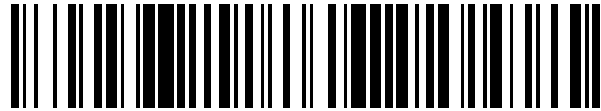


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 433 645**

51 Int. Cl.:

**B03C 1/015** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.05.2010 E 10720630 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2013 EP 2470306**

54 Título: **Procedimiento para la separación y/o preparación magnética continua de minerales así como instalación correspondiente**

30 Prioridad:

**24.08.2009 DE 102009038666**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**12.12.2013**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (50.0%)  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 Munich, DE y  
BASF SE (50.0%)**

72 Inventor/es:

**DANOV, VLADIMIR;  
DOMKE, IMME;  
GROMOLL, BERND;  
HARTMANN, WERNER;  
KRIEGLSTEIN, WOLFGANG;  
MICHAILOVSKI, ALEXEJ;  
MRONGA, NORBERT y  
RIEGER, REINHOLD**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 433 645 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la separación y/o preparación magnética continua de minerales así como instalación correspondiente.

5 La invención se refiere a un procedimiento para la separación y/o preparación magnética continua de minerales de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 de la patente. En este caso, debe ser posible especialmente también una preparación de las sustancias empleadas y una reincorporación al proceso del procedimiento.

10 En la tecnología competente de minería / preparación se entiende por mineral una roca que contiene metal, de la que deben separarse los componentes que contienen metal como materiales valiosos. Especialmente en el caso de minerales de cobre, los materiales valiosos son en particular materiales de cobre sulfídicos, que deben ser enriquecidos, por ejemplo – pero no exclusivamente –  $\text{Cu}_2\text{S}$ . La roca libre de Cu que rodea los cuerpos de materiales valiosos se designa como roca matriz o ganga, en el mundo técnico después de la trituración de la roca se designa también como escoria o a continuación de forma abreviada como arena.

15 Se conocen a partir del estado de la técnica procedimientos para la separación de minerales, que se pueden realizar, dado el caso, de forma continua. Pero estos procedimientos trabajan de forma predominante de acuerdo con el principio de la flotación mecánica, en el que la roca triturada se mezcla con agua, para poder procesarla posteriormente. Esta mezcla de agua y harina de roca se designa también como pulpa. Las partículas de mineral valioso obtenidas en la roca pretriturada en la pulpa son provistas en primer lugar con la ayuda de aditivos químicos de forma selectiva con una capa hidrófoba y luego son concentradas a través de la adhesión a burbujas de aire en una corona de espuma. La mezcla formada de esta manera de partículas de mineral valioso, brújulas de espuma y agua se puede descargar entonces de una manera sencilla en el rebosadero de las llamadas células de flotación.

20 Para conseguir en el estado de la técnica un alto grado de extracción de la porción de mineral valioso desde la roca, es decir, un alto rendimiento, son necesarias varias etapas de separación sucesivas, que contienen en cada caso células de flotación propias. Pero en general con ello va unido un gasto grande y, además, un consumo de energía especialmente alto.

25 Ya se han propuesto también procedimientos de separación asistidos magnéticamente, que se llevan a cabo, sin embargo, de forma discontinua en el estado de la técnica relacionado. A través de la realización como procedimiento en lotes que trabaja de forma discontinua, el beneficio y el rendimiento implicado con ello es limitado, lo que repercute sobre los costes.

30 Otros procedimientos trabajan de forma continua, como por ejemplo los separadores de tambor, pero debido al alto coste mecánico y a la necesidad de mantenimiento solamente tienen cantidades de producción en masa reducidas y, por lo tanto, no son adecuados para muchos procedimientos de obtención de minerales empelados en la minería.

En cambio, el método nuevo descrito a continuación se puede emplear, además de para la separación magnética de minerales, dado el caso, también para el tratamiento del agua por medio de la separación magnética.

