



14

Nº 319.214

319214

# MEMORIA DESCRIPTIVA

correspondiente a la solicitud de concesión de una

PATENTE DE INVENCION

SOLICITANTE: KENNECOTT COPPER CORPORATION

RESIDENCIA: 161 East 42nd Street, New York, EE.UU.

ENUNCIADO: "UN METODO PARA PRODUCIR UN PRODUCTO  
DE HIERRO"

Prioridad: Patente ..... n.º ..... del .....

319214



1 Este invento se refiere a un producto de hierro para usarse en precipitar cobre de una solución, y a un método, de preparar el producto de hierro.

5 Soluciones acuosas de cobre, tales como las que se derivan usualmente lixiviando minerales portadores de cobre con una solución diluida de ácido sulfúrico y sulfato ferrico, generalmente se despojan de su contenido de cobre - pasándolas por hierro viejo tal como tarros de estaño deses-  
10 tañados y desmenuzados, o poniéndolas en contacto con hierro metálico agitándolas con éste en un recipiente de contacto líquido-sólidos. El hierro reacciona con la solución para reemplazar al cobre con sulfato ferroso y deja el cobre metálico como un precipitado, es decir, "cementado".

15 Se ha reconocido por mucho tiempo que este llamado proceso de "cementación" para recuperar cobre de una solución, puede ser más eficiente al utilizar hierro metálico que tiene una mayor área de superficie a relación de unidad de peso. El hierro de alta pureza es difícil de dividir en forma de partículas para proporcionar el área de superfi  
20 cie requerida; pero el hierro esponjoso producido por la reducción directa de materiales de alta calidad, portadores de óxido de hierro, es ideal desde este punto de vista. Es, sin embargo, un producto de alto costo y para una producción exitosa, requiere ciertos tipos y grados de materiales  
25 portadores de hierro y técnicas especiales de tratamiento, para que no haya una pérdida indebida por oxidación.

30 Un objetivo principal del presente invento es proporcionar un precipitante satisfactorio de hierro metálico que tenga una buena relación de área de superficie -- al peso, que pueda usarse ventajosamente en lugar del usual



1        hierro viejo o hierro esponjoso, pueda producirse económi-  
camente de las escorias de desecho normales de silicato de  
hierro, y pueda dársele fácilmente el tamaño deseado para  
su uso más ventajoso.

5                El método de acuerdo con el invento para producir  
un producto de hierro para usarse como un precipitante del  
cobre de una solución, comprende fundir escoria reverbera-  
toria de cobre y un material portador de azufre bajo condi-  
10        ciones de reducción para formar una solución derretida de  
hierro y azufre, teniendo esta solución un exceso de hie-  
rro sobre la relación estequiométrica para sulfuro de hie-  
rro que asegurará la precipitación del hierro metálico de  
la solución a medida que se enfria, y enfriando esta solu-  
ción suficientemente rápido para producir una multiplici-  
15        dad de partículas de hierro metálico dispersas a través de  
una matriz quebradiza de sulfuro.

              El invento también contempla un producto de hie-  
rro que contiene una multiplicidad de partículas de hierro  
metálico dispersas en una matriz de sulfuro de hierro metá-  
20        lico, cuando se hace por el método mencionado más arriba.

              Una característica importante del producto, antes  
de la reducción de tamaño para sus diversos usos, reside  
en el hecho de estar compuesto de una multiplicidad de par-  
tículas de hierro metálico dispersas en una matriz de sul-  
25        furo metálico quebradizo. Debido a la naturaleza desmenu-  
zable del sulfuro y el carácter finamente dividido del hie-  
rro metálico, el producto es susceptible de triturarse o  
molerse o prácticamente cualquier tamaño que se requiera  
para su uso.

30                El hierro metálico está ya en forma de particu-



1 las suficientemente pequeñas, y normalmente no requieren -  
una mayor reducción en tamaño y están sumamente expuestas  
cuando la matriz quebradiza de sulfuro metálico se tritura  
o muele. Se ha descubierto que las numerosas partículas de  
5 hierro metálico, que están total o parcialmente expuestas  
a la acción de la solución portadora de cobre cuando se usa  
el producto de este invento para la precipitación del cobre  
produce una recuperación altamente eficiente.

