

AÑO 1959

Expediente núm.

248733



248733'

# REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

**PATENTE DE** ..... Invención .....

## MEMORIA DESCRIPTIVA

que se acompaña a la solicitud de

una **PATENTE DE** ..... Invención ..... por 20 años, en España

a favor de

Fierro Esponja, S.A. ...., de nacionalidad  
mexicana ..... domiciliado en Monterrey, N.L. (Méjico).  
calle de ..... núm. ....

por:

« METODO PARA LA REDUCCION DE MINERAL DE HIERRO A HIERRO ESPON  
JOSO».

Nº 14067

Agente Sr. ..... Ungría .....



248733'

248733

MEMORIA DESCRIPTIVA  
que se acompaña a  
la solicitud de  
una PATENTE DE INVENCION por VEINTE AÑOS  
en ESPAÑA, a favor de Fierro Esponja, S.A.,  
residente en Monterrey, N.L. (MEJICO),  
p o r  
"METODO PARA LA REDUCCION DE MINERAL DE  
HIERRO A HIERRO ESPONJOSO"  
Inventor: Don Juan Celada, de nacionali-  
dad mejicana.

248739



Esta invención se relaciona con la producción de hierro esponjoso mediante reducción de mineral de hierro con un gas reductor, y más concretamente con un nuevo método para establecer y mantener en un lecho de mineral de hierro condiciones reductoras que conviertan eficazmente una proporción relativamente elevada del mineral de hierro en hierro metálico sólido en un período de tiempo relativamente corto.

Durante muchos años se han empleado casi exclusivamente los hornos altos para la conversión de mineral de hierro en hierro metálico, siendo bien conocidas tanto sus ventajas como sus desventajas. El alto horno es un convertidor muy eficaz de grandes cantidades de mineral de hierro en hierro metálico, pero se hace relativamente ineficaz cuando se reduce su tamaño. Hay numerosos casos en que se desea producir cantidades relativamente pequeñas de hierro y en tales casos la gran inversión de capital requerida para construir un alto horno de tamaño económico e instalar su necesario equipo auxiliar no puede justificarse. De aquí la necesidad de un proceso eficaz a pequeña escala para reducir mineral de hierro.

Es sabido que el mineral de hierro en forma desmenuzada puede calentarse en un ambiente reductor a una temperatura algo inferior a las de los altos para producir hierro en una forma sólida porosa conocida por hierro esponjoso. Se han propuesto varios procesos para producir hierro esponjoso, en los que se efectúa la reducción mezclando el mineral de hierro con coque o hulla o pasando un gas reductor sobre un lecho del mineral o sobre un lecho mezclado de mineral y de un agente sólido reductor. Como tales procesos no requieren la gran inversión de capital en equipo, característica del alto horno, son potencialmente capaces de satisfacer la necesidad de un proceso de reducción a pequeña escala del mineral de hierro. Sin em-

248733



bargo, los procesos hasta ahora propuestos han estado sujetos a la desventaja de que o no proporcionan una conversión suficientemente elevada de mineral en hierro metálico dentro de un período de tiempo económicamente practicable o emplean materias primas prohibitivamente costosas.

5

En consecuencia, es un objeto de la presente invención proporcionar un nuevo método de producción de hierro esponjoso con mineral de hierro, en cuyo método se logra una elevada conversión del mineral dentro de un período de tiempo relativamente corto. Otro objeto de la invención es proporcionar un proceso de este tipo en el que se efectúa la deseada reducción del mineral con abundantes y económicas materias primas. Otro objeto de la invención es proporcionar, para el tratamiento de un lecho de mineral de hierro, un suministro continuo de una mezcla reductora de gases que sea de composición preestablecida sustancialmente uniforme y sea mantenida a una temperatura relativamente elevada y sustancialmente constante. Otros objetos de la invención serán en parte evidentes y en parte indicados más adelante.

