



ESPAÑA

19 ES

11
21

NUMERO
431.089
FECHA DE PRESENTACION
16-October-1974

10 A1

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES:	32 FECHA	33 PAIS
31 NUMERO 406.805	16-10-1973	ESTADOS UNIDOS.

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL C21B.—	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
------------------------	--	--------------------------------------

54 TITULO DE LA INVENCION " UN METODO PARA LA REDUCCION GASEOSA INTERMITENTE DE OXIDOS DE METAL "
--

71 SOLICITANTE (S) FIERRO ESPONJA, S. A.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE Avenida Los Angeles al Oriente, MONTERREY, N.L., Méjico
--

72 INVENTOR (ES) Juan Celada; Patrick William MacKay; de nacionalidad mejicana y estadounidense, respectivamente,
--

73 REPRESENTANTE (ES)

74 REPRESENTANTE DON BERNARDO UNGRIA GÓIBURU

CM.—

1 1. Esta invención se relaciona con la reducción gaseo-
sa de óxidos de metal en metales elementales a temperatu-
ras elevadas inferiores a la temperatura de fusión de los
metales y, más particularmente con un método mejorado
5 para hacer funcionar un sistema de reactor de unidades
múltiples para llevar a cabo dicho procedimiento de re-
ducción. La invención es especialmente útil en relación
con la reducción gaseosa directa de menas de óxido de
hierro en forma de trozo o gránulo para formar esponja de
10 este uso, aún cuando a medida que continua la descripción
será evidente que la invención puede utilizarse igualmen-
te bien en procedimientos en donde los óxidos de metal
que no sean óxido de hierro se reducen a metales elemen-
tales.

15 En uno de sus aspectos, la presente invención consiste
en una mejora en un tipo conocido de procedimientos semi-
continuo para producir esponja de hierro en donde un sis-
tema de reactor de unidades múltiples se usa y en el cual
los cuerpos separados del material ferroso se tratan si-
multáneamente. Las tres operaciones principales llevadas
20 a cabo en el sistema del reactor son (1) descargar el me-
tal reducido del reactor y volverlo a cargar con mena de
metal nueva que va a reducirse, (2) reducción de la mena
y (3) enfriamiento de la mena reducida. Por razones de
conveniencia estas tres operaciones están caracterizadas
en la presente como la etapa de producción, la etapa de
25 reducción y la etapa de enfriamiento. Los reactores
están también conectados de manera tal que durante un
ciclo de funcionamiento determinado el gas reductor desde
una fuente apropiada, comunmente una mezcla compuesta
principalmente de monóxido de carbono e hidrógeno, fluye
30 sucesivamente a través de por lo menos un reactor, es de-
cir en la etapa de enfriamiento y varios reactores que

1 están en la etapa de reducción. Por lo menos un reactor
del sistema se desconecta del mismo para la descarga y
recarga mientras que las operaciones de enfriamiento y
reducción se llevan a cabo en los otros reactores del
5 sistema. Es evidente que se requiere un mínimo de tres
reactores para llevar a cabo simultáneamente las tres
operaciones anteriormente descritas.

10 El sistema del reactor está provisto de válvulas de
conmutación apropiadas mediante las cuales al final de
cada ciclo el flujo de gas puede desplazarse para ocasio-
nar que el reactor de la etapa de enfriamiento se convier-
ta en el reactor de carga, que el reactor de reducción de
la última etapa se convierta en el reactor de enfriamien-
to y que el reactor de carga se convierta en el reactor
de reducción de primera etapa.

15 A fin de lograr la utilización eficiente de los reac-
tores en dicho sistema, es necesario que las tres ope-
raciones a las cuales se hace referencia en lo que ante-
cede se lleven a cabo aproximadamente en el mismo período
o intervalo de tiempo. Por ejemplo si el tiempo requerido
20 para enfriar el metal reducido ó para reducir la mena de
metal es considerablemente más prolongado que aquel re-
querido para descargar y recargar el reactor de carga,
el reactor de carga permanecerá en reposo durante un pe-
ríodo de tiempo mientras que se están completando los
pasos de enfriamiento y reducción. Por lo general, la
reducción de la mena de hierro es la porción que requiere
25 más tiempo del procedimiento. Por lo tanto a fin de lograr
intervalos de tiempo aproximadamente iguales para las
tres operaciones, ha sido necesario anteriormente llevar
a cabo la reducción de la mena en etapas múltiples usan-
do dos o más reactores de reducción conectados en serie
con respecto al flujo de gas reductor.

30 Un objeto de la presente invención es proporcionar un

1 método mejorado para la reducción gaseosa intermitente,
semicontinua de menas de metal en un sistema de reactor
múltiple. Otro objeto de la invención es proporcionar
un método para igualar los intervalos de tiempo requeri-
5 dos para reducir la mena de metal, enfriar la mena de
metal reducida y descargar y recargar el reactor de carga.
Un objeto adicional de la invención es proporcionar un
método mediante el cual puede lograrse dicha igualación
en un sistema de tres reactores. Otros objetos de la
invención en parte se harán evidentes y en parte se se-
ñalarán a continuación.

10 Los objetos de la invención se logran por lo general
mediante una recirculación controlada del gas reductor
en la etapa de reducción de la mena del sistema aumentan-
do de esta manera el régimen de flujo de masa del gas re-
ductor en el reactor de reducción o los reactores de re-
15 ducción y disminuyendo el tiempo requerido para obtener
un grado de reducción determinado. Los objetos y venta-
jas de la presente invención pueden comprenderse y apre-
ciarse mejor haciendo referencia a los dibujos que se
acompañan que ilustran un aparato capaz de usarse para
20 llevar a cabo la invención y en donde:

La Figura 1 ilustra un sistema de reducción de tres
reactores del tipo general anteriormente descrito y un
elemento para proporcionar una recirculación de gas con-
trolada tanto hacia el reactor de enfriamiento como
hacia el reactor de reducción; y

25 La Figura 2 ilustra un sistema semejante a aquel de
la Figura 1 pero en donde un solo calentador de gas re-
ductor sirve para los tres reactores.

Haciendo referencia a los dibujos y particularmente
a la Figura 1, el sistema mostrado en la misma consiste
de los reactores 10, 12 y 14. El sistema se describirá
30 inicialmente durante aquella parte del ciclo en donde el

1 reactor 10 es el reactor de enfriamiento, el reactor 12
es el reactor de reducción y el reactor 14 es el reactor
de carga.

5 Haciendo referencia al lado izquierdo de la Figura 1,
se genera en un aparato de reformación 16 de construcción
conocida, un gas reductor compuesto principalmente de
monóxido de carbono e hidrógeno. Se suministra metano o
gas natural a partir de una fuente apropiada a través
de la tubería 18 y se precalienta en la porción 20 del
aparato de reformación. Luego fluye a través de la tube-
10 ría 22 en donde se mezcla con el vapor de agua suminis-
trado a través de la tubería 24 y la mezcla de metano y
vapor de agua entra en la porción inferior 26 del aparato
de reformación. En la sección inferior 26 del aparato
de reformación la mezcla de metano y vapor de agua
15 se convierte catalíticamente a una temperatura elevada y
de manera conocida en un gas reductor compuesto princi-
palmente de monóxido de carbono e hidrógeno.

