

270778



Memoria Descriptiva

sobre:

"Procedimiento para la obtención de hierro puro y/u
óxido de hierro"

Solicitante: Dipl.Ing. Rudolf Nowak, de nacionalidad alemana,
residentes en Georg-Speyer-Str. 79, Frankfurt/Main,
Alemania, Ing. Wilhelm Schuster, de nacionalidad
alemana, residente en Fichardsstr. 49, Frankfurt/Main,
Alemania y Max Henry Hoepli, de nacionalidad norte-
americana, residente en 220 East 42nd Street,
Nueva York 17, N.Y., EE. UU. de A.

La presente invención se refiere a un
procedimiento técnico, en gran escala, para la ob-
tención económica de hierro puro de minerales de
hierro, también de clase inferior, mediante un pro-
ceso halogenuro-metalúrgico.

5.

270778



-2-

La fundición de minerales de hierro en hornos de cuba u hornos de tubo giratorio a arrabio, mediante reducción directa o indirecta, ya es conocida,

- Los procedimientos de horno de cuba tienen
5. el inconveniente de que la reducción y el proceso de fusión se efectúan en un mismo recinto y por lo tanto, simultáneamente con los óxidos de hierro se reducen también parcialmente otros óxidos y con ello se obtiene, como arrabio, un hierro muy impuro. Esto
10. tiene, a su vez, la desventaja de que el arrabio, en su elaboración a hierro o acero, se ha de someter a procesos de refinado y purificación de larga duración y costosos, por ejemplo, el afinado en el convertidor Bessemer y Thomas.
15. Al afinar no solo se reduce el contenido en elementos indeseados, tales como carbono, manganeso, silicio y fósforo en el acero, sino que también se oxida una parte del hierro que se pierde en forma de un humo marrón. Este humo marrón es uno de
20. los fenómenos más desagradables en la siderurgia, ya que -independientemente de las pérdidas de hierro- pone en peligro la pureza del aire, un problema que justamente ahora se agudiza.
- Los hornos de tubo giratorio solo son
25. adecuados para el afinado de minerales de hierro de elevado porcentaje, lo más puros posible, produciendo esponja de hierro, aparte del procedimiento según Renn y otros procedimientos en los cuales finalmente también lo que se obtiene es solo un arrabio
30. impuro.

270778

270



-3-

El horno alto clásico, que aún cubre la mayor parte de la producción mundial de arrabio, exige un cok siderúrgico resistente a la presión, caída y fricción, minerales de hierro que no se desmenucen y suministra una cantidad enorme de gas de tragante, cuyo aprovechamiento exige un enorme complejo de aparatos y tuberías, aparte de la limpieza del gas de tragante con sus problemas, tales como el aprovechamiento del lodo del gas de tragante, el circuito del agua de lavado en las zonas pobres en agua o en las factorías sin canal de derivación suficientemente grande.

Los países, tales como Yugoslavia e India, que poseen ricos yacimientos de mineral de hierro y de lignito, pero que no poseen hulla o solo muy poca, están obligados a importar cok siderúrgico o a utilizar procedimientos de hornos de cuba baja o intentar desarrollar nuevos procedimientos para la obtención de un cok siderúrgico duro y sólido del lignito.

Los EE.UU. con sus enormes yacimientos de Taconite (30 hasta 35% Fe) y el Brasil con sus itabiritas han de aumentar el contenido de hierro de estos minerales mediante costosos procedimientos de enriquecimiento. También se han desarrollado procedimientos de capa arremolinada de reducción de gas. La reducción, sin embargo, tarda mucho, ya que las velocidades de difusión en las partículas son reducidas; los procedimientos, por lo tanto, son anti-económicos.

Para evitar las desventajas de los proce



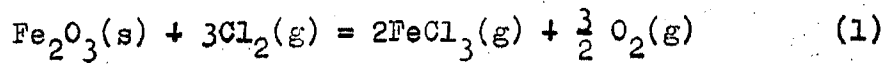
dimientos antes descritos, se han buscado caminos nuevos. Se ha intentado obtener hierro puro directamente de los minerales de hierro evitándose un producto intermedio impuro, tal como el arrabio.

5. Asi se descubrieron los distintos procedimientos halogenuro-metalúrgicos que consisten en que el hierro se separa del mineral en forma de un compuesto halogénico gaseoso. En la mayoría de los procedimientos se transforma el hierro en ferricloruro (FeCl_3) o ferrocloruro (FeCl_2) gaseoso y de estos cloruros se obtiene el hierro mediante reducción con oxígeno o vapor de agua. En la mayoría de los casos se propone el empleo del cloro o del clorohidrógeno en el proceso de circuito.
- 10.
15. El principio de estos procedimientos parece, a primera vista, muy sencillo y económico. Las primeras propuestas ya se hicieron hace unos 40 años. Sin embargo, en ninguna parte se obtiene aún, según un procedimiento halogenuro-metalúrgico, hierro en
20. grandes cantidades de los minerales de hierro; los hornos altos producen, según tamaño, de 10 hasta 100 tns de arrabio por hora.
- Los procedimientos halogenuro-metalúrgicos se basan en la separación del hierro en forma de FeCl_3 o FeCl_2 y conducen a Fe_2O_3 ó Fe . Estos procedimientos se pueden resumir en cuatro grupos:
- 25.
1. Clorificación del mineral con cloro.
 2. Clorificación del mineral con clorohidrógeno.
 3. Clorificación reductora del mineral con carbono y clorohidrógeno.
- 30.

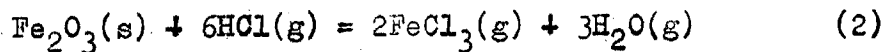


4. Clorificación reductora del mineral con cloro y carbono o monóxido de carbono.

En la mayoría de los procedimientos de los grupos 1 hasta 3, las necesidades térmicas son muy grandes debido a las reacciones fuertemente endotérmicas.

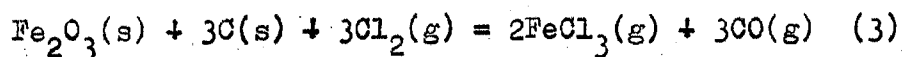


y

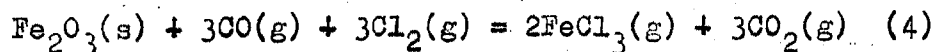


y la conversión de material muy pequeña debido a los equilibrios termodinámicos desfavorables; los procedimientos son antieconómicos.

10. Mas favorables parecen los procedimientos del grupo 4 basados en la clorificación reductora con carbono o monóxido de carbono y cloro, y que se basan en reacciones exotérmicas.



y/o



15. Pero tampoco este procedimiento ha podido imponerse, La combinación de reducción y clorificación actúa tan enérgicamente que, además del hierro, también se clorifican otros elementos de la ganga.

20. Con temperaturas elevadas los tiempos de reacción son cortos, pero sin embargo se forman tales cantidades tan grandes de cloruros indeseados, que se pierde mucho cloro elemental del proceso en



5. circuito. Al emplearse temperaturas más bajas se forman, en efecto, cantidades más reducidas en cloruros indeseados, pero los tiempos de reacción necesarios hasta la separación total del hierro son demasiado largos. Debido a las pérdidas de cloro en las temperaturas más altas y los largos tiempos de reacción en las temperaturas más bajas, también este procedimiento es antieconómico.

10. El objeto de la presente invención es un procedimiento de aplicación técnica en gran escala y económicamente favorable para la obtención directa de hierro puro de los minerales de hierro, también de los minerales pobres en hierro, por vía halogenuro-metalúrgica, al mismo tiempo que se evitan las desventajas de los procedimientos siderúrgicos y halogeno-metalúrgicos conocidos.

20. De acuerdo con la invención, el mineral se clorifica a temperaturas elevadas. La velocidad de reacción, es, por lo tanto, muy grande. A pesar de la elevada temperatura de reacción al clorificar se evita ampliamente la formación de cloruros indeseados; la pérdida de cloro es muy pequeña. El fósforo, hasta ahora desventajoso en los minerales de hierro, se obtiene ahora en forma de valioso ácido fosfórico como producto secundario. A los minerales de hierro pobres en fósforo o exentos de fósforo se les pueden agregar materiales fosforosos. El calor liberado en el procedimiento se recupera y se aprovecha.

