

Patente Española

MEMORIA

descriptiva sobre *Un procedimiento perfeccionado para
beneficiar minerales u otras materias que con-
tengan cobre en sus composiciones u en sus
componentes.*

POR

Edgar Arthur Ashcroft

DE

Waye House,

cerca de Ashburton,

Condado de Devon,

Inglaterra.



Memoria descriptiva

sobre

"Un procedimiento perfeccionado para beneficiar minerales
"u otras materias que contengan cobre o níquel o ambos
"metales a la vez".

=====

Solicitante: EDGAR ARTHUR ASHCROFT, residente en Waye House,
cerca de Ashburton, Condado de Devon, Inglaterra.

=====

El presente invento se relaciona con un procedimiento para beneficiar muchas clases de minerales u otras materias que contengan cobre en una variedad de formas, con o sin otros metales u otros componentes valiosos, pero muy especialmente con aquellos materiales en los que predomine como elemento componente el cobre, o el níquel o ambos metales, como por ejemplo los minerales o concentrados de cobre que se obtienen de los extensos yacimientos que existen en la Rhodesia Septentrional, o los minerales de cupro-níquel que existen en grandes cantidades en Ontario (Canadá), por ejemplo en la mina Froot, próxima a Sudbury.

Semejantes yacimientos o depósitos contienen el cobre en forma de minerales, de especies variadas muy conocidas, diseminados o esparcidos en una ganga



esquistósica u otra. Los minerales procedentes de Rhodesia puede decirse , de una manera general, que encierran de 1 a 6% de cobre. Los concentrados procedentes de estos minerales contendrán de 30 a 60% de cobre en las mismas formas minerales.

20. Semejantes minerales están clasificados, de un modo general bajo las categorías siguientes: (1) minerales oxidados; (2) minerales sulfurados o sulfuros o (3) minerales sulfuros a medio oxidar u oxidar en parte y es costumbre establecida valorar aquellos minerales que contienen el cobre como sulfuros, mucho más que los otros en razón a la mayor facilidad y economía con que se puede extraer el cobre hallado en dicha forma o estado, por los procedimientos hasta ahora conocidos.

25. Por medio del procedimiento que se describe en la presente memoria, semejante imposibilidad o dificultad no es aplicable a los minerales oxidados o a medio oxidar, pudiendo estos ser beneficiados tan económicamente como los minerales sulfurados, mientras que estos y los minerales oxidados o a medio oxidar, pueden ser objeto de tratamiento en forma mucho más económica que por los métodos existentes.

30. Los principales minerales sulfurados que se encuentran en la naturaleza, son calcopirita, (sulfuro nativo de cobre) que encierra ^{hierro,} cobre y azufre en proporciones casi iguales, la bornita, que es un mineral un tanto parecido y que contiene más cobre y menos hierro, la chalcólita que contiene cobre y azufre solamente, predominando el primero de estos metales, (en forma de sulfuro cuproso), así como sulfuros compuestos o mixtos entre los cuales se caracteriza típicamente la tetrahedrita que contiene sulfuro de cobre combinado químicamente con sulfuros de otros metales, como por ejemplo el hierro, el cinc el antimonio, etc...

35. El níquel suele hallarse combinado con el cobre



en forma de varios sulfuros complejos y de "millerita" (niquel nativo sulfurado).

55. Todos estos minerales sulfuros tienen muy estrecha semejanza en su flotabilidad y en su docilidad a la generalidad de los tratamientos metalúrgicos que hoy en día se conocen, y de los cuales creemos sea ocioso hacer mención.

60. Ahora bien, todos aquellos minerales clasificados bajo la categoría de "oxidados", que suelen encontrarse en la naturaleza, difieren de modo considerable en la mayor o menor prontitud y facilidad con que obedecen a los métodos de lavado por lixiviación y otros métodos combinados. En esta categoría entran el cobre nativo, la cuprita, (un óxido rojo que encierra 88.8% de cobre en forma de óxido cuproso), la "atacamita", (un óxicloruro de cobre hidratado que contiene 16.64% de cloro y 11.25% de malaquita de cobre), un carbonato de cobre cual la azurita que es un carbonato análogo y la crisocola, un silicato de cobre hidroso que contiene 45.3% de óxido de cobre 65. 34.2% de sílice y 20.5% de agua.

70. Los minerales de níquel oxidados son en su mayoría óxidos y silicatos carbonatos complejos tales como la gentita o garnierita.

75. Mi invento se caracteriza por el hecho de que cuando se trata de un mineral sulfuro, óxido el azufre contenido en dicho mineral, por medio de un suministro graduado de oxígeno, realizándolo, de preferencia, en un aparato autocalentador o casi autocalentador, y en hacer que el mineral se combine con el cobre y el 80. azufre en todos o en la mayor parte de los minerales presentes a fin de formar sulfato de cobre neutro soluble en el agua, el cual puede ser luego eliminado o retirado y ser puesto en solución en estado frío por medio de agua solamente, o en todo caso, agua con una escasa 85. cantidad de ácido, a fin de rectificar cualquier ligera



propiedad básica de la sal de cobre. Se puede, por ejemplo, preparar una mezcla del mineral o minerales a tratar, con o sin adición de otros sulfuros, tal como el sulfuro de hierro, con el fin de tener la seguridad de que se halle presente en la mezcla la necesaria cantidad de azufre, preparándose dicha mezcla en tales proporciones que la totalidad del azufre en ella contenido baste para responder a la ecuación siguiente (sobre poco más o menos), en la que todo el azufre vá representado como si se hallase en simple combinación con el hierro en forma de sulfuro ferroso y todo el cobre presente en estado de óxido, a saber:



De hecho, el azufre podrá hallarse en su totalidad o en parte en otras formas de combinaciones, como por ejemplo, en forma de otros sulfuros de hierro o en parte, como sulfuro de cobre; no obstante, las variaciones que pudiera haber en la naturaleza de los compuestos, influyen muy poco o nada en el resultado final de las reacciones, siempre y cuando que en dichos compuestos haya por lo menos presente aquella cantidad de azufre que se necesite para formar sulfato de cobre con todo el cobre presente o existente en el mineral bajo tratamiento, y suministrar, además, el suficiente trióxido de azufre para que compense o neutralice cualquier materia en forma de ganga básica, o cualesquiera otros óxidos metálicos, excepto el de hierro, que pueda haber presentes en la mezcla.