La mezcla de gas resultante fluye a través de la tube-
ría 28 hacia un enfriador rápido 30 en donde se enfría y
se deshidrata y luego hacia el colector de gas reductor
32 que contiene un aparato de control de contrapresión
34. El colector 32 se conecta mediante la tubería de
20 ramificación 36 que contiene la válvula 38 con la parte
superior del reactor 10, mediante una tubería de rami-
ficación 40 que contiene la válvula 42 con la parte su-
perior del reactor 12 y mediante una tubería de rami-
25 ficación 44 que contiene la válvula 46, con la parte su-
perior del reactor 14. Durante la porción del ciclo que
se va a describir a continuación, las válvulas 42 y 46
están cerradas y la válvula 38 está abierta.

El cuerpo de material ferroso en el reactor de enfria-
30 miento 10 ya se ha reducido grandemente en una operación
de reducción anterior y puede tener un grado de metaliza-

1 ción dentro de la escala de 80 por ciento a 99 por cien-
to. El gas reductor frío suministrado hacia la parte su-
perior del reactor 10 a través de la tubería 36 fluye
hacia abajo a través del lecho del material ferroso y
5 enfría y reduce adicionalmente el mismo. También durante
la etapa inicial del ciclo de enfriamiento, la temperatu-
ra del lecho es lo suficientemente elevada para pirolizar
una porción del gas reductor y depositar carbono sobre
las superficies de las partículas de la esponja de hierro.
Esta deposición de carbono es ventajosa en algunos casos
10 por ejemplo cuando la esponja de hierro va a usarse como
una fuente o procedencia de unidades de hierro en un
horno de fabricación de acero de arco eléctrico.

El gas reductor sale del reactor 10 casi hacia el
fondo del mismo a través de la tubería 48 y fluye a
través de un enfriador rápido 50 en donde se enfría y se
15 deshidrata hacia la tubería 52. Luego se divide. Una pri-
mera porción fluye a través de la tubería 54 que contiene
la válvula abierta 56 hacia el colector de recirculación
de gas de enfriamiento 58. El resto del gas desde la tu-
bería 52 fluye a través de la tubería de transferencia
20 53 que contiene una válvula abierta 55 hacia la tubería
de recirculación de gas reductor 84 del sistema de reac-
tor de reducción 12. La válvula 62 en la tubería 60 se
cierra durante esta porción del ciclo.

El colector de recirculación de gas de enfriamiento
58 se conecta con la succión de una bomba de recircula-
ción de gas de enfriamiento 66, la descarga de la cual
se conecta con el colector del gas reductor 32. Un me-
25 didor de flujo 68 se proporciona en el lado de descarga
de la bomba 66 para indicar la cantidad de gas que se
está haciendo recircular hacia el reactor 10. La relación
volumétrica del gas enfriado recirculando con respecto al
30

1 gas suministrado desde el aparato de reformación puede
variar a través de una escala bastante extensa, típica-
mente del: 1 a 5:1. En términos del gas total que fluye
a través del reactor 10, el gas recirculado puede consti-
5 tuir del 40 por ciento al 90 por ciento en volumen. Usan-
do una relación de recirculación elevada el régimen de
enfriamiento en el reactor 10 puede aumentarse considera-
blemente. Si se desea, el régimen de flujo del gas de en-
friamiento recirculado puede variarse para producir un
enfriamiento de dos etapas del contenido del reactor 10
10 tal y como se da a conocer en la Patente Norteamericana
de Celada Número 3.423.201.

Como se ha indicado en lo que antecede cada uno de
los reactores está provisto con elementos para hacer re-
circular el gas reductor a través del mismo cuando está
funcionando como un reactor de reducción. Para este obje-
15 to se proporciona un colector de recirculación de gas re-
ductor 76 (que se muestra casi en el fondo de la Figura 1).
Asimismo, cada uno de los reactores 10, 12 y 14 está pro-
visto con un calentador para calentar el gas reductor
que se suministra al mismo. El colector de abastecimien-
20 to 76 se conecta mediante una tubería de ramificación 78
que contiene la válvula 80 con el calentador 82 del
reactor 10; mediante la tubería de ramificación 84 que
contiene la válvula 86 con el calentador 88 del reactor
12; y mediante la tubería de ramificación 90 que contiene
la válvula 92 con el calentador 94 del reactor 14. Du-
25 rante la porción del ciclo que se está describiendo, las
válvulas 80 y 92 están cerradas y la válvula 86 está
abierta.

Dentro del calentador 88, el gas reductor, incluyendo
tanto el gas transferido desde el sistema de reactor de
enfriamiento a través de la tubería 53 como el gas que
30 fluye desde el colector 76 a través de la tubería 84, se

1 calienta a temperatura de 700° a 850°C. Puesto que la
temperatura del gas reductor deseada en la entrada al
reactor de reducción 12 es de 900° a 1100°C., se re-
5 quiere un calentamiento adicional del gas que sale del
calentador 88. Este calentamiento adicional puede lo-
grarse en cualesquiera de dos maneras, a saber, añadien-
do una cantidad relativamente pequeña de un gas que
contiene oxígeno al gas reductor para producir el calor
adicional deseado mediante la combustión parcial del
10 gas reductor o interponiendo un sobrecalentador entre
el calentador de gas primario y el reactor.

Tomando en cuenta la primera alternativa y haciendo
referencia a la porción a mano izquierda superior de la
Figura 1, un gas que contiene oxígeno que puede ser
aire u oxígeno se suministra a través de una tubería 96
15 que contiene un aparato de control de flujo 98 hacia un
calentador 100 desde donde se descarga hacia el colector
de aire caliente 104. Como se muestra en el dibujo, el
colector 104 se conecta con el reactor 10 mediante una
tubería de ramificación 106 que contiene la válvula 108,
20 con el reactor 12 mediante una tubería de ramificación
110 que contiene una válvula 112 y con el reactor 14
mediante una tubería de ramificación 114 que contiene
una válvula 116. Sin embargo, para la porción del ciclo
que se va a describir a continuación las válvulas 108 y
116 están cerradas y la válvula 112 está abierta. Por lo
tanto, todo el gas que contiene oxígeno que pasa a tra-
25 vés del calentador 100 fluye a través de la tubería de
ramificación 110 hacia una cámara de combustión 118 que
se comunica con la parte superior del reactor 12. El
gas calentado que sale del calentador 88 asimismo fluye
hacia la cámara de combustión 118 a través de una tube-
ría 120. Dentro de la cámara de combustión, una porción
30 del gas reductor caliente se quema para proporcionar

1 una mezcla de gas reductor que tiene la temperatura re-
lativamente elevada deseada. La cámara de combustión 118
puede ser del tipo que se da a conocer en la Patente
Número 2.900.247 concedida a Celada.

