

gamuza, de manera que caiga, en forma de lluvia, sobre toda la torta.

La cantidad de mercurio empleada es de 6 veces el peso de la plata contenida en la torta, y su aplicacion se divide en tres partes: 1ª, la que se pone al principio de la operacion, que como se ha dicho, constituye el *incorporo*; 2ª, la que durante la marcha del beneficio se va agregando, para conservar la fluidez de la pella, que disminuye por el aumento de la plata recogida, lo que se llama la *ceba*, y 3ª, la que se pone al fin, cuando ya la torta está *rendida*, poco ántes de lavarla, á lo que se da el nombre de *baño*, y tiene por objeto recoger las partículas de pella que pueden estar libres en la torta, hacer dicha pella perfectamente fluida para facilitar y hacer más perfecta su separacion de las lamas y dejarla completamente limpia despues del lavado. La cantidad que se pone en el incorporo, es la tercera parte de la cantidad total.

Despues del incorporo se da un nuevo repaso, por cuyo medio se mezcla el mercurio con la torta, se pone en contacto con el compuesto argentífero y con los ingredientes y comienzan las reacciones; y cuando ésto sucede, se dice que *la torta ha entrado en beneficio*.

Esto, y todo lo demas que se verifica durante la marcha del beneficio, se reconoce por la *tentadura*, que consiste en una especie de ensaye, ó por mejor decir, en un verdadero ensaye, que se saca de la torta con las mismas precauciones que el primitivo, y se hace en una jicara, separando, por medio del lavado, la parte lamosa de la que contiene los elementos entre los que pasan las reacciones. Por medio de un lavado especial,

que es lo que se llama *descargar la tentadura*, se colocan dichas sustancias en el orden de sus gravedades específicas, distinguiéndose en ella las partes siguientes: 1ª, el mercurio alterado y muy dividido, que constituye el *desecho*; 2ª, la amalgama que comienza á formarse, y que parece estar constituida por partículas muy finas, por lo que recibe el nombre de *limadura*; 3ª, la parte que aun no sufre la accion de los reactivos y no está por lo mismo desmineralizada, que se llama el *asiento*, y al último el mercurio líquido ó la amalgama ya solidificada.

En este tratamiento el mercurio no se conoce sino con el nombre de azogue, y de aquí viene el nombre de azoguero que se da al director de este beneficio.

Estando la tentadura así dispuesta, el azoguero la separa cuidadosamente con el dedo, la frota contra la jicara, y segun el color del mercurio y la mayor ó menor dificultad que presenta para formar la amalgama seca, que se llama *pasilla*, se juzga del principio del beneficio. Oprimiendo el glóbulo de azogue que ocupa la parte inferior de la tentadura, queda bajo el dedo una pequeña masa de la pella ya formada.

Por los progresos del beneficio, el desecho va desapareciendo, la limadura aumenta, el asiento disminuye, el glóbulo de azogue se achata, pierde su forma esférica, su color y su brillo, siendo mayor la cantidad de amalgama que contiene. En la marcha del beneficio de patio, se presentan con frecuencia dos accidentes que conviene conocer, para remediarlos tan pronto como se inician, á fin de reducir en cuanto sea posible las pérdidas que originan y los males que de ellos resultan.

Los que provienen de una paralización en el beneficio, ó una lentitud en su marcha, en cuyo caso se dice que *la torta está fría*, ó de una grande actividad en las reacciones, que no dando lugar á que la plata se desmineralice, ó no siendo la cantidad de la que queda en libertad suficiente para formar los compuestos necesarios, aquellas se efectúan de preferencia entre los ingredientes, con notable pérdida de mercurio. Cuando ésto sucede, se dice que *la torta está caliente*.

La tentadura presenta caracteres precisos que descubren estos accidentes, que se corrigen, el primero por la adición de magistral, y el segundo por la de precipitado de cobre. Antiguamente se empleaba la cal, pero la experiencia ha demostrado que este óxido es nocivo en la marcha normal del beneficio.

Cuando toda la plata contenida en la torta se ha separado del compuesto metálico, entrando en la amalgama formada por el mercurio, se dice que *la torta ha rendido*, y se procede á lavarla.

Antiguamente el rendimiento de la torta se apreciaba simplemente por los caracteres de la tentadura, que aunque fáciles de reconocer y de apreciar por el ojo ejercitado de un azoguero práctico, no eran bastante precisos para fijar el momento en que la última partícula de plata era recogida por el mercurio, no siendo, por lo mismo, suficientemente eficaces para evitar un lavado prematuro ó tardío.