Como quiera que el sulfuro de hierro es el único sulfuro que cede su ácido a los óxidos circundantes o ambientes o compuestos básicos, de la mezcla, y de por sí constituye un óxido permanente, se comprenderá que, con el fin de responder o llenar el expresado requisito, será preciso que el sulfuro de hierro, (ya sea solo o en forma de calcopirita o de otros compuestos, similares) se halle siempre presente en cantidad que esté por lo



menos equiparada a las proporciones moleculares de los ingredientes básicos u oxidados que contengan las antedichas mezclas.

125. Mi invento se caracteriza, además, por el hecho de que los antedichos materiales pueden ser tratados preferentemente, en forma de mezclas apropiadas o convenientes de sulfuros y de óxidos, (y a veces acompañados de una mezcla prudencial de cloruro ferroso o sulfato ferroso), con gas oxígeno, a una temperatura de unos 600° Centígrados, y preferentemente de tal manera que la carga no sufra perturbación durante el tiempo en que reacciona con el oxígeno, y el enfriamiento subsiguiente, siendo factible cubrir o revestir todas las superficies que estén al descubierto con una capa muy delgada de un material
130. inerte, durante la reacción y el enfriamiento. Hecho esto, se pueden extraer las sales^{solubles} de cobre y de níquel, (que son en su mayoría sulfatos), con agua o ácidos diluidos, a cuyo efecto puedo servirme de ácido sulfúrico en cantidades convenientes, o cuando se mezcle cloruro ferroso con las
135. cargas antes de la oxigenación, la solución ácida mezclada consistente principalmente en ácido clorhídrico, que es emanado de las cargas durante el tratamiento por el oxígeno, y que puede ser utilizado una vez y otra.

140. De esta manera prácticamente la totalidad del cobre y la totalidad del níquel presentes son extraídos en una o más veces u operaciones, (por lo general una sola) dejando residuos muy pobres o escasos en estos dos metales y encerrando también todas las materias ganguíferas reaccionables, (calcio y su equivalente)
145. colmadas de ácido y todo el contenido de hierro en forma de Fe_2O_3 insoluble.

150. Una vez que el cobre o el níquel o ambos han sido extraídos en su totalidad, o en una medida cualquiera conveniente, en la forma antedicha, los metales y sus radículas ácidas podrán ser recuperados de las soluciones
- 155.



160. de una manera cualquiera conveniente, siendo uno de los métodos de hacerlo, la precipitación por medio de amoniaco obtenido en la forma que se describe a continuación, con o sin ácido carbónico, para obtener de esta suerte sulfato de amonio como subproducto valioso y los metales niquel o cobre, o ambos, en forma de óxidos o carbonatos, juntos o separadamente.

165. El residuo sólido consistente en ganga y óxido de hierro que queda de la extracción del cobre o del niquel contendrá cualquier pequeña cantidad de oro o de plata u otros metales preciosos que pudiera haber presentes en la materia de origen, y estos metales pueden ser recuperados o regenerados por medios o métodos conocidos, como por ejemplo, por el procedimiento del cianuro, del amalgamado, del cloro y sus similares, o por concentración por gravedad y fundición.

175. Los óxidos de cobre o de niquel o ambos o los productos metálicos brutos podrán quedar reducidos a metales que reúnan las propiedades normales exigibles en el mercado, realizándose esto de las maneras que son sabidas.

El aparato del cual me sirvo preferentemente para llevar a cabo la antedicha reacción con el oxígeno, es el siguiente.

180. Consiste el aparato en una cadena sin fin que lleva consigo una tanda de bateas o cubetas o receptáculos similares capaces de ser llenados y desocupados automáticamente, haciendo pasar dichas cadenas sin fin por unos tubos de gran longitud aislados del calor y en los que el oxígeno, (o aire enriquecido o su equivalente), es introducido por un extremo saliendo los gases de escape por el otro extremo; durante el paso a través de los tubos, dichas bateas con su carga, y los gases, sufren un intercambio térmico, siendo los tubos y los gases caldeados, 185. si es preciso en una zona de su paso por los tubos, a fin 190.



de asegurar que se alcance la temperatura exacta y el poder regular esta como es debido durante la reacción.

El conjunto del dispositivo guarda cierta semejanza con el del paso por un horno de túnel, yendo las cosas
195. dispuestas de tal modo que las bateas de carga resulten en parte calentadas por los gases de escape antes de ser descargados estos, y enfriadas casi del todo por los gases entrantes antes de ser desocupadas. Los dispositivos para la carga y descarga de dichas bateas o cubetas podrán ser
200. un tanto parecidos a los de las máquinas de concrecionado que suelen emplearse en la preparación de cargas para los altos hornos de fundición de plomo.

Otra característica del presente invento es la posibilidad de generar el oxígeno que se requiere para la
205. reacción en parte, (por ejemplo en la proporción de 3/4), por la electrolisis del agua, y en parte (una cuarta parte por ejemplo), por la compresión fraccionada y licuación del aire.