5 El volumen del gas que contiene oxígeno que se usa
y la temperatura a la cual se precalienta varía depen-
diendo del contenido de oxígeno del gas. Por lo tanto si
se usa oxígeno puro el paso de precalentamiento puede
omitirse enteramente si se desea y hay poca ventaja de
10 usar una temperatura mayor digamos de 500°C. Si por
otra parte se usa aire como el gas que contiene oxígeno,
deseablemente debe precalentarse hasta una tempe-
ratura de 700°C. o mayor. De manera semejante si se usa
aire como el gas que contiene oxígeno, la relación vo-
lométrica del aire al gas reductor con el cual se mez-
cla puede ser tan elevada como 0,4:1 y típicamente queda
15 dentro de la escala de 0,15:1 a 0,30:1. Si por otra par-
te se usa oxígeno como el gas que contiene oxígeno, una
relación volumétrica dentro de la escala de 0,05: 1 a
0,15:1 por lo general proporcionará resultados aceptables.

20 Como se ha señalado en lo que antecede también es
posible usar un sobrecalentador entre el calentador 88
y el reactor 12, habiéndose indicado un sobrecalentador
en las líneas de guiones e identificándose mediante el
número 122. El sobrecalentador reduce el requisito del
gas que contiene oxígeno en la cámara de combustión 118
y en algunos casos puede eliminar la necesidad de añadir
25 un gas que contiene oxígeno al gas reductor caliente.

Desde la cámara de combustión 118 el gas reductor ca-
liente a una temperatura de 900° a 1100°C., de preferen-
cia a temperatura de aproximadamente 1025°C. fluye hacia
el reactor 12 y hacia abajo a través del lecho de mena
30 para efectuar una reducción de la mena de esponja de

1 metal. Tal y como se describirá a continuación una pro-
porción predominante de este gas se hace recircular para
producir un régimen de flujo de masa relativamente ele-
vado del gas y de esta manera acelerar grandemente el
5 procedimiento de reducción en el reactor.

El gas esfuente desde el reactor 12 sale del reactor
cerca de la parte inferior del mismo a través de una
tubería 124 y pasa a través de un enfriador rápido 126
en donde se enfría y se deshidrata hacia la tubería
128. La tubería 128 se conecta con un colector de trans-
10 ferencia de gas 64 mediante una tubería de ramificación
130 que contiene una válvula abierta 132, así como hacia
el colector de recirculación de gas de enfriamiento 58
por medio de una tubería 134 que contiene una válvula
136 que se cierra durante la porción del ciclo que se
15 está describiendo y hacia una tubería de transferencia
125 que contiene una válvula cerrada 129 y que desem-
boca hacia el calentador 94 del sistema del reactor 14.

Puede observarse en este punto que el reactor 14
está provisto con un enfriador rápido 135 semejante a
los enfriadores 50 y 126 de los reactores 10 y 12, res-
pectivamente así como a la tubería asociada de manera
20 semejante que incluye una tubería de ramificación 137
que contiene una válvula 138 conectada con el colector
64, una tubería de ramificación 139 que contiene una
válvula 140 conectada con el colector 58 y una tubería
de transferencia de gas 141 que contiene una válvula ce-
rrada 143 y que desemboca hacia la tubería 78 del sis-
25 tema del reactor 10. Las válvulas 138, 140 y 143 están
todas cerradas durante la porción del ciclo que se está
describiendo.

Volviendo ahora al gas efluente del reactor 12 que
fluye a través de la tubería 130 hacia el colector 64
30 tal y como se indica en la parte inferior a mano dere-

1 cha de la Figura 1, una porción pequeña de este gas se
retira del sistema a través de una tubería 142 y fluye
hacia un colector de combustible (no ilustrado). El
5 gas retirado, ya sea mezclado o no con otros gases
combustibles tales como metano, puede utilizarse como
un combustible para suministrar calor para el aparato
de reformación 16 o los calentadores 82, 88, 94 y 100
o para otros objetos de calentamiento tal y como se
desea. La porción predominante del gas que entra en el
colector 64 a través de la tubería 130 se hace recir-
10 cular hacia el reactor de reducción 12 a través de una
bomba 70, la tubería 72, el colector 76, la tubería 84,
el calentador 88 y la tubería 120. Se proporciona un
medidor de flujo 74 en la descarga de la bomba 70 para
indicar la cantidad de gas que se está haciendo recir-
cular. La relación volumétrica del gas recirculado al
15 flujo del gas total a través del reactor puede variar
digamos de 0,3:1 a 0,9:1 siendo la escala preferida
de relaciones de aproximadamente 0,6:1 a 0,8:1.

Durante el período en que el reactor 10 está funcio-
nando como un reactor de enfriamiento y el reactor 12
20 está funcionando como un reactor de reducción, el reac-
tor de carga 14 se desconecta eficazmente del sistema
de flujo de gas mediante el cierre de las válvulas 129,
92, 138, 140, 143, 46 y 116. Durante este período, la
esponja de metal enfriada se quita del fondo del reac-
tor 14 y el reactor se carga con mena para el siguien-
te ciclo de funcionamiento.

25 Al final de un ciclo de enfriamiento y reducción tal
y como se ha descrito en lo que antecede, los reactores
se hacen girar funcionalmente de manera que el reactor
10 se convierte en el reactor de carga, el reactor 12
se convierte en el reactor de enfriamiento y el reactor
30 14 se convierte en el reactor de reducción. Más parti-

1 cularmente, las válvulas 108, 80, 62, 56, 55, 38 y 143
están cerradas para aislar el reactor 10 de las porcio-
nes de flujo de gas del sistema de manera que pueda des-
cargarse y recargarse. Las válvulas 42, 136 y 129 se
5 abren y las válvulas 112, 86 y 132 se cierran para pro-
porcionar la manera de hacer recircular el gas de enfria-
miento a través del reactor 12. Las válvulas 46, 140 y
143 se dejan cerradas y las válvulas 116, 92 y 138 se
abren para proporcionar la manera de hacer recircular
el gas de reducción caliente a través del reactor 14.
10 La válvula 129 se abre para proporcionar la manera de
que una porción del gas de enfriamiento se transfiera
hacia el ciclo de gas de reducción.

15 Se ha encontrado que usando la recirculación del gas
en los reactores de enfriamiento y reducción y particu-
larmente un régimen de recirculación relativamente ele-
vado del gas reductor caliente en el reactor reductor,
puede lograrse la reducción deseada de la mena, que nor-
malmente es un procedimiento relativamente lento, en
aproximadamente el mismo período de tiempo requerido
para llevar a cabo las operaciones de enfriamiento y de
20 recargar y por lo tanto se hace factible en un sistema
de reacción semicontinuo e intermitente que tiene sola-
mente tres reactores. Otra ventaja de hacer recircular
el gas reductor es que con el régimen de flujo de gas
en el lado que se obtiene el gradiente de temperatura
a través del lecho se reduce, es decir, la temperatura
25 del lecho es más uniforme y tiene un valor de temperatu-
ra medio mayor para una temperatura de alimentación de-
terminada. Asimismo, el régimen de flujo de masa elevado
del gas da por resultado una metalización casi uniforme.

