobre todo espulsar un elemento volátil.

Se calcina el cuarzo para desagregarlo, hacerlo frágil; se calcinan ciertos minerales de hierro compactos para agrietarlos y hacerlos por este medio mas permeables á los gases reductores; se calcina el hierro espático, la calamina, la arcilla refractaria y

ciertos hidróxidos, con objeto de expulsar el ácido carbónico y el agua; etc.

La destilación tiene por objeto principal la condensación al estado líquido del elemento volátil de una sustancia cualquiera. Se destilan los minerales de mercurio, el azufre bruto, las pizarras bituminosas, ciertas hullas, etc.

Licuación, es una fusión parcial de la mezcla de dos o más cuerpos. Gradualmente la temperatura, se puede separar, por escurrimiento, el elemento más fusible y conservar el resto al estado sólido. Así es como se separa el plomo argenteífero del cobre, el plomo pobre del zinc argenteífero, el estaño del hierro, etc. Solo se pueden separar las sustancias simplemente mezcladas, sin afinidad la una por la otra.

Procedimientos oxidantes

Reverberación, se da este nombre a la operación que tiene por objeto oxidar, sin fusión, una sustancia mineral dividida en granos de pequeñas dimensiones. Se reverberan los sulfuros, los arseniuros, etc. La reverberación puede tener diversos objetos. Se oxida sin eliminar nada; es preciso en este caso, una temperatura moderada y uniforme. Se forman así los sulfuros en sulfatos, los arseniuros en arseniátos, etc.

Comunmente oxidando, se gasifica una parte de los elementos. Basta para esto, despues de haber oxidado a una baja temperatura, elevarla fuertemente, con objeto de destruir los compuestos oxigenados poco estables.

Se descomponen de esa manera los sulfatos de hierro y de cobre, y se les transforma en óxidos libres; ó bien, cuando la oxidacion es aun poco avanzada, se hace obrar el óxido ó el sulfato sobre el sulfuro y se aísla así el metal; de este modo es como se separa el plomo por el método llamado por reaccion.

Se puede tambien oxidar y destilar. Se transforma por este procedimiento el sulfuro de mercurio, la reverberacion produce ácido sulfuroso y vapores mercuriales.

En fin se puede reverberar y sublimar. Se transforman de esa manera las piritas arsenicales en ácido sulfuroso, óxido de hierro y se recoge el arsenico al estado de ácido arsenioso sólido y cristalino. A los minerales, se les cloran muy comunmente por el cloro gaseoso ó diversos cloruros. A esta operacion se le llama cloracion ó reverberacion clorante.

Afinacion de los metales brutos. Cuando la fusion de la materia metálica precede o acompaña a la oxidacion propiamente dicha, el procedimiento se llama entonces afinacion. Asi es como se afina la fundicion de hierro, cuando se le quiere transformar en acero o en hierro dulce; el cobre bruto, cuando se quiere obtener el cobre del comercio; y lo mismo para la mayor parte de los metales brutos.

Una liga de dos metales, desigualmente oxidables, es por lo regular descompuesta por el mismo medio. Se oxida uno de los metales y se conserva el otro al estado metálico; asi es como la plata es separada del plomo por cupelacion.

Procedimientos reductores

Reduccion. Cuando un óxido es privado de su oxígeno, sin fusion previa, por el simple contacto en caliente de un cuerpo reductor sólido, líquido o gaseoso, la operacion recibe el nombre de reduccion propiamente dicha. El metal reducido puede presentarse en los estados sólido, líquido o gaseoso, segun el grado relativo de reductibilidad del oxígeno y de fusibilidad o volatilidad del metal. Asi el hierro y el cobre pueden ser obtenidos al estado sólido, bajo la forma de esponja; el plomo y el estaño, fundidos; el zinc, en vapores. Por otra parte, la esponja metálica podrá ser carburada,

si el metal como el hierro, tiene afinidad por el carbon.

