

171



338177

338177

MEMORIA DESCRIPTIVA

correspondiente a la solicitud de concesión de una

PATENTE DE INVENCION

SOLICITANTE: FIERRO ESPONJA S.A.

RESIDENCIA: Apartado nº 996, Monterrey, NL,

REPUBLICA DE MEJICO. -

ENUNCIADO: "UN METODO PARA REDUCIR UN OXIDO ME-
TALICO CONVIRTIENDOLO EN METAL PURO"

Prioridad: Patente estadounidense n.º 535.537 del 18-3-66.

17



338177

5 Se refiere este invento a la reducción gaseosa de los óxidos metálicos para convertirlos en metales elementales a elevadas temperaturas, y más particularmente, a un método perfeccionado para enfriar el metal reducido. Este invento es especialmente útil en conexión con la reducción gaseosa directa de los minerales de óxido de hierro para obtener hierro esponjoso, por lo que será descrita ilustrativamente en conexión con este uso, aunque, como se verá a medida que avanza la descripción, es evidente que el invento puede ser igualmente utilizado en aquellos procesos en los que se proceda a reducir otros óxidos metálicos que no sean óxido de hierro.

15 En uno de sus aspectos, el presente invento comprende un perfeccionamiento introducido en el tipo conocido de proceso semicontinuo para producir hierro esponjoso, en el cual se utiliza un sistema constituido por una unidad reactiva múltiple, en la cual son tratados simultáneamente cuerpos independientes de material férreo. Las tres operaciones principales llevadas a cabo en el sistema reactor son las siguientes: 1) carga y descarga de los reactores, 2) reducción, y 3) enfriamiento del material reducido. Por conveniencia, estas tres operaciones están caracterizadas cada una de ellas dentro de la etapa de producción, de la etapa de reducción y de la etapa de enfriamiento. En el sistema particular descrito en esta memoria, se emplean dos etapas de reducción, utilizándose, por consiguiente, cuatro reactores para llevar a cabo las tres operaciones principales. Los reactores se conectan de tal manera que durante un ciclo dado de operaciones, el gas reductor procedente de una fuente adecuada, comúnmente una mezcla compuesta grosso

338177



5 modo de monóxido de carbono e hidrógeno, pasa sucesivamente por el reactor donde se realiza la etapa de enfriamiento, por el reactor donde se realiza la segunda etapa reductora y por el reactor donde se realiza la primera etapa reductora. El cuarto reactor se desconecta del sistema para carga y descarga.

10 El sistema está provisto de las válvulas de conmutación adecuadas por medio de las cuales, al final de cada ciclo, puede ser desviado el flujo de gas para hacer que el reactor correspondiente a la etapa de enfriamiento se convierta en el reactor de la etapa de producción, el reactor de la segunda etapa reductora en el reactor de la etapa de enfriamiento, el reactor de la primera etapa reductora en el reactor de la segunda etapa reductora, y el reactor de la etapa de producción en el reactor de la primera etapa reductora. De este modo, durante un período de cuatro ciclos, cada reactor realiza sucesivamente las cuatro etapas de la operación. Con objeto de simplificar la representación en los dibujos y la descripción, las conexiones de conmutación, bien conocidas para los versados en la materia, han sido omitidas, y el funcionamiento del sistema se describe con referencia a un ciclo particular.

25 El hierro esponjoso producido por la reducción gaseosa directa del mineral de hierro, tiende a contener una débil proporción de carbono que es indeseable. En la mayoría de los casos, el hierro esponjoso producido se utiliza en la producción del acero, y si el contenido de carbono del hierro esponjoso es demasiado bajo, debe agregarse carbono a la mezcla formada en el horno para producir acero. En un proceso del tipo descrito anteriormente, en

30



17

338177

5

10

15

20

25

30

el que se emplea el gas reductor con un cierto contenido de carbono que entra en el sistema para enfriar el metal reducido, es posible, realizando la etapa de enfriamiento en debidas condiciones, utilizar una parte del gas reductor para producir carbono, el cual se deposita sobre la superficie de las esponjas de metal reducido. Se ha observado que durante las subsiguientes operaciones de fusión, el carbono depositado sobre el metal reducido se difunde en el metal y permite fundir éste a temperaturas considerablemente inferiores al punto de fusión del metal puro. Cuando se agrega carbono separadamente al hierro esponjoso en el horno de acero, no se produce tal difusión en la misma cuantía. De aquí que la deposición de carbono sobre el hierro esponjoso en el reactor donde se produce el enfriamiento proporciona un medio especialmente eficiente de agregar carbono al hierro esponjoso que va a ser utilizado en el proceso para producir acero.