25. Los minerales no han de ser granulados y sólidos. Como medio de reducción se puede emplear cualquier cok,

30.

27778



hasta el cok de destilación de lignito.

5. Como es sabido, en la clorificación reductora de minerales de hierro se forman, además del ferricloruro, también el tetracloruro de silicio, cloruro de aluminio, tetracloruro de titanio, los cloruros del fósforo, del azufre, etc.

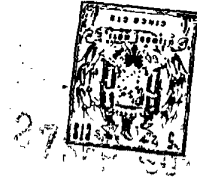
10. Se ha descubierto ahora que el óxido de hierro (Fe_2O_3), a temperaturas entre 800 y 1200°C, reacciona con tetracloruro de silicio ($SiCl_4$), cloruro de aluminio ($AlCl_3$), tetracloruro de titanio ($TiCl_4$) y pentacloruro de fósforo (PCl_5), y los dos cloruros sulfúricos (S_2Cl_2 , S_2Cl_2) y tricloruro de fósforo (PCl_3) en presencia de cloro (Cl_2) bajo formación de ferricloruro ($FeCl_3$).

15. Aquí se forman los óxidos del silicio (SiO_2), del aluminio (Al_2O_3), del titanio (TiO_2) y del azufre (SO_2) y el oxicloruro fosfórico ($POCl_3$).

20. Las reacciones se presentan solo en ausencia de materiales reductores. Las reacciones son exotérmicas, las velocidades de reacción grandes y los rendimientos practicamente cuantitativos.

25. Para evitar las perdidas de cloro que se presentan al utilizar los procedimientos conocidos, de acuerdo con la invención se reacciona en una cámara de reacción (recinto de reducción-clorificación) el cloro con una mezcla de mineral desmenuzado y medio de reducción carbonoso desmenuzado a una temperatura entre 800 y 1200°C y entonces los productos de reacción gaseosos con cloro en otro recinto
30. juntos (Cámara de oxidación-clorificación), se ponen

27. 778



-8-

- en contacto con mineral- pero en ausencia de un medio reductor- asimismo a una temperatura entre 800 y 1200°C Terminada la reacción se extrae la ganga libre de hierro de la cámara de reducción-clorificación y ésta se
5. carga con el mineral de la cámara de oxidación-clorificación y medio de reducción carbonoso, mientras que en la cámara de oxidación-clorificación se introduce de nuevo mineral. La cantidad de carbono alimentada a la cámara de clorificación corresponde estoquiométricamente a los óxidos de hierro y eventuales fosfatos
10. existentes en el mineral para que se puedan reducir a FeCl_3 y POCl_3 y clorificar. La cantidad de cloro introducida en la cámara de reducción-clorificación corresponde estoquiométricamente al contenido en hierro del mineral, al contenido en hidrógeno del medio
15. de reducción y al contenido en fósforo en el mineral y medio de reducción, para que se pueda formar FeCl_3 , HCl y POCl_3 . Aquí se ha de tener siempre en consideración la cantidad de medio de reducción que
20. llega a la cámara de reducción-clorificación y la cantidad de mineral alimentada a la cámara de oxidación-clorificación.

- El producto de reacción gaseoso, que se forma en la cámara de oxidación-clorificación, contiene prácticamente solo ferricloruro, dióxido de
25. carbono y clorohidrógeno. El clorohidrógeno se forma debido al contenido de hidrógeno del medio de reducción. Para obtener el menor clorohidrógeno posible ha de ser el medio de reducción lo más pobre posible
30. en hidrógeno. Como por ejemplo el cok de destilación

270778



-9-

5. contiene mucho más hidrógeno que el cok de la batería de cok, es ventajoso calentar el cok de destilación a unos 1200°C antes de emplearle para la clorificación reductora. Aquí se desgasifica el cok de destilación y su contenido en hidrógeno se reduce considerablemente. El calor de combustión del gas saliente es suficiente para el calentamiento, secado y desgasificación del cok de destilación. La desgasificación del cok de destilación se puede, por lo tanto, efectuar por la combustión de sus propios componentes volátiles.

10. La mezcla de gas de cloruro se enfria, después de salir de la cámara de oxidación-clorificación, a unos 320°C y se libera del polvo que arrastra para que este, en el ulterior enfriamiento, no pueda llegar al ferricloruro sólido (Fe_2Cl_6) que se separa. De la mezcla gaseosa, libre de polvo se separa entonces, a una temperatura entre 110 y 140°C, en un "Condensador de Fe_2Cl_6 " el ferricloruro en forma sólida.

15. El enfriamiento previo de los productos de reacción gaseosos a unos 320°C, después de abandonar la cámara de oxidación-clorificación, se efectúa ventajosamente simultáneamente con la separación de polvo, por ejemplo en un ciclón enfriador. Aquí se separan eventualmente reducidas cantidades presentes de los cloruros de difícil volatilización, por ejemplo MnCl_2 , CoCl_2 , CrCl_3 . Estos se retornan con el polvo desde el ciclón enfriador, juntos con el mineral fresco, a la cámara de oxidación-clorifica

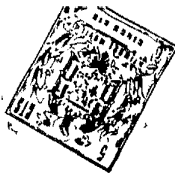
20.

25.

30.



- ción. Aquí, estos se evaporan de nuevo, de manera que entre la cámara de oxidación-clorificación y ciclón enfriador se forma un proceso de circuito interno. La formación de mayores cantidades de cloruros de difícil volatilización actúan sin embargo ahora contra las presiones parciales de estos cloruros existentes en la mezcla gaseosa. De esta manera se evita el ensuciamiento del ferricloruro por los metales no férricos.
- 5.
10. El clorohidrógeno y el dióxido de carbono contenidos en el gas residual se lavan con agua en un "Absorber", absorbiéndose HCl al mismo tiempo que CO₂ abandona la instalación.
15. El ácido clorhídrico que se forma al lavar es electrolizado, con lo que se recupera cloro. El agua de lavado se emplea ventajosamente en circuito entre la electrolisis y el Absorber. Como la absorción de HCl es fuertemente exotérmica y la mezcla de gas llega ya con una temperatura de unos 130°C al Absorber, éste se ha de enfriar. Naturalmente también se puede reducir el clorohidrógeno a cloro por vía química.
20. El ferricloruro sólido del condensador de Fe₂Cl₆ se quema con oxígeno a óxido de hierro (Fe₂O₃) y cloro (Cl₂) a una temperatura entre 700 y 800°C.
25. El oxígeno se junta a una temperatura entre 800 y 950°C con el ferricloruro sólido caliente de unos 120°C. Este se evapora y se quema simultáneamente asumiendo la temperatura de combustión entre 700 y
30. 800°C. Pero también se puede calentar el ferricloru-



ro a unos 310°C, con lo que funde, y entonces se quem
ma con oxígeno a aprox. 400°C. El cloro se separa del
óxido de hierro y se introduce en la cámara de reduc
ción-clorificación junto con el cloro recuperado en
5. la electrolisis del HCl.

El óxido de hierro que se forma en la com
bustión se reduce en forma conocida a hierro puro en
una cámara (Cámara de reducción) con gases reducto
res, por ejemplo gas de gasógeno, gas de agua o gas
10. natural, a los que se les ha adicionado el hidrógeno
que se forma en la electrolisis del HCl. Este se pue
de obtener en forma de polvo o ser fundido a conti
nuación de la reducción. Al fundir se le pueden alear
otros elementos y, de esta manera, fabricar cualquier
15. acero, pero sin embargo libre de impurezas indeseadas.