10

15

20

25

30

En el presente proceso la reducción del mineral se obtiene pasando una mezcla de gases reductora a través de un lecho del mineral desmenuzado en una manera conocida. La invención se relaciona primordialmente con el modo de preparación de la mezcla reductora de gases, lográndose los objetos de la invención en general preparando esta mezcla en una serie de fases controladas, según se describe líneas adelante. Se ha descubierto que usando una mezcla reductora de gases del tipo y en las condiciones que aquí se describen, pueden obtenerse fácilmente conversiones de mineral en un 80 a un 90%, en períodos de tres a cuatro horas.

248733



17 Ago

5 En general, la mezcla reductora de gases para el tratamiento del mineral, característica del presente proceso, se hace con aire atmosférico y un gas reductor que contenga hidrógeno y monóxido de carbono como principales ingredientes. El gas reductor rico en hidrógeno y dióxido de carbono puede prepararse de cualquiera de varias formas conocidas. Por ejemplo, si el tratamiento del mineral ha de llevarse a cabo en una región que disponga de gas natural, éste puede mezclarse con vapor y convertirse catalíticamente en hidrógeno y monóxido de carbono de acuerdo con un conocido proceso comercial. También puede utilizarse la muy conocida reacción del agua con el gas para producir una mezcla gaseosa de la composición deseada.

15 En uno de sus aspectos más genéricos, el presente método comprende el calentamiento de una corriente de gas reductor del tipo al que antes se hace referencia a una temperatura situada entre 1300° y 1750°F., el precalentamiento separado de una corriente de aire a una temperatura de 1300° a 1750°F. y la continua inyección en la corriente de gas calentada de un flujo limitado y controlado del aire precalentado para que se quemé solamente una porción del gas reductor y se eleve así la temperatura de la corriente de gases mezclados a una cifra de 1800° a 2250°F. El aire precalentado es convenientemente mezclado con el gas precalentado en las proporciones de 0,1 a 0,25 volúmenes de aire por unidad de volumen de gas. La resultante mezcla gaseosa reductora es pasada a través de un lecho de mineral, preferiblemente de arriba abajo, para lograr la deseada reducción del mineral a hierro metálico. El particular estado de subdivisión del mineral no parece ser crítico, siendo conveniente un tamaño de partícula de 0,25 a 1,0 pulgada. Si se desea, puede emplearse un mineral beneficiado.

30 Se ha observado que para alcanzar la elevada conversión

248733



5

10

15

20

25

30

deseada de mineral en hierro metálico en un espacio de tiempo practicable, es importante disponer de un suministro continuo de gas reductor que pueda controlarse fácil y predeterminadamente en cuanto a su temperatura e igualmente, en cierto grado, en cuanto a su composición. En el presente método, en el que se mezclan separadamente corrientes precalentadas de gas y de aire y en el que se quema una porción del gas para conseguir la deseada temperatura final, esta controlabilidad y continuidad pueden conseguirse fácilmente. Aunque es cierto que la proporción de los constitutivos reductores del gas reductor resulta disminuída por oxidación cuando se añade aire, las ventajas de la mayor temperatura obtenida mediante tal adición de aire superan a las desventajas de la disminuída concentración de constitutivos reductores del gas reductor. También puede obtenerse la deseada temperatura relativamente elevada mediante el precalentamiento tanto del aire como del gas, sin una excesiva dilución del gas reductor con nitrógeno atmosférico.

Otra ventaja del presente método consiste en que la relación de flujo del gas reductor y el aire puede regularse convenientemente en puntos en que los gases están a baja temperatura, es decir antes del precalentamiento. Así, las dificultades prácticas propias de la regulación del flujo de gas a elevadas temperaturas quedan salvadas.

A fin de señalar más plenamente la naturaleza de la presente invención, se describirá seguidamente una preferente versión del presente proceso en relación con el adjunto dibujo, que comprende un esquema de flujo de un sistema de reducción de mineral de hierro que puede utilizarse para llevar a cabo el proceso.

El sistema de reducción de mineral mostrado en el dibujo comprende tres unidades de reducción designadas en su conjunto por A, B y C respectivamente, cada una de las cuales comprende

248733



5 un precalentador de gas reductor, un precalentador de aire y un reactor. Más particularmente, el sistema mostrado comprende los precalentadores de gas reductor 10 a, 10 b y 10 c para precalentar el gas reductor según queda ya descrito, los precalentadores de aire 12a, 12 b y 12 c para precalentar el aire como queda explicado y los reactores 14 a, 14 b y 14c en los que el mineral de hierro es reducido a hierro esponjoso. Como las unidades reductoras A, B y C son de construcción similar, sólo se describirá con detalle la unidad A.