Después puedo aprovechar el nitrógeno y el hidrógeno puros así producidos, (como subproductos de la fabricación
210. de oxígeno), para producir amoniaco por medio del conocido método de reacciones sintéticas, pudiéndose utilizar el amoniaco así producido, para recuperar el cobre y el níquel de las soluciones producidas, como queda dicho,
215. por precipitación en una forma cualquiera conveniente, y el producto resultante, o subproducto, de sulfato de amonio, contribuirá materialmente a sacar provecho del procedimiento, y constituirá un medio conveniente de sacar partido del azufre contenido en minerales ricos en azufre, como por
220. ejemplo los de la mina Froid en Ontario. Cualquier cantidad de ácido sulfúrico sobrante o en exceso o gases de escape que contengan óxidos de azufre podrán también combinarse con el amoniaco producido económicamente en la forma explicada.

225. Mi invento constituye, pues, un medio de abaratar



- la producción del cobre y del níquel y demás metales concurrentes solos, así como para la producción simultánea de sulfato de amonio sumamente económica. Esta parte de mi invento, no habrá de ser considerado como una mera
230. adición de la fabricación de sulfato de amonio a la fabricación del cobre o del níquel. Los antedichos métodos combinados y estrechamente enlazados originados por experiencia e investigaciones científicas, realizan este abaratamiento de la producción de ambos productos en
235. condiciones que haga factible el tratamiento económico de muchos materiales o minerales pobres y complejos o de baja ley que hasta ahora no han podido ser beneficiados o tratados en condiciones económicas, así como la producción de sulfato de amoníaco, también en condiciones y en
240. circunstancias que no permitían hasta ahora su producción económica.

- No circunscribo, sin embargo, mi invento al ciclo de trabajo completo que dejo explicado sino que me reservo el emplear una cualquiera de sus partes o fases en otras
245. combinaciones útiles o convenientes; así por ejemplo, el antedicho tratamiento por el oxígeno podrá ser empleado meramente como una forma de acabado perfecto de calcinación con sulfatación para los minerales de cobre o níquel empleada en combinación con otras formas de tratamiento
250. subsiguientes.

- En el antedicho tratamiento por oxígeno de las cargas de minerales oxidados y sulfurados, del cobre, por ejemplo, se ha podido comprobar que lo más acertado es tratar dichas cargas de modo tal que no se revuelvan
255. o sufran la menor perturbación en el curso de su reacción y enfriamiento, pues de esta manera, he podido obtener los más elevados rendimientos en extracción hidráulica del cobre, (que han ascendido con cargas debidamente proporcionadas), en la medida de un 95% o más de la
260. totalidad del cobre presente sin el empleo de ácido alguno



en absoluto.

He aquí un ejemplo demostrativo de mi invento por medio de un ensayo hecho tiempo atrás.

265. El mineral a tratar era un mineral que contenía 5.47% de cobre y tan solo 0.06% de azufre en la materia matriz oxidada usual.

270. 500 gramos de este mineral fueron molidos y tamizados por una malla de -100 y mezclados con 40 gramos de sulfuro de hierro ordinario, molido también y tamizado por un tamiz de -100 mallas.

275. La mezcla se echó en una retorta vertical de 20 pulgadas de largo por tres pulgadas de diámetro hecha del cristal conocido con el nombre de "Pyrex", (que es objeto de marca registrada) y provista de un tubo lateral cerca de su extremidad superior descubierta. La extremidad inferior iba cerrada en la forma de un tubo de ensayo grande. Después de introducida la carga en la retorta se practicó en ésta un agujero de una pulgada de diámetro por el fondo de la retorta, introduciendo y sacando

280. a presión un conformador, quedando la carga herméticamente prensada alrededor del conformador antes de ser retirado este último. Un tapón de caucho perforado por un tubo de admisión de muy pequeño diámetro para el gas oxígeno, y que conducía al fondo del agujero hecho en la carga

285. prensada, tapaba la extremidad superior abierta de la retorta. Un tubo análogo sirvió de pirómetro, quedando ambos tubos suspendidos libremente en el agujero de una pulgada de diámetro formado en la carga empacada o prensada. Una tanda o serie de botellas que terminaban

290. en un cilinaro que hacía de gasómetro y que contenía líquidos de absorción para los gases de escape (tales como SO_2 o CO_2 o Cl_2 o HCl), quedó empalmado por medio de una tubería de caucho al tubo lateral de la retorta y en circuito cerrado, de manera que todos los gases de escape pudieran

295. quedar convenientemente absorbidos, o de ser insolubles,



medidos.

300. La retorta fué luego calentada en un horno de resistencia eléctrica y en unas dos terceras partes de su longitud, que es la parte que contenía la carga, y tan pronto como se alcanzó una temperatura de 400° C, se inyectó una corriente de gas oxígeno de la intensidad de un litro por minuto, quedando aislada o cortada la corriente de calentamiento del horno. La temperatura subió a 600° C, un tanto rápidamente, reduciéndose la corriente de oxígeno a la debida intensidad para mantener dicha temperatura. 305. La totalidad del gas fué absorbida, y únicamente escapó de la retorta gas CO_2 procedente de la malaquita que fué absorbido en sosa cáustica y una insignificante cantidad de vapor que en el acto se condensó en la 310. primera botella (vacía) de dicha serie. Este vapor fué generado del agua de hidratación de los minerales sobre los cuales se operó. Al cabo de hora y media próximamente, (durante cuyo tiempo la admisión de oxígeno quedó considerablemente reducida) cesó la absorción de gas oxígeno, pasando éste por la cadena o tanda de 315. botellas al cilindro de medición, indicando que la reacción era completa. En el acto empezó a descender la temperatura y quedó terminado el tratamiento.

320. La carga pudo ser fácilmente evacuada de la retorta, pues escasamente llegó a endurecerse en forma de pasta y al ser luego lixiviada o lavada con agua y después del subsiguiente lavado del residuo con un poco de ácido débil, y después de filtrada, cedió casi la totalidad de su cobre, (27.5gr) a la solución, en forma 325. de sulfato de cobre casi puro.