35 Con solicitudes de patentes alemanas más antiguas de la solicitante ya se han propuesto procedimientos para la separación continua de minerales no magnéticos con la ayuda de partículas magnéticas o bien magnetizables. A tal fin se remite a las siguientes solicitudes de patentes alemanas no publicadas anteriormente de la Siemens AG DE102008047841 y DE102008047842 así como al documento publicado WO2009030669A2 de la BASF AG.

40 En cambio, el cometido de la presente invención es indicar un proceso general para la separación magnética continua de mineral y especialmente para la recuperación siguiente de las sustancias empleadas. A tal fin, debe crearse una instalación adecuada, que se puede realizar en la práctica a nivel industrial.

El cometido se soluciona de acuerdo con la invención por medio de las medidas de la reivindicación 1 de la patente. Los desarrollos del procedimiento son objeto de las reivindicaciones dependientes.

45 Objeto de la invención es, por lo tanto, un procedimiento que trabaja de forma continua para la separación o bien preparación magnética de minerales con la inclusión de un reprocesamiento de las sustancias empleadas más importantes. Con ello se consigue un procedimiento general especialmente cuidadoso del medio ambiente y económico para la separación continua de minerales, en particular de minerales no magnéticos con la ayuda de partículas magnéticas, que puede sustituir, en general, a los procedimientos de flotación costosos convencionales.

50 El nuevo procedimiento tiene una necesidad reducida de energía y un rendimiento de extracción mayor que los procedimientos conocidos y puede separar especialmente partículas de minerales en otro intervalo de tamaños de partículas que el que era posible de acuerdo con el estado de la técnica. En este caso es ventajoso que se puede combinar una instalación general en la mayor medida posible a partir de dispositivo o bien instalaciones técnicas ya disponibles.

Otros detalles y ventajas de la invención se deducen a partir de la siguiente descripción de las figuras de un ejemplo

de realización en combinación con las reivindicaciones de la patente. En este caso:

La figura 1 muestra un diagrama con casillas funcionales para las etapas individuales del procedimiento con los flujos de sustancia individuales, y

5 La figura 2 muestra una realización concreta del procedimiento según la figura 1 en una instalación general con los dispositivos/instalaciones individuales necesarios para la realización de los procesos parciales.

Las dos figuras se describen en gran medida en común a continuación.

10 En la figura 1 se representan las secciones individuales del procedimiento, respectivamente, en casillas con la composición química correspondiente, en la que las flechas en negrilla identifican la secuencia respectiva de las secciones del procedimiento y las líneas de trazos con las flechas respectivas identifican las circulaciones de material a partir del material reciclado.

En el presente procedimiento descrito y en la instalación correspondiente es esencial la utilización de magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) como agente de absorción activable magnéticamente: la magnetita es ya hidrófoba en la forma finamente triturada, es decir, que no adhiere con preferencia a partículas hidrófobas en soluciones acuosas.

15 La magnetita a emplear se trata en forma finamente triturada, además, con un agente modificador de la superficie, que hace que las superficies de las partículas sean todavía considerablemente más hidrófobas, es decir, repelentes al agua. Las partículas hidrófobas se acumulan en suspensión acuosa para formar aglomerados, para reducir al mínimo la superficie límite con agua. Esto se aprovecha en el sentido de que las partículas de mineral valioso son hidrofobizadas de la misma manera selectivamente, pero la ganga permanece hidrófila; de este modo se forman aglomerados mayores de partículas de mineral valioso y de magnetita, que se pueden magnetizar, en conjunto, debido a la porción magnética.

20 En el procedimiento descrito a continuación se utilizan las propiedades magnéticas de la magnetita en el sentido de que a través de los campos magnéticos emplazados de manera definida o bien activables se puede separar la magnetita con las partículas de minerales valiosos ligados con ella desde los materiales no magnéticos (ganga). A continuación se mencionan a modo de ejemplo minerales de cobre sulfídicos, pudiendo emplearse el procedimiento también para otros minerales sulfídicos, como por ejemplo sulfuro de molibdeno, sulfuro de cinc. A través de la adaptación del grupo funcional del agente de hidrofobización para otros minerales se puede emplear el método descrito aquí también para minerales de otra composición química.

