



274 539

# MEMORIA DESCRIPTIVA

que se acompaña a la solicitud de una

PATENTE DE INVENCION

por VEINTE años en España, por "PROCEDIMIENTO DE

FABRICACION CONTINUO DE HIERRO CARBURADO POR RE-

DUCCION DE UN MINERAL DE HIERRO EN DOS ZONAS DE

REACCION".

a favor de

INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE, DES CARBURANTS ET  
LUBRIFIANTS,

domiciliado en 1 et 4 Avenue de Bois Préau, RUEIL-  
MALMAISON (Seine et Oise), Francia.

INVENTORES: Claude Clement y François Eschard, de  
nacionalidad francesa.

PRIORIDAD: De la solicitud de Patente francesa No.  
P.V. 854.184, del 27 febrero 1961.

274939



5 La presente invención se refiere a un nuevo procedimiento de reducción en continuo de los minerales u óxidos de hierro por medio de gases reductores que pueden provenir por ejemplo del craqueo o de la oxidación parcial del metano, utilizado por ejemplo bajo forma de gas natural.

10 El nuevo procedimiento permite obtener directamente hierro carburado, es decir fundición o acero al carbono, en condiciones particularmente económicas, y en particular con un débil consumo de gas reductor, un régimen elevado por unidad de volumen del equipo un consumo de calor de origen externo particularmente débil, y sin un problema delicado de transporte de minerales o de transferencia de cantidades importantes de calor a temperaturas elevadas a través de las escorias o a través de las paredes.

15 El procedimiento de acuerdo con la presente invención realiza la reducción del hierro en dos etapas y consiste en poner en contacto a dicho mineral, en una primera zona de reacción, a una temperatura inferior a la temperatura de aglomeración del mineral, con un gas reductor que contenga una proporción mayor de óxido de carbono y de hidrógeno y que provenga al menos en parte de la segunda zona de reacción, durante un espacio de tiempo tal que el grado de reducción del mineral alcanza al menos un 70% y como máximo un 98%,  
20 en introducir el mineral parcialmente reducido que proviene de la primera zona de reacción así como oxígeno en la segunda zona de reacción, constituida por un baño de hierro carburado líquido, a niveles respectivamente inferiores al de la superficie del baño, siendo elegida la proporción de oxígeno introducida inferior a la que provoca el desprendimiento de una cantidad sustancial de gas carbónico en la superficie del baño, y de retirar un peso de hierro carburado líquido sensiblemente igual al del hierro contenido en el mineral  
25 parcialmente reducido introducido en el baño.  
30

274939



En general, es necesario admitir igualmente metano craqueado en el baño líquido, de manera de recarburarlo.

5 Por grado de reducción, se entiende el porcentaje de oxígeno retirado al mineral por reducción. Es así por ejemplo que un mineral de  $Fe_2O_3$  reduce al 80% a una composición media que corresponde a  $Fe O_{0,3}$ .

10 Conviene observar que la primera etapa de reducción puede ser llevada muy lejos, en condiciones que permiten efectuar un depósito de carbono sobre el mineral u óxido reducido, ofreciendo este depósito de carbono la ventaja de reducir la tendencia a la aglomeración de las partículas de mineral y de permitir la culminación de la reducción en el baño líquido de la etapa ulterior, En particular, cuando el grado de reducción del mineral está comprendido entre 90 y 98% al término de la primera etapa de reducción, puede ser evitada cualquier introducción de metano craqueado en el baño de hierro carburado.

20 En las condiciones de realización de la etapa de reducción parcial en estado sólido, el mineral u óxido parcialmente reducido queda en estado finamente dividido y puede ser introducido en el baño líquido utilizando como fluido portador el oxígeno o eventualmente el metano craqueado utilizado en el procedimiento, aunque pueden utilizarse otros medios de introducción y, por ejemplo, el soplo en una corriente de gas inerte, o el transporte por medio de una rosca sin fin.

25 Esta manera de proceder, hecha posible gracias a la combinación de las dos etapas sucesivas de reducción, de acuerdo con la presente invención, presenta numerosas ventajas respecto a las técnicas corrientemente empleadas para la fusión del mineral u óxido reducido obtenido bajo forma de finas partículas.