30 Haciendo luego referencia a la Figura 2 de los dibu-
jos, el sistema mostrado en la misma corresponde por lo
general a aquel de la Figura 1 pero difiere del mismo

1 en que se proporciona un solo calentador para suministrar el gas reductor caliente hacia el reactor de reducción. Los reactores 210, 212 y 214 corresponden respectivamente a los reactores 10, 12 y 14 de la Figura

5 1. El gas de enfriamiento desde el aparato de reformación 226 se suministra hacia el colector de suministro de gas de enfriamiento 232 y fluye a través de la tubería de ramificación 236 hacia el reactor 210 y desde ahí hacia abajo a través del lecho de material ferroso para enfriarlo. El gas de enfriamiento se remueve desde

10 el fondo del reactor 210 y fluye a través del enfriador 250, la tubería de ramificación 254, el colector de recirculación 258, la bomba de recirculación 266, el colector 232 y la tubería de ramificación 236 de nuevo hacia el reactor 210. Se proporciona un medidor de flujo 267 después de la descarga de la bomba 266 para medir el flujo del gas de enfriamiento recirculado a través del colector 232. Durante el ciclo de enfriamiento en el reactor 210, se desconectan las conexiones de gas caliente con el mismo.

15 Una porción del gas de enfriamiento recirculado se remueve cerca de la succión de la bomba 266 a través de

20 una tubería 350 que contiene un medidor de flujo 352 y luego fluye a través de la tubería 354 hacia un calentador 356 en donde se calienta hasta la temperatura dentro del orden de 700° a 850° C. El gas caliente efluente del calentador 356 fluye hacia un colector de gas reductor caliente 358 que se conecta mediante la tubería de ramificación 360 que contiene la válvula 362 con la cámara de combustión 363 del reactor 210, mediante la tubería de ramificación 364 que contiene la válvula 366 con la cámara de combustión 367 del reactor 212 y mediante la tubería de ramificación 368 que contiene la válvula 370 con la cámara de combustión 371 del reactor 214.

25

30

1 Durante el período en que el reactor 212 funciona como
un reactor reductor, las válvulas 362 y 370 se cierran
y la válvula 366 se abre. De esta manera todo el gas
caliente efluente del calentador 356 fluye hacia la
5 cámara de combustión 367 del reactor 212.

Tal y como se ha descrito anteriormente en relación
con la cámara de combustión 118 del reactor 12, el gas
reductor caliente se mezcla con una pequeña cantidad de
gas que contiene oxígeno que quema una pequeña cantidad
del gas reductor para lograr una mezcla que tiene la
10 temperatura deseada para introducirse en el reactor de
reducción. Más particularmente, un gas que contiene oxí-
geno tal como aire u oxígeno se suministra a través de
una tubería 386 que contiene un aparato de control de
flujo 388 hacia un calentador 390 en donde el aire o el
15 oxígeno se precalienta hasta una temperatura digamos de
500° a 850° C. Desde el calentador 390, el gas que con-
tiene oxígeno precalentado fluye hacia un colector de
gas que contiene oxígeno caliente 392, que se conecta
mediante una tubería de ramificación 394 que contiene
la válvula 396 con la cámara de combustión 363 del reac-
20 tor 210; mediante una tubería de ramificación 398 que
contiene la válvula 400 hacia la cámara de combustión
367 del reactor 212; y mediante una tubería de ramifica-
ción 402 que contiene la válvula 404 con la cámara de
combustión 371 del reactor 214. Durante la porción del
ciclo que se está describiendo, las válvulas 396 y 404
están cerradas y la válvula 400 está abierta.

25 El gas reductor caliente fluye hacia abajo a través
del lecho de mena en el reactor de reducción 212 y re-
duce grandemente la mena en el mismo a un metal. Si se
desea se puede interponer entre el calentador 356 y la
cámara de combustión 367 un sobrecalentador que se indi-
ca mediante las líneas de guiones en 406 y sobrecalenta-
30

1 dores correspondientes se pueden proporcionar para los reactores 210 y 214.

5 Tal como en el caso del sistema de la Figura 1, una proporción considerable del gas reductor que fluye a través del reactor de reducción 212 se hace recircular. Más particularmente, el gas efluente del reactor 212 pasa a través del enfriador 326 y la tubería de rami-
10 ficación 330 hacia un colector de recirculación 378, una bomba de recirculación 380 y la tubería 354 que contiene el aparato de control de flujo 382 de nuevo hacia el calentador 356. La proporción del gas de re-
15 circulación puede ser igual tal y como se ha discutido en lo que antecede en relación con la Figura 1. Una cantidad pequeña del gas efluente desde el reactor 212 se remueve del colector 378 a través de una tubería 384 y se usa como un combustible tal y como se ha descrito en relación con la Figura 1.

Al final de un ciclo de reducción las conexiones hacia los reactores se conmutan para hacer que el reactor 210 sea un reactor de carga, que el reactor 212 sea un reactor de enfriamiento y que el reactor 214 sea un reactor de reducción. Puesto que dicha operación de conmutación ya se ha descrito en relación con la Figura 1, no
20 necesita repetirse aquí.

De la descripción que antecede debe ser evidente que la presente invención proporciona un método para lograr los distintos objetos dados a conocer al comienzo de la especificación presente. Puesto que el paso de reducción de mena del procedimiento por lo general avanza de manera relativamente lenta, se ha creído necesario usar por lo menos dos reactores de reducción conectados en serie y un ciclo de reducción de aproximadamente 3 horas. El solicitante ha encontrado que haciendo recircular el gas reductor tal y como se da a conocer en la presente, pue-
25
30

1

de obtenerse un grado de reducción aceptable en menos de 3 horas aún cuando se use solamente un reactor en vez de dos reactores de reducción.

5

Otra ventaja de usar una recirculación del gas reductor es que el elevado régimen de flujo de masa del gas que se obtiene de esta manera da por resultado una metalización más uniforme. Asimismo cuando se usa un régimen de flujo de gas elevado, el gradiente de temperatura a través del lecho se reduce, es decir, la temperatura del lecho es más uniforme y tiene un valor medio mayor para una temperatura determinada del gas de alimentación.

10

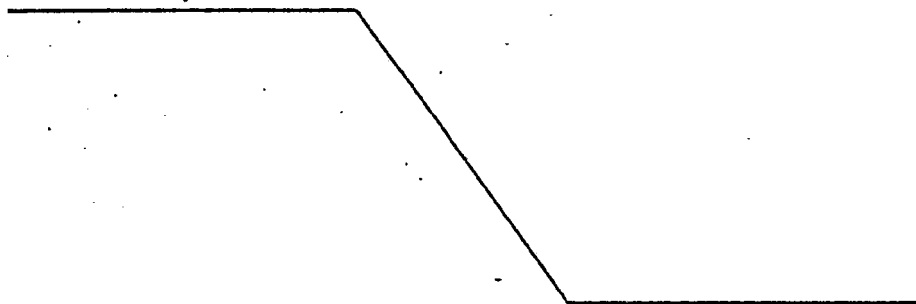
15

Desde luego, debe quedar comprendido que la descripción que antecede es ilustrativa únicamente y que pueden usarse numerosos otros ingredientes, proporciones y condiciones de funcionamiento sin desviarse del alcance de la invención tal y como se define en la reivindicaciones anexas. Por ejemplo, tal y como se señala al comienzo de la especificación, el método presente puede utilizarse en la reducción de menas que no sean mena de hierro, v. gr. menas de metales por ejemplo de níquel, cobre, estaño, titanio, bario y calcio. Serán evidentes para aquellas personas expertas en el ramo otras modificaciones dentro del alcance de la invención.

