

to que en México los hornos no pueden exceder ciertas dimensiones, porque en la necesidad de usar el carbon de leña, ésta, en hornos muy altos, se reduciría á *cisco* bajo el peso de la revoltura, lo que entorpecería la fundicion; ya por el poco calor que desarrolla, ya porque impediría el acceso del aire, que necesita un gran número de poros para circular libremente.

En los hornos muy altos, la carga tarda un tiempo más ó ménos largo para llegar á la zona de fusion, y durante este tiempo, el mineral se calcina; no pasando lo mismo en hornos de 3 á 5 metros, que son las dimensiones más usadas entre nosotros: la calcinacion preliminar es indispensable en los minerales que la necesitan.

Esta calcinacion se puede hacer de dos maneras: en hornos de reverbero, ó al aire libre. El primer método tiene el inconveniente de que para poder aplicarlo, es indispensable porfirizar el mineral, y en este estado no es apropiado para la fundicion, por el motivo que ántes he mencionado para el *cisco*; y tan es así, que para fundir las tierras hay necesidad de mezclarlas con cal y agua, para hacer una pasta con la que se fabrican unos cubos llamados *adobes*, de 5 á 6 centímetros por lado, que se dejan secar y endurecer ántes de ponerse en el horno.

Para no aumentar las manipulaciones, y con ellas los gastos, se prefiere el segundo procedimiento, que consiste en colocar en un terreno plano y bien apisonado, una cama de leña gruesa y bien seca, cuyos trozos se ponen atravesados formando una especie de *parrilla*, con el objeto de dar acceso al aire y facilitar su

circulacion. Sobre esta cama se pone el mineral como sale de la mina, formando un tronco de pirámide rectangular ó cuadrada, y en seguida se prende la leña por todos lados, la que pronto arde en toda su extension, comunicando el fuego á toda la masa de mineral, que á su vez arde á expensas del azufre, que se desprende en el estado de ácido sulfuroso.

Las masas así formadas, llevan el nombre de *tases* ó *caleras*.

El arsénico, el zinc, el antimonio, una parte del plomo de la galena, y en general todas las sustancias volátiles se desprenden, y al mismo tiempo se efectúa la trasformacion de que ántes se hizo mérito, cambiándose los minerales en óxidos, silicatos, sulfatos, etc., cuyos nuevos compuestos facilitan la fusion y favorecen la extraccion de la plata y el plomo con ménos pérdida si los lechos de fusion se preparan convenientemente.

En este procedimiento, no siendo igual la distribucion del calor, la calcinacion no es homogénea, pues mientras el mineral que ocupa el centro de la calera experimenta un principio de fusion, el que ocupa la superficie retiene parte de las sustancias volátiles que conviene eliminar, pero ésto se verifica en una escala tan pequeña, que no constituye un inconveniente.

Preparado así el mineral, cuando no es de aquellos que se funden en *crudo*, es decir, que no tienen necesidad de ser previamente calcinados, quedan en disposicion de pasar al horno para fundirse en contacto con los ingredientes destinados á favorecer la fusion y efectuar las reacciones que determinan la desmineralizacion



del compuesto argentífero y la separación de la plata. Este contacto se prepara antes de poner el mineral en el horno, haciendo fuera de él la mezcla con los fundentes y demás elementos que entran como reactivos; y esta mezcla es la que se denomina *revoltura*.

La fórmula de la *revoltura* varía en cada localidad; y aun en una misma hacienda, los cambios notados en los minerales dan lugar á cambios en la *revoltura*. Sin embargo, hay elementos constantes que suelen cambiar en su clase y en la proporción en que entran, pero que nunca faltan por el papel que desempeñan en esta compleja operación.

Entre estos elementos, figura en primer lugar el plomo, que como en otro pasaje lo he hecho notar, hace en este beneficio el mismo papel que hace el mercurio en el beneficio por amalgamación.

El plomo generalmente entra en la *revoltura*, bajo tres formas: 1ª, como elemento acompañante del mineral que se va á beneficiar, que casi siempre es plomoso; siendo este carácter el que, en la mayor parte de los casos, decide la elección de este sistema; 2ª, como elemento esencial de los minerales plomosos, que entran para suministrar el plomo necesario, pues casi nunca basta el que acompaña al mineral de plata, y para favorecer la fusión de la mezcla; 3ª, en el estado de óxido que artificialmente se forma en la operación que tiene por objeto separar la plata del plomo que la ha recogido en el horno, como en el beneficio de amalgamación se la separa del mercurio que la ha recogido en la torta, en el cazo ó en el tonel.