Actualmente el rendimiento de una torta se determina con una precisión matemática, pues lo fija el resultado de una operación química, que presenta los datos que con ella se buscan, con la exactitud que ofre-

ce el cálculo, hecho con guarismos obtenidos con balanzas de precisión.

Este medio consiste en el ensaye de la pella, y es debido al Sr. Ingeniero de Minas D. Manuel Contreras.

Cuando la torta está para rendir, ó por la tentadura se presenta como rendida, se hace el ensaye de la pella, separada de una pequeña porción de la torta, por un procedimiento semejante al que se emplea para descargar la tentadura; y como se sabe la cantidad de mercurio que se ha puesto á la torta, por una simple proporción se determina la cantidad de plata que aquel ha recogido; y como por el ensaye previo se conoce la cantidad de plata que la torta contiene, una ligera comparación basta para averiguar si toda la plata se ha recogido. Los detalles y explicaciones de este interesante procedimiento, están en la Memoria que ya en otro lugar he citado.

El lavado de la torta consiste en su agitación en el agua para desagregar la masa que la forma y hacer que las sustancias que entran en ella se coloquen en el orden de sus densidades, conforme á lo que la pella, en un exceso de mercurio, ocupa el fondo del lavado; y todo lo demás, es alimentado por la corriente incesante que renueva el agua en todo el espacio en que la masa se agita.

La forma y uso de los lavaderos son detalles variables que no creo necesario consignar.

Concluido el lavado, y limpia y seca la amalgama, se separa de ella el mercurio por la presión en la manga, y por el calor en la capellina, donde se le somete á una verdadera destilación.

Comparando el mercurio recogido con el empleado en la torta, se encuentra una pérdida que consta de dos partes: la pérdida química ó *consumido*, ocasionada por la cloruración del mercurio, y la pérdida mecánica, que los azogueros llaman simplemente *pérdida*, que consiste en las pequeñas partículas de mercurio muy subdividido ó de lis, que se escapan entre las lamas en el lavado.

Teóricamente, esta pérdida debe ser de 1.75 de mercurio por uno de plata; pero en la práctica es sólo de 1.50, y en algunas Haciendas, de 1.25; es decir, de 10 onzas por marco.

Este método, llamado de patio, lo llaman los autores extranjeros método Americano: con una denominación ménos genérica, más específica y más exacta, debería llamarse método Mexicano, pues en México, en la Hacienda de la Purísima, en Pachuca, fué inventado por Bartolomé de Medina, el año de 1557.

A lo expuesto se debe añadir que en algunas Haciendas, ántes de la formación de la torta, se somete el mineral á una reverberación, que tiene por objeto destruir ciertos compuestos cuya presencia hace que sean rebeldes á este tratamiento los minerales en que se encuentran.

En otras partes la porfirización se hace en arrastres *de cuchara*, que no son más que los arrastres comunes movidos por una rueda de aspas horizontales, colocada en el mismo plano del arrastre, ocupando un espacio doble del que ocupa aquel: sobre esta rueda choca el agua que imprime el movimiento.

En otras el repaso, en vez de hacerse con caba-

llos, se hace por medio de máquinas adecuadas al objeto.

Cuando en el compuesto metálico existe la plata en el estado nativo, ésta se recoge en el arrastre en que se hace la porfirización, disponiendo éste convenientemente, y empellándolo en los términos que señalaré al ocuparme de la amalgamación directa á que se sujetan los minerales de oro.

En el Mineral de Guadalupe y Calvo se ha introducido una modificación esencial al procedimiento de Medina, que consiste en hacer el incorporo después del ensalmoro, poniendo á la torta 5 ó 6 veces su peso de mercurio, en el que se ha disuelto una cantidad de pella de cobre tal, que el peso de cobre contenido en ella representa el 30 ó el 33 por 100 del peso de plata que la torta contiene, cuyo peso se determina por el ensaye. Se pone en seguida el sulfato de cobre en la proporción de $\frac{1}{4}$ por 100 del mineral, y se da un repaso, que se repite cada dos ó tres días.

La duración de este beneficio, en general, varía con la naturaleza del compuesto metálico, con el clima, con la estación y otras condiciones difíciles de fijar; pero su duración normal es de 15 á 20 días, reduciéndose á 6 ú 8, aunque ésto es muy raro, y prolongándose hasta 35 ó 40, que tampoco es lo comun.