Aunque hay evidentes ventajas en la utilización del reactor de enfriamiento para enfriar el metal reducido y para aumentar su contenido de carbono, se han encontrado ciertas dificultades prácticas cuando se hace un esfuerzo para cubrir ambos objetivos. Desde el punto de vista de conseguir una pirolización efectiva del gas reductor y asegurar la deposición de carbono sobre el hierro esponjoso, la temperatura a la cual hacen contacto el gas y el metal reducido es deseable que sea relativamente elevada, mientras que, por otra parte, desde el punto de vista del enfriamiento del metal reducido, la temperatura de régimen en el reactor de enfriamiento debe ser relativamente baja. El método que se describe en el presente invento está rela-

338177



cionado con la resolución de este dilema.

5 Constituye, en general, un objeto del presente invento proporcionar un proceso perfeccionado para la producción de hierro esponjoso, por reducción gaseosa directa del mineral de hierro en un sistema de unidad reactiva múltiple, que incluye por lo menos un reactor reductor y un reactor enfriador.

10 Otro objeto del invento consiste en proporcionar un método para hacer funcionar el reactor enfriador de tal sistema, de una manera tal que se consiga una eficaz deposición de carbono sobre el metal reducido en el reactor y un enfriamiento eficaz del metal reducido.

Otros objetos del invento serán evidentes en parte y en parte señalados en la siguiente descripción.

15 Los objetos y ventajas del presente invento pueden realizarse, en general, llevando a cabo la operación de enfriamiento en el reactor correspondiente de un sistema reactor del tipo descrito anteriormente en dos etapas. Al comenzar cada ciclo operativo, el cuerpo de material férreo depositado en el reactor de enfriamiento se halla a una temperatura relativamente elevada. De acuerdo con el presente método, se utiliza una primera etapa de enfriamiento en la cual el gas reductor entrante se introduce en el reactor enfriador a un ritmo esencialmente idéntico al que se necesita para la alimentación del reactor reductor de la segunda etapa, transfiriéndose a este último todo el gas que sale del reactor enfriador, en el cual se hace pasar por el cuerpo de material férreo. Durante la segunda etapa de enfriamiento de cada ciclo, se extrae una parte del gas que sale del reactor enfriador enviándola a los reactores reduc-

20

25

30



338177

tores para iniciar un nuevo ciclo en la entrada de gas del reactor enfriador.

5 De este modo, durante la primera etapa de enfriamiento, se emplea un caudal de gas relativamente reducido para mantener el cuerpo de material férreo a una temperatura suficiente para pirolizar el gas reductor y depositar carbono durante un período relativamente largo. Cuando la temperatura del material férreo en el reactor enfriador ha descendido por debajo del valor para el cual se produce la pirolización del gas reductor, se inicia la segunda etapa enfriadora, en la cual se enfría una parte del gas reductor que sale del reactor enfriador, haciéndola iniciar un nuevo ciclo para aumentar el caudal en el reactor y acelerar el enfriamiento del material férreo depositado en el mismo a una temperatura próxima a la temperatura ambiente.

10

15

El volumen óptimo de gas que debe emprender un nuevo ciclo en la segunda etapa de enfriamiento varía con tales factores como la temperatura de reducción empleada, la cantidad de material que va a ser tratada en el reactor, la temperatura del gas que inicia un nuevo ciclo y el período de tiempo necesario para completar la operación de reducción en los reactores reductores. Si, por ejemplo, se emplea un ciclo reductor de 6 horas, el caudal de gas al que se hace iniciar un nuevo ciclo en el reactor enfriador puede ser inferior al que correspondería al caso de un ciclo reductor de 4 horas, puesto que en el primer caso se dispone de más tiempo para reducir la temperatura del material férreo depositado en el reactor reductor hasta la deseada temperatura relativamente baja. Se ha observado que, en general, la cantidad de gas que inicia un segundo ciclo en

20

25

30



338177

5 la segunda etapa de enfriamiento debe ser tal que aumente el caudal de gas que pasa por el reactor enfriador de 1,5 a 5 veces con relación al caudal consumido durante la primera etapa de enfriamiento. La proporción preferida entre el caudal de gas correspondiente al segundo ciclo y el gas de entrada es de 0,5:1 a 4:1.