330. Tan solo una insignificante cantidad de hierro fué disuelta quedando prácticamente la totalidad del hierro presente en el mineral o adicionado a éste, en el residuo, en forma de óxido férrico, transmitiendo a éste el color característico de rojo oscuro subido.



- El experimento fué repetido muchas veces empleando diferentes minerales naturales de hierro, cobre y níquel de análogo porcentaje en sulfuro de hierro para reemplazar el sulfuro de hierro artificial empleado en un principio,
335. y se obtuvieron los mismos resultados. Varios minerales de sulfuro de cobre oxidados fueron objeto de análogo tratamiento dando resultados satisfactorios. Posteriormente, se hicieron experimentos en un horno de mufla de acero al cromo con revestimiento calorífugo y provisto de medios para aumentar y graduar la temperatura por medio de una lámpara de soplete pequeña. La mufla tenía 9 pulgadas de largo por 6 pulgadas de ancho y 5 de profundidad con su extremidad posterior cerrada permanentemente y la extremidad anterior provista de una puerta de cierre hermética, por su parte inferior, por la cual se podían introducir bateas someras de un material análogo de 1 y 1/4 pulgadas de profundidad, pudiéndose meter y sacar el piso de la mufla. Cada batea de chapa de acero contenía muy a gusto un kilogramo de las cargas mezcladas.
- 340.
345. El oxígeno penetra con suma rapidez a través de la masa del material, aun cuando la carga esté finamente molida, estacionada y estrechamente prensada y en capas de varias pulgadas de profundidad. Semejantes capas podrán contener muchas toneladas de material a las que el oxígeno solo podrá ser accesible desde la superficie, el fondo o los lados. Es, sin embargo, posible remover las cargas o tratarlas de nuevo, antes o después de su extracción para lograr una completa reacción y solubilidad del cobre.
- 350.
355. La Tabla nº 1, que viene a continuación muestra unos cuantos experimentos de selección hechos con minerales de cobre de Rhodesia. El sulfuro oxidado en parte y señalado con el número S164 empleado en los ensayos nº 2 y nº 3, fué un mineral que encerraba una cantidad excesiva, (más de un 28%) de material ganguífero o básico que era
- 360.
365. enteramente inadecuado para la extracción económica del



azufre por lavado ácido y en realidad por procedimiento alguno conocido. Esto explica la elevada proporción de concentrados de sulfuro que requieren estas cargas.

TABLA Nº 1.

		Minerales ensayados con:			
		Cu.	Fe.	S.	Insolu. en HCl y HNO ₃ .
370.	N' Changa Nº S163A oxidada, (con poco sulfuro)	2.49%	0.87%	0.18%	91.4%
	contiene				
	N' Changa Nº S163B oxidada (con poco sulfuro)	2.42%	0.90%	0.19%	11.25%
	"				
	N' Changa Nº S164 (sulfurada un poco oxidada).	3.96%	2.60%	1.47%	75.70%
	"				
	Calcopirita concentrada, nº S151.	35.00%	30.20%	34.80%	Nada.
	"				
	Calcopirita concentrada nº S162.	30.50%	27.64%	31.07%	10.20%
	"				

En el ensayo nº 1 el mineral fué mezclado con concentrados de calcopirita y 1% de su peso con carbón vegetal, calentado por oxígeno y extraído con ácido sulfúrico muy diluido, seguido de un lavado con 1200 cm³ de ácido sulfúrico al 3.45% y a una temperatura de 80º C.

375.

En el ensayo nº 2 el mineral fué mezclado con calcopirita y 1% de su peso con carbón vegetal, calentado por oxígeno y extraído con ácido sulfúrico muy diluido seguido de un lavado con 600 cm³ de ácido sulfúrico al 3.2% y a la temperatura de 80º Centígrados.

380.

En el ensayo nº 3 el mineral fué mezclado con concentrados de calcopirita, calentado por oxígeno y extraído con agua, seguido de un lavado con 1500 cm³ de ácido sulfúrico al 5% y a la temperatura del ambiente.

385.

En el ensayo nº 4, el mineral fué mezclado con concentrados de calcopirita calentado por oxígeno y extraído con agua, seguido de un lavado con 1500 cm³ de ácido sulfúrico al 5% y a la temperatura del ambiente.

En el ensayo nº 5, el mineral fué mezclado con

390.

concentrados de calcopirita calentado por oxígeno y



y extraído con agua, seguido de un lavado con 1000 cm³ de ácido sulfúrico al 5% y a la temperatura del ambiente.

395. En el ensayo nº 6, el mineral fué mezclado con concentrados de calcopirita, calentado por oxígeno y extraído con muy poco ácido sulfúrico diluido, seguido de un lavado con 500 cm³ de ácido sulfúrico al 4% y a la temperatura de 80º Centígrados.

400. En el ensayo nº 7, el mineral fué mezclado con concentrados de calcopirita envueltos con 10% de su peso de ganga silíceo, calentado por oxígeno y extraído con agua, seguido todo ello de un lavado con 500 cm³ de ácido sulfúrico al 4% y a la temperatura del ambiente.

405. En el ensayo nº 8, el mineral fué mezclado con concentrados de calcopirita, envuelto en 10% de su peso de ganga silíceo y extraído con agua, seguido luego de un lavado con 500 cm³ de ácido sulfúrico al 4% y a la temperatura del ambiente.

410. En el ensayo nº 9, el mineral fué mezclado con concentrados de calcopirita, calentado por oxígeno, luego se dejó enfriar, se mezcló de nuevo y se volvió a calentar por oxígeno, extrayéndolo con agua y seguido luego todo ello de un lavado con 500 cm³ de ácido sulfúrico al 4% y a la temperatura del ambiente.