10 Puede producirse el producto en diversos modos de  
diversos materiales, mientras haya una solución derretida  
de hierro y azufre, en que la relación del hierro al azu-  
fre esté efectivamente en exceso de la relación estequiomé-  
trica para Fe S, para producir una multiplicidad de parti-  
15 culas de hierro metálico, y mientras sea rápido el ritmo -  
de enfriamiento de la solución derretida. Cuando el ritmo  
de enfriamiento es demasiado lento, el hierro metálico pre-  
cipitado de la solución tiende a segregarse y a sedimentar  
se de la fase del sulfuro antes de la solidificación final.  
Con enfriamiento rápido, las partículas de hierro metálico  
20 son precipitadas a través de la fase de sulfuro que sirve  
como una matriz, y tienden a dispersarse uniformemente en  
el mismo.

25 El tamaño de las partículas de hierro es princi-  
palmente una función del ritmo de enfriamiento. Puede obte-  
nerse una gran cantidad de tamaños controlando estrictamen-  
te el enfriamiento. Una serie de tamaños que es muy venta-  
josa, de aproximadamente 5 a 10 micrones, puede obtenerse  
enfriando con agua la solución derretida de hierro y azu-  
fre.

30 Una ventaja real del invento para los producto-

319214

14 MAR



1 res de cobre, es el hecho que la escoria reverberatoria de  
cobre en condición derretida, al vaciarse de un horno de -  
reverbero, puede dirigirse directamente a un horno de fun-  
5 dición para la producción del presente producto, con prác-  
ticamente ninguna pérdida de calor. En esta forma hay un  
ahorro considerable en costos de combustible, como también  
utilización de un producto normalmente de desecho como mate-  
ria prima. Las únicas materias primas requeridas son un ma-  
terial portador de azufre, de preferencia concentrados de  
10 pirita de hierro, y un agente reductor carbonoso, por ejem-  
plo carbón.

Otra ventaja más del invento es el hecho de que  
el cobre se recupera de la escoria reverberatoria de cobre  
como un incidente en la producción del producto precipitan-  
15 te del hierro disperso y que, si no se desea utilizar todo  
el hierro para el producto precipitante, el resto puede re-  
cuperarse de la escoria final como hierro comercial.

El procedimiento de fabricar el producto de hie-  
rro se efectua en forma más ventajosa haciendo pasar esco-  
20 ria derretida de silicato de hierro, vaciada de un horno -  
de reverbero para la fundición de concentrados de cobre, -  
directamente a un horno de fundición auxiliar (de preferen-  
cia un horno de arco voltaico) donde se le somete a calor  
de fundición en presencia de un agente reductor carbonoso  
25 (de preferencia carbón finamente dividido) y pirita (de -  
preferencia concentrados derivados de la flotación de re-  
laves de molino).

Los concentrados de carbón y pirita se cargan de  
preferencia en la superficie del baño derretido de escoria  
30 en el horno y se suministra suficiente energía eléctrica -

319214

14



1

para calentar los materiales cargados a una temperatura en que se descomponga la pirita. Aproximadamente la mitad del azufre contenido en la pirita se volatiliza, y se produce un sulfuro de hierro derretido ( $FeX$ ). Además, se reduce el hierro metálico de la escoria por medio del carbón.

5

El sulfuro de hierro y el hierro metálico se sedimentan de la escoria y se juntan al fondo del horno como una solución derretida de hierro y azufre.

10

Los diversos materiales cargados al horno están en tal proporción y el procedimiento de fundición está tan controlado de acuerdo con técnicas bien conocidas del arte que la relación del hierro al azufre en la solución derretida de hierro y azufre es considerablemente superior a la relación estequiométrica para  $FeS$ , y por consiguiente, al enfriarse rápidamente tal solución, se precipita una cantidad considerable de hierro puro de la solución derretida. El producto resultante comprende partículas de hierro metálico (alrededor de 20-85% según el peso del producto) en una matriz de sulfuros metálicos (aproximadamente 15 a 80%) predominantemente sulfuro de hierro. Un producto típico contiene aproximadamente 85% de hierro total, del cual 65% está en forma de hierro metálico, y alrededor de 12% de azufre en forma de sulfuros.