10 Los objetivos y ventajas del presente invento podrán comprenderse y apreciarse mejor haciendo referencia al dibujo adjunto, que ilustra esquemáticamente un sistema reactor capaz de ser utilizado para llevar a cabo el método descrito en el invento. Con referencia a dicho dibujo, el sistema reactor representado comprende cuatro reactores, a saber, el reactor de enfriamiento 10, el reactor reductor de segunda etapa 12, el reactor reductor de primera etapa 15 14, y el reactor de producción 16. En el sistema representado en el dibujo, el gas reductor empleado está compuesto grosso modo de monóxido de carbono e hidrógeno, y está formado por una reacción catalítica entre el vapor y el gas natural en un horno reformador 18, representado a la izquierda del dibujo. El gas natural, procedente de una fuente adecuada (no representada en la figura) entra en el sistema por el conducto 20 y se mezcla con el vapor suministrado a través del conducto 22, procedente de una fuente que describiremos a continuación. La mezcla de gas natural y vapor pasa por un serpentín termocambiador 24, situado en la cuba 25 26 del horno 18, de donde pasa, por el conducto 28, a un cuerpo catalizador situado dentro del horno 18.

30 El vapor para la mezcla con el gas natural es suministrado por medio de un colector de vapor 30, que contiene normalmente agua y vapor de agua. El vapor procedente



338177

5 del colector 30 pasa por el conducto 32, por un serpentín termocambiador 34 situado en la cuba 26 y por el conducto 36 que está conectado al ramal 22. Como el sistema produce más vapor del que es necesario para la reacción con el gas natural, el exceso de vapor es expulsado del sistema por el conducto 36.

10 Dentro del horno 18, el gas natural y el vapor son convertidos, a una elevada temperatura, en monóxido de carbono e hidrógeno, una mezcla reductora, mediante un proceso conocido. El horno es calentado por medio del gas suministrado por un colector de gas combustible, 38. El gas reductor abandona el horno saliendo por el conducto 40 y penetra luego en una caldera de recuperación 42, en la que se utiliza una parte del calor sensible del gas para
15 evaporar el agua caliente que penetra en la caldera procedente del colector de vapor 30 a través del conducto 44. El vapor resultante es devuelto al colector de vapor por el conducto 46. Además, se suministra calor a dicho colector de vapor, haciendo que el agua caliente que sale del
20 mismo por el conducto 48, pase por el serpentín 50, situado en la cuba 26, y regrese al colector de vapor por el conducto 52.

25 El gas reductor parcialmente enfriado sale de la caldera recuperadora 42 por el conducto 54 y pasa a una torre de enfriamiento 56, dentro de la cual es enfriado más todavía al pasar a contracorriente por un chorro de agua fría que sale por el conducto 58. El agua caliente se extrae por la parte baja de la torre 56, saliendo del sistema por un colector de descarga de agua caliente 60.

30 El gas reductor enfriado procedente de la parte

17M



338177

5 alta de la torre 56 constituye el suministro de gas a los reactores enfriador y reductor. Describiremos inicialmente su ciclo como el principio de un ciclo operativo cuando se lleva a cabo la primera etapa de enfriamiento anteriormente descrita en el reactor de enfriamiento.

En este instante, el reactor 10 contiene un cuerpo de material férreo que es esencialmente hierro esponjoso, pero que contiene una pequeña cantidad de óxido de hierro.

10 El hierro esponjoso contenido en el reactor 10, habiendo sufrido previamente dos etapas de reducción, está ahora a la misma temperatura que el material férreo de las etapas reductoras, es decir, a unos 980° a 1.095°C .

15 Al comenzar el ciclo, el gas reductor pasa de la parte alta de la torre 56, por el conducto 62, a la parte alta del reactor 10, y de aquí a la masa de hierro esponjoso contenido en el mismo. Debido a la elevada temperatura existente en el interior del reactor, una parte del gas reductor es pirolizada dentro del mismo, depositándose carbono en la superficie de las esponjas de hierro. Asimismo, otra parte de la pequeña cantidad de óxido de hierro remanente en el hierro esponjoso es reducida.