Como es sabido, los gases reductores, téc
nicos, contienen en la mayoría de los casos compues
tos sulfurosos gaseosos. Para evitar el ensuciamien
to del hierro por el azufre se ponen primeramente
20. los gases reductores en contacto con polvo de hierro
que retire el azufre de los gases. Solo entonces se
utilizan los gases para la reducción del óxido de
hierro. El polvo de hierro sulfuroso se alimenta,
junto con el cok, a la cámara de reducción-clorifi
25. cación, con lo que durante el proceso no se presen
ta ninguna pérdida de hierro.

Para la clorificación se puede emplear,
en lugar de medio de reducción carbonoso sólido, un
monóxido de carbono que se introduce en la cámara
30. de reducción-clorificación junto con el cloro. La



cantidad de monóxido de carbono se ha de dimensionar de manera que con los productos de reacción gaseosos y el cloro, prácticamente solo llegue dióxido de carbono a la cámara de oxidación-clorificación.

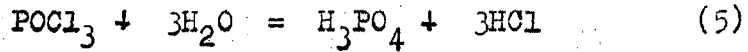
5. Más económica es la utilización de medios de reducción sólidos, ricos en carbono, ya que el carbono elemental reduce doble de óxido de hierro que la cantidad equivalente de monóxido de carbono. El monóxido de carbono puro es para el presente caso demasiado caro. En el gas de gasógeno, gas de agua o gas de batería de cok el monóxido de carbono es más barato, pero sin embargo se diluye por el CO_2 y N_2 tan fuertemente, que la velocidad de reacción en la clorificación del mineral se reduce y además se han de transportar grandes cantidades de gases inertes como gases de lastre. Además, el hidrógeno y el vapor de agua de estos gases industriales reaccionan al clorificar a clorhidrógeno, de manera que una gran parte del cloro empleado se pierde para la clorificación.
- 10.
- 15.
- 20.

25. Para la combustión del ferricloruro se puede emplear aire en lugar de oxígeno. Sin embargo, entonces llega con el cloro, que se forma durante la combustión, el nitrógeno del aire a las cámaras de clorificación, con lo que también nuevamente, y debido a la dilución, se reduce la velocidad de reacción y se aumenta considerablemente toda la cantidad de gas.

30. Se ha descubierto además, que el oxiclo-
ruro de fósforo gaseoso (POCl_3) se reacciona a tem-



peraturas entre 110 y 140°C con agua o vapor de agua cuantitativamente a ácido fosfórico y clorohidrógeno:



- En la clorificación reductora de minerales de hierro fosforosos se forma en la cámara de reducción-clorificación, además de ferricloruro y otros cloruros, el tricloruro fosfórico gaseoso, además de reducidas cantidades de pentacloruro de fósforo. En la cámara de oxidación-clorificación se reaccionan estos cloruros a ferricloruro gaseoso y oxiclорuro de fósforo gaseoso.

- A continuación del enfriamiento y desempolvado de la mezcla de reacción gaseosa después de la clorificación y después de la separación del ferricloruro sólido se le agrega, según la presente invención, agua o vapor de agua a la mezcla gaseosa que sale del condensador del Fe_2Cl_6 . Aquí reacciona el oxiclорuro de fósforo a ácido fosfórico y clorohidrógeno. El ácido fosfórico, se produce en forma de una niebla que, en forma conocida, se absorbe en ácido fosfórico caliente.

- Del gas restante se lava, con agua o ácido clorhídrico diluido, el clorohidrógeno que se forma del hidrógeno del medio de reducción y en la formación del H_3PO_4 .

- Mediante la obtención de ácido fosfórico de acuerdo con la invención se mejora considerablemente la economía del procedimiento. Por esta razón es ventajoso agregar en la obtención de hierro de minerales de hierro pobre o libres de fósforo mate-



riales fosforosos, por ejemplo fosfatos en bruto de Florida o Marruecos con aprox. 14,5% de fósforo.

5. La pérdida de reducidas cantidades de cloro, que mecánica y químicamente se retienen en la ganga y con esta son extraídas de la cámara de clorificación, es inevitable.

10. De acuerdo con la invención se sustituye la pérdida de cloro, introduciendo el cloro obtenido mediante electrolisis de cloruro alcalino, junto con el que se obtiene en la combustión del Fe_2Cl_6 y la electrolisis del HCl, en la cámara de reducción-clorificación.

15. El hidrógeno que se forma en la electrolisis del cloruro alcalino se agrega, al igual que el hidrógeno de la electrolisis del HCl, al gas reductor que se emplea para la reducción del óxido de hierro. Además de cloro e hidrógeno se forma en la electrolisis del álcali también hidróxido alcalino, Este se puede recuperar o venderse como producto secundario o, dentro del proceso, emplearse para el

20. enriquecimiento de valiosos metales pesados de la ganga y aquí regenerarlos a cloruro alcalino. Esto se consigue mediante lavado de la ganga con una solución diluida del hidróxido alcalino que proviene de la electrolisis, formándose una solución alcalina de todos los cloruros de la ganga. Esta solución se trata con CO_2 o con el gas de salida del absorber de HCl, que contiene considerables cantidades de CO_2 .

25. El CO_2 reacciona con los cloruros en la solución alcalina precipitándose un lodo de carbonato que con-

30.



5. tiene todos los metales que en la ganga estaban presentes en forma de cloruros de difícil volatización (p.e. manganeso, níquel, romo). Después de separar el lodo, la solución contiene sólo cloruro alcalino que se retorna a la electrolisis. Del lodo de carbonato se pueden obtener, en caso dado, valiosos metales no férricos.

10. Las necesidades de energía necesarias para la obtención electrolítica del cloro se puede cubrir totalmente del calor desprendido.

15. Por lo tanto, el calor liberado durante la clorificación del mineral, la combustión del ferricloruro y en la absorción del HCl y el calor obtenido en el enfriamiento de los productos de reacción gaseosos después de la clorificación del mineral, de la ganga, del cloro y de los gases de salida después del tratamiento reductivo del óxido de hierro se transforma en energía eléctrica y ésta se emplea para la obtención electrolítica del cloro.

20. En el procedimiento según la presente invención se calienta y seca el cok molturado mediante el nitrógeno caliente y el mineral triturado mediante gases de humo caliente, una mezcla de mineral y cok molturados se trata con cloro y el mineral molturado sólo con una mezcla de gas de cloruro, el nitrógeno se calienta en la ganga caliente y el polvo de óxido de hierro se reduce por los gases a hierro. Para tales procesos se pueden emplear los más distintos dispositivos conocidos, tales como recipientes sencillos, hornos de tubo giratorio o torres de

30.

270778



-16-

capas arremolinadas.

- Se conocen las instalaciones que se componen de varios depósitos que contienen el material sólido y por los que pasa un gas. Aquí se transporta, según el principio de cascadas, el material sólido desde el primero hasta el último y el gas desde el último hasta el primero de los recipientes. Estos procedimientos son complicados y las instalaciones tienen, en comparación con su tamaño, unos rendimientos relativamente reducidos. Además, la velocidad de la corriente de los gases no debe sobrepasar en los recipientes una medida determinada porque entonces son arrastradas partículas de material sólido en cantidades insoportablemente grandes.
5. También en los hornos de tubo giratorio, en los que continuamente se pone en contacto el material sólido en contracorriente con gases, no debe ser la velocidad de la corriente tan grande que pueda arrastrar mucho polvo. Si por ejemplo en un proceso químico (por ejemplo reducción del mineral) o en proceso físico (por ejemplo secado o calentado del material sólido finamente molturado) para el tratamiento del material sólido se necesita relativamente mucho gas el horno ha de tener entonces un ancho de luz muy grande para que la velocidad de corriente de los gases sea lo suficientemente pequeña.
10. En la alimentación de calor en los procesos endotérmicos o en la obtención de calor en las reacciones exotérmicas son las transiciones de calor muy malas en los depósitos y hornos de tubo giratorio.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.



las pérdidas térmicas son aquí muy grandes, ya que el tiempo de estancia necesario de los materiales sólidos es largo en estos aparatos.