415.



Nº del ensayo.	Mineral Empleado.				Cobre extraído Ensayos de disoluciones en gramos.	Porcentaje de recuperación de cobre del ensayo del residuo y peso.
	Numero.	Peso.	Malla del tamiz.	Contenido en cobre.		
1.	S163B.	900	-20	21.80	Extracto muy diluido de H ₂ SO ₄ 44.30	94.1%
	S151	100	-100	35.00	En lavado con H ₂ SO ₄ 7.05	
	Total	1000	Total	56.80	Total..... 51.35	
2.	S163B.	900	-20	21.80	Extracto muy diluido de H ₂ SO ₄ 50.98	96.77%
	S151	100	-100	35.00	En lavado con H ₂ SO ₄ 2.85	
	Total	1000	Total	56.80	Total..... 53.83	
3.	S164	700	-30	27.70	En extracto agua 122.39	95.86%
	S151	300	-100	105.00	En lavado con H ₂ SO ₄ 3.44	
	Total.	1000	Total	132.70	Total..... 125.83	
4.	S164	650	-30	25.70	En extracto agua 139.46	96.83%
	S151	350	-100	122.50	En lavado con H ₂ SO ₄ 2.71	
	Total.	1000	Total	148.20	Total..... 142.17	
5.	S163B.	850	-20	20.57	En extracto agua 65.932	95.2%
	S151	150	-100	52.50	En lavado con H ₂ SO ₄ 3.009	
	Total	1000	Total	73.07	Total..... 68.941	
6.	S163B.	900	-20	21.80	En extracto muy diluido de H ₂ SO ₄ ... 49.75	95.22%
	S151	100	-100	35.00	En lavado con H ₂ SO ₄ 4.07	
	Total.	1000	Total	56.80	Total..... 53.82	
7.	S163B	675	-20	16.33	En extracto agua 35.754	93.82%
	S151	75	-100	26.25	En lavado con H ₂ SO ₄ 3.439	
	Total.	750	Total	42.58	Total..... 39.193	
8.	S163B	637.5	-20	15.43	En extracto agua 46.734	98.11%
	S162	112.5	-100	33.93	En lavado con H ₂ SO ₄ 1.448	
	Total	750.0	Total	49.36	Total..... 48.182	
9.	S163B	850	-20	20.57	En extracto agua 64.032	97.65%
	S162	150	-100	45.75	En lavado con H ₂ SO ₄ 0.691	
	Total.	1000	Total	66.32	Total..... 64.723	



Nº.	Consumo en gramos de		Relación entre el cobre extraído y		Peso del residuo en gramos.	Ensayo del residuo.	Ensayo del residuo calculado sobre el peso primitivo del mineral
	O ₂	H ₂ SO ₄	O ₂	H ₂ SO ₄			
1.	88.18	49.21	1: 1.72	1 : 0.92	870	0.386% Cu	0.336% Cu.
2.	88.18	28.5	1: 1.64	1 : 0.53	875	0.199% Cu	0.174% Cu.
3.	222.12	75.83	1: 1.79	1 : 0.60	721.4	0.762% Cu	0.440% Cu.
4.	257.11	63.63	1: 1.81	1 : 0.49	691.4	0.679% Cu	0.470% Cu.
5.	76.48	14.06	1: 1.11	1 : 0.20	847.5	0.415% Cu	0.352% Cu.
6.	88.18	39.38	1: 1.64	1 : 0.69	876.1	0.310% Cu	0.272% Cu.
7.	70.64	10.18	1: 1.80	1 : 0.24	739.0	0.356% Cu	0.351% Cu.
8.	75.06	8.90	1: 1.52	1 : 0.18	722.2	0.182% Cu	0.175% Cu.
9.	98.40	3.72	1: 1.48	1 : 0.06	865.6	0.180% Cu	0.156% Cu.

La cantidad de sulfato de amonio producida mediante precipitación de la totalidad del hierro y del cobre de estas soluciones, por medio de amoníaco fué como sigue:

Experimento nº 1 109.7 gramos de sulfato de amonio.

420.	"	- 2	114.3	"	"	"	"	"
	"	- 3	353.1	"	"	"	"	"
	"	- 4	365.9	"	"	"	"	"
	"	- 5	162.3	"	"	"	"	"
	"	- 6	135.8	"	"	"	"	"
425.	"	- 7	91.6	"	"	"	"	"
	"	- 8	114.4	"	"	"	"	"
	"	- 9	151.6	"	"	"	"	"

La siguiente Tabla II muestra un tratamiento análogo de un mineral de cupro-niquel en el que se emplea algo de cloruro ferroso.

TABLA II.

Análisis del mineral empleado:



CU... 2.70% Ni ... 4.80% S..... 9.10%
 Fe.. 11.60% Insol^s. 53.20% Tierras alcalinas..... 15.70%

435. El mineral empleado pesó 500 gramos, fué pasado por un tamiz de -50 mallas y contenía 13.5 gramos de cobre y 24.0 gramos de níquel. Este mineral fué mezclado con 20% de su peso de cloruro ferroso, calentado en una atmósfera de oxígeno y extraído con agua. El residuo

440. fué lixiviado en una solución captada, con temperatura de 80° C seguido de un lavado con 700 cm³ de ácido sulfúrico al 10% a 80° C. El consumo en gramos de oxígeno (por cálculo) y de ácido sulfúrico fué de 64.57 y 21.71, respectivamente. Las relaciones entre el cobre y el níquel

445. extraídos y el óxígeno(calculado) y el ácido sulfúrico fueron 1:1.72 y 1:0.58, respectivamente:

Cobre y níquel extraídos (Ensayo de soluciones)	Cobre. Níquel		Peso del residuo.	Ensayo del residuo	Ensayo del residuo calculado sobre el peso primitivo del mineral.
En extracto con agua...	12.08		380	0.18% Cu 0.23% Ni	0.1368% Cu 0.1748% Ni
En solución lixiv. cap.	0.063	0.585			
En lavado de H ₂ SO ₄	0.450	0.430			
Total...	12.593	23.3 calculado sobre el ensayo del residuo			

La cantidad de sulfato de amonio producido precipitando todo el cobre, el níquel y el hierro con amoníaco fué de 112.296 gramos.