10 El precalentador de gas reductor 10 a contiene un serpentín helicoidal 16 a que es calentado por los quemadores 18a, montados separadamente sobre un tubo colector 20 a de gas combustible. El gas reductor a calentar es suministrado a través de un conducto 22 a hasta la entrada del serpentín 16 a, donde es calentado por los quemadores 18a, abandonando el precalentador a través del conducto 24 a. Los quemadores 18a son alimentados con una tubería de suministro de gas combustible 26 a a través de un ramal 28a que contiene una válvula reguladora 30a.

20 El aire a mezclar con el gas reductor es precalentado en el precalentador de aire 12a que contiene un serpentín helicoidal 32a calentado por los quemadores 34a montados separadamente sobre el tubo colector 36a. El gas combustible es suministrado al tubo colector 36a y a los quemadores 34a desde el conducto 26a a través de un ramal 38a que contiene una válvula reguladora 40a.

25 El aire a precalentar es suministrado a presión mediante un conducto 42 a, que contiene una válvula reguladora 44a, hasta el extremo de entrada del serpentín 32a, fluyendo a través de éste, donde es calentado a la temperatura deseada mediante los quemadores 34 a. El aire precalentado abandona el precalentador

30 12a a través del conducto 45 a.

248733



5 Como queda dicho, el gas reductor y el aire precalentados son mezclados en las proporciones adecuadas para que una combustión parcial del gas incremente la temperatura de la resultante mezcla en una cantidad preestablecida sin introducir una excesiva concentración de nitrógeno en la mezcla. Seguidamente, se pasa la resultante mezcla reductora de arriba abajo a través de un lecho de mineral de hierro desmenuzado.

10 Con referencia de nuevo al dibujo, la reducción del mineral de hierro se efectúa por cargas en un reactor cilíndrico vertical 14a provisto de una cubierta rebordeada 46a y con teniendo el lecho 48a de mineral desmenuzado que descansa sobre una placa de sustentación 50 a perforada. Conectado a la cubierta 46a hay un mezclador de gas 52a, cuyo extremo izquierdo 54a está conectado al conducto 45a para recibir una corriente de aire precalentado del mismo. El conducto 24a de gas reductor está conectado en un punto 56a sobre el lado del mezclador para proporcionar una corriente continua de gas reductor precalentado al mezclador. La parcial combustión del gas reductor a que antes se hace referencia tiene lugar dentro del mezclador 52 a. La resultante mezcla de gases reductora fluye desde el mezclador 52a al reactor 14a, pasa a través del lecho 48a, donde reduce el mineral de hierro a hierro esponjoso y sale al exterior a través de una tubería 58a de descarga de gases.

25 Las unidades reductoras B y C son similares a la unidad A, identificándose sus diversas partes con los mismos números - usados para las partes correspondientes de la unidad A, con las letras "b" o "c" empleadas conjuntamente con los números para indicar que la parte corresponde a la unidad B o C, respectivamente.

30

248733



5 Con referencia a la porción inferior izquierda del dibujo, el gas reductor, compuesto en gran parte por hidrógeno y monóxido de carbono, que puede prepararse de la forma antes descrita, es suministrado a las diversas unidades A, B y C a través de una conducción de gas 100 conectada a las tuberías de suministro de gas reductor 22a, 22b y 22c de las unidades A, B y C, respectivamente. Las tuberías 22a, 22b y 22c están provistas de las válvulas 60 a, 60b y 60c respectivamente, para conectar selectivamente la conducción 100 y suministrar a 10 cualquiera de las unidades A, B y C y regular el flujo de gas a ellas.

