

22 JUL 1965


315693

memoria descriptiva

CLASE DE REGISTRO Patente de invención.

NOMBRE Y NACIONALIDAD DEL SOLICITANTE Don Hermann Schenck
Don Werner Wenzel -ambos alemanes-

RESIDENCIA Y DOMICILIO -1- Aachen -Alemania- Intzestrassen, 1,
-2- Aachen -Alemania- Prinz-Heinrich-Str. 29,

OBJETO PROCEDIMIENTO PARA LA REDUCCION DE MINERALES
DE HIERRO.

PRIORIDAD Sol.pte.alem.Sch 37249 VIa/18a del día 18-6-965.
" " " Sch 37124 VIa/18a del día 25-5-965.



22 JUN 1965

315693

- 1 -

1

El empleo económico del calor atómico se influye desfavorablemente por las pérdidas, que se producen en la transformación de este calor en energía eléctrica. Por otra parte se dificulta la posibilidad de la aplicación directa del calor atómico porque en un reactor construido para bajos costes de energía siempre se trata de muy grandes cantidades de calor que tienen que evacuarse del reactor por el medio refrigerante y porque el calor sólo está disponible en un limitado nivel de temperatura y entonces se oponen finalmente al aprovechamiento directo del calor atómico los posibles daños de radiación, que pueden producirse por el medio refrigerador del reactor.

5

10

15

Se ha encontrado que un procedimiento muy ventajoso que vence las mencionadas dificultades para el aprovechamiento directo del calor atómico consiste en ejecutar la reducción de minerales de hierro mediante empleo directo de calor atómico. Según el invento, este procedimiento debe ejecutarse como sigue.

20

El material de reducción, mineral de hierro, material sinterizado o semejante, en un recinto de reducción especial, se calienta con un medio auxiliar transmisor de calor, que se recalienta, en un cambiador térmico especial, por un medio refrigerador del reactor conducido en circuito a través del reactor.

25

Como medios de reducción pueden emplearse medios sólidos como carbón y coque o medios líquidos, como aceite, o medios gaseosos, como óxido de carbono o hidrógeno o mezclas.

Tal clase de proceso corresponde primeramente a la condición previa de que el mismo necesite las requeridas



315693

1 cantidades muy grandes de calor que deben aprovecharse en reac-
tores de unidad mínima que trabajen económicamente. Tales reac-
tores están situados, por ejemplo, en el orden de valores de
500 megavatios. La cantidad de calor que se produce por ello es-
5 tá en el orden de valores de la necesidad de calor de calefaca-
ción de grandes instalaciones mineras para la reducción de mi-
nerales de hierro. Además tal procedimiento, en la ejecución se-
gún el invento, puede realizarse de tal modo de que le sea su-
ficiente el limitado nivel de temperatura de un reactor atómico.
10 Las temperaturas de punta de los reactores atómicos están situa-
das, en el lado del medio refrigerante, actualmente muy poco
por encima de 500°C. El alcanzar aproximadamente 700°C puede
prometerse con seguridad cuando se trata de reactores enfriados
con sodio. Con reactores refrigerados con gas, en un tiempo pru-
15 dencial se alcanzarán todavía más altas temperaturas de punta
del medio refrigerante.

La dificultad de los daños por radia-
ción causados por el medio refrigerador del reactor, se evitan
en el procedimiento según el invento, porque el medio refrige-
20 rante del reactor cede su calor a un medio auxiliar transporta-
dor de calor, en un cambiador térmico, pudiendo componerse este
medio auxiliar, por ejemplo, de gas de óxido de carbono o de u-
na mezcla de óxido de carbono y ácido carbónico, eligiéndose de
tal modo que se excluya cualquier daño secundario de radiación.

25 Un ulterior desarrollo del invento se
refiere a sistemas de refrigeración de reactores, que trabajan
con un medio refrigerante no radiador, respectivamente con un
medio cuyas propiedades irradiadoras se eliminan hasta llegar



1965

- 3 -

315603

1 al lugar de aprovechamiento del calor del medio refrigerante o que se les impida su efecto nocivo.

5 El medio auxiliar transportador de calor o bien puede ponerse en contacto en el recinto de reducción, para la cesión del calor, directamente con la mezcla de reducción- por ejemplo en intercambio de contracorriente- o bien, mediante un sistema de tubos puede conducirse a través del recinto de reducción- por ejemplo, también en intercambio de contracorriente- de modo que no entra en contacto directo con el material
10 de reducción. Para constituir el transporte del calor con las mínimas caídas de temperatura entre el lado de calefacción y el lado de refrigeración de los cambiadores térmicos de tubos, lo más intenso posible, en lugar de gas en el procedimiento según el invento, pueden hallar empleo ante todo medios auxiliares transportadores de calor con gran capacidad térmica por unidad de volumen, por ejemplo, líquidos como metales líquidos o aleaciones metálicas líquidas; pueden llegar a utilizarse como tales, preferentemente aleaciones de sodio-potasio.

20 Los medios transmisores de calor gaseosos pueden emplearse también con densidad aumentada por sobrepresión, por ejemplo por una presión de 10at.

25 Las características importantes del presente invento consiste además en el desarrollo de un proceso especial de reducción de mineral de hierro, que en el nivel de temperatura disponible entre aproximadamente 500-700°C, respectivamente en un límite superior de temperatura más elevada, de acuerdo con la temperatura de punta del medio refrigerante alcanzada en cada caso, por ejemplo, en reactores refrigerados



22 JUL 1965

- 4 -

315693

1 con gas garantizada una velocidad de reacción suficientemente
grande que hace posible una explotación económica. El proceso
de reducción de baja temperatura consiste en que el material de
reacción - el mineral de hierro y, en el caso de que se utili-
cen medios de reducción sólidos como carbón o coque, también
5 éstos - llega a utilizarse en granulación fina. Para alcanzar
una transmisión de calor favorable desde el medio auxiliar trans-
portador de calor al material de reacción, no obstante a la gra-
nulación fina, se han previsto dos medidas diferentes. Una de
10 las medidas consiste en que la reducción se ejecuta en un lecho
de torbellino según la forma especial de ejecución del invento
Esta forma de ejecución consiste en que dentro del lecho de tor-
bellino están dispuestos los tubos transmisores de calor, res-
pectivamente las superficies transmisoras de calor. Por ello se
15 garantiza que, a consecuencia de la finura de granulación del
material de reacción se realice un rápido transcurso de la reac-
ción y que la cantidad de calor requerida por ello, a consecuen-
cia de las favorables condiciones de transmisión, esté disponi-
ble desde la pared del tubo al lecho de torbellino. La granula-
20 ción del material de reacción en el lecho de torbellino está si-
tuada adecuadamente en el alcance de aproximadamente 0 - 0,5 mm
estando situada la mayor parte de los granos entre aproxima-
damente 0,06 y 0,2 mm. El torbellino en el recinto de reducción
se produce por una parte por el gas de reacción que se produce
25 de la reducción del óxido de hierro con el carbono, respectiva-
mente de las reacciones acopladas entre sí, de la reducción de
mineral de hierro por óxido de carbono y de la reducción del
ácido carbónico por carbono. La formación del torbellino sin



315693

1 embargo, según el invento, puede producirse también por la in-
suflación de un gas auxiliar en la parte inferior del recinto
de reducción, respectivamente puede apoyarse por ello. Como tal
gas de reducción se ofrece ante todo la reintroducción de par-
5 tes de gas de reacción que escapa en el extremo superior desde
el recinto de reacción. La formación del torbellino, sin embar-
go, también puede originarse o apoyarse por medios auxiliares
mecánicos, por ejemplo, por la aplicación de órganos agitadores
en el recinto de reacción.

10 Otro camino para la ejecución de la
reducción a baja temperatura del mineral de hierro según el in-
vento, consiste en que el material de reducción de grano fino,
preferentemente una mezcla de material de reducción y medios
reductores no gaseosos, antes de su introducción en el recinto
15 de reducción, se convierte en trozos. Esta conversión en trozos
puede efectuarse por procedimientos conocidos en sí como forma-
ción de briquetas, formación de tabletas etc. En el recinto de
reducción, este material de reducción convertido en trozos que,
por ejemplo, está presente en forma de trozos del tamaño de ler-
20 tejas o guisantes, se dispone y calienta como lecho fijo. Este
lecho fijo durante la reducción puede encontrarse en reposo, si
se trata de un proceso discontinuo de cámara, o puede moverse
en conjunto, si se trata de un proceso continuo de horno de ga-
lería.