15

20

25

Al hacer pasar la solución derretida de hierro y azufre, al vaciarla del horno de fundición al agua, se obtiene un producto granulado formado de gránulos del tamaño aproximado de un perdigón. Cada gránulo tiene una micro estructura solidificada que comprende partículas de hierro metálico en una matriz de sulfuro de hierro.

30

El producto de hierro del sulfuro de hierro metá

319214



1 lico se seca y luego se tritura o muele fácilmente en polvo  
 por ejemplo, en un molino de bolas, con lo cual se liberan  
 o exponen las partículas de hierro metálico para usarse --  
 efectivamente como un precipitante del cobre. Las moliendas  
 5 más finas, por ejemplo, inferiores a tamiz 100 (tamiz stan-  
 dard de EE.UU) reaccionarán más rápidamente y completamente  
 y se prefieren para los bien conocidos procedimientos de li-  
 xiviación-precipitación-flotación (LPF). Sin embargo, las mo-  
 liendas más gruesas, por ejemplo, inferiores a tamiz 10, -  
 10 son mejores para ciertos tipos de operaciones, por ejemplo  
 cuando se emplea una capa fluidificada del precipitante. -  
 En operaciones de este último tipo, solo se observa una li-  
 gera reducción en la utilización del hierro.

EJEMPLO

15 El siguiente ejemplo es un caso típico del uso -  
 del procedimiento sobre una base experimental.

Las materias primas que se usaron tenían el si--  
 guiente análisis, en porcentaje por peso.

20	Escoria de silicato de hierro de cobre reverberatorio:	Fe	35,6
		Cu	0,48
		SiO <sub>2</sub>	35,5
		CaO	5,1
		MgO	1,3
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,4
25	Concentrado de pirita:	Fe	40,9
		S	44,7
		Cu	0,55
30	Carbón	carbón fijo	47,3
		material volátil	44,0
		ceniza	

Se derritió una carga de 200 libras (90,71 kg) -  
 de la escoria reverberatoria de cobre (solidificada) en un  
 horno de arco voltaico de 250 KVA, y luego se agregaron 44  
 30 libras (19,95 kg) de concentrados de pirita y 30 libras --

319214



1 (13,60 kg) de carbón a la superficie del baño de escoria -  
 derretido. Esta carga del horno fue sometida a reducción por  
 calor de fundición para obtener una solución derretida de -  
 hierro y azufre y una escoria de residuo derretida. Se man-  
 5 tuvieron temperaturas del baño de escoria fluctuando de --  
 1400 a 1500°C y se continuó con el proceso de fundición has-  
 ta que aproximadamente 90% del hierro contenido en la esco-  
 ria inicial estuvo reducido y se juntó en la hornada de hie-  
 rro-azufre. La escoria de residuo derretida fue entonces -  
 10 desnatada del horno y luego la solución derretida de hierro  
 y azufre fue vaciada del horno y granulada en agua para pro-  
 ducir un producto precipitante de hierro disperso de menos  
 3/8 de pulgada (9,52 mm). La estructura solidificada de los  
 gránulos comprendían una multiplicidad de partículas de hie-  
 15 rro metálico, variando en tamaño desde aproximadamente 5 a  
 10 micrones, en una matriz de sulfuro de hierro. Este hie-  
 rro granulado y disperso fue molido en un molino de bolas -  
 hasta un tamiz inferior a 35 para usarse como un precipitan-  
 te del cobre.

20 Los productos finales del procedimiento tenían  
 los siguientes análisis en porcentaje por peso:

Precipitante disperso de hierro

		Fe, total	84,2
		Fe, metal	64,3
		S	10,9
25	Escoria final	Cu	0,04
		Fe	6,9
		SiO <sub>2</sub>	56,1
		MgO <sup>2</sup>	6,4
		CaO	9,7

30 En la práctica, será conveniente cargar también  
 una cantidad adecuada de cal y/o magnesia al horno de re-  
 ducción como un fundente básico para facilitar la reduc--

319214

14 MAY



1 ción del hierro de la escoria de silicato, para controlar  
la fluidez de la escoria y para reducir al mínimo el des-  
gaste de los refractarios del horno, todo lo cual se cono-  
ce bien en el arte.