15 Se ha observado que cuando se usa un gas relativamente rico en constitutivos reductores, el gas que abandona los reactores 14a, 14b y 14c a través de las tuberías 58a, 58b y 58c respectivamente, después de una sola pasada a través de las masas de mineral, contiene una cantidad considerable de gas que puede ser usado de nuevo ventajosamente en la reducción de mineral. De aquí que el presente sistema incluye una previsión para someter a nuevo ciclo este gas reductor parcialmente usado. Para simplificar, se hará referencia al gas reductor nuevo como gas reductor primario y al gas que abandona los reactores 14a, 14b y 14c después de haber efectuado una sola pasada a través de ellos, se le denominará gas secundario.

25 Con referencia otra vez al dibujo, las tuberías 58a, 58b y 58c son conectables selectivamente, por medio de las válvulas 62a, 62b y 62c respectivamente, a una tubería 102 para el reciclado de gas secundario. El gas primario, después de pasar a través del lecho de mineral, contiene una considerable cantidad de vapor de agua formado como consecuencia de la reacción reductora, cuya agua es convenientemente eliminada del gas secundario antes de que sea usado de nuevo. En consecuencia, el 30

248733



5 gas secundario es conducido a través de la tubería 102 hasta un templador 1<sup>0</sup>4 provisto de pulverizadores de agua 1<sup>0</sup>6 alimentados con este líquido mediante una tubería 108. Dentro del templador 1<sup>0</sup>4 el gas secundario fluye a contra corriente hacia el agua pulverizada, siendo así enfriado y deshumedecido. El gas secundario deshumedecido abandona el templador por una tubería 112 y el agua pulverizada lo hace a su vez por la tubería 110. La tubería 112 es selectivamente conectable a cualquiera de las tuberías de suministro de gas reductor 22a, 22b y 22c por medio de las válvulas 64a, 64b y 64c, respectivamente. Si se desea, el gas secundario puede ser enriquecido mezclándole una proporción de gas primario.

15 Cuando el gas secundario ha realizado un segundo paso a través del lecho de mineral, es expulsado del sistema. Con referencia de nuevo al dibujo, las tuberías de descarga de los reactores 58a, 58b y 58c son selectivamente conectables, por medio de las válvulas 66a, 66b y 66c, respectivamente, a un colector de gases expulsados 114, a través del cual éstos son conducidos fuera del sistema. Puede advertirse que el gas desecha  
20 do posee todavía un notable valor térmico, pudiendo emplearse como combustible de un quemador o en otros fines de calentamiento.

25 " fin de señalar más plenamente la naturaleza de la invención, se describirá seguidamente un ejemplo específico del modo de funcionamiento de sistema, como el que se muestra en el dibujo. En este ejemplo, las unidades A, B y C son puestas en funcionamiento en un ciclo de seis horas, en el que cada unidad es mantenida "en corriente", es decir con el gas reductor fluyendo a través del lecho de mineral durante un período  
30 de cuatro horas y desalojando y volviendo a cargar el reactor

248733



5 durante otro período de dos horas. Durante el período de cua-  
tro horas en que cada reactor se halla en corriente, aquél es  
suministrado con gas secundario por espacio de dos horas y con  
gas primario reductor durante otras dos horas. Supondremos ini-  
cialmente que el reactor 14a contiene una carga nueva de mine-  
ral 48a, que el reactor 14b ha estado en corriente durante un  
período de dos horas, en cuyo tiempo fué suministrado con gas  
reductor secundario, y que la reducción del mineral 48c en el  
reactor 14c ha quedado completada y se halla listo para su des-  
10 carga. El mineral empleado para cargar los reactores puede tener,  
convenientemente, un tamaño de partícula de 0,25 a 1,0  
pulgada.

15 En las condiciones supuestas, las válvulas 60a y 62a de  
la unidad A están encerradas y las válvulas 64a y 66a de di-  
cha unidad, abiertas. Fluye gas secundario a través de la tu-  
bería 22a hasta el precalentador 10a y luego a través del ser-  
pentín 16a de aquél, donde es calentado hasta unos 1600°F. El  
gas precalentado fluye a través de la tubería 24a hasta el mez-  
clador 52a. El aire que se introduce al reactor 14a a través del  
20 mosférico a presión al precalentador 12a, fluye a través  
del serpentín 32a de aquél, donde es calentado a 1600°F., pa-  
sando de aquí al mezclador 52a, a través de la tubería 44a.  
Los flujos de gas y aire se mantienen en valores tales que la  
relación volumétrica de aire a gas se mantenga entre 0,20:1 y  
25 0,25:1.