25 En el caso de calefacción indirecta
de la mezcla de reacción por el medio transportador de calor,
el material de reacción, convertido en trozos, se encuentra a-
decuadamente en el espacio intermedio entre los tubos recorri-

22



- 6 -

315693

1 dos por el medio de calefacción, respectivamente el elemento de
calefacción. Para alcanzar una transmisión lo más intensa posi-
ble del calor en el material de reducción en reposo o movido so-
lo lentamente, es conveniente proveer de nervios verticales los
5 tubos de transmisión de calor, en el caso de disposición verti-
cal en el recinto de reacción. Una solución especialmente ven-
tajosa para la buena transmisión de calor consiste también en
disponer los tubos de transmisión de calor conducidos horizon-
talmente a través del recinto de reducción y disponiendo perpen-
10 dicularmente a estos tubos un gran número de láminas metálicas
verticales que transcurren paralelas entre sí. Entre estas lá-
minas que pueden tener, por ejemplo, una distancia de 20 mm, se
encuentra el material de reducción a calentar, que en cada caso
se vierte arriba dentro de las láminas y se retira desde abajo
15 desde estas.

Las formas de ejecución hasta ahora des-
critas del procedimiento según el invento están explicadas más
detalladamente en el dibujo esquemático 1. En esta figura es 1
el reactor atómico, 2 el cambiador térmico y 3 el recipiente de
20 reducción. Entre el reactor atómico 1 y el cambiador térmico 2
existe un circuito 4 de un medio refrigerador del reactor, que
puede componerse, por ejemplo, de sodio o de una aleación de so-
dio en estado líquido. Este medio refrigerador del reactor que
se mueve, por ejemplo, en la dirección de las flechas, absorbe
25 el calor que se libera en la fisión atómica en el reactor 1 y
cede éste en el intercambiador térmico 2 al medio auxiliar trans-
portador de calor. En el caso presente, para el medio auxiliar
transportador de calor también existe un circuito 5, a través

315003

1 de reactor, que queda por debajo del alcance de temperatura de la reducción.

5 Tales procesos, por ejemplo, la obtención de energía con ayuda de máquinas motrices, como turbinas de vapor y turbinas de gas, procesos de desecación y procesos de calcinación, en que se expulsan vapor de agua o ácido carbónico u otros componentes gaseosos con gasto de calor, la obtención de agua dulce a partir de agua del mar por evaporación y otros.

10 Para ello existen diferentes formas de ejecución. Así el medio refrigerante del reactor puede ceder sucesivamente su calor, primero, a un elevado nivel de temperatura, a un medio de calefacción para la reducción de mineral de hierro y después, a un segundo medio de calefacción para el proceso conectado posteriormente, por ejemplo, la producción de vapor. Para el intercambio térmico están disponibles diferentes procedimientos y construcciones de intercambio. En ello puede 15 tratarse de un cambiador térmico que, en el lado de calefacción, es recorrido por la corriente de medio refrigerador del reactor, mientras que el mismo en el lado de enfriamiento muestra diferentes sistemas de tubos para el medio de transmisión de calor de 20 la reducción de mineral de hierro y para el medio de transmisión para el proceso conectado detras. Esta forma de ejecución está representada esquemáticamente en la figura 2.

25 En la fig. 2 es 1 el reactor atómico, 2 el cambiador térmico, 3 el recipiente de reacción para la ejecución de la reducción de mineral de hierro y 8 el aparato para el aprovechamiento del calor de temperatura baja, por e -



1965

315693

- 9 -

1 ejemplo, una caldera de vapor. Entre el reactor atómico 1 y el
cambiador térmico 2 transcurre el circuito 4 del medio refrige-
rador del reactor, que representa el medio de calefacción para
5 el cambiador térmico 2. Entre el cambiador térmico 2 y el reci-
piente de reacción para la ejecución de la reducción del mine-
ral de hierro 3, transcurre en el nivel superior de temperatu-
ra el circuito 5 del medio de transmisión de calor. Además trans-
curre entre el cambiador térmico 2 y el aparato para el aprove-
chamiento 8 del calor de la temperatura baja, el circuito 9 del me-
10 dio transmisor de calor en el nivel de temperatura inferior.

De manera conocida en sí, en los circui-
tos de los medios transmisores de calor, en los niveles de tem-
peratura inferiores, están interconectados órganos transporta-
dores, que no están ilustrados en el esquema. Igualmente no re-
15 presentados en el esquema existen órganos conocidos en sí para
la precipitación, destinados a la limpieza de los medios del
circuito respecto a materias indeseadas.

Otra forma del aprovechamiento térmico
del calor de la refrigeración del reactor según el invento se
20 representa en la fig. 3. Aquí de nuevo se cede el calor del reac-
tor atómico 1 por un medio 4 de refrigeración del reactor, en
un cambiador térmico 2, en el nivel de temperatura superior, a
un medio 5 de transporte de calor, que transmite su calor en el
recipiente de reacción 3, a la reducción de mineral de hierro.
25 En el alcance de temperatura inferior, por el contrario, el me-
dio 4 refrigerante del reactor cede su calor directamente a un
proceso consumidor de calor, por ejemplo, a una caldera de va-
por 8.



1965

315693

- 10 -

1

En el procedimiento representado según el esquema de la figura 4, según el invento, la diferencia frente al procedimiento según la figura 2, consiste en que, en lugar de los dos circuitos 5 y 9 de transmisión de calor en circuito entre el cambiador térmico 2, el recipiente de reacción 3 y el conjunto de aparatos 8, se utiliza un único circuito 10 de transporte de calor, en el que el medio transmisor de calor, primeramente en el nivel superior de temperatura recorre el recipiente de reacción 3 y después el conjunto de aparatos 8 de aprovechamiento de calor. Esta solución es especialmente ventajosa en procesos estrechamente acoplados entre sí aparativamente, como es el caso, por ejemplo, cuando en el conjunto de aparatos 8 de aprovechamiento del calor se trata de la instalación de desecación y precalentamiento del material de reducción para el recipiente de reacción 3.

5

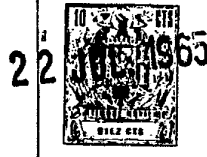
10

15

20

25

El procedimiento, que está representado esquemáticamente en la figura 5, representa un acoplamiento especialmente estrecho entre el reactor atómico y los procesos aprovechadores de calor, conectados detrás. Aquí recorre el medio refrigerador del reactor sucesivamente de modo directo el recipiente de reacción 3 y el conjunto de aparatos 8 de aprovechamiento de calor, por ejemplo, una caldera de vapor. En esta forma de ejecución del invento es conveniente evitar, por medidas especiales, por ejemplo, por una purificación finísima del medio del circuito de transmisión de calor, la transferencia de sustancias irradiadoras indeseadas a los procesos conectados detrás. Además, en este modo de proceder según la figura 5, en el lado de extracción del calor, es decir en la zona del re-



315693

1
5
cipiente de reacción 3 y del conjunto de aparatos 8, adecuadamente se procura que no puedan tener ningún efecto desfavorable las sustancias irradiadoras eventualmente existentes en el medio del circuito. Tales medidas, por ejemplo, pueden consistir que en los conjuntos de aparatos 3 y 8 conectados detrás, reine una presión más elevada que en el circuito 4, de modo que en lugares de fugas en el circuito no pueda salir ningún medio del circuito hacia los conjuntos de aparatos 3 y 8.

10
Estas formas de ejecución con aprovechamiento del calor por debajo de la temperatura de reducción, entre otras cosas tienen las siguientes ventajas adicionales:

15
20
En el reactor atómico se necesitan menores cantidades de medio refrigerante, por lo que de manera conocida, se reduce el gasto. El movimiento de los medios transmisores de calor en los diferentes circuitos de refrigeración/calefacción requiere órganos de transporte, que trabajan tanto más ventajosamente cuanto más bajas sean las temperaturas a las que puede efectuarse el transporte. Por ejemplo, la forma de ejecución del invento según las figuras 4 y 5 es superior a la de las figuras 2 y 3 porque en la primeramente mencionada el circuito 5 se suprime, en el que se necesita un transporte del medio de circuito en el alcance de la frontera inferior de temperatura de la reducción de mineral de hierro.

25
También existen ventajas especiales porque es posible aprovechar la constante oferta de energía del reactor atómico según se necesite más o menos para la producción de energía.

Como ya se ha mencionado, en el pro-

22 JUL 1965



- 12 -

315693

1

cedimiento de reducción para minerales de hierro, según el invento, el nivel de temperatura, en el que el calor notable de refrigeración del reactor está disponible, está situado relativamente bajo respecto al proceso de obtención de hierro. Puede partirse de que el calor de refrigeración del reactor puede aprovecharse para la reducción de mineral de hierro aproximadamente entre 500°C y aproximadamente 1000°C. Sin embargo, en este alcance los medios sólidos de reducción, es decir todas las clases de carbón, productos de coquización de carbones, carbono desprendido de petróleo y gases, son relativamente reacios a reaccionar. Esta es la razón de que los procesos de obtención de mineral de hierro, que trabajan con carbono sólido como medio de reacción, normalmente se ejecutan a temperaturas, que están situadas por encima de 1000°C.