5. Los procedimientos de capas arremolinadas de varios escalones permiten una excelente transición térmica entre el gas y el material sólido, pero también las torres de capas arremolinadas (compuestas de varias capas de remolinos) han de tener frecuentemente grandes anchos de luz para que los gases originen solo el arremolinamiento y no puedan levantar el material sólido. El polvo fino siempre será arrastrado por el gas, lo que puede conducir a atascos en los fondos de salida de corriente.
- 10.

15. De acuerdo con la invención los inconvenientes arriba descritos se eliminan y se aumenta considerablemente la economía del procedimiento, si los gases en baterías de ciclones de la clase conocida se reaccionan continuamente con cok desmenuzado libre de polvo, mineral y óxido de hierro, así como la ganga, según el principio de contracorriente, y energicamente mezclados. Las mezclas se pueden calentar o enfriar rápidamente; la transición térmica entre el gas y el polvo es excelente y las pérdidas térmicas son muy reducidas. Las velocidades de reacción son extraordinariamente grandes y, por lo tanto, los tiempos de reacción sorprendentemente cortos. Con instalaciones relativamente pequeñas se logran rendimientos muy grandes.
- 20.
- 25.

30. El principio de la batería de ciclones consiste en que varios ciclones (separadores de pol-



vo de fuerza centrífuga) se emplean como cámaras
reacción y se unen entre sí de manera que en toda
la instalación se produzcan procesos químicos y fí-
sicos según el principio de contracorriente, y al
5. mismo tiempo procesos de separación en los distintos
ciclones.

Las baterías de ciclones se emplean en
la industria del cemento para calentar el polvo de
marga para la combustión de clínquer mediante gases
de escape calientes. Los distintos ciclones se com-
ponen de un revestimiento cerámico con envolvente
10. de chapa. Para la calcinación de tierra de arcilla
también se han propuesto ya baterías de ciclones.

También los distintos ciclones se emplean
como cámaras de reacción, tal como por ejemplo los
15. quemadores de ciclón conocidos, que en el interior
llevan un revestimiento refractario que está rodea-
do por tubos de refrigeración y que, hacia el exte-
rior, está térmicamente aislado y rodeado con chapa.

Las baterías de ciclones empleadas para
el procedimiento según la presente invención se com-
ponen de varios ciclones, cuyo número depende natu-
ralmente de las velocidades de reacción, es decir de
la temperatura, tamaño del granulado y otros facto-
20. res.

Para la clorificación reductora y oxidan-
te, que es exotérmica, se construyen ciclones de do-
ble pared o se rodean con tubos y el exterior se cu-
bre con una capa aislante del calor. A través de es-
te doble envolvente o tubos se conduce agua o vapor,
30.



- que recogen el calor liberado en las reacciones químicas. Para la protección contra calor y ataques químicos por el cloro y los cloruros se equipan las superficies interiores de los ciclones con revestimientos refractarios, acumuladores de calor y químicamente resistentes. Naturalmente se protegen también las tuberías entre los ciclones en forma análoga contra el calor y los ataques químicos y se rodean y aíslan térmicamente con envolventes dobles o tuberías.
- 5.
10. Para prolongar en caso dado el tiempo de estancia de las mezclas en el dispositivo, sin necesidad de aumentar considerablemente en número de los ciclones, se montan cámaras de arremolinamiento en las tuberías conductores de las mezclas entre los
15. ciclones y en las cuales -según el ancho de luz y longitud de estas cámaras- se mantienen las mezclas de reacción durante un tiempo determinado antes de pasar al ciclón siguiente, donde son separadas.
20. Como ya se ha indicado, también para la reducción del óxido de hierro y para el calentamiento del nitrógeno con el polvo de la ganga se emplean baterías de ciclones. Estas se aíslan térmicamente para que las pérdidas de calor sean lo más reducidas posible.
25. El modo de trabajo de una batería de ciclones según la invención se explica para mejor comprensión a base de la fig. 1, En el extremo izquierdo de una batería de ciclones se introduce el cloro fresco y en el extremo derecho la mezcla de polvo
30. de cok y de mineral. Delante de cada ciclón se mez-



- clan primeramente entre sí el polvo y el gas y se transporta al ciclón donde son separados entre sí y abandonan el ciclón en direcciones opuestas. Debido al principio de contracorriente y la grande superficie, altamente activa, del polvo fino, la excelente transición térmica entre los gases arremolinados y los materiales sólidos en forma de polvo por una parte, y la muy buena transición de calor entre estas mezclas en estado arremolinado y las paredes de los ciclones, por otra parte, y el cierre térmico prácticamente perfecto del dispositivo hacia el exterior resultan, tanto el rendimiento en material como también el grado de eficacia térmico, extraordinariamente elevados en los procesos según la presente invención.
- 5.
- 10.
- 15.

1º Ejemplo de ejecución.

Fig. 2 muestra una representación esquemática del principio de una instalación para la ejecución del procedimiento según la presente invención.

20. La instalación (50 tns de hierro puro por hora) se compone esencialmente de las siguientes partes:
- 1.... Dispositivo desmenuzador para el cok
 - 2.... Dispositivo de secado para el cok desmenuzado (280°C).
 25. 3.... Dispositivo desmenuzador para el mineral de hierro.
 - 4.... Dispositivo de secado para el mineral desmenuzado (800°C).
 30. 5.... Ciclón para los gases de salida de secado (térmicamente aislado).

- 6.... Instalación de lavado para los gases de salida de lavado.
- 7.... Cámara de reducción-clorificación (800°C).
- 8.... Cámara de oxidación-clorificación (800°C).
5. 9.... Tubería para los productos de reacción gaseosos de 800°C de calor hacia la clorificación.
- 10... 10... Ciclón de enfriamiento para los productos de reacción gaseosos de 800°C de calor después de la clorificación.
10. 11... Tubería para los productos de reacción gaseosos de 320°C de calor después de la clorificación.
- 12... Filtro de gas caliente (320°C).
- 13... Condensador de Fe_2Cl_6 (120°C)
- 14... Reactor de H_3PO_4 (140°C)
15. 15... Absorber de HCl.
- 16... Electrolisis de HCl
- 17... Dispositivo para la descomposición del aire.
- 18... Dispositivo de combustión para Fe_2Cl_6 (730°C)
- 19... Tubería para el Fe_2O_3 de 730°C de calor
20. 20... Cámara de reducción (1000°C).
- 21... Ciclón de enfriamiento para enfriar el Cl_2 caliente y para la separación de Fe_2O_3
- 22... Filtro de polvo fino para la separación del $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Cl}_2$ (30°C)
25. 23... Tubería para el retorno del cloro.
- 24... Tubería de transporte para la ganga caliente (280°C).
- 25... Calentador de N_2 (280°C)
- 26... Tubería para el N_2 frío
30. 27... Refrigerador para la ganga caliente.



- 28... Tubería para el N₂ de 280°C de calor.
- 29... Electrolisis de NaCl
- 30... Tubería para el Cl₂ obtenido electrolíticamente.
- 31... Generador de gas.
- 5. 32... Tubería de gas para H₂ de la electrolisis de NaCl.
- 33... Tubería para H₂ desde la electrolisis de HCl y NaCl.
- 34... Conexión entre el generador de gas y la cámara de reducción.
- 10. 35... Ciclón de refrigeración para el gas de salida de 1000°C desde la reducción del Fe₂O₃.
- 36... Tubería para el gas de salida frío de la reducción del Fe₂O₃
- 15. 37... Instalación de lavado para el gas de salida frío de la reducción del Fe₂O₃
- 38... Horno de fusión (1600°C) para el hierro puro.
- 39... Calentador de O₂ (360°C).

20. Tomando como base esta instalación con una producción de hierro puro horaria de 50 tns se describe a continuación la obtención de 1 tn. de hierro según la invención.