No menciono el plomo que contienen la cendrada,

fierros y grasas, porque entra como por añadidura y en cantidad indeterminable.

Los elementos que constituyen la *revoltura*, que son parte esencial del beneficio y que en parte acabo de mencionar, toman diferentes nombres, con los que son conocidos en el tecnicismo del método.

El mineral que contiene la plata, cuya separación es la esencia del procedimiento, se llama *metal de pinta*; el que se agrega por la cantidad de plomo que contiene, se llama *metal de jugo* ó *metal de ayuda*, porque ministra el metal que sirve de disolvente á la plata y porque facilita y ayuda la fusión de la masa. Estos metales tienen á su vez distintas denominaciones, según su composición mineralógica; y así los primeros se llaman *mogrollo*, cuando están compuestos de sulfuros; *bronces* cuando contienen pirritas de hierro; y *metal verde* cuando el cobre, en el estado de carbonato, óxido ó sulfuro, es parte esencial de la composición argentífera; los segundos se llaman *pepenas* si están en el estado de sulfuros, y *cuajados* si están en el de óxidos.

Estas diferencias mineralógicas implican diferencias metalúrgicas que determinan ciertas modificaciones en los detalles del procedimiento general.

El óxido de plomo que se forma en la separación de la plata, lleva el nombre de greta.

La proporción en que entra este óxido en la *revoltura* es muy variable, pues según lo he hecho observar, su objeto es completar la cantidad de plomo que falta en la mezcla.

Esto demanda una explicación que aunque fundada en un principio, que por tener un carácter científico



es comun en todas partes, lo mencionaré por la manera con que es comprendido y aplicado por nuestros fundidores en la direccion de este procedimiento.

Conocida la teoría del beneficio de fundicion, es decir, la naturaleza de los compuestos que entran al horno, las reacciones que entre ellos se verifican, el papel que cada uno representa y los nuevos compuestos que con ellos se forman, el punto objetivo del fundidor debe ser dar á su masa una fluidez conveniente para que corra con facilidad, y los diferentes elementos que la forman puedan colocarse en el órden de sus gravedades específicas, y hacer que el plomo disuelva la plata en tal proporcion, que ésta, en la liga que se forma, no exceda de 1 ó de 1½ por 100 que corresponde á 2 ó 3 marcos por quintal, con cuya ley la afinacion de la plata se hace con facilidad en la copelacion.

Esta ley es la que se da á los plomos en el Mineral de Zimapan, y fué determinada por las entendidas experiencias hechas por el hábil fundidor D. Federico Farrugia y Manly, á quien el beneficio de fundicion debe importantes mejoras, la Metalurgia en general decisivas experiencias, y la bibliografía minera, entre otros trabajos notables, una interesante Memoria sobre la Metalurgia práctica del plomo y de la plata en el Distrito minero de Zimapan, que en Agosto de 1871 presentó á la Sociedad Mexicana de Historia Natural, que esta Corporacion dió á la estampa, en la publicacion que le sirve de órgano y en la que consigna sus principales trabajos,<sup>1</sup> y que tengo á la vista al formar

<sup>1</sup> La Naturaleza. Tom. II, págs. 178, 222, 323 y 375.

estos apuntes. En otras localidades varia un poco esta proporcion, pero en términos muy reducidos.

En efecto, en el Cuestionario Minero de la Secretaría de Fomento, se encuentra una cuestion—la 102—planteada en estos términos: “¿Con qué ley de plata deben obtenerse los plomos para que la masa sea más fluida, la marcha del horno más regular y la afinacion más económica y perfecta?” Y entre los Informes que en contestacion á este Cuestionario se han rendido, se dan á la cuestion trascrita las siguientes soluciones: “Calcular el contenido del plomo de la revoltura con la ley de plata del mineral, para que el plomo no pase de 12 onzas de plata por quintal de plomo producido.”<sup>1</sup> “Para que la marcha del horno sea más regular, más fluida la masa y más económica y perfecta la afinacion, es preciso que el plomo que se obtiene no tenga una ley que pase de 2 onzas por arroba.”<sup>2</sup>

Esto supuesto, si el *metal de pinta* es muy plomoso, como cuando consiste en galenas argentíferas, ó si lo es tambien el *metal de ayuda*, la cantidad de greta empleada será muy pequeña, y habrá casos en que no haya necesidad de agregar este óxido.

Los demas ingredientes del beneficio tienen tambien nombres especiales que mencionaré en el curso de esta reseña.