5

10

15

20

Para los procedimientos según el invento es de gran ventaja ejecutarles como procedimiento de reducción de dos grados. La cualidad de dos grados puede referirse a la conexión sucesiva de así llamada reducción "directa" y de reducción así llamada "indirecta" en el mismo mineral de hierro, pero también puede consistir en que el combustible mediante CO_2 y/o H_2O primeramente se transforma en un gas de reducción y después como tal se pone en reacción con el mineral de hierro.

25

La característica especial del primer procedimiento de reducción de dos grados consiste en que se ejecuta la reducción de mineral de hierro con carbono sólido con empleo de calor de refrigeración de reactor en el alcance de temperatura antes mencionado sólo hasta grados de reducción del mineral de hierro de aproximadamente 40 - 75%. La reducción fi-



31-693

1 nal del mineral, esto es hasta un grado de reducción como es deseable para la ulterior elaboración, en general hasta 85% y hasta 95%, se efectúa a continuación de la reducción con carbono sólido, adecuadamente en el mismo calor, mediante gases reductores, como monóxido de carbono e hidrógeno.

5 Con este modo de proceder es posible alcanzar rápidamente la disociación del oxígeno del mineral mediante el carbono sólido a las mencionadas temperaturas bajas, para obtener un procedimiento de alto valor técnico y económico. La reducción final mediante gases reductores transcurre, por el contrario también en el alcance de temperatura hasta 900°C con suficiente velocidad, para conseguir un aprovechamiento ventajoso del recinto de reacción. El grado de reducción alcanzado en la primera fase de la reducción depende aquí principalmente de la capacidad de reacción del combustible empleado. Por ejemplo, se estará adecuadamente, al emplear antracita o coque de alta temperatura, en el límite inferior del mencionado grado de reducción, mientras que se trabajará con carbón vegetal o con carbono obtenido en la disociación de monóxido de carbono para alcanzar el límite superior de los mencionados grados de reducción.

20 El gas de reducción para el segundo grado de reducción puede proceder de diferentes fuentes. Puede obtenerse de combustibles sólidos, de petróleo, de metano y otros combustibles naturales. Además pueden utilizarse gases residuales de otros procedimientos, como gases de escape de refinerías de petróleo y gases de escape de hornos metalúrgicos. Según el invento, debe utilizarse especialmente también el gas de escape conteniendo monóxido de carbono, de hornos eléctricos de fusión, para el hierro parcialmente reducido según este procedimiento.



31.693

1

Otra importante posibilidad para la ejecución de la reducción final del mineral de hierro parcialmente reducido en el primer grado de reducción consiste en que para este fin se utiliza hidrógeno de electrolisis. Este modo de proceder ofrece posibilidades ventajosas al aprovechamiento económico de centrales atómicas de energía, ya que el consumo de corriente de tales centrales atómicas de energía está sometido a las fluctuaciones de los tiempos del día, el hidrógeno de electrolisis puede producirse ventajosamente en los tiempos de entrega deficiente de corriente a la red y puede almacenarse para la toma regular para fines de reducción.

5

10

15

Es especialmente ventajoso el modo de proceder según el invento, en que el gas de reducción para la segunda fase de reducción se obtiene del gas de escape de la primera fase.

20

25

Como es conocido, en la primera fase de reducción por razón de las condiciones de equilibrio se produce como gas de escape una mezcla de monóxido de carbono y además hidrógeno y vapor de agua. Si se eliminan de este gas de escape el ácido carbónico y el vapor de agua, se obtiene un excelente gas de reducción para la segunda fase de reducción. Esta eliminación de ácido carbónico y vapor de agua puede hacerse de diferentes maneras conocidas. En los procedimientos, que entran en consideración principalmente, se enfría hacia abajo la mezcla de gas y se trata con un líquido lavador que absorbe los gases a eliminar. El enfriamiento del gas se efectúa aquí adecuadamente en un cambiador térmico, en que al mismo tiempo en contracorriente, el gas de reducción purificado de ácido carbónico y



22 JUL 1965

- 15 -

315893

1 vapor de agua, se calienta de nuevo a la temperatura de reduc-
ción. El lavado de gas puede efectuarse, por ejemplo, también
con agua de presión a una presión de gas entre aproximadamente
5 y 25 atmósferas. Tal procedimiento tiene normalmente el incon-
5 veniente, que para la producción de la presión de gas tiene que
emplearse un elevado importe de energía.

Aquí se introduce otra parte importante del presente invento. La misma consiste en que la primera fase de reducción ya se ejecuta a aquella presión que se necesita pa-
10 ra el lavado de agua a presión. Por ejemplo, según el invento, la reacción entre el mineral de hierro y el carbono sólido puede efectuarse a una presión de 10 atmósferas. Este modo de proceder tiene la gran ventaja, de que el gas de reducción se produce en el recinto de reducción con la presión regulable, sin
15 que se necesite una compresión mecánica del gas. Normalmente se requiere que los participantes sólidos de reducción, mineral de hierro y carbón se transporten dentro del recinto de reducción contra la presión de, por ejemplo, 10 atmósferas. El gas, que sale con una presión por ejemplo de 10 atmósferas a través de
20 una válvula estranguladora regulable desde el recinto de reducción, se suministra, después de refrigeración aproximadamente a 20°C., al lavado de agua a presión y aquí se libera de su contenido de ácido carbónico y vapor de agua a no ser que el vapor de agua se hubiera precipitado ya en el enfriamiento precedente.

25 Un ulterior desarrollo del presente invento consiste en que la utilización posterior del gas de reducción, obtenido en el lavado de agua a presión, se efectúa aproximadamente a la misma presión que ha sido ajustada en la prime-



34693

1 ra fase de reducción. Esto tiene primeramente la ventaja de que
las condiciones de transmisión de calor en el calentamiento del
gas de reducción a la temperatura de reducción se mejoran y que
como consecuencia de la presión tiene lugar una reducción accele-
5 rada en la segunda fase de reducción.

Conduce a resultados especialmente favora-
bles si, según el invento, el gas de escape de la segunda fase
de reducción, después de correspondiente refrigeración en con-
tracorriente, igualmente se introduce en el lavado de agua a pre-
10 sión. De esta manera se alcanza que se presenten prácticamente
sólo dióxido de carbono y vapor de agua como gases del procedi-
miento. Esto significa, que los medios de reducción empleados
se aprovechen al 100%. El procedimiento según el invento tiene
según esto un consumo extremadamente bajo en medios de reducción.

15 La utilización del gas de reducción obtenido
al lavado de agua a presión desde el gas residual de la primera fa-
se de reducción, permite diversas variantes. Este gas, compuesto
principalmente de monóxido de carbono, puede aprovecharse, por
ejemplo, también para el procedimiento porque se le hace reac-
20 cionar a una temperatura aproximadamente de 550 a 650°C sobre el
mineral de hierro parcialmente reducido en la primera fase de re-
ducción. Por ello, de manera conocida, por la disociación del
monóxido de carbono se desprende carbono. En el subsiguiente ca-
lentamiento de la mezcla de mineral parcialmente reducido y de
25 carbono de disociación, aproximadamente a 900°C utilizando, se-
gún el invento, el calor de refrigeración del reactor, se efec-
túa la deseada reducción final del mineral de hierro. Tal utili-
zación de carbono de disociación altamente activo es conocida en

22 JUL 1965

- 17 -

315693

1 sí, como se describe entre otras en la patente alemana 1. 086.256.

5 El segundo método de dos fases consiste en que el combustible por ejemplo, coque - se gasifica a temperatura entre aproximadamente 500°C y aproximadamente 1000°C mediante calentamiento por calor de refrigeración de reactor en una de las formas anteriormente descritas, mediante CO₂ o/y H₂O transformándose en una mezcla de CO/CO₂ respectivamente CO/CO₂ y/o H₂/H₂O. Este gas después se hace reaccionar con el mineral de hierro, produciéndose de nuevo una mezcla de gas rica en CO₂,
10 respectivamente en CO₂/H₂O que, conducida en circuito, representa el medio de gasificación para el combustible. La primera y segunda fase de este proceso de gasificación y reducción puede disponerse en un recinto de reacción en vecindad muy próxima, de modo que se efectúan en la misma cámara de reacción en recintos parciales, que pueden estar unidos entre sí por tabiques impermeables al gas, respectivamente por canales especiales. Pero también puede efectuarse una separación espacial total, de tal modo que el gas se haga circular por bombeo entre las distintas cámaras de reacción para la gasificación y para la reducción de
15 mineral.