El sistema de amalgamación en caliente, ó sistema de *cazo*, es ménos usado en el país, y se reserva para aquellos compuestos en que la plata se halla en el estado nativo ó en el de cloruro, bromuro y yoduro. Consiste en porfirizar el mineral, teniendo cuidado de que la porfirización no sea tan completa como en el

sistema de patio: pues siendo necesario eliminar una gran parte de la materia terrosa, por una concentracion preliminar, una porfirizacion muy fina determinaria una pérdida de plata.

Despues de esta concentracion, que reduce el mineral al 2 por 100 de su peso primitivo, se pone en una caldera de cobre, ó *cazo*, cuyo borde está formado de duelas ó mampostería, de suerte que en la especie de vasija así formada, el fondo solamente es de cobre, y por esta razon se le llama *fondo*, y cuando es muy grande, *fondon*.

El cazo ó fondo está en hueco, y debajo está el hogar en que se pone el combustible destinado á producir el calor que es un agente indispensable, y á cuya accion se debe que el método lleve el nombre de *amalgamacion en caliente* con que tambien se le designa.

Prendido el fuego, se pone una cantidad de agua suficiente para que la lama que se forma por su mezcla con el mineral, resulte muy fluida; y cuando por la elevacion de temperatura llega al punto de ebullicion, se pone sal marina en la proporcion de 10 á 20 por 100 del peso del mineral. Desde este momento es indispensable agitar constantemente la mezcla sometién-dola á la friccion contra el fondo; y ésto se consigue, cuando el tratamiento tiene lugar en pequeño, por medio de una pala manejada por un operario; y en el tratamiento en grande, como sucede en Catorce, la friccion y agitacion se hace con unos prismas de cobre, colocados en idénticas condiciones á las piedras voladoras de los arrastres; siendo tambien movidas por mulas uncidas á la cabeza del espeque.

Cuando la agitacion ha hecho homogénea la mezcla se comienza á poner el mercurio, cuya cantidad total en relacion con la ley del mineral, no debe exceder del doble peso de la plata.

La cantidad puesta al principio es próximamente la cuarta parte.

Una hora despues se hace una tentadura, sacando con una cuchara de cuerno fija á la extremidad de una varilla, una porcion de la mezcla, de la que se separa la lama para inspeccionar la parte metálica, que cuando el beneficio marcha bien, consiste en una amalgama de plata en la que este metal está con el mercurio en la proporcion de 1:2. Esto se conoce cuando el color es un gris de plomo claro y está formada por particulas muy finas semejantes al polvo, por cuya razon se le da el nombre de *polveo*.

Se pone una nueva cantidad de mercurio y así se continúa hasta que la amalgama es homogénea, en cuyo caso la operacion se considera terminada; pero ántes de suspenderla se hace lo que los azogueros llaman *prueba en crudo*, que consiste en lavar en una cuchara de cuerno una pequeña cantidad de amalgama, y cuando se han eliminado las sustancias extrañas se pone un poco de mercurio, frotando la mezcla con el dedo: si la mezcla se solidifica, se continúa la operacion, agregando mercurio, pues ésto prueba que hay exceso de plata; en el caso contrario se suspende la operacion, trasvasando á un depósito la lama, se agrega á la amalgama una nueva porcion de mercurio que hace el papel del *baño*, y se lava como en el caso anterior.

Esta plata sale ligada con cobre, y ántes de intro-

ducirla á la casa de moneda, es indispensable afinarla.

Las lamas que al suspender la operacion se han trasvasado, se pueden someter al tratamiento por patio; pues si bien es cierto que la plata nativa, los cloruros, bromuros y yoduros rinden su plata con facilidad, no sucede lo mismo con los sulfuros que resisten á las reacciones que tienen lugar en el cazo, y permanecen sin desmineralizarse. En el nuevo tratamiento á que se sujeta á estas lamas, no hay necesidad de magistral, pues contienen una cantidad suficiente de cloruro de cobre.

La pérdida de mercurio en este sistema, es insignificante y puramente mecánica; y en cuanto á la ley mínima que debe tener el mineral, puede ser muy baja, de 4 á 5 onzas por carga verbi gracia, pues en la concentracion se eleva notablemente.

Este método fué inventado por Alonso Barba en 1639.¹

En el tratamiento por toneles, se comienza por clorurar el mineral en hornos de reverberacion donde se mezcla con la sal marina en la relacion correspondiente.

Esta operacion preliminar es esencialísima, y de ella depende el éxito del beneficio: pues como sólo la plata que se ha clorurado entra á la amalgamacion, la que en el horno no se ha trasformado en cloruro, es inerte en las reacciones que tienen lugar en el tonel, siendo completamente perdida.