30 Como aditivo esencial al comienzo de la cadena del proceso del procedimiento sirve un alquilxantato de potasio o de sodio de cadena larga (designado a continuación con "xantato" para mayor simplicidad), un agente que absorbe, como se conoce, de manera selectiva minerales de cobre sulfídicos en las superficies y los vuelve hidrófobos. El xantato está constituido la mayoría de las veces de una cadena de carbono típicamente con 5 a 12 átomos de carbono y con un grupo de cabecera funcional, que se liga selectivamente al mineral de cobre.

35 En el presente caso se lleva a cabo de esta manera una hidrofobización de las partículas de mineral valioso. A tal fin, se utiliza el mineral en forma finamente triturada así como agua y gasóleo como sustancias de partida para el proceso descrito a continuación.

40 Según la casilla 1, en una primera etapa del proceso se realiza una mezcla de las sustancias de partida. En este caso, se mezcla la corriente de mineral (pulpa), que está constituida por la roca triturada (mineral), agua y –según la aplicación – diferentes productos químicos, con la magnetita necesaria ya hidrofobizada y con el otro agente de hidrofobización, en particular xantato. Con preferencia, la corriente de mineral tiene un contenido de sustancia sólida de aproximadamente 40 a 70 por ciento en masa, con lo que se vuelve la corriente apta para bombeo y de acuerdo con la figura 2 se puede conducir por medio de una bomba 25 a un depósito de mezcla o cadera de agitación 26.

45 El objetivo es que en una suspensión acuosa (pulpa), que contiene, además de las partículas de mineral valioso, todavía la ganga, los minerales de cobre hidrofobizados a través de xantato, como por ejemplo calcota ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) o calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ) forman con la magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4^{\text{h}}$ ) hidrófoba unos aglomerados en virtud de sus propiedades repelentes al agua. Esta etapa del proceso se designa a continuación como proceso de "Carga" 2. Como ya se ha mostrado, el agente de hidrofobización se utiliza para la hidrofobización de la sustancia valiosa contenida en la corriente de mineral. La corriente de mineral, el agente de hidrofobización y la magnetita se mezclan entre sí ("proceso de carga"). A tal fin, es necesario un aparato de mezcla o una caldera de agitación 26, que debe estar realizado de tal forma que estén disponibles fuerzas de cizallamiento y tiempo de residencia suficientes, para que pueda tener lugar la reacción de hidrofobización y la combinación de partículas de magnetita y de mineral.

50 Una forma de realización posible es una caldera de agitación 26, en la que se emplea un agitador tal que tiene fuerzas de cizallamiento altas. Los productos químicos y la magnetita son dosificados en este caso en la proximidad del agitador. Tal agitador debe estar también en condiciones de garantizar no sólo una mezcla a fondo local, sino también una mezcla a fondo global. De forma sustitutiva se puede emplear también una mezcladora adicional, que

hace circular adicionalmente el fluido. En este caso, se obtienen partículas grandes (aglomerados), que están constituidas por resina hidrofobizada y magnetita hidrofobizada.

5 De acuerdo con la casilla 3, se lleva a cabo una separación del mineral en dos corrientes de sustancia, en particular de las porciones de mineral valioso sulfídico, a partir de la ganga. En esta etapa del procedimiento se genera, además de la corriente de sustancia de "colas" (es decir, la ganga liberada en gran medida de las porciones de mineral valioso), la corriente de sustancia valiosa "concentrado bruto". Mientras la cola se puede almacenar definitivamente de forma directa como en los procedimientos de flotación empleados hasta ahora, el concentrado bruto debe procesarse adicionalmente, para recuperar especialmente la magnetita empleada y acondicionar la porción de mineral de cobre de manera correspondiente para las etapas siguientes de procesamiento posterior.