20 El presente invento se extiende además a medidas que sirven para mejorar el proceso de reducción, en especial en la primera fase de reducción, respectivamente en la fase de gasificación. Son especialmente importantes las medidas para la aceleración del rendimiento de la primera fase de reducción. Una importante medida para ello consiste en la aplicación en exceso del medio reductor sólido. Según el invento, se trabaja predominantemente con exceso aproximado de 30 a 100% de medio

315693

1 reductor, referido a la cantidad de carbono reaccionado. El ex-
ceso de carbono, como es conocido, se separa de nuevo del mate-
rial de reducción, después de abandonar el grupo de reducción y
5 en circuito se aporta de nuevo al mineral a reducir como medio
reductor. La separación puede efectuarse de manera conocida en
sí, por una separación magnética, puede efectuarse entre la pri-
mera y la segunda fase de reducción, en lo que, en el caso de
utilización de separación magnética, se necesita un enfriamiento
10 del producto intermedio por debajo del punto de Curie. En otro
caso se efectúa la separación del carbono excedente desde el pro-
ducto final de la reducción después de la segunda fase de reduc-
ción y después de efectuado el enfriamiento a temperatura normal.
Es necesario que del carbón excedente, antes de su devolución
dentro del mineral a reducir, se separe la ceniza. Esto puede
15 realizarse de tal modo que constantemente se derive una parte
del carbón excedente y se utilice en otro lugar, por ejemplo,
se queme debajo de una caldera. En este caso aumenta el conteni-
do de ceniza en el material inicial respecto a la ceniza del car-
bón inicialmente suministrado al proceso, y ésto en una propor-
ción que está determinada por la relación de cantidades del car-
20 bón desviado respecto al carbón introducido inicialmente. La ce-
niza, según el invento, también puede eliminarse del circuito
por una preparación del carbón excedente devuelto, por ejemplo,
según un procedimiento electrostático de preparación, en el que
25 la ceniza puede separarse ampliamente del carbón.

Una importante medida según el invento para la aceleración de las reacciones en la primera fase de reducción, respectivamente en la fase de gasificación, consiste en la



22 JUL 1965

- 19 -

315693

1 utilización de medios de reducción especialmente capaces de reac-
ción. Se prefieren coque obtenido a bajas temperaturas, el así
llamado coque de destilación, además coque activado, cuya acti-
5 vación, por ejemplo, se había ejecutado por el tratamiento de
coque con vapor de agua a temperaturas más elevadas de manera
conocida, además clases de carbono que, por naturaleza, son es-
pecialmente activas en la reacción, como carbón vegetal y carbo-
no, que se ha obtenido de la disociación de monóxido de carbono.

10 En el empleo directo de carbones bitumi-
nosos como medio de reducción en la primera fase de reducción,
respectivamente en la fase de gasificación, el calentamiento se
efectúa, según el invento, de modo que la desgasificación del
carbón, respectivamente su coquización, se efectúe obteniendo
15 un coque especialmente activo en la reacción. Se utilizan para
ello medidas conocidas en sí, como la observancia de un programa
de temperatura y tiempo especialmente favorable en la desga-
sificación, tratamiento con vapor de agua durante el calentamien-
to, la restricción de la concreción de los carbones por inclu-
sión de sustancias emisoras de oxígeno, como por ejemplo, mine-
20 rales de hierro.

Otra medida importante para la acelera-
ción de la reducción en la primera fase de reducción, respecti-
vamente en la fase de gasificación, consiste en la utilización
de materias auxiliares, que se agregan al material de reducción.
25 Tales materias auxiliares, conocidas en sí, son por ejemplo, car-
bonato potásico, carbonato sódico, carbonato de calcio y ceme-
jantes. Resulta un procedimiento ventajoso de reducción, por
ejemplo, cuando se mezcla hasta 5% de carbonato sódico, por ejem-
plo, como solución acuosa, con el carbón de reducción.



315693

1

También la introducción de materiales auxiliares gaseosos en el recipiente de reducción para la ejecución de la primera fase de reducción, respectivamente en la fase de gasificación, ha resultado ser conveniente en el invento. Como material auxiliar gaseoso, por ejemplo, es adecuado el ácido sulfuroso, cuyo contenido porcentual en el gas de escape de reducción puede importar hasta aproximadamente 3%. Como medida importante ha resultado ser finalmente la introducción de hidrógeno, respectivamente de portadores de hidrógeno en el recinto de reacción para la ejecución de la primera fase de reducción. Según el invento, se efectúa para ello la adición de hidrógeno, vapor de agua y/o de hidrocarburos descomponibles.

5

10

15

20

25

La fig. 6 es un esquema de procedimiento de una importante forma de ejecución del procedimiento según el invento. En esta forma de ejecución, por ejemplo, el mineral de hierro y el carbón de reducción, al que pueden añadirse también aditivos desulfuradores, como por ejemplo carbonato de calcio y dolomita, así como aditivos aceleradores de reacción, como por ejemplo, carbonato sódico, se tritura a un tamaño de grano inferior a 0,5 mm y se mezclan entre sí. La mezcla se convierte en briquetas, eventualmente agregando un medio de trabazón, como por ejemplo, betonita. El briquetado de la mezcla puede efectuarse de manera conocida en prensas de cilindros. El tamaño y la forma de las briquetas es tal que los recorridos para el transporte térmico desde el exterior al interior en las briquetas permanezca pequeño y que por otro lado se produzcan coquedades suficientemente grandes en el amontonamiento de las briquetas para el paso sin obstrucción de los gases, que se hacen pasar a

22 JUL 1965



- 21 -

315693

1 través del apilamiento de briquetas. Por ejemplo, son adecuadas
briquetas con un volumen de aproximadamente 20 cm^3 . El volumen
debería estar situado aproximadamente entre 10 cm^3 y 50 cm^3 .

5 Las briquetas mixtas preparadas en la in-
stalación 11 de preparación de mineral y carbón se transporta me-
diante una esclusa 12 hermética a los gases, conocida en sí, en
el recipiente de reacción, en el que se conserva, por ejemplo,
una presión de aproximadamente 10 at. En este recipiente de reac-
10 ción están conectados uno tras otro un recinto para el caldeo
de las briquetas, el recinto de caldeo 13, y otro recinto para
la ejecución de la primera fase de reducción, el así llamado reac-
tor 14 de mineral/carbón. Después sigue un recinto para la eje-
cución de la reacción de mineral gas, el así llamado reactor 15
de mineral/gas (segunda fase). Finalmente sigue para la refrige-
15 ración del material de reacción sólido, después de su extracción
desde el recipiente de reacción 15, el recinto de refrigeración
16. Esta extracción se efectúa también, de manera conocida en sí,
a través de esclusas 12" herméticas a los gases.

20 El calentamiento del material de reacción
después de su entrada en el recipiente de reacción se efectúa en
el esquema aquí presente por el aprovechamiento del calor de re-
frigeración. Se ha previsto un circuito 17 de un medio transmi-
sor de calor, que recibe el calor del material de reacción en
contracorriente en el recinto 16 de refrigeración y le cede tam-
25 bién en contracorriente a la carga fresca, es decir en este caso
a las briquetas mixtas en el recinto de caldeo 13. La refrigera-
ción y el caldeo pueden efectuarse indirectamente por un siste-
ma de tubos o directamente, estando colocado el sistema tubular



315693

1

en el recinto de reacción de manera correspondiente y siendo recorrido por el medio de caldeo y de refrigeración. Como medio de caldeo y de refrigeración es conveniente un medio fluido con capacidad térmica lo mayor posible. Como tal entra en consideración, por ejemplo, ácido carbónico, pero también metales líquidos, como plomo líquido o sodio líquido o aleaciones de los mismos. En la parte más fría del circuito de caldeo y de refrigeración está prevista una bomba de circulación 18. El caldeo y la refrigeración, sin embargo, pueden efectuarse también sin un sistema tubular colocado en el recinto de reacción, haciendo pasar un medio gaseoso de transmisión de calor directamente a través de la carga. Como tal medio gaseoso de transmisión de calor entran en consideración ante todo los gases producidos en la reacción realizada en el recinto de reacción, especialmente, por lo tanto, mezclas de monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrógeno y vapor de agua.

10

15

20

25

El calentamiento de la primera y segunda fases de reducción 14 y 15 en el recipiente de reacción se efectúa por el calor obtenido en la refrigeración del reactor atómico. En el presente caso, en un cambiador térmico 2 se transmite el calor de refrigeración del reactor en circuito 4 a un medio fluido de calefacción que se conduce en el circuito 5 a través del reactor 14 de mineral/carbón y del reactor 15 de mineral-gas y aquí cede su calor a la mezcla de reacción.