Fusion reductora. Cuando la fusion de la materia precede, acompaña o sigue inmediatamente a la reduccion propiamente, el procedimiento se le llama en su conjunto fusion reductora. Asi es como se tratan los minerales de hierro en el alto horno, y en general, la mayor parte de los óxidos metálicos de metales poco volátiles. El producto fundido se compone de dos partes: los elementos extraños, al estado de silicatos formando las escorias, y el metal propiamente dicho, casi siempre impuro, porque ademas del metal especial que se quiere aislar, otros elementos son reducidos al mismo tiempo y se combinan con el metal principal. El hierro se une al carbon, al silicio, al azufre, al fósforo y a metales como el manganeso; esto es lo que constituye la fundicion. Los minerales de cobre dan cobre negro, que contiene azufre y metales extraños que acompañaban al mineral de cobre. Se obtienen de la misma manera estaño bruto, antimonio impuro, plomo de obra, y no estos metales al estado de pureza. Todos estos metales brutos para tenerlos puros, se les hace experi-

mentar la afinación

Procedimiento por vía húmeda

Los procedimientos de la vía húmeda son de un empleo menos general que los de la ignea. Los agentes son de un precio muy elevado, solo se puede emplear con ventaja para extraer los metales nobles; pero no de todas las especies minerales. Así se extrae la plata por el método de lixiviación: que consiste en clorar primero el mineral, después disolver el cloruro de plata en hiposulfito de sosa y por último precipitar por un sulfuro alcalino para obtener sulfuro de plata, que es reducido por el calor. Pero lo que realmente caracteriza la vía húmeda, son los procedimientos de amalgamación, que son los más adecuados a las circunstancias especiales de nuestro país.

Según la especie mineral de la plata, la riqueza relativa de sus metales y los otros minerales que los acompañan, se emplean diferentes procedimientos para la extracción de aquel metal. Hasta mediados del siglo XVI, época en que estaba reciente la conquista de México, no se conocía en Europa ni entre los antiguos mexicanos otro medio de separar la plata de sus minerales, que el del fuego; pero habiéndose reconocido que por ese medio no se

conseguía sino sacar una parte muy corta de la plata de ciertos minerales, en los cuales esa sustancia está mineralizada o en plata, extremadamente diseminada, impregnando la matriz y formando una muy insignificante parte del peso total de los frutos, Bartolomé de Medina, minero de Pachuca, inventó en 1557 el método de amalgamación por el procedimiento de patio. Este método se extendió desde luego a todos los reales de minas establecidos entonces, y a los que sucesivamente se fueron descubriendo, por ser el más adecuado a la naturaleza de la mayor parte de los minerales de plata. De aquí es que casi toda la plata producida por las minas de nuestro país y que circula por el mundo, es extraída de esa manera.

Después de conocida la amalgamación por patio, se han inventado otros métodos de amalgamación en las dos Américas y en Europa. Así, el beneficio de cazo, descubierto en América del Sur por el padre Barba en 1590, empleado en los distritos mineros de Batoree, especialmente para beneficiar los minerales llamados plata ceniza y plata verde. El procedimiento con empleo de subcloruro de cobre, que es el método de patio perfeccionado en el más alto grado; su uso se va extendiendo cada día más,

tanto por el poco tiempo en que rinde el beneficio como por que entran ~~algunos de~~ ^{algunos de} los minerales que se resisten por los otros procedimientos. La amalgamacion por fonelas, método de Sajonia, establecida en las haciendas de S.ⁿ Antonio y S.ⁿ Miguel Regla.

Molienda

La primera operacion a que se sujetan los minerales para extraerles la plata y oro que contienen por medio de la amalgamacion, es la molienda, que tiene por objeto reducirlos a polvos extremadamente fino, de lo cual depende el éxito del beneficio; puesto que mientras mas finos sean estos polvos mas intimo será el contacto entre el mineral y los reactivos, y por consiguiente, las reacciones mas completas.

Primeramente se reduce el mineral a granza, lo cual se consigue en algunos lugares por hombres y muchachos, y esto en las haciendas de poca importancia. Para este fin, escogen una piedra grande, que generalmente es de las que se han gastado en las tahonas; sobre ella y con otra piedra quiebran el mineral reduciendolo a granza o pedruzcos muy pequeños. Como se ve, este es un medio muy primitivo de lograr el objeto; pero cuando se trata de granjear grandes cantidades de mineral se recurre a aparatos ya muy perfeccionados, como son los cilindros quebradores que dan una granza muy homogénea y de las dimensiones que se quiera; para lo cual uno de los ci

lindros es fijo y el otro se acerca ó se separa más ó menos, y además, el mineral al salir de estos cilindros pasa por unos clasificadores, que solo dejan que atraviesen los pedazos que tienen las dimensiones deseadas.