30 En efecto, la presencia de carbono disuelto en el baño

271939



de hierro carburado, agregado en la introducción del mineral prerreducido por debajo de la superficie del baño, que permite evitar el contacto del óxido de hierro líquido con las paredes del reactor, lo que se traduciría por un deterioro rápido de éstas a consecuencia del efecto corrosivo del óxido de hierro en las temperaturas en que se efectúa la operación. Esta ventaja subsiste igualmente respecto a los procedimientos según los cuales el óxido de hierro reducido es fundido por una llama e introducido en estado líquido en la superficie del baño pues aquí también el contacto entre el óxido de hierro líquido y las paredes del reactor puede difícilmente ser evitada. Finalmente, el procedimiento de acuerdo con la presente invención presenta respecto a esta última solución la ventaja de una mayor velocidad de reacción, debida a la introducción del mineral a un nivel netamente inferior a la superficie del baño, siendo la distribución del mineral u óxido en el baño más homogénea, mientras que la reducción del óxido introducido en la superficie del baño se efectúa por difusión, lo que limita considerablemente la velocidad de reacción.

El procedimiento de acuerdo con la presente invención permite tratar tanto minerales constituidos únicamente de óxidos de hierro en estado puro como minerales que contienen impurezas y especialmente una ganga. En este último caso, es particularmente ventajoso agregar un fundente de tipo clásico cuya naturaleza ácida o básica será elegida en función de la composición de la ganga, pudiendo intervenir esta adición antes de la primera etapa, en el curso de ésta o aun en el curso de la introducción del mineral prerreducido en el baño metálico. Las impurezas no reducidas por el carbono del baño metálico se reúnen entonces en la superficie de dicho baño bajo forma de escorias.

La primera etapa de la reducción puede ser realizada en una o varias fases sucesivas, por ejemplo en uno o varios reacto-

274939



res, en los cuales el mineral puede ventajosamente circular en contra corriente respecto al efluente gaseoso.

5 La temperatura del mineral, en curso de la primera etapa del procedimiento, es, preferiblemente, mantenida a un nivel que permite evitar un aglomerado notable de dicho mineral, obteniendo asimismo una velocidad de reducción satisfactoria. Además, si se desea beneficiarse de la ventaja que constituye el depósito de carbono sobre el mineral, será beneficioso mantener a éste a una temperatura relativamente poco elevada y, por ejemplo, comprendida entre 500 y 700°C, sea todo a lo largo de esta primera etapa, sea solamente en su segunda parte.

10 El oxígeno, por ejemplo bajo forma de aire, así como eventualmente el metano craqueado, por ejemplo, bajo forma de gas natural craqueado, se introducen en el seno del baño de hierro carburado, igual que el mineral prerreducido, a un nivel netamente inferior a la superficie de este baño, de manera que permita a los gases y sólidos distribuirse de una manera homogénea en el interior del baño.

15 La temperatura del baño de hierro carburado es elegida superior a su temperatura de solidificación, la que depende del tenor de carbono del baño.

20 En la práctica, se operará a una temperatura notablemente más elevada que el mínimo así determinado, de manera por una parte de evitar cualquier solidificación intempestiva que resulta de una variación accidental de la composición del baño y, por otra parte, en dar al baño una buena fluidez.

25 Es así que utilizando, con una escoria adecuada, una mezcla cuya riqueza en carbono es próxima de la composición de la eutéctica (4% de carbono), se podrá operar a una temperatura relativamente débil, por ejemplo del orden de 1200 a 1300°C, siempre conservando una velocidad de reducción elevada.

30



271933

5 El hierro carburado puede ser retirado de manera periódica o continua, por ejemplo en un punto tal que no arrastre ni partículas de mineral parcialmente reducido ni partículas de escoria cuando esta última es utilizada. Se tendrá pues, ventaja en eleger lo máximo posible el orificio de retiro de estos productos de los orificios de introducción del mineral prerreducido y de los gases.

10 Las cantidades de oxígeno, y, en caso necesario, de gas reductor son elegidas suficientes para asegurar simultáneamente la reducción final del mineral, su carburación y el mantenimiento de la temperatura del baño de hierro carburado a su nivel inicial, preferentemente sin aporte auxiliar de calor, Esta condición implica que los gases que se escapan a la superficie del baño no estén constituidos más que de CO y H<sub>2</sub>. Tal resultado es fácilmente obtenido de acuerdo con la presente invención sin que sea necesario poner en  
15 juego cantidades prohibitivas de gas, y ello se hace posible porque el mineral ha sufrido una prerreducción de un 70 a un 98%.

20 La posibilidad de obtener así directamente fundición o acero al carbono, sin aporte externo de calor, constituye una ventaja muy apreciable que se traduce por una simplificación considerable de los problemas de equipos y por la posibilidad, evitando cualquier transferencia de calor, de suprimir las pérdidas de energía correspondientes. Es además posible modificar esta fundición o este acero incorporando aditivos diversos conocidos en esta técnica, de manera de obtener por ejemplo aceros especiales.