10 A tal fin, de acuerdo con la casilla 4 se extrae en primer lugar el agua; en caso necesario, se lleva a cabo un proceso de secado adicional. De acuerdo con la casilla 5, la mezcla formada por el sulfuro de cobre hidrófobo y la magnetita es apta para el transporte, estando presente como contaminación todavía una porción de ganga en el concentrado bruto.

15 En otras etapas del procedimiento, se separan la porción de magnetita y la porción de agua una de la otra (el llamado proceso de "descarga"). De esta manera, se generan de nuevo dos corrientes de sustancia:

- la corriente de magnetita, que es alimentada a la pulpa en la zona de entrada de la disposición (casilla 1);
- el llamado concentrado, que está constituido de forma predominante de minerales de cobre sulfídicos y de una cierta porción de ganga.

20 A la corriente de magnetita obtenida de esta manera formada por magnetita reacondicionada se añade adicionalmente magnetita nueva, hidrofobizada, para completar las pérdidas de sustancia inevitables en el proceso general. De esta manera se reduce al mínimo la necesidad de magnetita comparativamente cara durante la realización del procedimiento, siendo suministrada la magnetita nueva en contenedores (por ejemplo "bolsas grandes" y pudiendo dosificarse según las necesidades. Sólo a esta corriente se añaden los otros productos químicos necesarios en forma disuelta. Los productos químicos se añaden con preferencia en forma disuelta, porque  
25 la dosificación y transporte de líquidos dentro de la instalación se puede realizar de una manera más homogénea, más rápida y más precisa que la dosificación de sustancias sólidas.

En la parte inferior de la figura 1 se ilustra con la ayuda de las casillas 6 a 9 la separación de la mezcla de sulfuro de cobre y magnetita. A tal fin, debe añadirse a la mezcla de minerales de cobre sulfídicos, magnetita y ganga, un líquido apolar, como se puede realizar, por ejemplo, a través de gasóleo.

30 La casilla 6 contiene la alimentación de gasóleo al producto final según la casilla 5 y una mezcla respectiva de ambas sustancias. De esta manera, se rompen los aglomerados de minerales sulfídicos y magnetita y se crea la posibilidad de recuperar la magnetita y de generar el producto propiamente dicho "concentrado" sin porción de magnetita.

35 En otras etapas del procedimiento, se regeneran el gasóleo, por una parte, y la magnetita, por otra parte, para la utilización posterior. De acuerdo con la línea de trazos con flecha correspondiente se retornan la magnetita, una parte de la ganga que permanece en el concentrado bruto y el gasóleo a la etapa de entrada.

40 El modo de funcionamiento de la instalación para la realización del procedimiento se ilustra en la figura 2 con la ayuda de la secuencia de todos los dispositivos / instalaciones. Aquí el signo de referencia 20 significa el contenedor ("bolsa grande") para la magnetita con una instalación de dosificación 21. En una primera etapa del proceso se mezcla la magnetita en una instalación de agitación 22 con agua y magnetita reciclada. La mezcla llega a través de una bomba dosificadora 23 a una instalación de agitación 26, en la que a través de una segunda bomba dosificadora 24 se añade xantato a la mezcla. En un segundo conducto del proceso se añaden las sustancias valiosas en forma de la pulpa con mineral a través de otra bomba dosificadora 25 a la instalación de agitación 26. La pulpa y la mezcla con xantato se mezclan en la instalación de agitación 46. La instalación de agitación 26 está configurada como reactor y en éste se lleva a cabo el proceso de "carga".  
45

50 En la instalación general según la figura 2 están presentes dos separadores magnéticos 30, 40, es decir, que el proceso se desarrolla en paralelo en dos planos del proceso. Los separadores magnéticos 30, 40 trabajan de acuerdo con los mismos principios físicos. A ellos está asociada en cada caso una bomba dosificadora 27 y 29, respectivamente, que se ocupa del transporte de la pulpa. El objetivo de los separadores magnéticos 30 y 40 es obtener en cada caso un concentrado con porción elevada de cobre.