El mineral después de sufrir esta primera operación está apropiado para pasar á los aparatos de molienda fina. Los aparatos bien conocidos hoy y que el beneficiador tiene á su disposición, son: las tahonas ó arrastres, los mazos y los molinos chilenos más ó menos modificados.

La tahona aun que es un aparato de molienda muy primitivo, su uso está muy extendido por su fácil instalación, no es necesario disponer de grandes recursos y sobre todo existen lugares en nuestro país donde no es posible establecer otros, por lo malo de las vías de comunicación para el transporte. La molienda que se obtiene es de lo mas perfecta, y nueve tahonas muelen, por término medio, de 38 á 40 cargas en 24 horas y gastan una fuerza equivalente á 9 caballos de vapor.

El uso de los mazos también es bastante común, sobre todo en las haciendas de beneficio

de la frontera del Norte; aun cuando las vias de comunicacion sean dificiles, su transporte se puede efectuar con mas o menos dificultades; muelen un poco mas que las tahonas, 9 mazos muelen de 45 a 50 cargas en 24 horas y consumen 9 caballos de vapor; la molienda es menos fina que en el sistema anterior, pero se puede arreglar su grueso haciendola pasar por telas metalicas. Los gastos de reparacion son muy notables, principalmente cuando la altura de caida de los mazos es la conveniente para obtener un efecto regular en la cantidad de molienda, y el movimiento trepidatorio comunicado al terreno sobre el cual estan instalados, es algunas veces tan sensible, que puede amenazar la ruina de las construcciones cercanas.

Los molinos chilenos no se han generalizado por los fuertes gastos de costo e instalacion y por las dificultades de su transporte, solo se estan empleando en los distritos mineros de grande importancia por su riqueza y situacion, como Pachuca; si es cierto que estos gastos son fuertes, pero una vez instalados solo se tiene que gastar en las reparaciones de los fondos y de las llantas cada dos años. La cantidad de molienda es mucho mayor que en los sistemas anteriores, por ejemplo: los molinos de la hacienda de Guadalupe gastan cinco caballos de vapor y muelen de 50 a 60 cargas en 24 horas; los de la Union consumen 9 caballos y muelen de 90 a 100 cargas en el mismo

no tiempo. Como en los mazos, el grueso de la molinda depende de la magnitud de los claros de las telas metálicas por donde pasa; pero lo mejor, en nuestro concepto, es hacerla pasar por derrame porque de este modo solo pasan los polvos impalpables que son los que flotan en la superficie del agua que moja al mineral.

Comparando estos resultados, referentes a cada uno de los sistemas de molinda, vemos desde luego que el mayor número de ventajas obra en favor de los molinos; ya lo hemos dicho, no siempre es posible hacer uso de ellos, tanto por su costo como porque las más veces las dificultades de las vías de transporte no lo permiten. Pero siempre que se disponga de los recursos necesarios y que las circunstancias locales no lo impidan, se deben preferir a cualquier otro sistema de molinda.

Se ha propuesto en distintas ocasiones la molinda en seco, ya fines del año pasado, se hicieron algunas experiencias en una de las haciendas de beneficio de Pachuca; experiencias que en nuestro concepto no se ejecutaron con toda la precisión que hubiera sido de desearse, habiéndose, tal vez, exagerado la cantidad de hierro que se mezclaba a la molinda por el desgaste del aparato; pues, a ser exactas algunas de las cifras que se nos comunicaron, el aparato

debió haberse destruido por completo con la cantidad de metal que en él se molio, no habiendo en realidad sufrido sino un pequeño desgaste; pero supongamos que dichos datos fuesen exactos, esto no probaria que la molienda en seco fue se buena o mala, sino que los molinos empleados en las experiencias no sirven o necesitan modificarse.