La transmisión de calor por el medio fluido de calefacción al material de reducción en los reactores 14 y 15 puede efectuarse por vía indirecta, recorriendo el medio de calefacción en cada caso un sistema de tubos, que está dispues-

22 JUL 1965

- 23 -

315693

1 to en los reactores 14 y 15. Sin embargo, es especialmente ven-
taajoso renunciar a tal sistema de tubos y hacer pasar el medio
de calefacción directamente a través de la mezcla de reducción
con cesión directa de calor desde el medio de calefacción flui-
do al material sólido de reacción. En este caso es adecuado co-
5 mo medio de calefacción fluido, especialmente una mezcla de gas
de monóxido de carbono, ácido carbónico, hidrógeno y vapor de
agua, tal como se produce en la reducción del mineral de hierro.

10 En el anterior ejemplo, el coque de
destilación reduce un mineral de hematita con aproximadamente
64% de contenido de Fe, en la primera fase de reducción 14 hasta
aproximadamente 65% de desprendimiento de oxígeno a una tempera-
tura media de aproximadamente 850°C. En el segundo grado de re-
ducción se efectúa mediante reducción de gas un ulterior despren-
15 dimiento de oxígeno hasta aproximadamente 85%. La temperatura
media está situada aquí aproximadamente a 900°C.

Después de abandonar el reactor 15
de mineral-gas, el producto de reacción se aporta a la refrige-
ración 16 y después a una separación magnética 19. La separación
20 magnética puede efectuarse, eventualmente después de una tritu-
ración previa del producto a separar, de manera conocida en sí.
Por ello, la esponja de hierro que en este caso muestra un gra-
do de reacción de aproximadamente 85%, se separa del carbón ex-
cedente y de la ceniza (en 20). La esponja de hierro 21 produ-
cida se sigue elaborando de manera conocida en sí. De la mezcla
25 de carbón/ceniza se recupera por medidas conocidas el carbón 22
sobriante y ésto de tal modo que la ceniza 23 con un contenido
residual de carbón económicamente soportable se elimina, por
ejemplo, con un contenido de 20% de componentes residuales con-

315693

1 bustibles. El carbón excedente separado se agrega de nuevo al mineral 24 reciente como medio de reducción.

5 Los gases de la primera fase de reducción producidos en el reactor 14 de mineral-carbón de la reacción entre el mineral de hierro y el carbón, se alejan por órganos de salida 25 especialmente y en partes especiales de la instalación se liberan ampliamente de su contenido de dióxido de carbono y vapor de agua, por ejemplo, hasta 2% de contenido residual. El gas recorre un cambiador térmico 26 y un refrigerador de gas 27, 10 en el que se enfría bajando hasta aproximadamente 20°C. Después en este caso se purifica con agua a presión en el lavador 28 de agua a presión, eliminándose ácido carbónico 29 y vapor de agua con excepción de restos. El gas purificado se insufla mediante un soplador de circulación 30 a través del cambiador térmico 26 15 en el reactor 15 de mineral-gas. Después de haber rendido el trabajo de reducción, esta corriente de gas se deja salir de nuevo del recipiente de reacción 15 a través de órganos especiales de salida de gas, y se conduce también a las partes de la instalación 26, 27, 28 para la eliminación de ácido carbónico y vapor 20 de agua.

Los distintos recintos de trabajo del recipiente de reacción descrito en la fig. 6, pueden componerse de recipientes separados 14, 15, transfiriéndose la mezcla de materias sólidas que reaccionan, por órganos especiales 12 desde un recipiente al otro. Esta disposición, por ejemplo, es conveniente en la ejecución de las reacciones en estado elevado por turbulencia, por ejemplo como reacciones de lecho de torbellino. En este caso, de manera conocida en sí, se disponen lechos espe-



315693

1

ciales de torbellino para el caldeo, para la ejecución de la primera fase de reducción, para la ejecución de la segunda fase de reducción y para la refrigeración, de modo superpuesto o adyacente.

5

Las distintas fases ilustradas en el esquema de la figura 6 tienen el siguiente significado:

10

- A = Mineral
- B = Carbón
- C = PRELAVACION, triturar, mezclar, secar, 1 ata briquetar, (precalentar)
- D = Mezcla de reducción (~ 100% C excedente)
- E = Caldeo, 10 ata
- F = Reactor de mineral/carbón. Reducción hasta 55%. 1 ata. 850°C. de temperatura media

15

- G = 850°C. Mezcla previamente reducida
- H = Reactor de mineral/gas. Reducción hasta 85%. 10 ata. 900°C. de temperatura media
- I = Cas de escape II, 900°C.
- J = Refrigeración. 10 ata.

20

- K = 250°C esponja de hierro + carbón en exceso
- K' = Carbón en exceso

25

- L = Separación magnética. 1 ata.
- M = Carbón excedente + ceniza.
- N = Separación de ceniza. 1 ata.
- O = Cas de escape I 850°C.
- P = Cambiador térmico. 10 ata.
- Q = Refrigeración de gas. Refrigerador posterior. 10 ata.



315693

1

R = Agua de refrigeración. 20°C

S = Lavado de agua a presión. 10 ata.

T = Soplador. ~1000 mm de columna de agua

U = Acido carbónico

5

V = Esponja de hierro, grado de reducción 85%

W = Ceniza de carbón.

=====a) Circuito de material sólido. ---- b) Circuito de gas
-----c) Circuitos de calefacción. -.-.-.-. d) Circuito de agua
de refrigeración.

10

Una forma de ejecución del procedimiento según el invento, especialmente sencilla, sin embargo, resulta cuando se realizan las fases parciales en un único recipiente de reacción a modo de chimenea. Esta forma de ejecución es especialmente ventajosa, cuando se hace moverse un lecho sólido de

15

material de reacción en trozos desde arriba hacia abajo a través de la chimenea, y se ejecuta los distintos procesos parciales en este material de reacción al recorrer entonces la chimenea. En la fig. 7 se ha representado esquemáticamente tal recipiente de reacción según el invento. El recipiente de reacción posee en

20

su extremo superior una abertura de entrada 31, a través de la cual se mueve la mezcla de reacción A después de pasar por una esclusa 32 de presión, penetrando en el recipiente de reacción 33. En el extremo inferior se encuentra una abertura de salida

25

34, a través de la cual se aleja el material B reducido desde el recipiente de reacción 33 y se aporta a una esclusa de presión. En la parte superior del recipiente de reacción 33 se encuentra el recinto de caldeo 13. En este recinto de caldeo, mediante órganos 35 de introducción de gas a modo de tejado se introduce un



315693

1

medio de calefacción compuesto de una mezcla de CO/CO_2 , cediendo el medio de calefacción en contracorriente su calor al material de reacción a calentar, y abandonando el recipiente de reacción por la salida 36. El medio de calentamiento conducido en

5 circuito, después de su nuevo calentamiento por el calor del material terminado de reducir, se aporta de nuevo en 37 al recipiente de reacción 33.

Al recinto de procedimiento 13 del recipiente de reacción 33 le sigue hacia abajo el recinto 14 de reacción

10 de mineral-carbón de la primera fase. En este recinto de reacción 14 por los órganos distribuidores 38 a modo de tejado, en el extremo inferior de la primera fase, se insufla un medio de calentamiento, que se compone de una mezcla de CO/CO_2 de $CO/CO_2/H_2/H_2O$ y en el extremo superior de esta primera fase se hace salir de nuevo a través de los órganos colectores de gas 39

15 a modo de tejado. El medio de calentamiento conducido en circuito, penetra en 40 en el recipiente de reacción 33 y abandona éste en 41. El medio de calentamiento enfriado se conduce a través de una bomba 42 de circulación y se comprime a través del

20 cambiador térmico 2, donde absorbe el calor de refrigeración del reactor atómico (circuito 4). Por la reacción entre el mineral de hierro y el carbono se produce en el recinto de reacción 14 un constante excedente de gases de reducción. Este excedente se deja salir del recipiente de reacción 33 a través de la salida

25 44.

Al primer recinto de reacción 14 le sucede hacia abajo el segundo recinto 15 de reacción de mineral-gas, en el que el mineral previamente reducido mediante gases reductores,

22 JUL 1965

315693

- 28 -

1

se reduce ulteriormente. Los gases reductores se insuflan a través de los órganos distribuidores 45 a modo de tejado en el extremo inferior, en el recinto de reacción 15 y por los órganos colectores de gas 46 a modo de tejado en el extremo superior, se extraen de éste de nuevo. La aportación de estos gases en el recipiente de reacción 33 se efectúa por la admisión 47, y la evacuación de los mismos por la salida 48.