Volviendo á la *revoltura*, aunque como he dicho nada puede decirse en general, en la necesidad de dar una idea sobre el modo de formarla, tomaré como tipo una de las mejor dispuestas, por el estudio que ha pre-

<sup>1</sup> El Minero Mexicano. Tom. X, pág. 247.

<sup>2</sup> El Minero Mexicano. Tom. XI, pág. 272.



sidido en su formación, presentando una de las fórmulas empleadas en la hacienda de San Antonio en Zimapán, por su entendido Director el Sr. Farrugia y Manly, en la formación de los lechos de fusión para los metales de San Júdas,<sup>1</sup> en el Mineral de La Bonanza.

Metal argentífero de la mina de San Júdas,	
calcinado al aire libre.....	3,000 lbs.
<i>Cuajado</i> de la mina de Lomo de Toro.....	3,000 „
Metal compuesto de fierro pardo.....	800 „
Plomillos lavados (Schlich) .....	700 „
Fierros del Vaso (abzugs y abstrichs).....	400 „
Copela del Vaso (cendrada) .....	650 „
Fierros de Planchera (mates) .....	900 „
Greta.....	900 „
Grasas de fundicion.....	3,750 „
<hr/>	
Peso total del lecho de fusión.....	14,100 lbs.

1 En el análisis de la pinta dominante de la mina de San Júdas en el Mineral de la Bonanza, encontré la composición siguiente:

Plomo.....	11 60
Plata .....	0 60
Azufre.....	10 80
Arsénico.....	4 20
Antimonio.....	5 50
Fierro.....	15 00
Manganeso.....	5 10
Zinc .....	8 00
Siliza.....	28 70
Pérdida .....	10 50
<hr/>	
	100 00

Reduciendo esta fórmula al tanto por 100 del metal de pinta, se tiene;

Cuajado de Lomo de Toro.....	100 00
Metal de fierro pardo.....	26 67
Plomillos .....	23 33
Fierros del Vaso.....	13 33
Cendrada.....	21 67
Fierros de Planchera.....	30 00
Greta.....	30 00
Grasas de fundicion.....	125 00
<hr/>	
Peso de la revoltura correspondiente á 100 de mineral.....	370 00

De la revoltura dispuesta con arreglo á esta fórmula, un horno semialto de 3½ metros de caja funde próximamente 31 cargas en 24 horas.

Preparada así la revoltura, se lleva al horno, cargando éste con una capa de ella y una capa de carbon de encino.

Los hornos más generalmente usados, son los alemanes, que se pueden llamar semialtos, pues su altura normal es de 3½ á 4 metros, de crisol exterior y caja rectangular. Los alcribises se colocan un poco más altos que el banco del horno, á fin de poder dar la inclinación conveniente al reposadero, con lo que, además de que corre con facilidad la masa fundida, en el crisol se colocan las diversas sustancias que la forman en el orden de sus densidades, y al darles salida se obtiene lo que los fundidores llaman *una buena sangría*.

En la colocación de los alcribises hay que tener en



cuenta su inclinacion, por lo que la columna de aire producida por el soplo, se lleva al punto en que conviene tener la mayor temperatura.

El orificio del alcribis penetra unas veces al interior del horno, y otras se detiene en la pared interior del testero: en este segundo caso, se le forma con las grasas mismas, por medio de un barreton que se introduce mojado, para que sirva de molde, una especie de tobera, á la que se da el nombre de *trompa*.

El horno, ántes de servir, necesita una preparacion, ó por mejor decir, algunas preparaciones: la primera es la formacion del lecho del banco y el reposadero, que se hace de brasca, es decir, de una mezcla en partes próximamente iguales, de polvo de carbon y de tierra refractaria humedecida. Esta mezcla se pone en el horno por capas horizontales, y se apisona con unos fierros llamados *espetones*, que se usan calientes. En esta operacion se procura dar á la brasca la mayor compacidad posible, pues de ésto depende su mayor duracion y la menor cantidad de plomo argentífero que absorbe.

La segunda preparacion es la de secarlo, y ésto se hace calentándolo un poco con carbon, para expulsar lentamente la humedad que contiene.

Cuando el horno está bien seco, es preciso calentarlo, y ésto se hace llenándolo de carbon hasta las dos terceras partes de su altura, introduciendo el aire á muy baja presion y continuando la carga de combustible hasta que el crisol llegue al color rojo oscuro.

Entónces se pone la primera carga, que es únicamente de escorias, las que, despues de estar en la zona

de fusion, caen fundidas, cerca de los alcribises, siendo este momento el que se aprovecha para la formacion de las *trompas*.