De acuerdo con un primer proceso, se añade la mezcla de mineral y magnetita al proceso de separación, a cuyo fin es necesaria una bomba dosificadora 27. Durante el proceso de separación propiamente dicho se lleva a cabo la separación de los aglomerados magnéticos, de manera que resultan corrientes de sustancia separadas y, en

concreto,

- una llamada corriente de cola, que representa una corriente rica en agua, y que – de acuerdo con la aplicación – o bien no contiene ya sustancia valiosa y, por lo tanto, se puede desechar. Pero, dado el caso, esta corriente contiene todavía sustancia valiosa residual y, por lo tanto, es retornada para la nueva mecanización,
- la corriente separada (“concentrado bruto”) contiene la sustancia valiosa como producto intermedio en concentración comparativamente alta. Esta corriente contiene al menos 109 por ciento en masa de sustancia valiosa y representa una corriente de producto intermedio.

La última corriente de producto intermedio se conduce a continuación con la ayuda de al menos una bomba dosificadora 31 hacia una etapa de secado. El secado se puede realizar, en caso necesario, en dos etapas. En la primera etapa imprescindible, se extrae la mayor parte del agua con la ayuda de un proceso mecánico, en particular de fuerzas centrífugas. Esta agua se puede retornar, de acuerdo con la conducción del proceso, de nuevo al proceso, de manera que resulta un circuito en gran medida cerrado de agua con influencia reducida sobre el medio ambiente. Pero el agua separada se puede realimentar también directamente para la preparación de la pulpa.

Una forma de realización posible para la primera etapa de desagüe es la utilización de la unidad decantadora 32 según la figura 2. Con ello se obtiene la corriente de producto intermedio ya mencionada, que tiene todavía como máximo de 10 a 30 % en masa de humedad residual.

Esta corriente se puede llevar, en caso necesario, por ejemplo con la ayuda de un tornillo sin fin de transporte flexible 33 o una cinta transportadora hacia una segunda etapa de secado. En este caso, se trata, por ejemplo, de un secadora térmica 34, que evapora la humedad residual. Esta secadora puede ser accionada, por ejemplo, a través de vapor de proceso o gas o un quemador de aceite. En este caso, se obtiene vapor, que se puede utilizar en otros lugares para el precalentamiento.

La última etapa puede ser innecesaria de acuerdo con la aplicación y la conducción del proceso. Desde la secadora sale una corriente de sustancia sólida con una humedad residual inferior al 1 %. Esta corriente es refrigerada en un intercambiador de calor de sustancia sólida 36 y es alimentada, por ejemplo, con la ayuda de un tornillo sin fin de transporte 37 a otra caldera de agitación 38.

En una disposición especialmente ventajosa, las tres etapas del proceso; deshumidificación grosera – secado – enfriamiento están integradas en una única unidad de proceso, de manera que se reduce el número de los aparatos a emplear en esta etapa de tres a uno. En la caldera de agitación 38 según la figura 2, que puede tener con preferencia un tipo de construcción similar a la primera caldera de agitación 26, se mezclan con la corriente de sustancia sólida los otros productos químicos, en particular el líquido apolar como Diesel. Deben seleccionarse productos químicos, que anulan el enlace hidrófobo entre la sustancia valiosa y la magnetita, lo que se cumple de una manera ideal a través de Diesel. La corriente de Diesel, que se añade a la mezcla en cada caso, contiene el gasóleo reciclado así como una porción fresca de gasóleo, que es necesaria para compensar las pérdidas de sustancia en el proceso general. Este contenido de Diesel debe ser al menos 40 por ciento en masa, para hacer que la mezcla sea fluida y apta para bombeo. La mezcla que contiene Diesel es conducida con la ayuda de al menos una bomba dosificadora 39 hacia la etapa de separación siguiente, en la que se separan las partículas de magnetita del mineral valioso.