25 Está excluido de la presente invención realizar un calentamiento por combustión de gas por encima del baño, el que tendría por resultado contaminar los gases que se escapan de este baño y hacerlos inadecuados para prerreducir correctamente el mineral.

30 En el curso de la primera etapa de la reducción, es generalmente inútil prever un aporte de calor, al menos cuando el mine-



274933

ral previamente ha sido llevado a una temperatura del orden o sensiblemente superior a la que se efectúa esta primera etapa de la reducción.

5           Es generalmente ventajoso precalentar los distintos gases y sólidos utilizados para poner en ejecución el procedimiento y recuperar en intercambiadores el calor de los diversos productos que salen de la unidad de reducción.

10           Puesto que, a consecuencia de los equilibrios de reducción, los gases salidos del reactor en que se efectúa la primera etapa de la reducción no están totalmente oxidados, puede ser ventajoso eliminar, de una manera conocida, el gas carbónico y el vapor de agua que contienen, y reciclarlos en el mismo reactor.

15           Los ejemplos siguientes, dados a título no limitativo, ilustran la realización del procedimiento de la presente invención. Se entiende que, de acuerdo con estos ejemplos, todos los movimientos de sólidos y de gases son continuos, que las cantidades de sustancias indicadas corresponden a la producción de una tonelada de hierro carburado por unidad de tiempo y que los volúmenes gaseosos son referidos a las condiciones normales de temperatura y de presión (temperatura de 20°C aproximadamente y presión atmosférica de 760 mm de mercurio).

20           Estos ejemplos están ilustrados por las figuras 1 y 2;

25           La fig. 1 ilustra el caso de una reducción que no pone en realización más que una sola fase de reducción para la primera etapa y en la cual los gases parcialmente oxidados que resultan de esta fase son quemados para proporcionar calor a los intercambiadores de calor utilizados.

30           La fig. 2 ilustra el caso de una reducción que pone en realización 2 fases de reducción para la primera etapa y en la cual los gases parcialmente oxidados que resultan de estas dos fases son



Reciclados.

EJEMPLO 1

5 Se introduce en el reactor (1) (figura 1), por la canalización (2), 1,4 tonelada de óxido de hierro pulverizado correspondiente aproximadamente a la fórmula  $Fe_2O_3$ , previamente llevada a la temperatura de  $700^{\circ}C$ . Se admite en el sentido opuesto, por la canalización (3) 1.885 m<sup>3</sup> de gases reductores constituidos esencialmente de hidrógeno y de óxido de carbono, previamente llevados a la temperatura de  $650^{\circ}C$  en el intercambiador (4). El mineral reducido al 80 %  
10 aproximadamente pasa por la canalización (5) en el horno (6) donde es proyectado en el baño de fundición (7) por la corriente de gas natural previamente craqueada en el horno (12) y admitida por la canalización (11), a la temperatura de  $1000^{\circ}C$  aproximadamente. El volumen de gas natural frío introducido en el horno (12), por la  
15 canalización (13), alcanza 917 m<sup>3</sup>. Se introduce simultáneamente en el horno (6) por la canalización (9), 419 m<sup>3</sup> de oxígeno llevado a  $1000^{\circ}C$  en el intercambiador (8) y que proviene de la canalización (10).

20 Se retira la fundición, periódica o continuamente, por el orificio de volcado (14). Los gases que se escapan del baño de fundición por la canalización (15), a la temperatura de aproximadamente  $1.500^{\circ}C$ , compuestos de aproximadamente 1.835 m<sup>3</sup> de hidrógeno y 880 m<sup>3</sup>. de óxido de carbono, son enviados en parte (1.885 m<sup>3</sup>) en el intercambiador (4) y en parte (830 m<sup>3</sup>) en la canalización (16). Estos últimos están disponibles por el calentamiento del horno (12),  
25 del intercambiador (8) y del mineral (2).

30 Los gases que se escapan del reactor (1), por la canalización (17), tienen un tenor importante en gases combustibles y pueden ser quemados para proporcionar calor, sea tal cual, sea después de eliminación, en la unidad (18), del gas carbónico (18a) y del va-



27480

por de agua (18b) que contienen. A tal efecto, son enviados por la canalización (19) hacia los distintos intercambiadores.

En el intercambiador (4), que comprende el circuito de enfriamiento (20)-(21) se recupera el calor sensible de los gases reductores enfriados de 1.500°C a 650°C aproximadamente. Por el contrario, al horno (12) y el intercambiador (8), son calentados por los circuitos respectivos (24)-(25) por una parte y (22)-(23) por otra parte.