20

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

25



30

REIVINDICACIONES

1
5
10
15
20

1. Un método para la reducción gaseosa intermitente de óxidos de metal en metales en un sistema de reactores de unidades múltiples del tipo en donde los cuerpos separados de materiales que llevan metales se tratan simultáneamente en uno o más reactores de carga, reactores de reducción y reactores de enfriamiento y un gas reductor se hace pasar sucesivamente a través de los reactores de enfriamiento y de reducción, que está caracterizado por hacer pasar un gas reductor frío compuesto principalmente de monóxido de carbono e hidrógeno a través de un cuerpo de óxido de metal grandemente reducido en un reactor de enfriamiento, enfriar el gas efluente desde el reactor de enfriamiento, hacer recircular una porción del gas efluente enfriado a través de un cuerpo de óxido de metal reducido en el reactor de enfriamiento, calentar el resto del gas efluente enfriador a una temperatura de 900° a 1100°C., hacer pasar el gas calentado a través de un cuerpo de óxido de metal en un reactor de reducción, hacer recircular hacia el reactor de reducción una porción del gas efluente desde el reactor de reducción mezclado con el resto del gas efluente desde el reactor de enfriamiento y remover el resto del gas efluente desde el reactor de reducción del sistema citado.

25

2. Un método según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el gas efluente del reactor de reducción se enfría para remover el agua del mismo y luego se recaliente antes de hacerse regresar al reactor de reducción.

30

3. Un método según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por el hecho de que la relación volumétrica

1 del gas recirculado al gas total que pasa a través del óxido
de metal reducido en el reactor de enfriamiento es de apro-
ximadamente 0,5:1 a 0,9:1.

5 4. Un método según cualesquiera de las rei-
vindicações que anteceden, caracterizado por el hecho de
que la relación volumétrica del gas recirculado al gas total
que pasa a través del cuerpo de óxido de metal en el reac-
tor de reducción es de aproximadamente 0,5:1 a 0,9:1.

10 5. Un método según cualesquiera de las reivin-
dicaciones que anteceden caracterizado por el hecho de que
el resto del gas efluente enfriado se calienta primero a tem-
peratura de 700° a 850°C, y luego se mezcla con un gas que
contiene oxígeno para formar una mezcla de gas reductor a
temperatura de 900° a 1100°C.

15 6. Un método según reivindicación 5, carac-
terizado por el hecho de que el gas que contiene oxígeno
se precalienta antes de mezclarse con el gas calentado.

20 7. Un método según la reivindicación 5 o 6
caracterizado por el hecho de que el gas que contiene oxígeno
es aire y la relación volumétrica de aire al gas reductor
calentado es de aproximadamente 0,10 a 0,3.

25 8. Un método según la reivindicación 5 o 6,
caracterizado por el hecho de que el gas que contiene oxígeno
es oxígeno y la relación volumétrica del oxígeno al gas
reductor calentado es de aproximadamente 0,05 a 0,15.

30 9. Un método según cualesquiera de las rei-
vindicações que anteceden, caracterizado por el hecho de que
mientras que el óxido de metal reducido se está enfriando
en el reactor de enfriamiento y el óxido de metal se está
reduciendo en el reactor de reducción, el metal reducido

1 enfriado se está descargando desde un tercer reactor y el
tercer reactor se está cargando con el óxido de metal que
va a reducirse.

5 10. Se reivindica por último como objeto sobre
el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita:
UN METODO PARA LA REDUCCION GASEOSA INTERMITENTE DE OXIDOS
DE METAL.

10 Todo conforme queda descrito y reivindicado
en la presente memoria descriptiva que consta de diecinueve
páginas mecanografiadas y dibujos que se acompañan.

Madrid, 16 Octubre 1.974

BERNARDO UNGRIA

P.P.