El “proceso de descarga” comprende otra separación magnética. De esta manera, se separa la magnetita de la corriente de sustancia y se conduce a continuación de nuevo al “proceso de carga”. En este caso aparecen de nuevo dos corrientes de sustancia: una de las corrientes contiene la sustancia valiosa (mineral) y se deshumidifica con la ayuda de la decantadora 44. De acuerdo con los requerimientos, se puede utilizar todavía otra secadora térmica. A continuación se conduce esta corriente de masas con la ayuda de instalaciones de transporte 44 a una caldera de agitación 46, se mezcla con agua y se descarga como producto final “concentrado” a través de una bomba 47.

La corriente magnética se deshumidifica igualmente con la ayuda de una decantadora 42. También se pueden añadir – según la aplicación – etapas adicionales de secado térmico. El gasóleo recuperado es alimentado de nuevo al proceso propiamente dicho, por ejemplo a través de un depósito para gasóleo 50. La magnetita seca se puede transportar a través de un tornillo sin fin de transporte 43 hacia la instalación de agitación 22. Allí se mezcla la magnetita reciclada con magnetita fresca y agua y de esta manera se conduce de nuevo a la corriente de sustancia.

**REIVINDICACIONES**

1.- Procedimiento para la separación y/o preparación magnética de mineral, en el que a partir de roca mineral transportada que contiene metal se separan sustancias valiosas que contienen metal, que comprende las siguientes etapas del procedimiento:

- 5           - preparación de una mezcla líquida (pulpa) que comprende agua y roca triturada, que contiene la sustancia valiosa que contiene metal,
- realización de una reacción de hidrofobización de al menos una sustancia valiosa en la pulpa
- representación de un material en forma de partículas magnetizable, hidrofobizado en suspensión líquida y conducción de esta suspensión a la pulpa,
- 10           - realización de una reacción de aglomeración entre material en forma de partículas, magnetizable, hidrofobizado y sustancia valiosa hidrofobizada para formar aglomerados magnetizables en la pulpa,
- una primera fase de separación magnética para la separación de los aglomerados magnetizables desde la pulpa,
- 15           - mezcla de un producto de separación que contiene los aglomerados de la primera fase de separación con un líquido apolar insoluble en agua y disolución de los aglomerados en el líquido apolar en los componentes de partida: material en forma de partículas magnetizable y sustancia valiosa,
- una segunda fase de separación magnética para la separación del material en forma de partículas magnetizable desde la sustancia valiosa,
- 20           - deshumidificación de la porción de separación, que contiene la sustancia valiosa, de la segunda fase de separación para la representación de la sustancia valiosa,

caracterizado porque se reacondicionan las sustancias empleadas: material en forma de partículas magnetizable, líquido apolar y agua de proceso.

2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque como material en forma de partículas magnetizable se utiliza magnetita ( $Fe_3O_4$ ).

- 25           3.- Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque se emplea un agente de hidrofobización para la hidrofobización selectiva de las sustancias valiosas de la pulpa que contienen metal.

4.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque como líquido apolar se emplea gasóleo.

- 30           5.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se deshumidifica una corriente de sustancia de la segunda fase de separación magnética, que comprende el material en forma de partículas magnetizable y el material en forma de partículas magnetizable deshumidificado es utilizado para la generación de la suspensión.

6.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque como agente de hidrofobización se emplean xantatos.

- 35           7.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la pulpa tiene un contenido de agua de 30 a 60 por ciento en masa.

8.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se bombea la pulpa.

9.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque en la pulpa se utilizan otros productos químicos.