30 Desde el mezclador 52a el gas y el aire son intimamen-  
te mezclados, quemándose una porción del gas por el oxígeno  
del aire para incrementar la temperatura de la mezcla hasta  
unos 2100°F. La caliente mezcla gaseosa reductora fluye en  
sentido descendente a través del lecho de mineral 48a, redu-  
ciendo parcialmente el mineral a hierro esponjoso. Después de

248733



5 pasar a través del lecho de mineral, la mezcla gaseosa fluye a través de la tubería 50a hasta la conducción de gas desechado 114. Este gas desechado posee todavía un valor térmico de unos 350 B.T.U. por pie cúbico, pudiendo utilizarse por ello como gas combustible.

10 Con referencia a la unidad B, las válvulas 60b y 62b están abiertas y las válvulas 64b y 66b cerradas. A través de la tubería 22b fluye gas reductor primario procedente de la conducción 100 hasta el precalentador 10b. El gas primario tiene - aproximadamente la siguiente composición: hidrógeno, 72%; monóxido de carbono, 14%; dióxido de carbono, 7%; metano, 5%; agua, 1% y nitrógeno, 1%. El gas primario circula a través del serpentín 16b del precalentador 10b, donde es calentado a 1600°F y desde aquí al mezclador 52b pasando por la tubería 24b. El

15 aire atmosférico es calentado previamente en el precalentador 12b a 1600°F. pasando por la tubería 44b al mezclador 52b. La relación volumétrica entre aire y gas reductor primario se mantiene entre 0,20:1 y 0,25:1. En el mezclador 52b el aire y el gas reductor primario son mezclados y es quemada una porción del gas primario por el oxígeno del aire, para producir

20 una mezcla gaseosa a una temperatura de unos 2100°F. La composición aproximada de esta mezcla gaseosa es la siguiente: un 57% de hidrógeno, 18% de monóxido de carbono, 14% de nitrógeno, 7% de agua, 2% de dióxido de carbono y 2% de metano. Se observará que tanto el contenido de dióxido de carbono como el de metano del gas quedan reducidos por la reacción que tiene lugar en el mezclador 52b. Este gas mezclado se pasa en sentido descendente a través del lecho 40b del reactor 14b. Como queda dicho, el lecho 40b se halla en una condición parcialmente reducida, puesto que previamente ha sido tratado por un

25 período de dos horas con gas secundario. Al cabo de un período

30

248733



do de dos horas de tratamiento con gas primario modificado, según se explicó líneas atrás, mediante mezcla con aire, el lecho de mineral 4cb es reducido a hierro esponjoso en una proporción aproximada del 90%.

5 La mezcla de gas reductor primario del reactor 14b pasa por la tubería 58b a la tubería 102 de gas de reciclo y desde aquí al templador 104, donde fluye en sentido ascendente a contra corriente de un pulverizado de agua. En el templador 104 la temperatura del gas sometido a reciclo es reducida a un valor ligeramente superior a la temperatura atmosférica, 10 siendo eliminada una sustancial proporción de su contenido de agua. Luego pasa el gas desde el templador a la tubería 112 de suministro de gas secundario. La composición aproximada de este gas secundario es la siguiente: un 50% de hidrógeno, 14 15 % de monóxido de carbono, un 16 % de nitrógeno, 12% de dióxido de carbono, 1% de metano y 7% de agua. Mientras la unidad A está funcionando con gas secundario y la unidad B con gas primario en la forma descrita, el reactor 14c de la unidad C está siendo descargado y llenado de nuevo. Durante este período 20 las válvulas de entrada y salida 60c, 62c, 64c y 66c están, naturalmente, cerradas. Al cabo de dos horas de funcionamiento en la forma descrita, la unidad C es puesta en corriente usando gas reductor secundario como agente reductor, dejándose la unidad A en corriente pero con un cambio de gas secundario a 25 primario como agente reductor, e interrumpiéndose el funcionamiento de la unidad B para la descarga y nueva carga de su reactor 14b.