5 El grado del producto precipitante de hierro dis-  
perso puede controlarse dentro de amplios límites variando  
las proporciones de materias primas y el grado de reducción  
del hierro. El grado particular que se desea en cualquier  
caso dado dependerá de las circunstancias de uso del produc-  
to. ~~Medida~~ medida que se aumenta el grado con respecto al hierro  
10 metálico, se hace más difícil la reducción de tamaño. Así,  
un grado de aproximadamente 65% de hierro metálico se pre-  
fiere para una mollienda fina aproximadamente inferior a ta-  
miz 80, mientras que se prefiere un grado de alrededor de  
15 85% para una molienda más gruesa aproximadamente inferior  
a tamiz 10.

La escoria final puede fundirse en forma conven-  
cional, si se desea, para producir hierro comercial. La --  
conveniencia de hacerlo dependerá, por supuesto, de cuanto  
20 hierro se saque en la producción del producto precipitante  
de hierro disperso. Este se controla por la cantidad de --  
agente reductor usado en el horno de reducción. En cualquier  
caso, la producción del producto precipitante de acuerdo -  
con el presente procedimiento descubre efectivamente la es-  
coria reverberatoria de cobre inicial y la pirita, y adap-  
ta la escoria final para ser luego fundida en un horno de  
reducción adecuado, junto con un agente reductor y un fun-  
dente, para producir hierro comercial que tenga un conte-  
nido mínimo de cobre, es decir, desde aproximadamente 0,05  
25 a 0,2%.



1

La precipitación del hierro metálico de la solución derretida de hierro y azufre en el presente procedimiento, se debe al cambio de la solubilidad del hierro y azufre como una función de la temperatura. Por consiguiente el tamaño de las partículas de hierro metálico es una función del ritmo de enfriamiento. El enfriamiento rápido, como enfriamiento por agua, por ejemplo, vaciando la solución derretida al agua, no solo efectúa una granulación conveniente del producto que facilita su subsiguiente molienda sino que produce partículas muy finas de hierro metálico en la matriz de sulfuro quebradizo. A ritmos de enfriamiento más lentos, se precipitan partículas más grandes de hierro. Sin embargo, si el ritmo de enfriamiento es demasiado lento, el hierro precipitado tiende a segregarse o sedimentarse en la fase de sulfuro derretido antes que sea completa la solidificación de la hornada, lo que no es conveniente.

5

10

15

20

El enfriamiento rápido deseado de la solución derretida de hierro y azufre puede lograrse efectivamente por fundición enfriada en secciones pequeñas, desintegrando en gotas pequeñas y enfriando en un medio gaseoso, y por otras técnicas en lugar de granular en el agua.

25

30

Aunque la escoria reverberatoria de cobre es una materia prima especialmente ventajosa para el proceso desde un punto de vista económico y los productores de cobre la obtienen fácilmente, puede utilizarse una variedad de otros materiales que producen una solución derretida de hierro y azufre rica en hierro. Por ejemplo, mineral de hierro, concentrados de magnetita, pirita, calcinada, y escoria de convertidor de cobre, son útiles para proporcionar el hierro necesario, mientras que pirrotita (FeS) y mata -



1 reverberatoria de cobre pueden usarse como materiales para  
obtener azufre. El coque metalúrgico, coque de petróleo y --  
otros materiales carbonosos pueden usarse en lugar del car-  
bón como agentes reductores.

5 Puede ser conveniente derretir o precalentar las  
materias primas antes de introducirlas al horno eléctrico  
a fin de reducir al mínimo el consumo de energía para la -  
operación de fundición reductora.

10 También puede usarse en el procedimiento el hie-  
rro metálico como una fuente de hierro. En este caso, una  
operación de fundición simple en presencia de un material  
portador de azufre se sustituye por fundición de reducción.  
Se ha obtenido una solución satisfactoria de hierro y azu-  
fre derritiendo hierro viejo y concentrados de pirita en -  
15 un horno de arco voltaico y también agregando concentrados  
de pirita a un baño de hierro derretido en un horno calen-  
tado eléctricamente.