Composición del mineral de hierro:

25.	Fe	30,0%	Al ₂ O ₃	8,0%
	Mn	0,2%	CaO	4,0%
	P	0,5%	MgO	2,0%
	SiO ₂	25,0%	H ₂ O	10,0%

Como medio de reducción se emplea cok de destilación de lignito:



Composición del cok de destilación de lignito:

C	61%	S	1%
H ₂ O	20%	H	2%
Cenizas	15%	O + N	1%

5. 285 kg de cok de destilación de lignito se trituran en el dispositivo desmenuzador 1 hasta un granulado máximo de 0,05 mm y en dispositivo secador 2 se secan en contracorriente con el nitrógeno de 280°C de calor que viene a través de la tubería 28.
10. 3333 kg de mineral de hierro se trituran en el dispositivo desmenuzador 3 igualmente a un granulado máximo de 0,05 mm y en el dispositivo secador 4 se secan mediante un quemador de aceite y se calienta a 800°C. Los gases de salida del secado
15. de los dispositivos secadores 2 y 4 se desempolvan en el ciclón 5 provisto de aislamiento térmico y se lavan en la instalación de lavado 6, de manera que salgan libre de polvo de la instalación.
20. El polvo de cok de 280°C de calor del dispositivo de secado 2 y la mezcla de cok-mineral del ciclón 5 llegan a la cámara de reducción-clorificación 7. Desde el ciclón de enfriamiento 10 se introduce el polvo allí separado, junto con el polvo de mineral de 800°C de calor, en la cámara de oxidación-clorificación 8. El polvo de mineral es transportado,
25. a través de la cámara de oxidación clorificación 8, a la cámara de reducción-clorificación 7, donde se mezcla con el polvo de cok. De la cámara de reducción-clorificación 7 se extrae la ganga libre de
30. hierro y la ceniza del cok a través de la tubería



de transporte 24. A través de la tubería 23 se introducen 690 m³N (= 2226 kg) de cloro con una temperatura de 30°C en la cámara de reducción-clorificación y por el contacto con la ganga en contracorriente se calientan a 800°C, mientras que la ganga se enfría a 280°C. En las dos cámaras de clorificación 7 y 8 se libera calor debido a las reacciones exotérmicas que se recupera por enfriamiento.

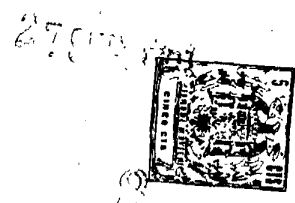
El cloro pasa por la cámara de reducción-clorificación 7 y la cámara de oxidación-clorificación en una dirección opuesta a la del polvo. Los productos de reacción gaseosos abandonan la cámara de oxidación-clorificación a través de la tubería 9, se desempolvan en el ciclón de enfriamiento 10 donde se enfrían a 320°C y fluyen por la tubería 11 al filtro de gas caliente 12 para el desempolvado fino.

En el condensador de Fe₂Cl₆ 13 se separa de la mezcla gaseosa, limpiada, a 120°C, el ferricloruro sólido. La mezcla gaseosa sobrante llega desde el condensador de Fe₂Cl₆ 13 al reactor de H₃PO₄ 14, en el que se pulverizan 29,4 kg de agua fría en forma de niebla a través de una tobera. El agua se evapora y forma con el oxiclorigenato de fósforo 61,7 kg de ácido fosfórico al 86% en forma de un aerosol que se absorbe en ácido fosfórico de aproximadamente 86%. Durante la formación del ácido fosfórico del oxiclorigenato fosfórico sube la temperatura en el reactor de H₃PO₄ de 120° a 140°C.

La mezcla de gas, que prácticamente ahora solo contiene CO₂ y HCl, a 140°C, fluye desde el



5. reactor de H_3PO_4 14 al absorber de HCl 15, donde se absorbe clorohidrógeno. La absorción se efectúa con HCl frío, aprox. al 10% en contracorriente. El calor liberado en la absorción de HCl y el calor sensible cedido por los gases se recupera en el absorber de HCl 15 por refrigeración.
10. El ácido clorhídrico al 33% aprox., que se forma, se conduce desde el absorber 15 hacia la electrolisis del HCl, donde se obtienen $81 m^3N$ (= 263 kg) de cloro y $82 m^3N$ de hidrógeno. Después de la electrolisis se emplea el ácido clorhídrico de aprox. 10% de nuevo para la absorción de HCl en el absorber de HCl 15.
15. $1500 m^3N$ de aire se descomponen en el dispositivo para la descomposición del aire 17 en $300 m^3N$ de oxígeno y $1200 m^3N$ de nitrógeno. Los $300 m^3N$ de oxígeno se calientan en el calentador de O_2 39 mediante un quemador de aceite a $860^\circ C$.
20. Del condensador de Fe_2Cl_6 13 se transporta (por ejemplo mediante un sin-fin) el ferricloruro sólido de $120^\circ C$ de calor al dispositivo de combustión 18, donde se junta con el oxígeno caliente. El ferricloruro se evapora y se quema a óxido de hierro y cloro presentándose una temperatura de combustión de $730^\circ C$.
25. La mayor parte del óxido de hierro caliente (aprox. 90%) se separa del cloro en el dispositivo de combustión 18. El cloro de $730^\circ C$ de calor se enfría en el ciclón de refrigeración 21 a $30^\circ C$
30. donde cede otra parte de óxido de hierro, y finalmen



5. te se libera de los finísimos restos de óxido de hierro en el filtro de polvo fino 22. El óxido de hierro del dispositivo de combustión 18, del ciclón de enfriamiento 21 y del filtro de polvo fino 22 se transporta a través de la tubería 19 a la cámara de reducción 20.

10. En el dispositivo de combustión 20 se producen 1425 kg de Fe_2O_3 y $590 m^3N$ (= 1903 kg) de cloro. En la electrolisis NaCl 29 se obtienen de 100 kg de cloruro sódico electrolíticamente 68 kg de hidróxido sódico, $19 m^3N$ (= 60,5 kg) de cloro y $19 m^3N$ de hidrógeno. El cloro se reúne a través de la tubería 30 junto con el cloro de la electrolisis HCl 16 en la tubería 23 con el cloro que viene del dispositivo de combustión 18 y se conduce a la cámara de reducción-clorificación 7 (en contra de la ganga caliente libre de hierro).

15. Del dispositivo de descomposición del aire 17 se conducen $700 m^3N$ de nitrógeno a través de la tubería 26 al calentador de N_2 25 donde el nitrógeno se calienta en contracorriente por la ganga a $280^{\circ}C$ y la ganga se enfría a $120^{\circ}C$. El nitrógeno caliente se envía entonces a través de la tubería 28 al dispositivo de secado 2 para secar el cok de destilación de lignito.

20. 1613 kg de la mezcla de ganga y cenizas de cok salen del calentador de N_2 25 con una temperatura de 120° al refrigerador 27 donde se enfrían a $20^{\circ}C$.

25. El polvo fino se traslada al vertedero



de escorias, pero también se puede emplear, por ejemplo, para la fabricación de materiales de construcción o para la recuperación de los valiosos metales allí contenidos.

5. En el generador de gas 31 se producen 530 kg de cok de destilación de lignito, aire y vapor de agua 1800 m³N de gas de gasógeno y con una temperatura de 1000°C se conduce a la cámara de reducción 20. 101 m³N de hidrógeno se agregan de la
10. electrolisis de NaCl 29 a través de la tubería 32 y de la electrolisis de HCl 16 a través de la tubería 33 al gas de gasógeno. La mezcla de gas reductor (1901 m³N) llega a través de la tubería 34 a la cámara de reducción 20 donde 1425 kg de óxido de hierro
15. se reducen a 1000°C a 1 tn. de hierro puro. Los gases de la reducción del óxido de hierro se conducen desde la cámara de reducción 20 al exterior a través del ciclón de refrigeración 35, tubería 36 e instalación de lavado 37.
20. El hierro se obtiene como polvo de hierro puro o se funde en el horno de fusión 38. El polvo de hierro se puede carbonizar durante la reducción mediante un gas rico en monoóxido de carbono o hidrocarburos, por ejemplo metano. Se obtiene un polvo de
25. acero al carbono purísimo que es de gran importancia para la fabricación por vía polvo- o sinterizado-metalúrgica de objetos.