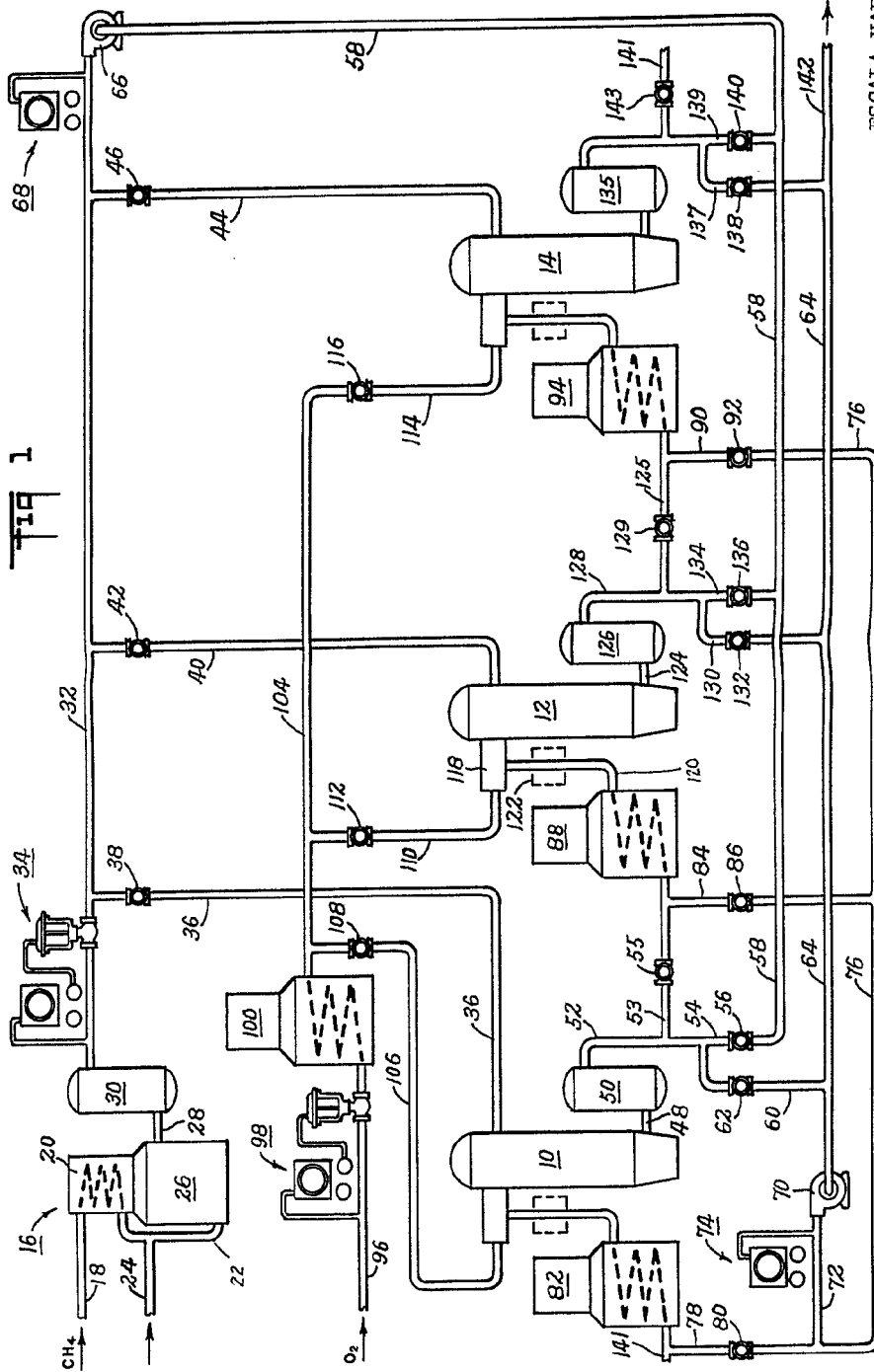


15

20

25

30



ESCALA VARIABLE
Madrid, 16 de Octubre de 1974
BERNARDO UNGRIA
P.P.