20 De la parte inferior del reactor 10, el gas reductor pasa, por un conducto 64, a una torre de enfriamiento 66, similar a la torre 56. Se suministra agua fría a la parte alta de la torre 66 por medio de un conducto 68, mientras que el agua caliente sale de la parte baja de la torre 66 por un conducto 70, dirigiéndose al colector de descarga de agua 60. La torre de enfriamiento 66 actúa para enfriar el gas reductor y condensa el agua contenida en el mismo, eliminando el vapor de agua, que es un consti-

25

30

338177

17



tuyente no reductor, del gas reductor.

5 En el sistema representado en el dibujo, el gas reductor se mezcla con una pequeña cantidad de aire antes de ser introducido en los reactores reductores. Esta característica se explica en la Patente Celada 2.900,247, en la cual se discuten las razones existentes para la adición de aire, las cantidades de aire que deben agregarse y las temperaturas más convenientes que deben utilizarse. En general, la corriente reductora y la corriente de aire son precalentadas y mezcladas separadamente para que se quemee la mínima cantidad de gas reductor y producir una temperatura relativamente elevada en la mezcla de gas reductor.

15 Refiriéndonos de nuevo al dibujo, el gas reductor procedente de la parte alta de la torre 66 pasa por el conducto 72 al precalentador 74. Más particularmente, el gas pasa primeramente por un serpentín termocambiador auxiliar 76, situado en la cuba 78 del precalentador 74, y luego por el serpentín principal 80 del mismo. El precalentador se calienta con gas combustible suministrado por el colector 38 a través del ramal 82. El gas reductor precalentado pasa al reactor 12 por el conducto 84.

20 El aire que ha de ser mezclado con el gas reductor es precalentado en el precalentador 86, siendo suministrado el calor por combustión del gas combustible en el colector 38 a través del conducto 88. El aire pasa por el serpentín termocambiador principal 90 del calentador 86 y luego por el conducto 92 a la corriente de gas del conducto 84. El precalentador 86 está provisto de una cuba 94 que contiene un serpentín termocambiador auxiliar 96 que se

5

10

15

20

25

30



338177

utiliza para precalentar el agua del colector de vapor 30. El agua suministrada por el conducto 98 es calentada en el serpentín 96, pasando luego por el conducto 100 al colector de vapor 30.

5 Los precalentadores 74 y 86 precalientan típicamente el gas reductor y el aire, respectivamente a temperaturas del orden de 815° a 980°C , y al quemarse una parte del gas reductor en contacto con el aire, se obtiene una mezcla reductora de 980° a 1.150°C . Esta mezcla se suministra al reactor de la segunda etapa reductora 12, pasando luego por el cuerpo de material férreo contenido en el mismo. Debe observarse que la relación entre la corriente de gas y el mineral en los reactores reductores se realiza siempre a contracorriente, es decir, que el gas reductor fresco se utiliza para reducir parcialmente el mineral reducido, mientras que el gas reductor gastado se utiliza para reducir el mineral que no ha sido previamente reducido.

10
15
20 Después de pasar por el cuerpo de material férreo en el reactor 12, el gas reductor pasa por el conducto 102 a la torre de enfriamiento 104, la cual, como las torres 56 y 66, temple y enfría el gas para extraer de él el agua que contiene. La torre 104 es alimentada con agua fría a través del conducto 106, descargando el agua por el conducto 108 al colector 60. Desde la parte alta de la torre 104, el gas reductor pasa por el conducto 110 a un precalentador 112, similar al precalentador 74, siendo calentado por el gas combustible suministrado por el colector 38 a través del conducto auxiliar 114.

25
30 El gas es precalentado en el calentador 112 y pa-



338177

17

5 sa por el conducto 116 al reactor de la primera etapa re-
ductora 14. Como ocurría en el caso del reactor 12, el
gas que alimenta el reactor 14 es mezclado con una peque-
ña cantidad de aire antes de ser introducido en el reac-
tor. El aire precalentado para este objeto es suminis-
trado por el precalentador 86 a través de los conductos
92 y 118. El gas que penetra en el reactor 14 pasa ha-
cia abajo a través del cuerpo del mineral no reducido efec-
tuando una reducción parcial del mismo. A continuación,
10 pasa por el conducto 120 a la torre de enfriamiento 122,
la cual es similar a las torres 56, 66 y 104. Como el
gas en este punto tiene una proporción de constituyentes
reductores relativamente baja, no se utiliza ya como medio
reductor sino que es transferido por el conducto 124 al co-
lector de gas combustible 38. Como se indica en la esqui-
na superior de la derecha del dibujo, puede introducirse
15 gas natural en el colector de gas combustible 38 por el con-
ducto 126 a voluntad.