450. La antedicha reacción con el oxígeno es sumamente exotérmica, y una vez que la carga ha sido elevada a la temperatura de reacción, prosigue sin aditamento alguno de calor extraño. Con el fin de iniciar o encebar la reacción se pueden calentar las cargas o el horno durante

455. breve tiempo, de una manera cualquiera conveniente, o bien se puede mezclar con las cargas una pequeñísima



460. cantidad de carbón vegetal en polvo, o cualquier otro combustible que reaccione con el oxígeno a temperaturas sumamente bajas y que, antes de su combustión ponga la carga a la debida temperatura de reacción, después de lo cual el calor mismo de la reacción mantendrá la temperatura hasta el final si se cuida de regular como es debido el suministro de oxígeno.

465. El cobre así producido en forma de sulfato de cobre casi puro puede ser recuperado de su solución, y se puede aprovechar el ácido en cualquier forma conveniente.

470. Mi invento se caracteriza, además, por el hecho de que, en vez de añadir un sulfuro, por ejemplo, un sulfuro ferroso, a los minerales oxidados a beneficiar en la forma explicada, puedo sustituirlo por sulfato ferroso y luego oxidar la mezcla en la forma que queda descrita y explicada.

475. La proporción de sulfato ferroso deberá ser tal que el anhídrido sulfúrico que contenga sea suficiente (o más que suficiente) al ser tomado en unión de la radícula sulfónica (SO_4) que resulta de la oxidación de cualesquiera sulfuros naturales de hierro, cobre o níquel que haya presentes en el mineral, para producir sulfatos neutros con todo el cobre y el níquel así presentes, más
480. cualquiera materia de ganga básica que haya presente. El hierro, tanto el añadido como el que ya contenía de por sí el mineral, será luego convertido en óxido férrico y quedará en el residuo después de extraídas las sales de cobre o de níquel por medio de agua o de un ácido débil
485. y filtración.

490. De predominar sobremanera el hierro o el azufre, el sulfato férrico, que es lo primero que se forma, se descompondrá en su mayor parte, y como es soluble se disolverá a la vez que los sulfatos de cobre y níquel. El sulfato férrico reaccionará con el amoniaco, preferentemente antes que uno u otro de los sulfatos de cobre o de



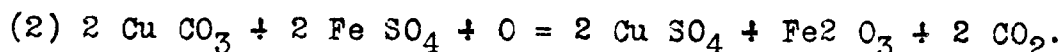
niquel, formando hidróxido férrico y sulfato de amonio.

De este modo se puede efectuar una separación bien definida del cobre y del hierro.

495. En vez de emplear sulfato ferroso puedo servirme de cloruro ferroso con los mismos resultados, solo que las sales de cobre o de níquel resultantes serán entonces cloruros, en tanto que su radícula ácida proceda de la oxidación de la sal de hierro adicionada, y sulfatos en

500. tanto que dicha radícula sea producida por la oxidación de un sulfuro natural u otro que haya presente. Si abundase en demasía el azufre en estado de sulfuro de hierro en la carga, la mayor parte de las sales formadas serán sulfatos y el cloro pasará en su mayor parte como ácido clorhídrico.

505. La reacción que tiene lugar con el sulfato de hierro añadido es la siguiente, resultando una reacción exactamente análoga del empleo de cloruro ferroso:



510. Obsérvese que, así como la oxidación de 2 moléculas de sulfuro ferroso requiere 9 átomos de oxígeno, la oxidación análoga del sulfato en la antedicha reacción requiere tan solo un átomo, y en esto ya resulta una importantísima economía.

515. Las reacciones antedichas, bien sea la reacción del cloruro o la del sulfato, son, no obstante, lo suficientemente exotérmicas para llevar a cabo el procedimiento sin aplicar calor externo alguno, excepto para elevar la carga o parte de ella a la temperatura de reacción cuando la cantidad de azufre y de metales que hay presente es de alguna consideración.

520. He visto que es preferible en estas oxidaciones o cloruraciones, que tienden a producir una cantidad máxima de sales solubles de cobre o de níquel en la carga, antes de extraerla, el tratar la carga en estado de quietud o estacionario. A este efecto puedo servirme del aparato anteriormente descrito o de otro de forma cualquiera

525.



530. apropiada; puedo, por ejemplo emplear un árbol o columna vertical e inyectar oxígeno en ella por arriba o por abajo mientras que el agua y el bióxido de carbon escapan por el fondo o por la parte superior de la carga.

El mineral se podrá moler a un grado de finura conveniente, siendo un grado de molido muy conveniente de 20 a 30 mallas, pero se puede emplear un grado de moltura más fino o más grueso.

535. Considerado lo variado de la composición de los minerales de cobre con relación a estas reacciones se vé que algunos de ellos, como la calcopirita, por ejemplo, son capaces de producir ácido sulfúrico al ser oxidados en bastante mayor grado que el que se requiere para

540. formar sulfato de cobre con la totalidad del cobre que contienen, al paso que otros, como por ejemplo, la chalcosina o calcosita, solo son capaces de producir dicho ácido en una parte de su porcentaje de cobre, no produciendo ácido alguno en absoluto los minerales

545. oxidados tales como la malaquita, la crisocola y sus similares.