Pero también se puede fabricar de la fusión de hierro para cualquier acero agregándole los

30. elementos necesarios, por ejemplo carbono, silicio,



manganeso, cromo y níquel.

778

5. Mediante el calor obtenido en las distintas partes de toda la instalación por refrigeración se genera vapor que se emplea para la producción de energía eléctrica. La cantidad de calor obtenida, de aprox. 3.350.000 kcal, da 880 kWh. Esta cantidad de energía es suficiente para el servicio de la electro-
 10. lisis de HCl y NaCl. En la electrolisis de HCl se consumen 660 kWh y en la electrolisis de NaCl 200 kWh.

2º Ejemplo de ejecución:

15. También este ejemplo se refiere a una instalación con una producción de hierro puro de 50 t/h y explica el procedimiento a base de la obtención de 1 tn. de hierro puro de magnetita de titanio. Como en este caso no se obtiene ningún ácido fosfórico, no es necesario el reactor H₃PO₄ (fig. 2).

Composición del mineral:

20.	TiO ₂	16,70% (10,00% Ti)
	FeO	20,72% (16,10% Fe)
	Fe ₂ O ₃	12,74% (8,92% Fe)
	SiO ₂	23,07%
	Al ₂ O ₃	17,80%
	MnO	3,13%
	CaO	2,21%
25.	MgO	1,04%

Oxidos alcalinos 2,19%

H₂O 0,40%

Como medio de reducción se emplea cok de batería de cok:



Composición del cok:

C	81,00%
Cenizas	8,00%
H ₂ O	8,00%
O+N	1,60%
S	0,90%
H	0,50%

277778

5. 156 kg de cok se desmenuzan en el dispositivo triturador 1 hasta granulados de máximo 0,05 mm y en el dispositivo de secado 2 se seca en contracorriente con el nitrógeno caliente a 520°C que viene a través de la tubería 28.

15. 4000 kg de magnetita de titanio se desmenuzan asimismo a granulado de 0,05 mm máximo en el dispositivo de trituración 3 y se seca en el dispositivo de secado 4 mediante un quemador de aceite y se calienta a 800°C. Los gases de salida de los secaderos 2 y 4 se desempolvan en el ciclón 5 terminamente aislado y se lavan en la instalación de lavado 6, de manera que salen libres de polvo de la instalación.

25. El polvo de cok de 520°C de calor del dispositivo de secado 2 y la mezcla de cok-mineral del ciclón 5 llegan a la cámara de reducción-clorificación 7. Desde el ciclón de enfriamiento 10 se introduce el polvo allí separado, junto el polvo de mineral caliente a 800°C en la cámara de oxidación-clorificación 8. El polvo de mineral se transporta a través de la cámara de oxidación-clorificación 8 a la cámara de reducción-clorificación 7,

30.



- donde se mezcla con el polvo de cok. De la cámara de reducción-clorificación 7 se extrae la ganga libre de hierro y la ceniza del cok a través de la tubería de transporte 24. A través de la tubería 23 se introducen 610 m³N (=1963 kg) de cloro con una temperatura de 30°C en la cámara de reducción-clorificación 7, y, debido al contacto con la ganga en contracorriente se calienta a 800°C mientras que la ganga se enfría a 520°C. En ambas cámaras de clorificación 7 y 8 se libera calor debido a las reacciones exotérmicas que se recupera mediante enfriamiento.

- El cloro pasa a través de la cámara de reducción-clorificación y la cámara de oxidación-clorificación en una dirección que es la opuesta al polvo. Los productos de reacción gaseosos abandonan la cámara de oxidación-clorificación 8 a través de la tubería 9, se desempolvan en el ciclón de enfriamiento 10 donde se enfrían a 320°C y fluyen por la tubería 11 al filtro de gas caliente 12 para el desempolvado fino.

- En el condensador de Fe₂Cl₆ 13 se separa de la mezcla gaseosa limpiada a 120°C ferricloruro sólido. La mezcla gaseosa restante, que prácticamente solo contiene CO₂ y HCl, llega al absorber de HCl 15 donde se absorbe clorohidrógeno. La absorción se efectúa con HCl frío, al 10% aprox. en contracorriente. El calor que se libera en la absorción de HCl y el calor sensible cedido por los gases, se recupera en el absorber de HCl 15 mediante refrigeración.



- El ácido clorhídrico al 33% aprox. que se forma se conduce desde el absorber de HCl 15 a la electrolisis de HCl 16, donde se recuperan $9 \text{ m}^3\text{N}$ de cloro y $9 \text{ m}^3\text{N}$ de hidrógeno. Después de la electrolisis se
5. emplea el ácido clorhídrico al 10% aprox. de nuevo para la absorción de HCl en el absorber de HCl 15.
- 1500 m^3N de aire se descompone en el dispositivo para la descomposición de aire 17 en $300 \text{ m}^3\text{N}$ de oxígeno y $1200 \text{ m}^3\text{N}$ de nitrógeno. Los $300 \text{ m}^3\text{N}$ de
10. oxígeno se calientan en el calentador de O_2 39 mediante un mechero de aceite a 860°C .
- Del condensador de Fe_2Cl_6 13 se transporta (por ejemplo mediante un transportador sin-fin) el ferricloruro sólido de 120°C de calor al dispositivo de combustión 18, donde se junta con el oxígeno caliente. El ferricloruro se evapora y se quema a
15. óxido de hierro y cloro, graduándose la temperatura de combustión a 730°C .
- La mayor parte del óxido de hierro caliente (aprox. 90%) se separa en el dispositivo de combustión 18 del cloro. El cloro se enfría en el ciclón de enfriamiento 21 a 30°C donde cede otra parte de
20. óxido de hierro y finalmente se libera en el filtro de polvo finísimo 22 de los restos de óxido de
25. hierro finísimo. El óxido de hierro del dispositivo de combustión 18, el ciclón de enfriamiento 21 y el filtro de polvo finísimo 22 se transporta a través de la tubería 19 a la cámara de reducción 20.
- En el dispositivo de combustión 18 se
30. producen 1425 kg de Fe_2O_3 y $590 \text{ m}^3\text{N}$ (= 1903 kg) de



- cloro. En la electrolisis de NaCl 29 se obtienen de 53,3 kg de cloruro sódico electrolíticamente 36,5 kg de hidróxido sódico, 11 m³N (= 32,3 kg) de cloro y 11 m³N de hidrógeno. El cloro se reúne a través de la tubería 30, junto con el cloro de la electrolisis de HCl 16 en la tubería 23 con el cloro que viene del dispositivo de combustión 18 y se conduce a la cámara de reducción-clorificación 7 (en dirección, contraria a la ganga caliente libre de hierro).
- 5.
10. Del dispositivo para la descomposición del aire 17 se conducen 200 m³N de nitrógeno a través de la tubería 26 al calentador de N₂ 25, donde el nitrógeno se calienta en contracorriente por la ganga caliente a 520°C y la ganga se enfría a 474°C. El nitrógeno caliente se envía entonces, a través de la tubería 28, al dispositivo de secado 2 para secar el cok.
- 15.
20. 2684 kg de la mezcla de ganga y ceniza de cok salen del calentador de N₂ 25 con una temperatura de 474°C al refrigerador 27, donde se enfría a 24°C. La mezcla totalmente libre de hierro de ganga y ceniza de cok contiene 400 kg de titanio (aprox. 15%); este se emplea como valioso material de partida para la obtención de titanio.
25. En el generador de gas 31 se producen 1882 m³N de gas de agua y se conduce con una temperatura de 1000°C a la cámara de reducción 20. 20 m³N de hidrógeno se agregan de la electrolisis de NaCl 29 a través de la tubería 32 y de la electrolisis de HCl 16 a través de la tubería 33 al gas de agua.
- 30.

270778



-33-

La mezcla de las reductora ($1902 \text{ m}^3 \text{N}$) llega a través de la tubería 34 a la cámara de reducción 20, donde 1425 kg de óxido de hierro se reducen a 1000°C a 1 tn de hierro puro.