10

En el extremo inferior del recipiente de reacción 33 se encuentra el recinto de refrigeración 16. En éste se insufla el gas refrigerador, que al mismo tiempo es el gas de caldeo para la carga en el extremo superior 17 del recipiente de reacción 33, a través de órganos 49 a modo de parrilla.

15

En el extremo superior del recinto refrigerador 16 se encuentran los órganos 50 colectores de gas a modo de tejado. El suministro del gas de circuito de refrigeración al recipiente de reacción 33 se efectúa por la admisión 51, la evacuación por la salida 52. En la parte más fría del circuito de refrigeración, calentamiento se encuentra la bomba 18 de circulación.

20

25

En cada uno de los recintos de reacción 13, 14, 15, 16 tiene que mantenerse una caída de presión desde abajo hacia arriba. Además de ello es conveniente cuidar por correspondientes condiciones de presión en la entrada y salida de los distintos recintos de reacción, que en lo posible no entre ningún gas de los recintos vecinos al recinto de reacción 15.

En la figura 7, en la mitad superior se desarrolla la primera fase, mientras que en la parte inferior

22 JUL 1965

315693

- 29 -

1 tiene lugar la segunda fase. La medida WS significa columna de
agua.

5 El procedimiento explicado en las figuras 6
y 7 según el invento, permite ampliaciones y mejoras en diferen-
tes aspectos: Tales mejoras se refieren entre otras cosas a la
constitución de las condiciones de la transmisión de calor. En
la utilización de medios transmisores de calor gaseosos, a cau-
sa de la caída de temperatura relativamente baja entre el cam-
biador térmico 13 y el recinto de reacción 8, las cantidades de
10 gas a revolver pueden hacerse relativamente grandes, de modo
que se requieren medidas adecuadas que mantengan lo más baja po-
sible la resistencia al paso de gas en el recinto de reacción
8. Tales medidas pueden consistir en la utilización de un mate-
rial de reacción esférico, ampliamente resistente al rozamiento,
15 tal como está presente, por ejemplo, en forma de bolitas. Ade-
más puede enriquecerse el circuito de gas con componentes de al-
ta capacidad térmica, como por ejemplo, metano o carbono de gra-
no fino, por ejemplo, aquel procedente de hidrocarburos como ho-
llín o como el que se separa en la disociación de monóxido de
20 carbono. Además es conveniente, en el caso de altas velocidades
de gas, mantener lo menor posible la capa que ha de ser reco-
rrida por el gas. Esto también puede alcanzarse ventajosamente
utilizando un equipo de aparatos de corriente transversal, en
el que el material sólido se mueve de arriba hacia abajo, y el
25 gas en dirección horizontal.

La cooperación del equipo de aparatos de
reducción con el reactor atómico puede constituirse de modo es-
pecialmente ventajoso y estrecho porque se renuncia al intercan-



315693

1 bio térmico entre el medio refrigerador del reactor y el medio
de calentamiento para el recipiente de reacción. Esto significa
que el medio de refrigeración del reactor representa al mismo
tiempo el medio de calentamiento para el recipiente de reacción.
5 Para esta forma de ejecución del procedimiento según el invento
está previsto, que en el circuito de gas entre el reactor ató-
mico y el equipo de aparatos de reducción estén dispuestos ór-
ganos separadores de alta eficacia, conocidos entre sí, que por
extracción de correspondientes materiales de la corriente de
10 gas hagan imposible una transmisión de sustancias nocivas de ra-
diación desde el reactor atómico al material de reducción, res-
pectivamente la reducen a un valor inocuo.

N O T A
=====

15 La presente patente de invención, compren-
de las siguientes reivindicaciones:

20 1.- Procedimiento para la reducción de mi-
nerales de hierro mediante medios reductores líquidos o gaseo-
sos, caracterizado porque sobre el material de reacción se trans-
mite mediante un medio auxiliar transmisor de calor, el calor
producido en un reactor atómico, que se calienta en un cambia-
dor térmico especial por un medio refrigerador del reactor con-
ducido en circuito a través del reactor.

25 2.- Procedimiento según la reivindicación
1, caracterizado porque una mezcla de reacción de grano fino de
mineral de hierro y carbón, respectivamente coque, se calienta
previamente mediante el medio auxiliar y se calienta por este

22 JUL 1965



- 31 -

315693

1 medio auxiliar en el alcance de temperatura del transcurso de la reacción.

3.- Procedimiento según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque se utiliza como medio auxiliar transportador de calor un gas conducido en circuito, por ejemplo, gas de óxido de carbono o una mezcla que se compone principalmente de óxido de carbono y ácido carbónico, que en cada caso se recalienta en el cambiador térmico por el medio refrigerador del reactor y se refrigera en el recinto de reducción y se hace circular por bombeo mediante una bomba situada preferentemente en la parte más fría del circuito.

4.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1-3, caracterizado porque el medio auxiliar transportador de calor se conduce por un sistema de tubos a través del recinto de reducción, de modo que no entra en contacto directo con el material de reducción.

5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1-4, caracterizado porque la transmisión de calor desde el medio auxiliar transportador de calor al material de reducción se efectúa por un sistema de tubos dentro del recinto de reducción, cuyos tubos dispuestos verticalmente, están provistos de nervios verticales o en que en el caso de la utilización de tubos conducidos horizontalmente están dispuestas hojas múltiples metálicas verticales que transcurren paralelamente entre sí, perpendicularmente a estos tubos, que apoyan la transmisión de calor desde los tubos al material de reducción situado entre las hojas múltiples.

6.- Procedimiento según una de las

22 JUL 1965



- 32 -

315693

1 reivindicaciones 1-5, caracterizado porque en lugar de gas en-
cuentra utilización un líquido como medio auxiliar transporta-
dor de calor, por ejemplo, un metal líquido en el alcance de
temperatura o una aleación metálica líquida, como por ejemplo
sodio o aleaciones de sodio y potasio.

5 7.- Procedimiento según una de las rei-
vindicações 1-6, caracterizado porque el material de reacción,
en el recinto de reducción se mantiene en el estado de la flui-
dización (capa de torbellino) pudiendo estar producido este es-
tado por el gas de reacción generado en la reducción de óxido
10 de hierro, con carbón, por la insuflación de un gas auxiliar,
como por ejemplo, una mezcla de óxido de carbono y ácido carbó-
nico, o por medios mecánicos como por ejemplo levantamiento en
torbellino mediante un órgano agitador.

15 8.- Procedimiento según una de las rei-
vindicações 1-6, caracterizado porque la mezcla de mineral de
hierro de grano fino y medio reductor sólido de grano fino, an-
tes de la introducción en el recinto de reducción, se convier-
te en trozos por procedimientos conocidos en sí como conversión
20 en briquetas, conversión en pastillas etc. y en esta forma se
calienta en el recinto de reducción como lecho sólido estacio-
nario o movido.

25 9.- Procedimiento según una de las rei-
vindicações 1-8, caracterizado porque el calor del medio re-
frigerador del reactor, por debajo del nivel de temperatura de
la reducción del mineral de hierro se aprovecha para procedimien-
tos de temperatura baja con bajo nivel de temperatura.

10.- Procedimiento según la reivindi-

22 JUL 1965



315693

- 33 -

1 cación 9, caracterizado porque el calor del reactor en temperaturas profundas se aprovecha para la producción de energía, especialmente a través de vapor de agua.

5 11.- Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado porque el calor del reactor a temperaturas bajas se aprovecha para procedimientos de desecación, especialmente para la desecación de carbón y de mineral.

10 12.- Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado porque el calor del reactor a temperaturas bajas se aprovecha para la obtención de agua potable a partir del agua del mar.

15 13.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 9-12, caracterizado porque el medio refrigerador del reactor se refrigera sucesivamente por un medio de calefacción para la reducción del mineral de hierro y por un medio calefactor separado para el procedimiento dispuesto posteriormente, como producción de vapor etc.

20 14.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 9-12, caracterizado porque el medio refrigerador del reactor primeramente se enfría por el medio calentador para la reducción del mineral de hierro y después cede su calor directamente al procedimiento, conectado después, consumidor de calor, refrigerándose a continuación, por ejemplo, directamente en una caldera de vapor.

25 15.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 9-12, caracterizado porque el medio refrigerador de reactor, en un cambiador térmico cede la totalidad de su calor útil a un medio calentador que por su parte transmite el



315693

1 calor primeramente al procedimiento de reducción de mineral de hierro y después al procedimiento conectado posteriormente, por ejemplo a una caldera de vapor.

5 16.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 9-12, caracterizado porque el medio refrigerador del reactor cede primeramente su calor de modo directo al procedimiento de reducción de mineral de hierro y después le cede directamente al procedimiento conectado detrás, por ejemplo, a una caldera de vapor.