Es, pues, la mezcla prudencial de estos minerales, de modo que la totalidad del cobre presente, asi como determinados de los componentes ganguíferos antedichos queden saturados de ácido sulfúrico, sobre todo con el empleo de oxígeno en totalidad o en parte en vez de aire, lo que determina el buen éxito de esta operación para convertir todo, o casi todo el cobre en sulfato soluble, calentándose por completo o casi por completo de una manera

550. automática y por lo tanto muy económica, al contrario de lo que ocurre con los métodos conocidos de calcinar dichos materiales con oxidación, que no solo no permiten obtener dicho resultado sino que consumen mucho combustible.

560. Mi invento tiene tambien aplicación muy indicada para el tratamiento de mattes que lleven cobre y



hierro, y muy especialmente los que encierran impurezas perjudiciales tales como el plomo.

565. Los mates destinados a este objeto pueden ser molidos y tratados solos o de preferencia mezclados como queda dicho, con minerales de cobre oxidados, tratados por medio de oxígeno y lavados en agua. De este modo el cobre queda separado del plomo como sulfato soluble, al paso que el sulfato de plomo que es insoluble, queda en unión del óxido de hierro en el residuo después de la extracción.
570. En vez de oxígeno puro puedo emplear en una cualquiera de las reacciones antedichas aire solo o enriquecido de oxígeno en proporciones cualesquiera convenientes, o también puedo empezar y terminar las reacciones con oxígeno y aire enriquecido en oxígeno o de otra manera, a fin
575. de mantener las reacciones durante sus fases de mayor vigor, de cuya manera puedo suministrar una considerable parte de la totalidad de oxígeno necesaria mucho más económicamente que por medio del gas puro.
580. Cuando se emplee oxígeno solo y durante las fases más vigorosas de la reacción no escaparán en absoluto gases afluentes del aparato y no se producirán por lo tanto emanaciones molestas de bióxido de azufre.
585. En aquellos casos en que se cubrieron las superficies de las cargas que estaban al descubierto con una capa de un material inerte y estéril como de 1/16 de pulgada de espesor se consiguió mejorar todavía más las extracciones y que llegaran a exceder de 95% sin el empleo de ácido alguno y de 97 a 98% empleando ácido en la relación de 0.1 parte de H_2SO_4 por 1.0 parte de Cu.
590. El procedimiento y los resultados obtenidos con minerales de cupro-niquel del Canadá fueron exactamente iguales. En tal caso es ventajoso mezclar de 5 a 20% de cloruro ferroso con las cargas y captar los gases emanados en un poco de agua, obteniendo de este modo una solución
595. bien concentrada de ácido clorhídrico, (con algo de ácido



sulfúrico y utilizar esta solución para extraer lo último que quede de níquel de los residuos deshidratados, y regenerar el cloruro ferroso para poder utilizarlos de nuevo. De esta manera se logran las más perfectas extracciones. No obstante, el empleo del cloruro ferroso en la forma antedicha no es esencial para la realización de mi invento y puede, por lo tanto, ser substituido por otros medios para extraer la última parte, o sean los indicios de níquel por ejemplo, por lavado con ácido sulfúrico o repitiendo el tratamiento con óxígeno después de mezclar más mineral sulfuro o mediante adición y oxidación de sulfato ferroso.

Cuando un mineral, o un concentrado, encierre tan poca cantidad de azufre combinado con hierro que no convenga proveer la necesaria cantidad de materia oxidada para su tratamiento a fin de conseguir las reacciones equilibradas, como dejo explicado, el azufre que contenga dicho mineral podrá ser reducido mediante prévia calcinación o fundición piritosa o bien se podrá aplicar el tratamiento por oxígeno al mineral sin calcinar y sin mezclar, y el gas SO_2 que en ese caso emane durante el tratamiento por el oxígeno podrá ser captado y aprovechado para cualquier otro fin útil.

Algunos de los antedichos minerales de cupro-níquel canadienses contienen más de 25% de azufre y pueden ser ventajosamente beneficiados de esta manera.

Como se vé, pués, puedo aplicar potestativamente mi invento bien sea en el tratamiento direcco de minerales sulfurados o concentrados sulfurados o mates o sus análogos, en vez o además del proceso de flotación usual y en vez de fundición. O tambien puedo aplicarle para tratar con la mayor ventaja posible cualquier mezcla que se quiera (ya sea natural o artificial) de minerales "sulfuros" y "oxidados" que contengan cobre y, además, sulfuros o sulfatos de hierro cuando estos materiales sean aprovechables en el



punto de tratamiento.

En el curso de la presente memoria al servirme de los términos "mineral" o "material" quiero dar a entender, cuando sea aplicable por el contexto, que

635. comprenden cualquier mineral concentrado, matte, escoria, escombreras, sedimentos, residuos u otros materiales de los cuales se pueda extraer cobre, solo o en unión de otros metales.

640. La palabra "horno" o expresión equivalente abarca retortas horizontales, inclinadas o verticales, muflas, hornos abiertos, o cerrados, con o sin espetones o hurgones mecánicos, hornos rotatorios, hornos de túnel, hornos de calcinación, cámaras, paletas mecánicas, o cualesquiera forma de aparatos calentadores a los cuales se pueda aplicar calor por medio de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos, o por medio de la electricidad, por la parte interna o externa o bien por el calor de reacción del procedimiento mismo.

650. Para las operaciones del lavado, lixiviado o extracción puedo servirme de tinajas, gamellas o cubas de formas cualesquiera apropiadas, con o sin aparatos agitadores y con o sin filtros, o tambien puedo servirme de agitación o removido por aire o de lavado con filtración en cuba al descubierto.