5. Mediante el calor obtenido por enfriamiento en las distintas partes de toda la instalación se produce vapor, que se emplea para la producción de energía eléctrica. El calor obtenido de aproximadamente 2.555.000 kcal de 700 kWh. De estos se consumen
10. 180 kWh en la electrolisis de HCl y NaCl (70 resp. 110 kWh) de manera que se dispone aún de 520 kWh para otras finalidades.

15. El procedimiento según la invención significa un innegable progreso en relación con el actual estado de la técnica. Los minerales con reducida solidez, que debido al peligro de taponamiento no se emplean en el horno alto, son muy adecuados para este procedimiento ya que de todas maneras se ha de desmenuzar todo el mineral y en estos minerales los gastos de desmenuzamiento son más reducidos que en los minerales duros. Como queda suprimida la necesidad de un tamaño de trozo especial así como la clasificación de los minerales, se reduce el precio del mineral. Los minerales pobres en hierro con por ejemplo
20. 30% de Fe se pueden elaborar directamente a hierro puro sin necesidad de procedimientos de enriquecimiento. El hasta ahora desagradable contenido en fósforo del mineral es, de acuerdo con la invención, ventajoso para la economía de la obtención del hierro. Los minerales de titanio ferrosos se pueden li-
- 25.
- 30.



- berar, en forma económica, totalmente del hierro. También de otro material ferroso, por ejemplo los residuos de la obtención de metales no férricos, se puede obtener el hierro. Los países que no tienen
5. antracitas, sino lignitos pueden, de acuerdo con la invención producir hierro puro y aceros altamente puros en forma económica. Los gastos de producción para el hierro puro obtenido según el procedimiento de la presente invención o el acero altamente puro
10. producido son considerablemente más bajos que los del acero que se fabrica según los procedimientos hasta ahora conocidos.

N O T A

15. Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento se refiere a dos Solicitudes de Patente presentadas en Alemania con fecha 28 de septiembre de 1.960 números respectivos H 40.538 IVa/12g y N 18.973 VI/18a, acogiéndose, por lo tanto, a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, y siendo lo que constituye la esencia del referido invento
20. y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España: "PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCION DE HIERRO PURO Y/U OXIDO DE HIERRO"; caracterizándose por lo siguiente:
- 25.

30. 1ª - Procedimiento para la obtención de

278



270.778

- hierro puro y/u óxido de hierro, mediante clorificación del mineral, recuperación del cloro mediante combustión del ferricloruro que se forma y reducción a hierro del óxido de hierro que se forma durante la combustión, caracterizado porque en una cámara de reducción-clorificación el cloro se reacciona con una mezcla de mineral desmenuzado y un medio de reducción carbonoso desmenuzado, a una temperatura entre 800 y 1200°C, los productos de reacción gaseosos y el cloro de la cámara de reducción-clorificación se ponen en contacto con mineral, y en caso dado fosfatos, en ausencia de un medio de reducción en una cámara de oxidación-clorificación a una temperatura entre 800 y 1200°C, la ganga libre de hierro abandona la cámara de reducción-clorificación, el mineral de la cámara de oxidación-clorificación se introduce, mezclado con el medio de reducción carbonoso desmenuzado, en la cámara de reducción-clorificación, la cámara de oxidación-clorificación se alimenta con mineral, los productos de reacción gaseosos, que salen de la cámara de oxidación-clorificación, se enfrían a unos 320°C y simultáneamente se liberan el polvo que arrastran, éste se retorna a la cámara de oxidación-clorificación, de los productos de reacción gaseosos libres de polvo se separa, a una temperatura entre 110 y 140°C, en un condensador de Fe_2Cl_6 , el ferricloruro en forma sólida, la mezcla de gas que sale del condensador de Fe_2Cl_6 se lava con agua, del agua de lavado ácido clorhídrica se obtiene electro-líticamente el cloro, el ferricloruro se quema con
- 5.
 - 10.
 - 15.
 - 20.
 - 25.
 - 30.

78
270,778



- oxígeno , a una temperatura entre 700 y 800°C, a óxi-
do de hierro y cloro, este cloro se introduce junto
con el cloro electrolíticamente obtenido en la cáma-
ra de reducción-clorificación y el óxido de hierro,
5 . que se forma en la combustión, se reduce a hierro
con los gases reductores y el hidrógeno que se libe-
ra en la obtención electrolítica del cloro.
- 2ª - Procedimiento, según la reivindica-
ción 1ª, caracterizado porque en la cámara de reduc-
10. ción-clorificación, en lugar de un medio de reducción
carbonoso sólido, se emplea monóxido de carbono.
- 3ª - Procedimiento, según las reivindi-
caciones 1ª y 2ª, caracterizado porque el ferricloro-
ruro sólido de 110 a 140°C de calor que se separa
15. en el condensador de Fe_2Cl_6 se pone en contacto con
oxígeno de 800 hasta 950°C de calor y se quema a
700 hasta 800°C.
- 4ª - Procedimiento, según las reivindi-
caciones 1ª hasta 3ª, caracterizado porque para la
20. combustión del ferricloruro en lugar de oxígeno se
emplea aire.
- 5ª - Procedimiento, según las reivindi-
caciones 1ª hasta 4ª, caracterizado porque a la mez-
cla de gas, que abandona el condensador de Fe_2Cl_6 a
25. una temperatura entre 110 y 140°C, se le agrega agua
o vapor de agua, la niebla de ácido fosfórico que se
forma se absorbe en ácido fosfórico y de los gases
que quedan después del tratamiento de absorción se
extrae clorohidrógeno por lavado con agua o con áci-
do clorhídrico diluido.
30.



- 6ª - Procedimiento, según las reivindicaciones 1ª hasta 5ª, caracterizado porque al mineral, antes de su entrada en la cámara de oxidación-clorificación, se le mezclan materiales fosfatosos.
5. 7ª - Procedimiento, según las reivindicaciones 1ª hasta 6ª, caracterizado porque mediante la electrolisis de cloruro alcalino se obtiene hidróxido alcalino, hidrógeno y cloro, y este cloro, junto con el cloro de la combustión de Fe_2Cl_6 y el
10. cloro de la electrolisis del HCl, se conduce a la cámara de reducción-clorificación.
- 8ª - Procedimiento, según las reivindicaciones 1ª hasta 7ª, caracterizado porque el calor liberado durante la clorificación del mineral, durante
15. la combustión del ferricloruro y en la absorción del HCl y el calor obtenido en el enfriamiento de los productos de reacción gaseosos después de la clorificación del mineral, la ganga caliente, el cloro
20. caliente después de la combustión y los gases de salida calientes después del tratamiento de reducción, se transforma en energía eléctrica y ésta se aprovecha para la obtención electrolítica del cloro.
- 9ª - Procedimiento, según las reivindicaciones 1ª hasta 8ª, caracterizado porque para el
25. calentamiento y secado del cok molturado y mineral triturado, la clorificación reductora y oxidante, el calentamiento del nitrógeno con el polvo de ganga caliente y la reducción del polvo de óxido de hierro con gases reductores a gases, se emplean baterías de ciclones de clase en sí conocida.
- 30.

270778



-38-

10ª - Procedimiento para la obtención de hierro puro y/u óxido de hierro, tal y como queda substancialmente descrito en la presente Memoria.