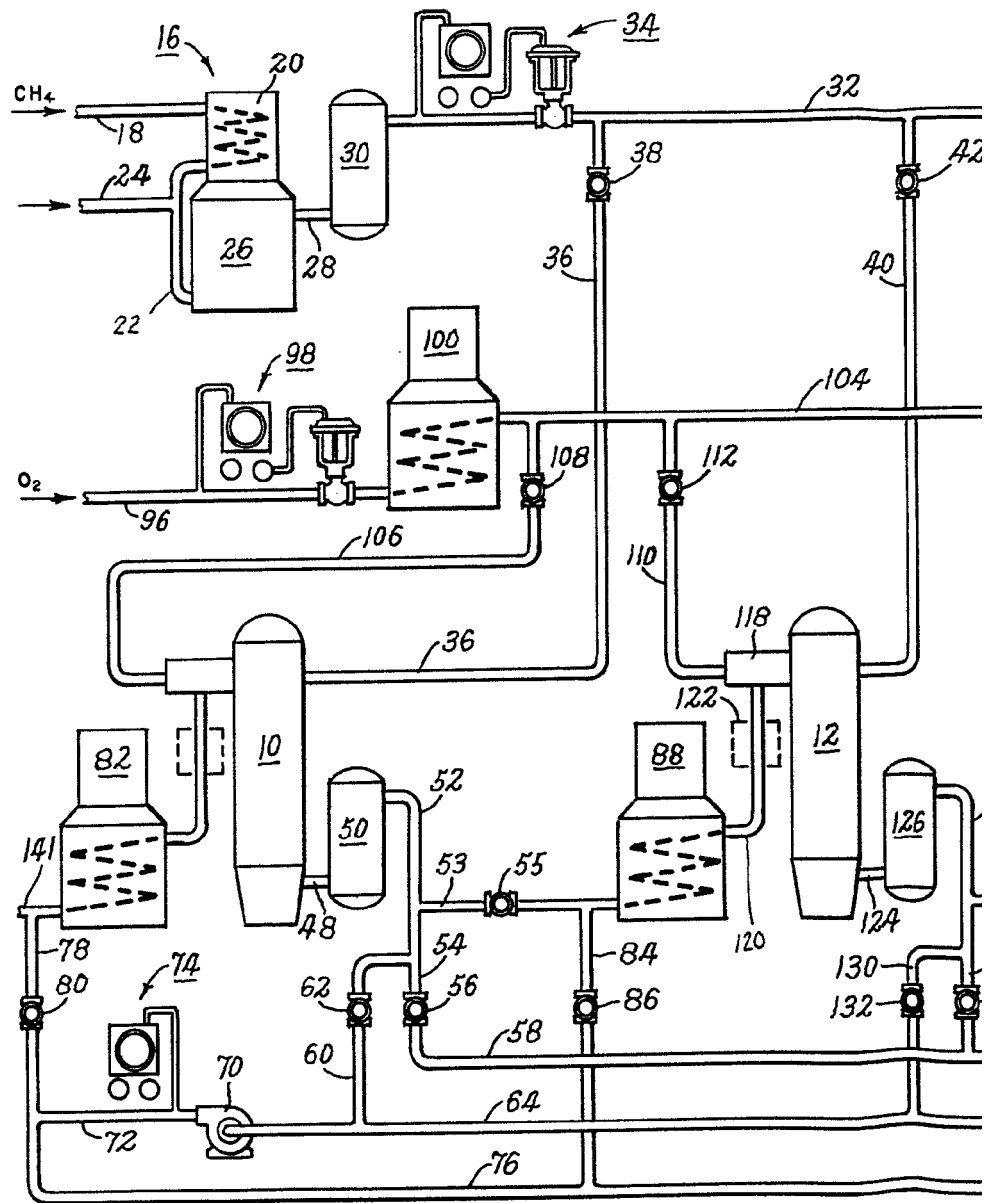
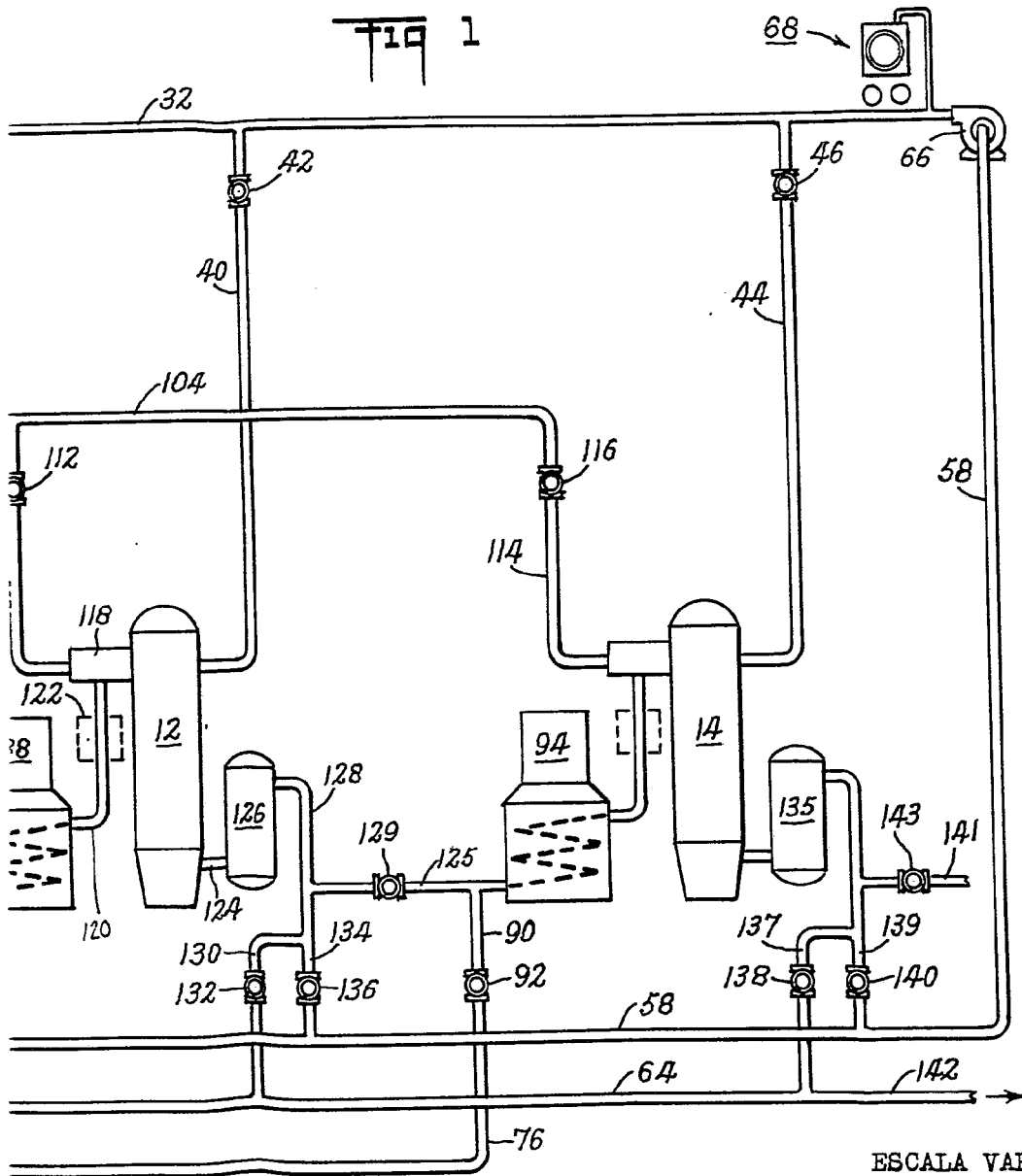
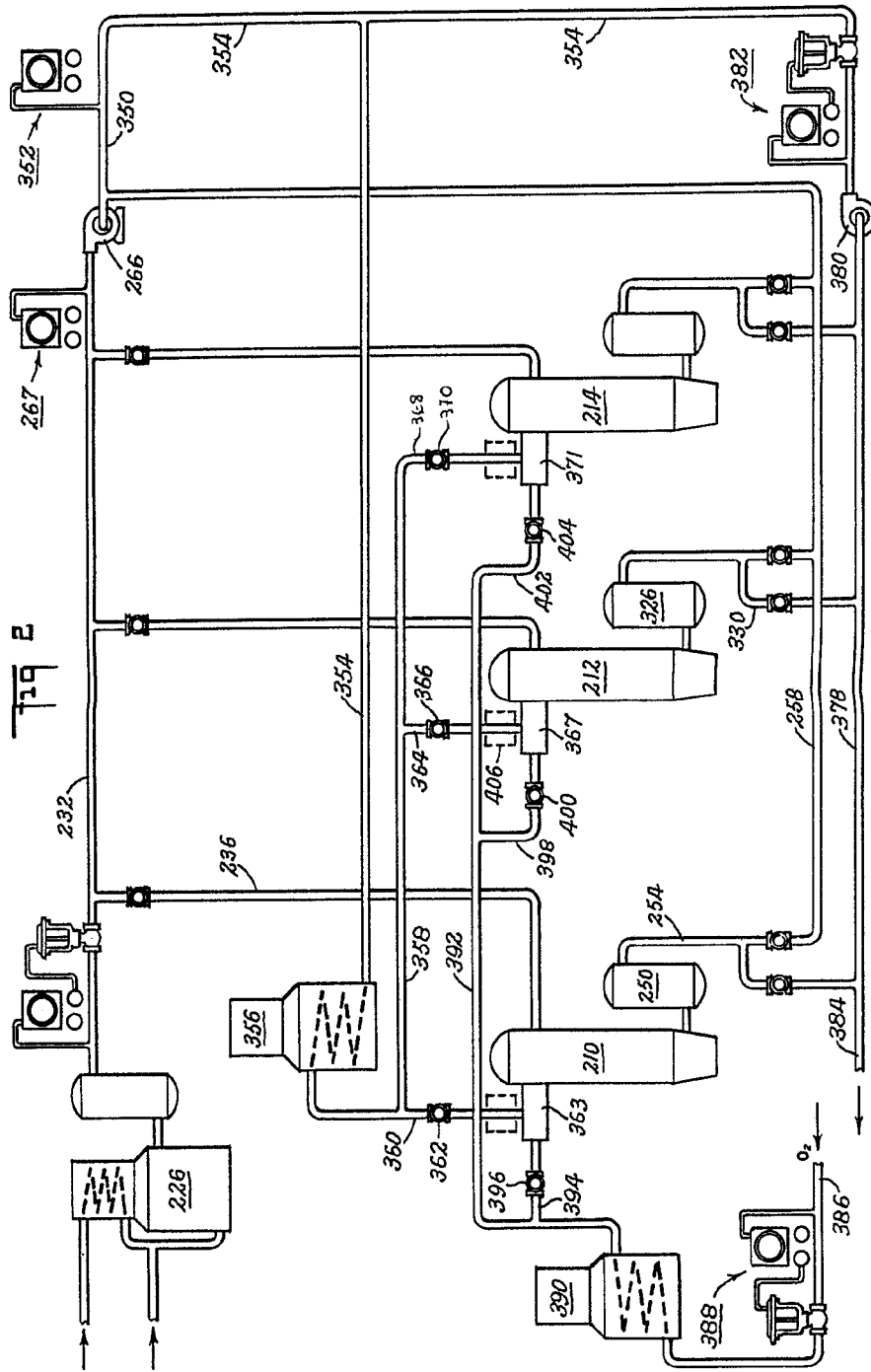