30 De acuerdo con la anterior descripción, es evidente que la presente invención proporciona un proceso para la producción de hierro esponjoso capaz de lograr los diversos objetivos señalados al comienzo de la presente descripción. El gas

248733



reductor y el aire son precalentados separadamente a temperaturas relativamente elevadas y luego mezclados para provocar la combustión parcial del gas reductor y determinar así la ulterior elevación de temperatura conveniente para la eficaz reducción del mineral de hierro. Precalentando separadamente el gas y el aire a temperaturas relativamente elevadas, este ulterior incremento de temperatura de la mezcla de gases reductora se logra con una pérdida mínima de constitutivos reductores mediante oxidación con el oxígeno atmosférico y una mínima introducción de nitrógeno atmosférico en el gas reductor. Además, operando a una temperatura relativamente elevada, del orden de los 2100°F., el equilibrio CO<sub>2</sub>-CO se altera de tal manera que queda reducido el contenido en CO<sub>2</sub> del gas.

Se comprenderá, por supuesto, que la anterior descripción sólo pretende ser ilustrativa y que pueden introducirse numerosos cambios en los ingredientes, proporciones y condiciones específicamente señalados, sin apartarse del espíritu de la invención tal como queda definida en las adjuntas reivindicaciones. Como queda dicho, el estado de subdivisión del mineral puede variar ampliamente, pudiendo emplearse, si se desea, un mineral beneficiado. Si el gas secundario es demasiado pobre en constitutivos reductores, puede enriquecerse por adición al mismo de gas primario. Las corrientes de aire, gas reductor, gas combustible y agua pueden graduarse mediante controladores automáticos de acuerdo con la conocida práctica industrial, comúnmente empleada. Los calentadores de serpentín mostrados pueden sustituirse por otros tipos de calentadores indirectos, tales como los de tubo o tubería. Para los que conocen esta técnica, resultarán evidente otras modificaciones situadas dentro del alcance de la invención.

248733



REINVIDICACIONES

5 1. Método para la reducción de mineral de hierro a hierro esponjoso, caracterizado por el hecho de que comprende el precalentamiento de una corriente de gas reductor, el precalentamiento separado de una corriente de aire, la continuada mezcla de las corrientes calientes de aire y de gas reductor para pro-  
10 vocar la combustión de una porción del gas reductor e incrementar así la temperatura de la mezcla, y el paso de dicha mezcla a través de un lecho de mineral de hierro para reducir el mineral a hierro para reducir el mineral a hierro esponjoso.

15 2. Método acorde con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la caliente corriente de aire y la de gas reductor, también caliente, son mezclados en las proporciones de 0,1 a 0,25 partes, por volumen, de aire por parte de gas reductor.

20 3. Método acorde con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por el hecho de que la porción de gas reductor es quemada para producir una mezcla gaseosa con una temperatura de 1800° a 2250°F.

25 4. Método acorde con cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por el hecho de que tanto la corriente de gas reductor como la de aire son calentadas a una temperatura de 1300° a 1750°F.

30 5. Método acorde con la reivindicación 4, caracterizado por el hecho de que tanto la corriente de gas reductor como la de aire son calentadas a una temperatura aproximada de 1600°F.

6. Método acorde con la reivindicación 5, caracterizada por el hecho de que la porción de gas reductor es quemada para producir una mezcla gaseosa de una temperatura de unos 2100°F.

7. Método acorde con cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en el que las corrientes de gas reductor y aire son

248733



calentadas haciendo pasar cada una de ellas separadamente a través de un tubo de un calentador tubular y calentando el exterior de dicho tubo para elevar la temperatura de dichas corrientes.

5

8. Método acorde con cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por el hecho de que el gas reductor está en gran parte compuesto de hidrógeno y monóxido de carbono.

10

9. Método acorde con cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por el hecho de que la mezcla es pasada en sentido descendente a través del lecho de mineral.

10. "METODO PARA LA REDUCCION DE MINERAL DE HIERRO A HIERRO ESPONJOSO".

Todo conforme se reivindica en la presente memoria, que consta de 15 páginas y dibujos adjuntos.