20 Al comenzar el ciclo que estamos describiendo,
se desconecta el reactor de producción 16 del sistema, per-
maneciendo desconectado durante todo el ciclo de enfriamien-
to y durante las operaciones reductoras en los reactores
10, 12 y 14. Durante este período, el hierro esponjoso
enfriado y reducido, contenido en el reactor 16 se saca del
25 mismo, y el reactor se carga de nuevo con mineral fresco.
Al comenzar el ciclo siguiente, vuelve a conectarse el re-
actor de producción al sistema por medios no representados
en el dibujo esquemático, y se convierte en el reactor de
reducción de primera etapa del siguiente ciclo de operacio-
30 nes.

338177

17 MAR 1957



5 Como hemos indicado anteriormente, la descripción anterior demuestra que el gas fluye como al principio de un ciclo de operaciones, en cuyo instante el reactor 10 contiene una carga de hierro esponjoso a una temperatura muy próxima a la de reducción. En este instante, todo el gas reductor que pasa por el reactor 10 es transferido al reactor reductor de segunda etapa 12. Cuando la temperatura del hierro esponjoso depositado en el reactor 10 desciende como consecuencia del paso de gas frío por el mismo, se llega a un punto en el cual cesa la pirolización del gas y la deposición de carbono sobre el hierro esponjoso. Alrededor de este punto, es deseable acelerar el enfriamiento del hierro esponjoso. De acuerdo con el presente método, la segunda etapa de enfriamiento a que nos hemos referido anteriormente, se inicia cuando una parte del gas inicia un segundo ciclo de acuerdo con el método que vamos a describir.

15 Funcionalmente interpuesto entre las conductos 62 y 72, hay un compresor recíclico 128, cuya entrada está conectada al conducto 130 que contiene la válvula 132, y por éste al conducto 72, cuya descarga está conectada a su vez, por el conducto 134, que contiene la válvula 136, con el conducto 62. La disposición es tal que durante la segunda etapa de enfriamiento, las válvulas 132 y 136 pueden abrirse para cambiar de dirección una parte seleccionada del gas enfriado que pasa por el conducto 72 para iniciar con él un nuevo ciclo a través del reactor 10 para aumentar la masa de gas a través del mismo. De este modo, se consigue un enfriamiento eficaz del hierro esponjoso a una temperatura próxima a la temperatura ambiente, aunque el

338177



caudal de gas a través de los reactores reductores sea insuficiente para producir el adecuado enfriamiento.

5 Debe tenerse en cuenta, naturalmente, que la descripción anterior es meramente ilustrativa, pudiendo introducirse numerosas modificaciones en el sistema reactivo en ella descrito. Por ejemplo, es evidente que aunque se han descrito dos etapas reductoras, en ciertas circunstancias pueden utilizarse una sola etapa o más de dos etapas, según los casos. Asimismo, puede modificarse el número de reactores utilizados en cada etapa. E introducirse cualesquiera modificaciones dentro del alcance del invento de acuerdo con los expertos en la materia.

10 En resumen, la Patente de Invención que se solicita deberá recaer sobre las siguientes:

15

20

25

30

338177 17



REIVINDICACIONES

5 1. Un método para reducir un óxido metálico convirtiéndolo en metal puro, en el cual se reducen y enfrían separadamente cuerpos de material que contienen dicho óxido metálico en una pluralidad de reactores haciéndose pasar el gas reductor a través de dichos cuerpos de material en un reactor para enfriar el óxido reducido y luego a través de otro cuerpo de material que contiene dicho óxido metálico en un reactor para reducir el óxido del metal, estando caracterizado por el hecho de que se enfría el cuerpo compuesto por dicho material en un reactor de enfriamiento, realizándose la operación en dos etapas, en la primera de las cuales se hace pasar el gas reductor a través de dicho cuerpo de material en dicho reactor a un régimen esencialmente igual al de alimentación de dicho gas al cuerpo de material contenido en el reactor reductor, y en la segunda se enfría una parte del gas reductor que sale de dicho reactor de enfriamiento, después de haber pasado por dicho cuerpo de material, haciéndolo circular de nuevo para acelerar el enfriamiento del cuerpo de material contenido en dicho reactor de enfriamiento.

15 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el cuerpo de material que contiene el óxido metálico es material férreo.