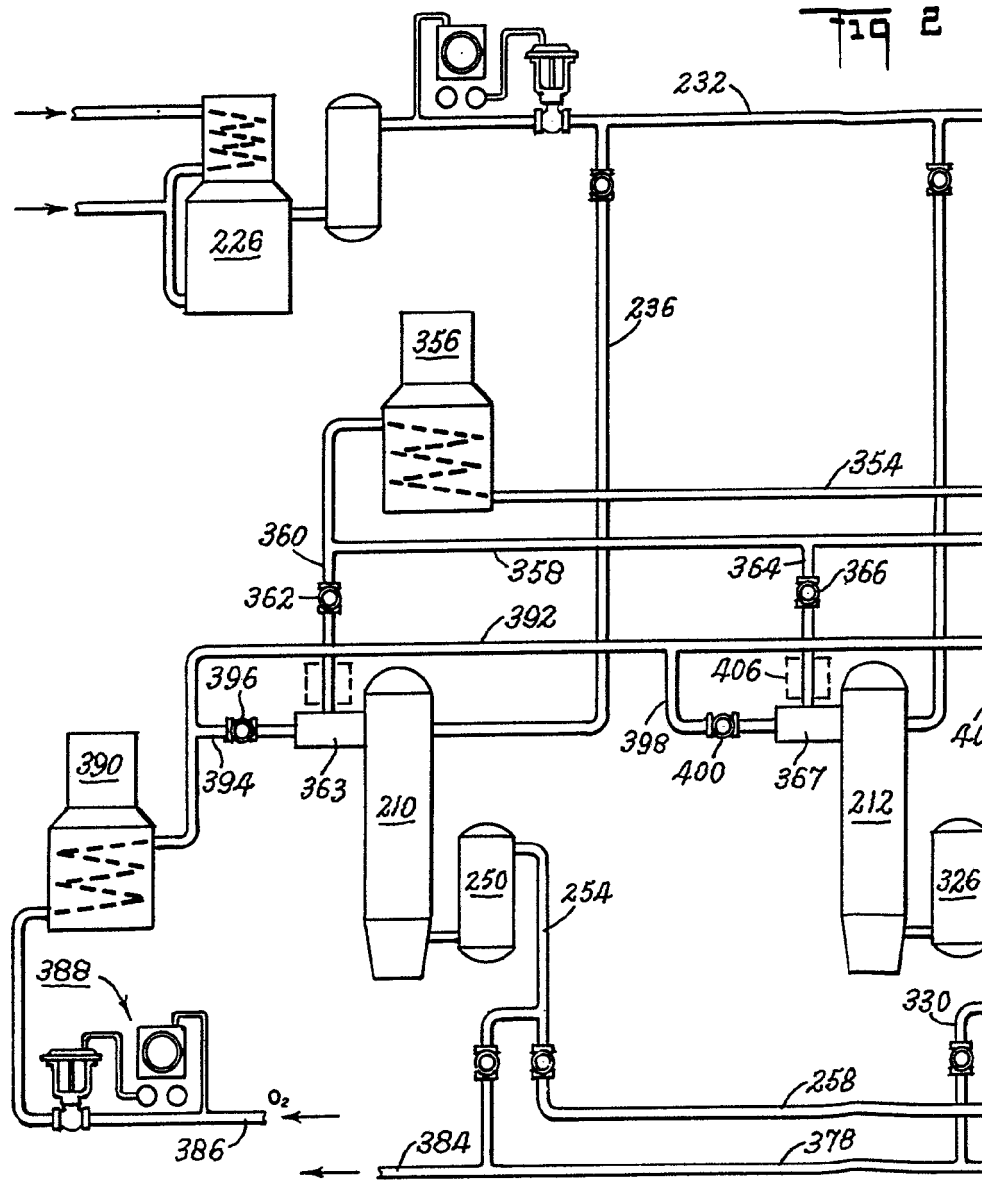
Fig 1

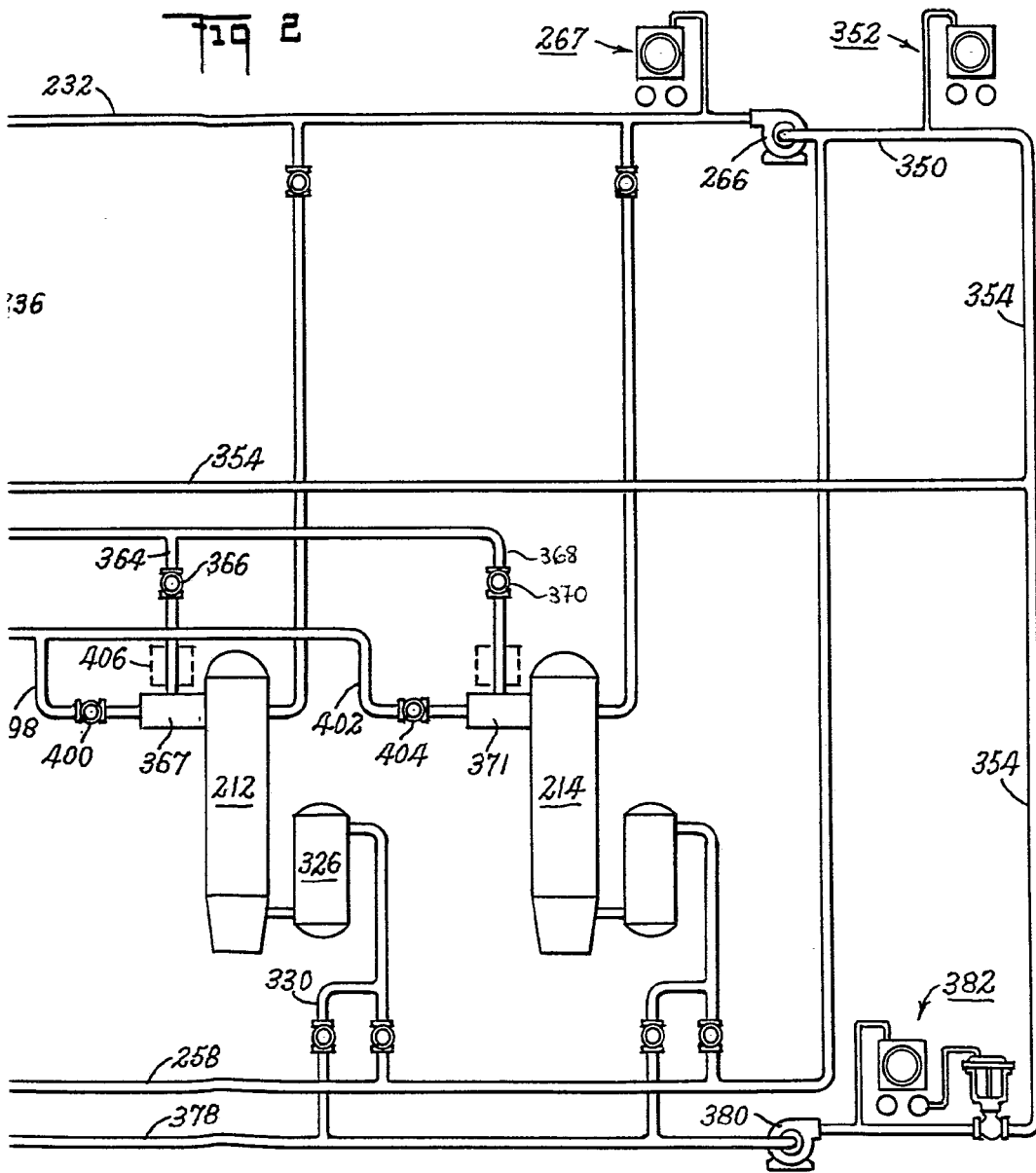


ESCALA VARIABLE
Madrid, 16 de Octubre de 1974
BERNARDO UNGRÍA
P.P.



ESCALA VARIABLE
Madrid, 16 de Octubre de 1974
BERNARDO UNGRÍA
P.P.





ESCALA VARIABLE
Madrid, 16 de Octubre de 1974
BERNARDO UNGRIA
p.p.