20 La porción matriz del producto es predominante-  
mente sulfuro de hierro, aunque generalmente estarán pre-  
sentes otros sulfuros de metales pesados.

25 En algunos casos, una escoria utilizada como ma-  
teria prima para el procedimiento puede contener cantida-  
des pequeñas de un material valioso, tal como molibdeno,  
que se recoge selectivamente de la escoria en un producto  
de reducción metálica derretido que corresponde a la solu-  
ción derretida de hierro y azufre, excepto por la presen-  
cia del otro material valioso.

30 Al enfriarse este producto de reducción metálica  
derretido en la misma forma descrita más arriba en relación  
con la solución derretida de hierro y azufre, se obtiene -

319214 14 NA



1

un producto de hierro disperso, quebradizo, que contiene -  
partículas de hierro metálico dispersas a través de una ma-  
triz de sulfuro metálico. El hierro metálico contiene el -  
material valioso y, como en los casos anteriores, este pro-  
ducto puede triturarse y molerse fácilmente, en práctica--  
mente cualquier tamaño deseado para mayor tratamiento, como  
por ejemplo, lixiviando para extraer el hierro y liberar -  
los otros valores que contiene.

5

10

En resumen, la patente de invención que se solici-  
tá, recaerá sobre las siguientes:

REIVINDICACIONES

15

20

1. Un método para producir un producto de hierro  
para usarse como un precipitante de cobre en una solución -  
que comprende fundir una escoria reverberatoria de cobre y  
un material portador de azufre bajo condiciones de reduc-  
ción para formar una solución derretida de hierro y azufre  
teniendo esta solución tanto exceso de hierro sobre la re-  
lación estequiométrica para el sulfuro de hierro que asegu-  
re la precipitación de hierro metálico de la solución a me-  
dida que se enfría, y enfriando esta solución lo suficien-  
temente rápido para producir una multiplicidad de partícu-  
las de hierro metálico dispersas a través de una matriz --  
de sulfuro quebradizo.

25

2. El método de la reivindicación 1, en que el  
material portador de azufre es pirita de hierro.

30

3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1  
ó 2, en que la carga de fundición está en tal proporción y  
la operación está controlada en tal forma que solo parte del  
hierro que contiene se utiliza para el producto precipitan-  
te, estando contenido el resto en una escoria que se forma

319214

14 MAY.



1 durante la operación de fundición mencionada, y en que la -  
escoria mencionada formada durante la operación de fundición  
se trata por separado para producir hierro comercial.

5 4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1,  
2 ó 3, en que la proporción de carga de fundición y el con-  
trol de la operación de fundición es tal que el contenido -  
de hierro metálico del producto es de aproximadamente 20 a  
85 por ciento del peso de tal producto.

10 5. Un método de acuerdo con la reivindicación 1,  
2 o 3, en que la proporción de la solución derretida es tal  
que el producto tiene por lo menos 20% de hierro no combi-  
nado en forma de tales partículas de hierro, y suficiente  
azufre para formar material de sulfuro que consiste desde  
15% a 80% del producto.

15 6. Un método de acuerdo con cualquiera de las -  
reivindicaciones precedentes, en que la solución derretida  
de hierro y azufre se enfría por medio del agua para produ-  
cir gránulos separados.

20 7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6  
en que los gránulos separados se reducen en tamaño para for-  
mar un polvo.

8. Un método de acuerdo con la reivindicación 7  
en que los gránulos se reducen a un tamaño particular de 5  
a 10 micrones.

25 9. Un método para precipitar cobre de una solu-  
ción portadora, que comprende el paso de poner en contacto  
la solución con una masa de pedazos separados de un preci-  
pitante de hierro metálico que comprende una multiplicidad  
de partículas de hierro metálico dispersas en una matriz -  
30 de sulfuro de hierro metálico.

319214 14



1

10. Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la patente de invención que se solicita: "UN METODO PARA PRODUCIR UN PRODUCTO DE HIERRO".

5

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente memoria descriptiva que consta de catorce páginas mecanografiadas.

Madrid, 3 de noviembre 1.965

ALFONSO UNGRIA  
P.P.

10

Fdo. Juan Pedraza

15

20

25

30