En este sistema, lo mismo que en el de patio, la

¹ Esta fecha es la de las licencias para la impresion.

molienda debe ser muy fina, y el mineral pulverizado debe estar seco y sin grumos para entrar á la reverberacion, que se hace en hornos adecuados llamados de reverbero, en cuyo lecho se extiende el metal con un rastrillo, á fin de que forme una capa homogénea en su espesor: si no contiene pirritas de fierro es conveniente agregarlas, porque el sulfato que en la reverberacion se forma, es necesario para las reacciones que tienen lugar en el tonel.

Por la elevacion de temperatura, se volatilizan las sustancias volátiles y se oxidan los compuestos, trasformándose los sulfuros en sulfatos.

En esta operacion se consideran tres períodos: en el primero se efectúan las reacciones indicadas que terminan por la quema completa del azufre, á causa del calor del horno, y continúa aun despues que se ha dejado de añadir combustible: en el segundo, algunos de los sulfatos formados se trasforman en óxidos por el desprendimiento del ácido sulfúrico, lo que tiene lugar cuando se vuelve á calentar el horno: en el tercero, que se hace agregando sal en la proporcion de 10 á 12 por 100, se verifica la cloruracion.

Concluida la cloruracion se lleva el metal á los toneles en cada uno de los cuales se pone una cantidad proporcionada á su capacidad, cuya cantidad es de 3 á 4 cargas, para someterlas á la amalgamacion, que tambien consta de tres períodos. Al mismo tiempo se agregan algunos pedazos de fierro dulce, en la proporcion del 10 por 100 del mineral, poniendo agua en cantidad suficiente para que la lama no quede muy espesa ni muy fluida. Hecho ésto, se cierra el tonel que se hace

girar durante dos horas con una velocidad de 16 á 18 vueltas por minuto.

En este primer período, el sesquicloruro de fierro que se ha formado en el horno, sufre una descloruración parcial por la presencia del fierro metálico, pasando al estado de protocloruro. Al cabo de este tiempo se examina la masa á fin de conservarle el conveniente grado de fluidez agregándole agua si es muy espesa, ó mineral reverberado si por el contrario está muy fluida. En este segundo caso se pone de nuevo el tonel en movimiento durante una hora, lo que implica una pérdida de tiempo.

Si la masa tiene el grado de fluidez conveniente, se pone el mercurio conforme á la ley del mineral, y con una velocidad mayor, de 24 á 26 vueltas por minuto, se hace girar el tonel durante 20 horas.

Al cabo de este tiempo, que es el de la duración del segundo período, se detiene la marcha del tonel, se le llena completamente de agua y se pone en movimiento durante otras dos horas con una velocidad de 8 vueltas solamente por minuto. Se descarga despues con las precauciones debidas, y la pella se lava, seca, exprime y quema como en los beneficios anteriores.

En los toneles se benefician generalmente los *polvillos* que resultan del beneficio de patio; los minerales que necesitan ser preliminarmente reverberados; los que en el beneficio de patio dejan residuos ricos ó causan una gran pérdida de azogue; los ricos y rebeldes. En casos análogos, la diferencia entre el costo del azogue perdido en el patio, y el costo de la reverberación, decide el método que debe adoptarse.

El sistema de fundición ó por vía seca á que se someten los minerales plomosos, los de leyes muy altas, y en general los rebeldes, aunque en su esencia es uno mismo, puesto que consiste en fundir los minerales en contacto con el plomo para que éste recoja la plata, la que se separa en seguida por la acción del calor, en sus accidentes varia notablemente; y estas variaciones, que dependen de los compuestos metalíferos, de la naturaleza y proporción de las matrices, de la naturaleza y proporción de las sustancias acompañantes, de su estado de agregación y de otras circunstancias que dan lugar á otras variaciones, como la clase y dimensiones de los hornos y demas aparatos, exigen tratamientos especiales.

No me será posible abarcarlos todos, pues ésto daría á la presente Memoria un carácter didáctico que no debe tener, aumentando sus dimensiones hasta tocar términos que no debe ni puede alcanzar: así es que en este caso, como en otros análogos ó idénticos, me limitaré al exámen general del procedimiento tal como se aplica en nuestro país, y tal como debe constituir un dato en la parte de la noticia que se ocupa de la Metalurgia Mexicana.

Con frecuencia sucede que ántes de someter el mineral á la fundición, en los hornos en que esta operación se efectúa, hay necesidad de eliminar algunas sustancias cuya presencia es nociva, ó transformar algunos compuestos que en su estado natural son nocivos á las reacciones; lo que se consigue calcinándolos previamente.

Esta calcinación previa es tanto más necesaria, cuan-