Recomendamos se estudie muy detenidamente este sistema de molienda, puede alcanzar grandes resultados en el beneficio de tonel, y sobre todo, en el método de Freiberg; es el mas propio, puesto que se tienen que secar las lamas; esto se hace las mas veces exponiéndolas en los patios a la acción del Sol, lo que requiere tiempo, y además, en el periodo de lluvias esta operación no es posible; para no entorpecer la marcha de la hacienda se recurre entonces a hornos secadores, lo que trae gastos de combustibles, y por lo tanto, aumento en el costo del beneficio. Las lamas una vez secadas se les vuelve a mojar para que contengan de 20 a 30 por ciento de humedad, que es lo que la experiencia ha determinado para una buena marcha del beneficio. Si los aparatos de molienda en seco que hoy se conocen no son buenos, vale la pena estudiarlos para buscar su perfeccion, puesto que la molienda que se obtiene esta propia para que se proceda inmediatamente a la reverberacion durante, cuando se practica el procedimiento de Freiberg, o que se le ponga el agua necesaria de una manera perfectamente determinada, cuando la cloracion se verifica en el mismo tonel.

Beneficio de patio

Los agentes indispensables para el beneficio de patio son: el cloruro de sodio, el sulfato de cobre y el mercurio, que puestos en contacto entre si y con los minerales de platina dan lugar a diferentes reacciones quimicas, cuyo resultado final es la amalgamacion de la platina. La teoria de estas reacciones es la siguiente:

El primer material que se agrega a las lavas, es el cloruro de sodio, despues el sulfato y a continuacion el mercurio. Entonces, el cloruro de sodio obra sobre el sulfato de cobre formando sulfato de sosa y cloruro de cobre, este ultimo cuerpo en presencia de un metal reductor como el mercurio, se transforma en subcloruro de cobre; este compuesto es el apto para decomponer el sulfuro de platina formando platina metalica, cloruro de platina y sulfuro de cobre, y por ultimo, el cloruro de platina es reducido por el mercurio y se obtiene asi mas platina, que unida a la que se obtuvo anteriormente se amalgama con el resto de mercurio.

Esta teoria esta comprobada por el metodo de amalgamacion con empleo de subcloruro de cobre, como veremos luego, que abrevia mucho el beneficio con la preparacion previa de este compuesto.

Amalgamacion con empleo de subcloruro de cobre

En este método se emplea vapor de agua con objeto de calentar las lamas para activar las reacciones; como reductores se usa plomo o zinc, lo que disminuye la pérdida de mercurio hasta una onza por marco de plata. La amalgama de plata obtenida está cargada de plomo o zinc y cobre, en consecuencia se tiene que depurarla.

La parte esencial de este método, es la preparación del subcloruro de cobre, para lo cual se toma sobre el peso del mineral que se trata de beneficiar, un medio por ciento de sulfato de cobre y se disuelve en agua con su peso igual de cloruro de sodio, se calienta para formar cloruro de cobre, que se reduce al estado de subcloruro por el zinc o lo que es mejor aún, con cobre metálico, para obtener una cantidad doble de reactivo. El final de esta operación se reconoce en que formando un ensaye y poniéndole agua debe formar un precipitado blanco.

Los metales que se benefician por este método son todos los que entran por patio, siendo de notarse que hasta los más reveldes dan su rendimiento.

La mezcla de subcloruro de cobre y cloruro de sodio goza de la propiedad de separar el antimonio, el arsénico y la plata sulfúrea al estado de cloruros, y cloruro de plata producido, lo mismo que el que se encuentra en el mineral en presencia de los reductores zinc, plomo, etc. se transforma inmediatamente en plata metálica que se une al mercurio.

Los óxidos de hierro y de manganeso no tienen ninguna acción sobre el subcloruro, pero la cual lo descompone.

La dosis de subcloruro que se emplea para una buena marcha del beneficio, es variable según la naturaleza del mineral y de la matriz.

La amalgamación termina después de seis horas, girando los toneles con una velocidad de cinco a seis vueltas por minuto.

Método de Freiberg, seguido en la hacienda de S.^{ta} Miguel

Este método consiste en una reverberación durante del mineral, después de lo cual en el tonel es reducido por el hierro, y la plata puesta en libertad, se amalgama con el mercurio.