40

FIG 1

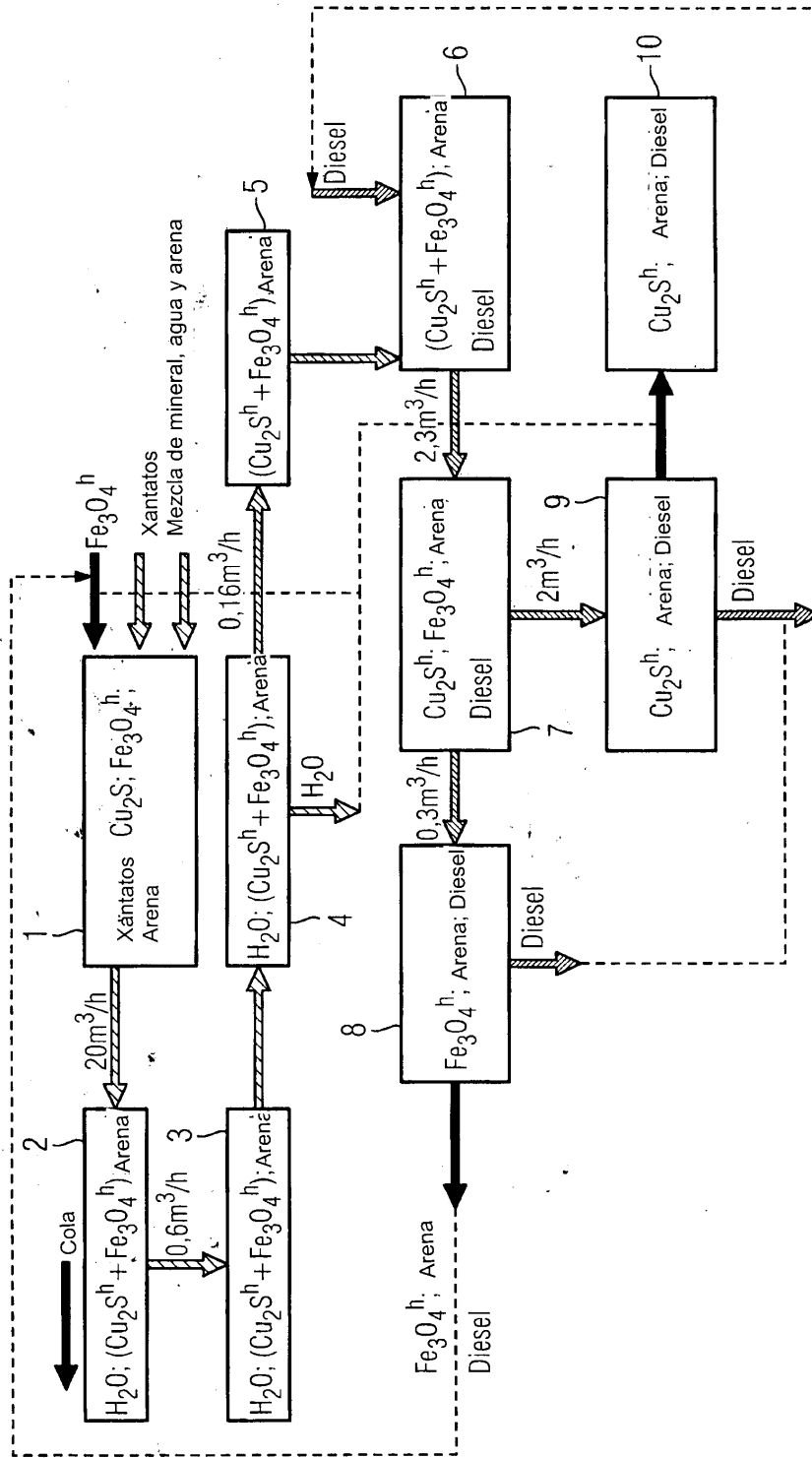


FIG 2