Madrid, 17 abril 1959

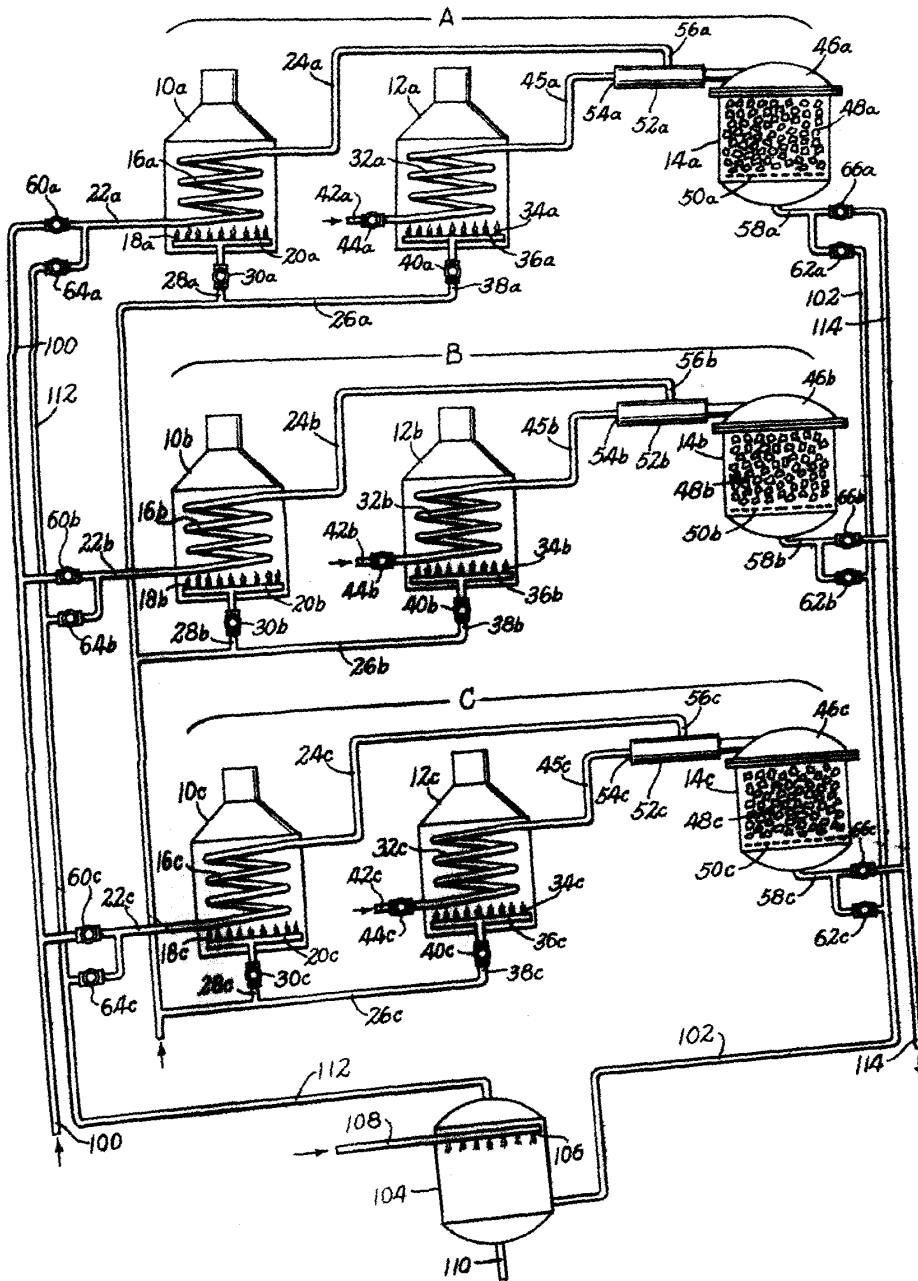
ALFONSO UNGRIA

SPAIN

Solicitantes: Fierro Esponja, S.A.

Hoja única

248733



ESCALA VARIABLE  
MADRID, 17 DE abril DE 1959  
ALFONSO UNGRIA