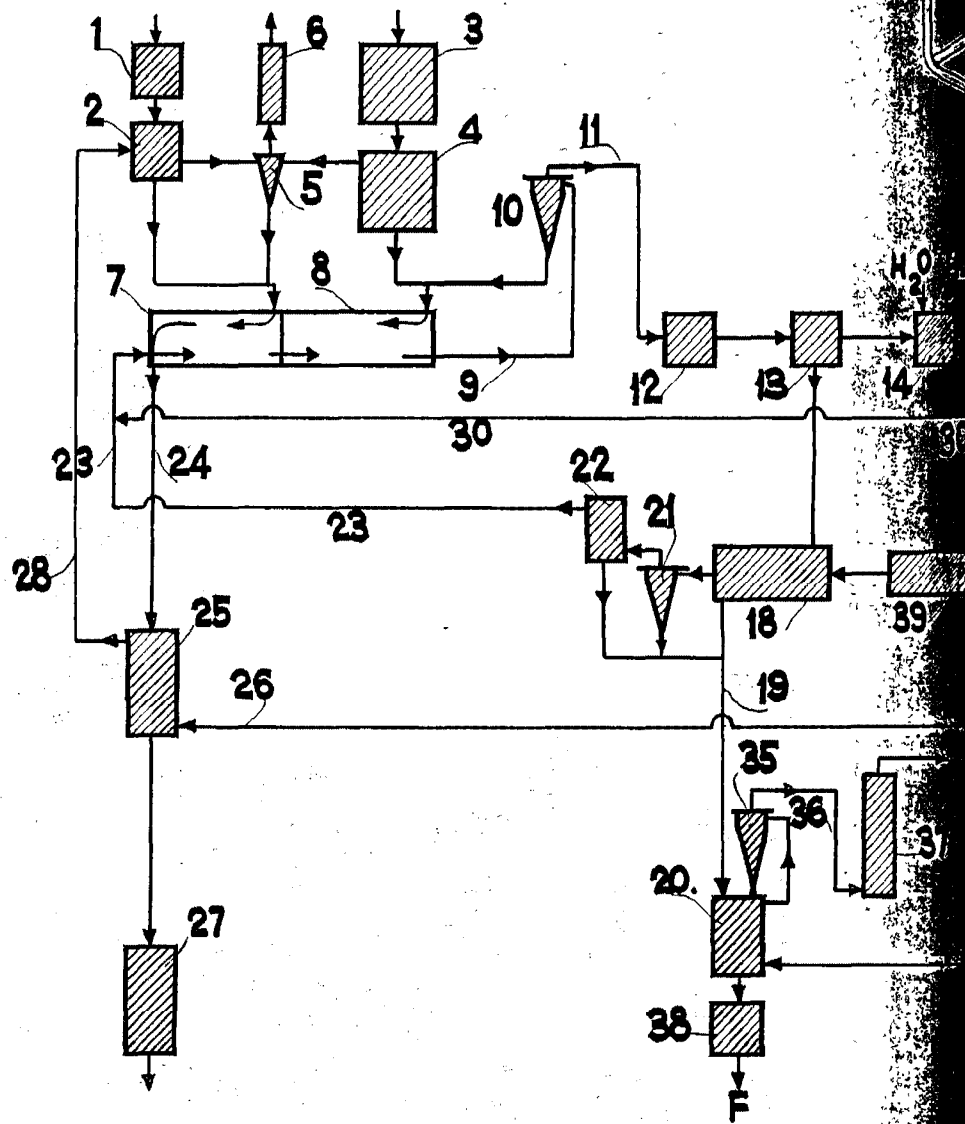
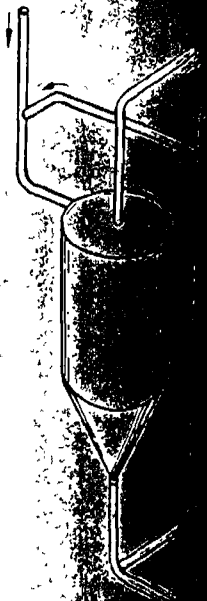
Esta Memoria consta de treinta y ocho
5. hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

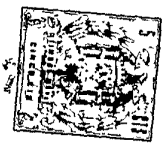
RUDOLF NOWAK, WILHELM SCHUSTER, MAX HENRY,

J. GOMEZ AREBO Y MODET
P. P.

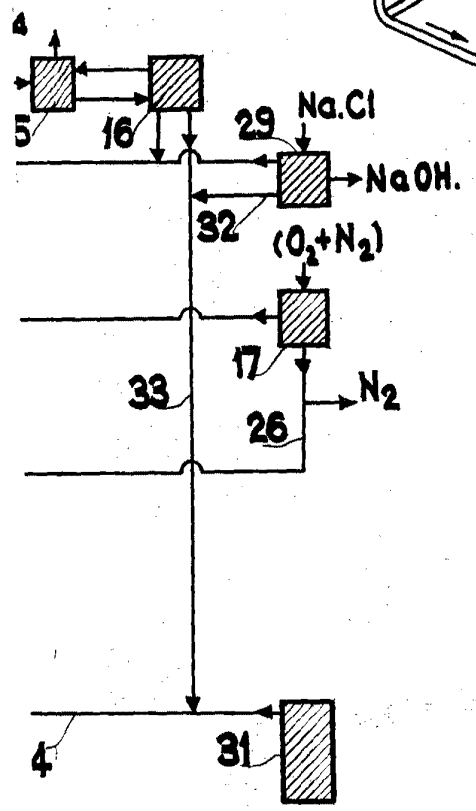
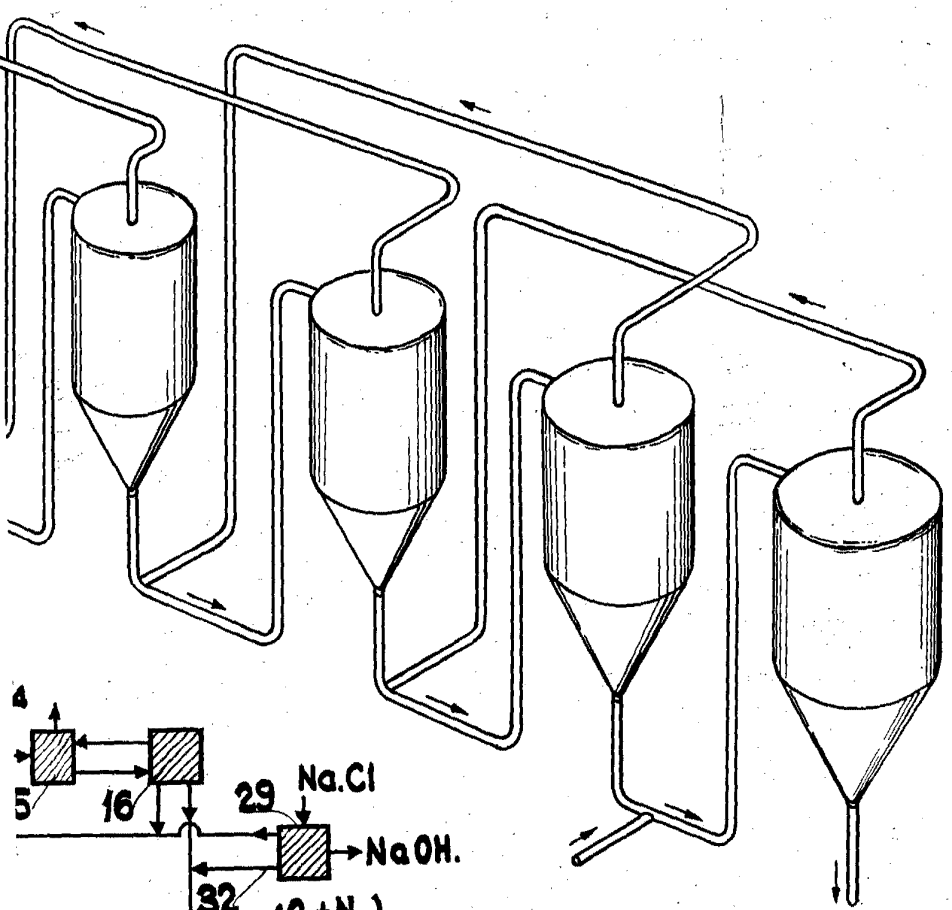
DIPL. ING. RUDOLF NOWAK
ING. WILHELM SCHUSTER
MAX HENRY HOEPLI.



ESCALA VARIABLE.



270778



270778 91
[Handwritten signature]
J. GOMEZ MORALES

MADRID DE 1906
DIPL. ING. RUDOLF NEVAK
ING. WILHELM SCHUSTER
MAX HENRY HOEPL.