20 3. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado por el hecho de que el gas que se hace recircular es comprimido antes de ser introducido de nuevo en el reactor de enfriamiento.

30 4. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por el hecho de



338177

que la relación entre los caudales del gas de recirculación y del gas de entrada en el reactor de enfriamiento está comprendida entre 0,5:1 y 4:1.

5 5. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por el hecho de que el gas reductor que pasa del reactor de enfriamiento al reactor reductor es enfriado para extraer de él el agua que contiene, siendo luego recalentado antes de introducirlo en dicho reactor reductor.

10 6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por el hecho de que el gas reductor que se hace recircular es extraído después de haber sido enfriado y antes de ser recalentado.

15 7. Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita : "UN METODO PARA REDUCIR UN OXIDO METALICO CONVIRTIENDOLO EN METAL PURO".

20 Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente Memoria descriptiva que consta de dieciseis páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

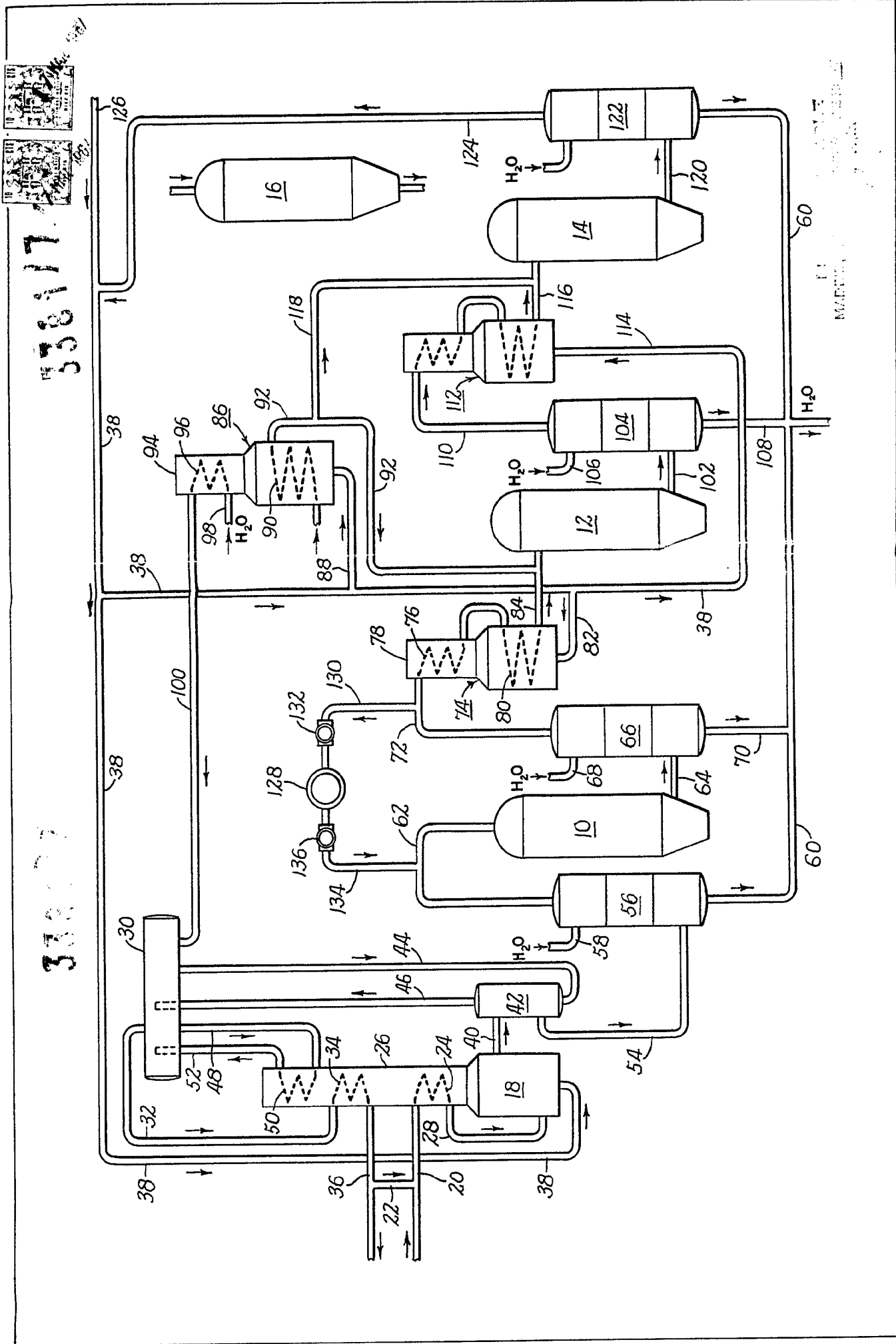
Madrid, 17 de Marzo 1.967

BERNARDO UNGRIA

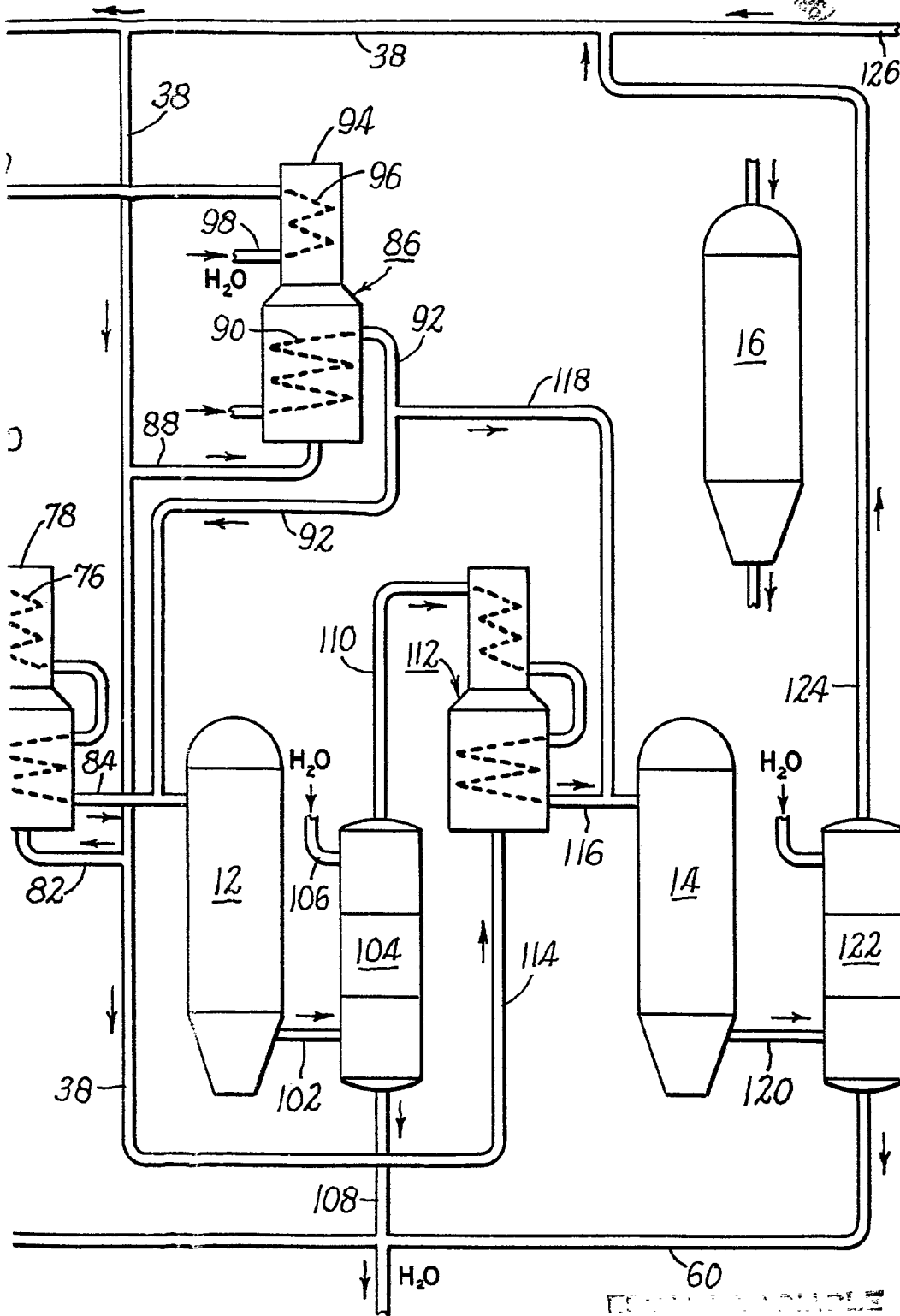
p.p.

25

30



338117



REPRESENTACION DE
MADRID, 17 de Marzo de 1957

1957