10 17.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 9-12, caracterizado porque en el procedimiento conectado posteriormente se utiliza una presión más elevada que en el procedimiento de reducción de hierro.

15 18.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1-17, caracterizado porque la disociación de oxígeno del mineral de hierro se efectúa a temperaturas entre aproximadamente 500°C y aproximadamente 1000°C hasta grados de reducción de aproximadamente 40% a 75% por medios de reducción conteniendo carbono (primer grado) mientras que la reducción final del mineral hasta la disociación total del oxígeno o hasta un contenido residual de oxígeno de aproximadamente 5 a 15% se efectúa mediante gases reductores, como monóxido de carbono e hidrógeno (segundo grado) preferentemente sin enfriamiento del producto intermedio entre el primero y segundo grado de reducción.

20

25

19.- Procedimiento según la reivindicación 18, caracterizado porque el gas de reducción para el segundo grado de reducción se obtiene al fundir el material de

22 JUL



- 35 -

315693

1 reducción todavía conteniendo oxígeno, por ejemplo, en un horno eléctrico de galería baja.

5 20.- Procedimiento según la reivindicación 18, caracterizado porque el gas de reducción para el segundo grado se obtiene de agua por electrolisis, preferentemente de tal modo que la corriente para ello se extrae, en tiempos de reducido consumo de corriente por la red pública, de una central eléctrica atómica puesta en funcionamiento para ello, almacenándose a presión el hidrógeno obtenido en ello hasta su consumo para fines de reducción.

10 21.- Procedimiento según la reivindicación 18, caracterizado porque el gas de reducción para la segunda fase se obtiene de gas de escape de la primera fase, eliminándose del mismo por medidas conocidas en sí los productos de oxidación como ácido carbónico y vapor de agua.

15 22.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1-21, caracterizado porque la reducción, por lo menos en la primera fase, se ejecuta a presión disminuida, preferentemente desde 760 a 76 Torr.

20 23.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1-21, caracterizado porque la primera fase de reducción se ejecuta a presión aumentada, es decir entre aproximadamente 5 y 25 atmósferas y porque el gas obtenido del oxígeno del mineral y del carbono de reducción se conduce a un lavador de agua a presión para la obtención de un gas de reducción
25 de óxido de carbono e hidrógeno con pequeño contenido de ácido carbónico y vapor de agua (aproximadamente 2%) para la segunda fase de reducción.

22 JUL 1965

315693

1

24.- Procedimiento según la reivindicación 23, caracterizado porque el segundo grado de reducción se ejecuta aproximadamente a la misma presión que la primera fase de reducción y porque el gas de escape de la segunda fase de reducción también se conduce hacia el lavador de agua de presión para introducirse renovadamente en la segunda fase de reducción después de la eliminación del ácido carbónico y del vapor de agua.

5

10

15

25.- Procedimiento según las reivindicaciones 23-0 24, caracterizado porque el gas obtenido en el lavador de agua de presión, principalmente consistente en monóxido de carbono, entre aproximadamente 550 y 650°C se pone en contacto con el producto de reducción del primer grado de reducción con objeto de separar carbono, y porque el gas de escape de este grado de procedimiento de separación de carbono se aporta renovadamente al lavador de agua de presión, mientras la mezcla de mineral de hierro parcialmente reducido y carbono se aporta a la segunda fase de reducción, donde con calentamiento por calor de refrigeración del reactor se somete a la reducción final.

20

25

26.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 19-25, caracterizado porque en la primera fase de reducción se trabaja con exceso de medios reductores sólidos predominantemente entre aproximadamente 50 y aproximadamente 100% de la cantidad de carbono reaccionada en esta fase, y porque el carbono sobrante se separa del material reducido por ejemplo, por separación, magnética y porque este carbono separado, eventualmente después de reducción de su contenido de ceniza, por ejemplo, por una separación electrostática se aporta de nuevo total o parcialmente a la mezcla de partida del primer grado de reducción.

22



315693

- 37 -

1

27.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1-26, caracterizado porque se utiliza carbono de reducción especialmente capaz de reaccionar o hecho capaz de reaccionar, como por ejemplo coque de baja temperatura (coque de destilación), coque activado por tratamiento con vapor de agua, carbón vegetal, carbono de la disociación de óxido de carbono.

5

10

28.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1-27, caracterizado porque como medio de reducción se utilizan combustibles bituminosos, que en la mezcla con mineral se convierten en coque de tal modo que se produce un coque altamente capaz de reaccionar, por ejemplo de tal modo que se observa un adecuado programa de temperatura calentamiento en el tiempo, y porque la mezcla durante el calentamiento se trata con gases conteniendo oxígeno, como por ejemplo vapor de agua y aire.

15

20

29.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1-10, caracterizado porque se introducen en el recinto de reacción de la primera fase de reducción, medios aceleradores de la reacción, por ejemplo carbonato potásico, carbonato sódico, carbonato calcico, ácido sulfuroso y otros.

25

30.- Procedimiento según las reivindicaciones 1-11, caracterizado porque en el recinto de reacción para la ejecución de la primera fase de reducción se agrega hidrógeno, respectivamente portadores de hidrógeno, como vapor de agua y carbonos.

31.- Procedimiento según las reivindicaciones 1-10, 22, 23, 27-30, caracterizado porque el combustible sólido o líquido o una parte del mismo primeramente se gasifica

22



- 38 -

315693

1

bajo el calentamiento por el calor atómico y el medio de reducción gaseoso obtenido por ello se utiliza para la reducción de mineral de hierro.

5

32.- Procedimiento para la reducción de minerales de hierro.

Según se describe y reivindica en esta memoria descriptiva y se ilustra con los dibujos que a la misma se acompañan.

10

Consta esta memoria de treinta y ocho hojas foliadas y escritas a máquina por una sola de sus caras.

Madrid, 22 de Julio de 1.965

CARLOS ROEB
P.P.