Una vez molido el mineral se le agrega a las lamas de un 7 a 10% de cloruro de sodio, después pasa a los hornos de reverber. Los hornos usados en S.^{ta} Miguel son de dos clases, los Hingaros y los llamados de

Velasco; los primeros tienen tres mesas horizontales, la más lijana del hogar sirve para secar el mineral, en la segunda se opera la reverberación y en la tercera, la cloración. Los hornos de Velasco están formados de dos mesas sobrepuestas, en la superior se reverbera y en la inferior se clorina.

La reverberación y cloración se efectúa en 4 horas, siendo la temperatura de los hornos la del rojo cereza. El fin de estas operaciones se reconoce en el olor de cloro bastante pronunciado, entonces se hace una tentadura para saber de una manera precisa si todo el mineral ha sido transformado en cloruro.

Sacada la carga de los hornos, se tamiza y después se hace pasar a los toneles con una cantidad de agua variable con la naturaleza de la matriz, se dan algunas vueltas a los toneles para que los materiales se mezclen. En esta disposición se agrega el mercurio en la proporción de 50 libras por marco de plata.

Los toneles usados en la hacienda a que nos referimos, son de una capacidad para beneficiar 10 cargas. Tienen en su interior unos casquillos de hierro y unas bolas del mismo metal, sirven para aumentar las superficies de contacto y activar los repasos.

En este beneficio el cloruro de plata formado por

la reverberacion del mineral con cloruro de sodio, se disuelve en el exceso de este material; los casquillos y las bolas de hierro lo dechloran, formándose cloruro de hierro y quedando platino libre que se une al mercurio. Segun los datos que recogimos, el trabajo en los hornos dura 8 horas; se obtiene una perdida de plata, en las diferentes manipulaciones de 5 a 10 por ciento; la perdida de mercurio, cuando más, es de una onza por marco de plata producida.

Casi todos los minerales se benefician muy bien por este método: los plomosos, cuando la proporcion de este metal no pasa de un 10 por ciento; los piritosos, y la pirita es necesaria en tanto que no pasa de un 30 a 40 por ciento, cuando haya un exceso se neutraliza con una poca de cal. Son perjudiciales el antimonio, el estaño y el zinc, porque al volatilizarse estos metales arrastran la plata; se corrigen en gran parte este inconveniente, haciendo pasar los productos de la reverberacion por cámaras donde se recoge la mayor parte de la plata.

Parece que el mayor número de ventajas obran en favor de este método, porque hasta los minerales mas rebeldes a los otros procedimientos de la via humeda ya mencionados, dan su rendimiento. Basta considerar que interviene el calor para comprender desde luego la superioridad de la esfera de accion sobre los otros. Solo la via ignea puede superar a este procedimiento, lo mismo que a todos los demas, cuando se cuenta con abundante combustible, puesto que

ella logra por la fusion la division mas perfecta de la materia, condicion indispensable para que las reacciones sean completas entre el mineral y los reactivos.

La via ignea es el porvenir de nuestro pais cuando la locomotora atraviese los ricos y poderosos mantos de carbon que se encuentran en distintas regiones de nuestro privilegiado suelo, entonces este combustible sera introducido a un bajo precio en los centros mineros y la metalurgia alcanzara por consiguiente, su mas completo desarrollo, extrayendo no solo la plata de todas las especies minerales, sino los multiples metales de aplicaciones tan variadas en la industria.

Procedimientos electro-quimicos

Se pueden separar los metales de una solucion, y hasta extraerlos de un compuesto cual quiera por la via electro-quimica. Muy poco tendriamos que agregar a cerca de este procedimiento, solo diremos que en Inglaterra se esta poniendo en practica para extraer la plata de los sulfuros, disolviendolos en cianuro de potasio.

Al dar por terminado este trabajo confiamos en la benevolencia de los Sres. sinodales para que disimulen la torpeza y lo cansado de nuestro lenguaje al querer expresar nuestras mal coordinadas ideas; pues a

la ninguna costumbre de escribir debemos añadir la poca tranquilidad de nuestro ánimo, ocasionada por el sinnúmero de obstáculos, que de la manera mas gratuita, nos han puesto al solicitar el exámen profesional.

Mannul Balarezo