655. El método que he descrito como preferente o más acertado de precipitar el cobre por medio de amoniaco puede ser reemplazado sin apartarse por ello del principio de mi invento por cualesquiera otros métodos o medios conocidos o apropiados de recuperar sobre de las soluciones que lo contienen, por ejemplo, por electrolisis, o por el procedimiento que se describe en mi patente inglesa solicitada en 1930 bajo el nº 170 y que se halla en tramitación.

660.



Habiendo ya descrito ampliamente la naturaleza de mi invento así como la manera de llevarlo a la práctica, debo hacer constar que las disposiciones

635. anteriormente descritas, son susceptibles de ligeras modificaciones de detalle, sin que se altere el principio fundamental del invento, y lo que constituye su esencia y por lo que solicito patente de invención por veinte años en España es por: "Un procedimiento perfeccionado para beneficiar minerales u otras materias que contengan cobre o níquel o ambos metales a la vez" caracterizándose por lo siguiente:
- 640.

1º.= En el tratamiento o beneficiado de minerales, concentrados y otros materiales que contengan

645. cobre o níquel, o ambos metales, (solos o en combinación con otros) para extraer de ellos su contenido metálico, el someter la masa del material seleccionándolo o mezclándolo de modo que contenga: (1) sulfuro de cobre o de níquel, o ambos, o (2) compuestos o minerales oxidados de

650. cobre o de níquel o de ambos, y minerales que encierren sulfuro de cobre o de níquel (o de los dos) y sulfuro de hierro u otro sulfuro metálico o compuesto de sulfuro apropiado, a la acción de una carga de oxígeno o de un gas que contenga oxígeno, graduando la carga de oxígeno

655. de modo que oxide el azufre y mantenga el material, después de calentamiento inicial y con un poco de calentamiento suplementario cuando sea preciso para su regulación, a una temperatura de unos 600º C de cuya manera, en las condiciones prescritas, materialmente la

660. totalidad del cobre o del níquel o ambos pueden ser convertidos en el sulfato soluble en agua del metal.

2º.= En el tratamiento o beneficiado de minerales concentrados u otros materiales que contengan cobre o níquel o ambos, (solos o en combinación con otros metales)

665. para extraer de ellos su contenido metálico, el someter



- la masa del material seleccionándolo o mezclándolo de modo que contenga: (1) sulfuro de cobre o de níquel, o ambos, o (2) compuestos o minerales oxidados de cobre o de níquel, y minerales que contengan sulfuro de cobre o sulfuro de níquel y sulfuro de hierro, u otro sulfuro metálico o compuesto de azufre apropiado, a la acción de una carga de oxígeno o de un gas que contenga oxígeno graduando la carga de manera que oxide el azufre y mantenga el material después de calentamiento inicial y con un poco de calentamiento suplementario cuando sea preciso para su regulación, a una temperatura de unos 600° C de cuya manera en las condiciones prescritas, materialmente la totalidad del cobre o del níquel podrá ser convertida en el sulfato del metal soluble en agua y todo el hierro en óxido de hierro y en sulfato de hierro.
- 670.
- 675.
- 3º.= En el procedimiento que se especifica en la reivindicación primera, el mezclar el cloruro ferroso o el sulfato ferroso con el material a tratar.
- 4º.= En el procedimiento que se especifica en la reivindicación 1ª, el recuperar el cobre o el níquel tratándolos sulfatos de los metales solubles en agua con amoníaco y con o sin adición de ácido carbónico.
- 685.
- 5º.= En el procedimiento que se especifica en las reivindicación 1ª, el empleo del aparato que se ha descrito.
- 690.
- 6º.= En el procedimiento que se especifica en la reivindicación 1ª, la generación del oxígeno necesario, en parte por la electrolisis del agua y en parte por la compresión y la licuefacción fraccionada del aire y la utilización del hidrógeno y nitrógeno residuarios así obtenidos, para la producción sintética del amoníaco, según queda substancialmente descrito.
- 695.
- 7º.= En el procedimiento que se especifica en la reivindicación 6ª, la utilización del amoníaco así obtenido para el tratamiento de los antedichos.
- 700.



sulfatos de los metales, de cuya manera se puede recuperar el sulfato de amonio como sub-producto.

705. 8º.= En el procedimiento que se especifica en la reivindicación 1ª, el tratamiento de minerales de la manera que queda substancialmente descrita con arreglo a los ejemplos de las Tablas I y II. •

710. 9º.= En el procedimiento que se especifica en la reivindicación 1ª, el empleo de una conveniente proporción de sulfato ferroso como compuesto de azufre a añadir al material que contiene óxido de cobre o de níquel según queda substancialmente descrito y con el fin especificado.

10º.= El tratamiento de mattes que contienen hierro y cobre, por medio del procedimiento que se especifica en la reivindicación 1ª, con el fin especificado.

715. 11º. En el procedimiento que se especifica en la reivindicación 1ª, el empleo de oxígeno para empezar y terminar la reacción y el empleo de aire o de aire enriquecido de oxígeno para mantener la reacción durante la fase intermedia.

720. 12º.= En el procedimiento que se especifica en la reivindicación 1ª, el cubrir la superficie de las cargas del material a tratar con una capa delgada de una materia inerte y estéril tal y como queda substancialmente descrito.

725. 13º.= En el procedimiento que se especifica en la reivindicación 1ª, el someter el material a beneficiar a un tratamiento térmico preliminar para reducir el porcentaje de azufre.

730. "Un procedimiento perfeccionado para beneficiar minerales u otras materias que contengan cobre o níquel o ambos metales a la vez"; tal y como queda substancialmente descrito en la presente memoria.



Esta memoria consta de veintiseis hojas escritas
por una sola cara.

Madrid, 16 de Agosto de 1930.

EDGAR ARTHUR ASHCROFT.

P.P.

A large, stylized handwritten signature in black ink, written over the 'P.P.' and extending to the right. The signature is highly cursive and difficult to decipher, but it appears to be the name of the sender.