15

20

25

315603

22 JUL 1965

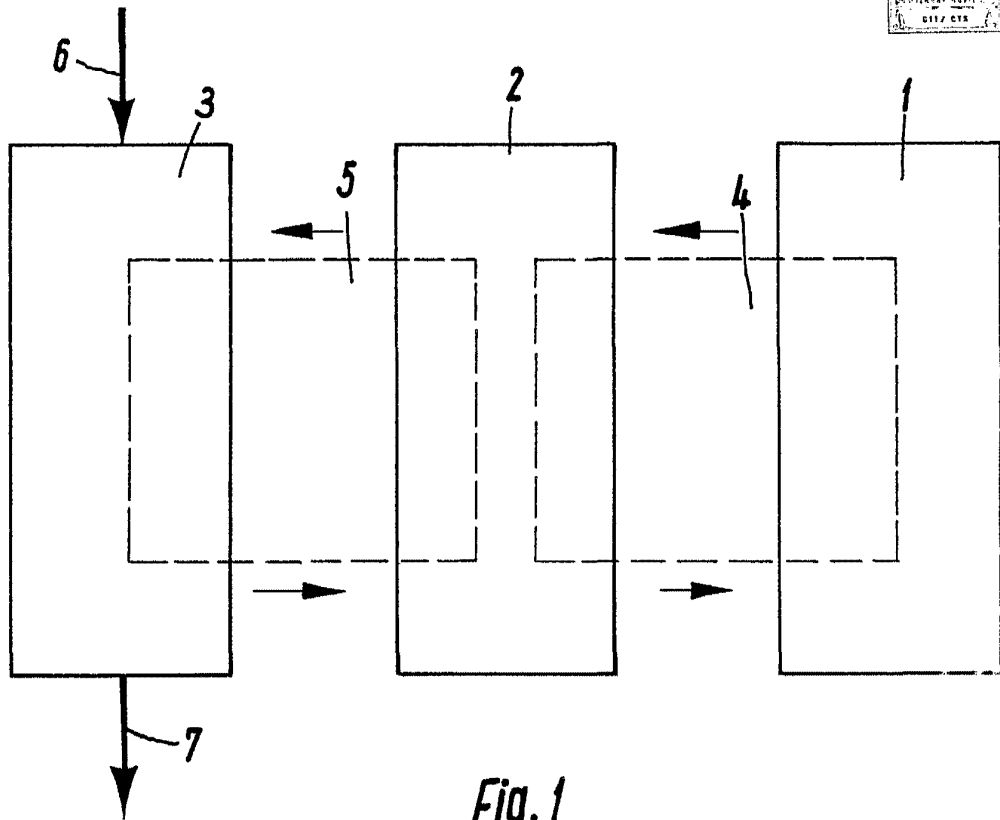


Fig. 1

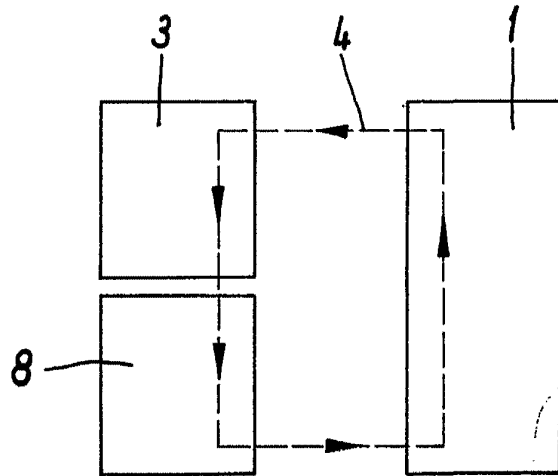


Fig. 5

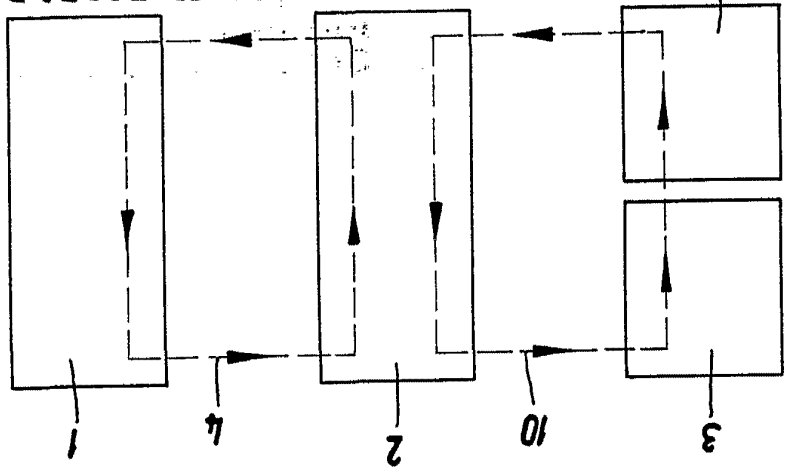
ESCALA VARIABLE

CARLOS ROEB

P.R.

ESCALA VARIABLE
CARLOS ROEB

Fig. 4



315602

Fig. 3

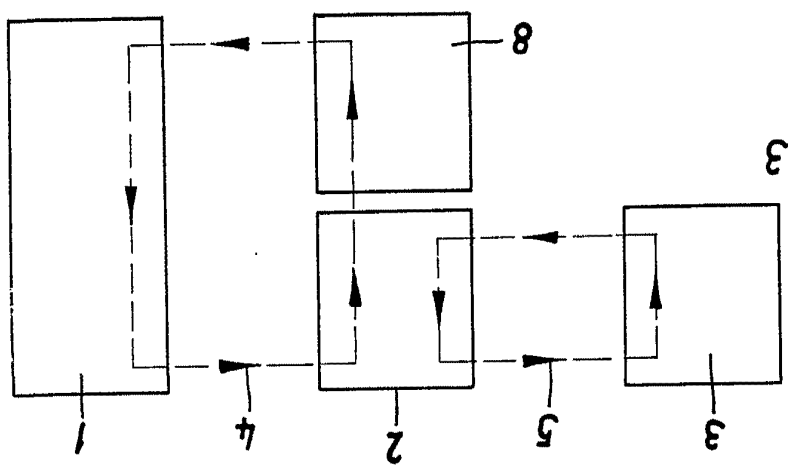
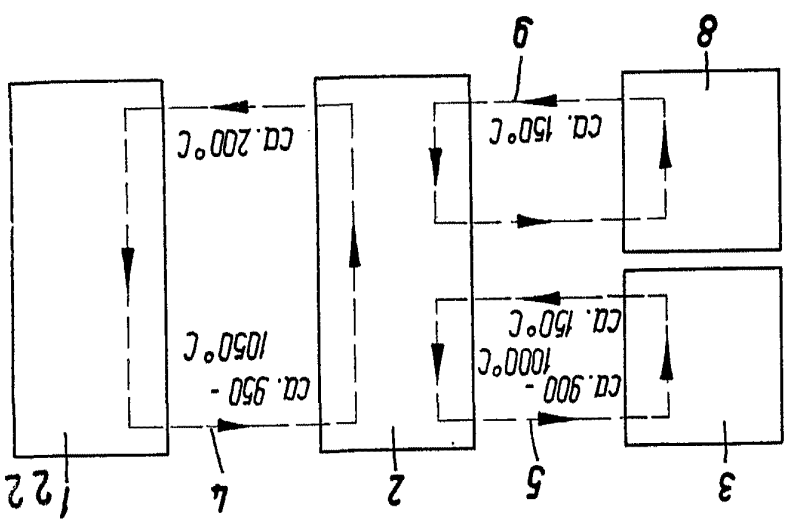


Fig. 2



P. R. CARLOS ROEB

ESCALA VARIABLE

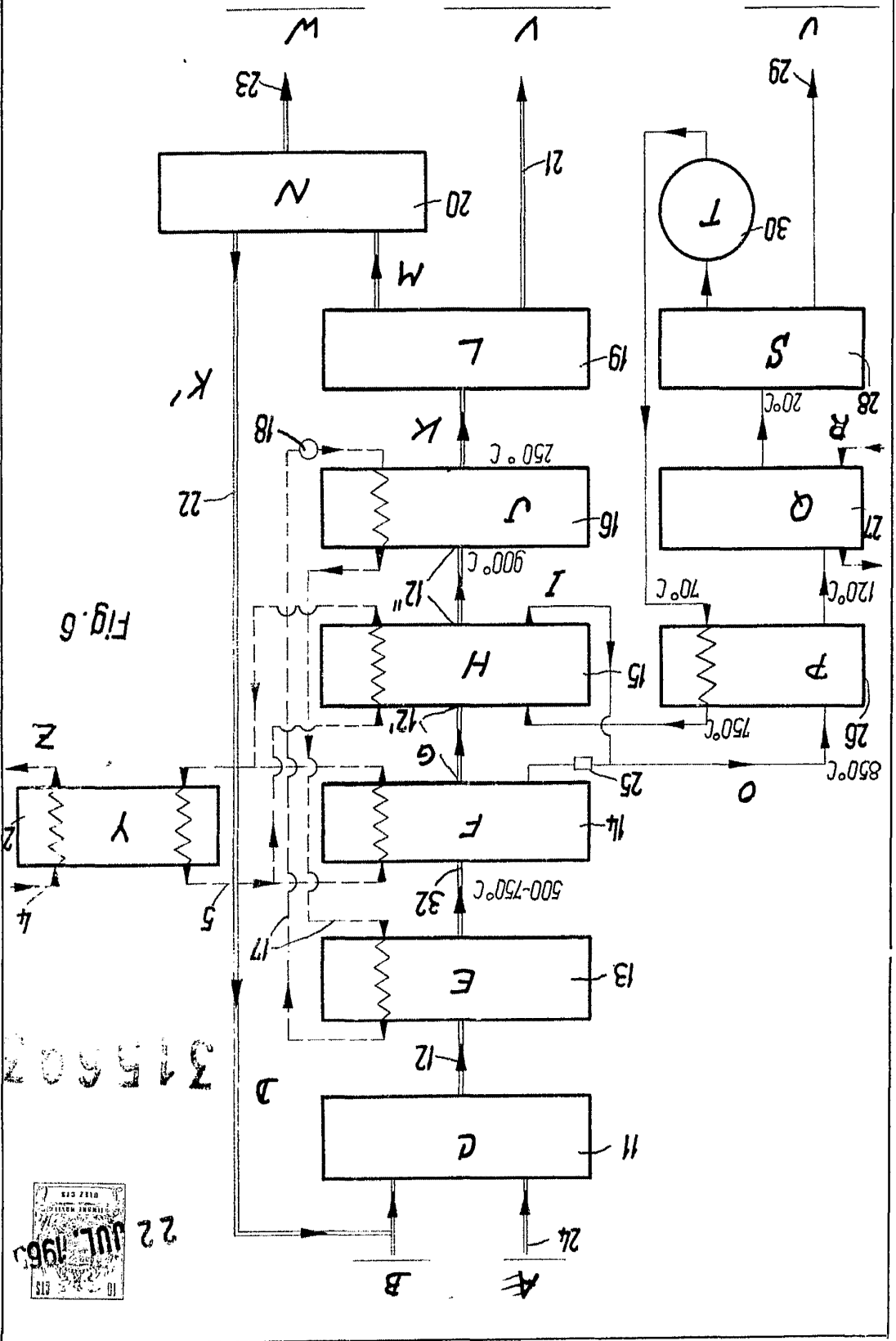
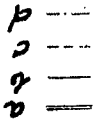


Fig. 6

315602

22 JUL 1965