El objeto de esta carga es aumentar el calor del horno y presentar á la absorcion natural del reposadero y el crisol una sustancia sin valor, que al ser absorbida no constituya una pérdida. De este modo, absorbiendo el reposadero y el crisol la cantidad de materia fluida que son susceptibles de contener, se evita hasta cierto punto la absorcion de plomo argentífero.

Cuando las grasas corren libremente del reposadero al crisol, entónces se comienza á cargar el horno con la revoltura cargada de plomo pobre, á fin de que éste y no el plomo rico sea el absorbido por el crisol, banco y reposadero, hasta quedar saturados por él.

Despues de todas estas precauciones, se carga ya la revoltura que contiene el *metal de pinta*, ó el mineral argentífero que se trata de beneficiar.

Este, ántes de llegar á la zona de fusion, acaba de perder los elementos volátiles que le habian quedado en la calcinacion; el azufre es recogido por el fierro, que es el desulfurante por excelencia, puesto en la *revoltura*; las matrices forman silicatos fusibles y el plomo se apodera de la plata, aislándose de las demas sustancias, lo mismo que en el escorificatorio, dentro de la mufa, en el ensaye de los minerales de plata.

Cuando la masa fluida pasa con facilidad del reposadero al crisol, la fluidez de dicha masa, permitiendo la colocacion de las sustancias en el órden de sus densidades, hace que el plomo argentífero ocupe el fondo, quedando sobre la superficie de éste las escorias que,



experimentando un enfriamiento brusco por el contacto del aire, sufren un principio de solidificación, y pueden separarse para ser arrojadas al escorial. El plomo que sigue corriendo va desalojando las escorias, que ocupan la parte superior del crisol, y cuando éste está lleno de plomo, se le sangra, recibiendo la corriente en un depósito llamado planchera, de donde se trasvasa á los moldes en que se forman los *galápagos*.

En esta corriente, no sale solamente plomo: lo acompaña una parte pequeña de sub-sulfuro que sobrenada y del que se separa con facilidad, cargado de partículas de plomo, con una ley aunque inapreciable, de plata.

Estas espumas son las que se llaman fierros de planchera, que según se ha visto, entran en la revoltura en la proporción de un 30 por 100 del metal de pinta.

El soplo, que es tan necesario para conservar en el horno la temperatura requerida, y cuya acción debe ser constante, se produce de diversas maneras, pues es una operación puramente mecánica: en Zimapan se usan fuelles-pistones ó bombas de cuero impelentes, de doble efecto, movidas por una rueda hidráulica; estos fuelles arrojan 8 metros cúbicos de aire por minuto, y alimentan dos hornos semialtos y un vaso.

En la fundición de Trojes en Angangueo, y en la de Arcos en Sultepec, el soplo está producido por ventiladores movidos por turbinas escocesas de dos brazos, con el eje horizontal, en cuyas extremidades están fijas las poleas, que por medio de bandas comunican directamente el movimiento al ventilador.

Las turbinas dan 250 vueltas por minuto, y el ventilador de 1,800 á 2,000.

En la hacienda de Nombre de Dios, en Tasco, el soplo lo produce un ventilador de aspas, que da 3,600 vueltas por minuto, movido por una turbina del sistema Girard.

Ya que incidentalmente he mencionado las turbinas, aprovecharé la oportunidad para llamar de nuevo la atención sobre una turbina inventada en 1876 por el conocido Ingeniero Mecánico D. Víctor Backhausen, quien le dió el nombre de *Turbina Mexicana*.

Para poner de bulto el mérito de esta invención, recordaré que el empleo de las turbinas en general, ha presentado entre nosotros inconvenientes de no poca importancia; porque adoptando los modelos y aun las construcciones de otros países, y presentando la configuración topográfica del nuestro y sus estaciones de *aguas y secas*, condiciones especiales, no han sido enteramente aplicables aquellos motores por no ser análogas estas circunstancias; y semejantes inconvenientes se hallan notablemente disminuidos por la *Turbina Mexicana*.

Esta turbina, cuyo nombre técnico debería ser turbina de presión, atendiendo al principio mecánico en que su construcción está fundada, se distingue de las demás en que el agua no obra por reacción como en todas ellas, sino directamente por su fuerza viva, y esto sólo, permite aprovechar una caída de alguna altura, cuando la cantidad de agua es muy variable.

La generalidad con que se han aplicado las turbinas en los trabajos industriales de nuestro país, hace que todos conozcan y puedan apreciar debidamente los inconvenientes que caracterizan estos sencillos motores;