EJEMPLO 2

Se utiliza un horno (26) representado en la figura 2, que comprende dos zonas distintas (27) y (28) de reducción, y se introduce en la zona (27), por la canalización (29), 1,4 toneladas de óxido de hierro pulverizado que corresponde aproximadamente a la fórmula  $Fe_2O_3$ , previamente llevada a la temperatura de 700°C.

Se admite en el extremo opuesto de la zona (27), por las canalizaciones (30), (31) y (32), gases reductores compuestos principalmente de hidrógeno y de óxido de carbono a la temperatura de 650°C aproximadamente. El mineral reducido al 88% aproximadamente pasa en la dirección de la flecha (33) en la zona (28) del horno (26) donde encuentra una corriente de óxido de carbono y de hidrógeno admitido por la canalización (34). En esta zona, se deposita carbono sobre el mineral sin que el grado de reducción de éste varíe sensiblemente. El mineral pasa a continuación por la canalización (35) en el horno (36) donde es proyectado en el baño de fundición (37) por la corriente de metano, previamente craqueada en el horno (42) y admitida por la canalización (41), a la temperatura de 1.000°C aproximadamente. El volumen de metano frío introducido en el horno (42), por la canalización (43), alcanza a 585 m<sup>3</sup>. Se introduce simultáneamente en el horno (36), por la canalización (39), 281 m<sup>3</sup> de oxígeno llevado a 1.000°C en el intercambiador (38) y que proviene de la ca-

274933



nalización (40).

Se retira la fundición, periódica y continuamente, por el orificio de volcado (44). Los gases que se escapan del baño de fundición por la canalización (45), a la temperatura de aproximadamente 1.500 C, compuestos de aproximadamente 628 m<sup>3</sup> de óxido de carbono y 1.170 m<sup>3</sup> de hidrógeno, pasan en el intercambiador (46) de donde salen a la temperatura de 650 C aproximadamente. Pasan entonces en parte (580 m<sup>3</sup>) en la canalización (30) y en parte (1.218 m<sup>3</sup>) en la canalización (34).

Los gases que se escapan de la zona (28) del horno de prerreducción pasan en la zona (27) del mismo horno por la canalización (32). Los gases que provienen de la zona (27) pasan por la canalización (47) en la unidad (48) de donde, después de enfriamiento y eliminación del gas carbónico (49) y del agua (50) que contenían, vuelven a salir por la canalización (51). Una parte de ellos (1.120 m<sup>3</sup> aproximadamente) es evacuada por la canalización (52) y es quemada para calentar los intercambiadores; la otra parte (677 m<sup>3</sup> aproximadamente) pasa por la canalización (53) en el intercambiador (46) de donde sale a la temperatura de 650°C aproximadamente por la canalización (31).

El horno (42) y el intercambiador (38) son calentados respectivamente por los circuitos (56)-(57) de una parte y (54)-(55) por otra parte.

La comparación de los ejemplos 1 y 2 hace destacar la economía sensible de metano que resulta de la puesta en ejecución simultánea de una prerreducción forzada y una precarburation que sigue a la prerreducción.

### EJEMPLO 3

Se reduce 1,4 tonelada de un mineral idéntico al del ejemplo 2 en un horno (26) que comprende dos zonas distintas (27 y



271939

28) de reducción mantenidas respectivamente a las temperaturas de 650 y 550°C.

El grado de reducción del mineral alcanza un 81% a la salida de la zona (27) y 94,5% a la salida de la zona (28).

5 La reducción se culmina en el horno (36) por medio del carbono depositado sobre el mineral en las zonas (27) y (28).

Es entonces inútil admitir metano craqueado en el horno (36). Se introducen solamente 151 m<sup>3</sup> de oxígeno llevado a 1000°C.

10 Los gases que se escapan del horno (36) están entonces constituidos esencialmente por óxido de carbono. Son enviados en la zona (28), al mismo tiempo que 1.946 m<sup>3</sup> de gases reductores cuyo origen será precisado más adelante.

15 La zona (27) es alimentada de manera independiente por medio de 1.914 m<sup>3</sup> de gases reductores cuyo origen será precisado más adelante.

20 Una parte de los gases eliminados de las zonas (27) y (28) sirve para precalentar el mineral, siendo el resto tratado de una manera conocida para eliminar el agua y el gas carbónico. Se recupera así en total 2.840 m<sup>3</sup> de gases reductoras constituidos esencialmente de óxido de carbono y de hidrógeno.

25 Estos gases son entonces enviados hacia las zonas (27) y (28) al mismo tiempo que los gases frescos que provienen de la combustión parcial de 341 m<sup>3</sup> de gas natural por medio de 175 m<sup>3</sup> de oxígeno. Se proporciona así a las zonas (27) y (28) respectivamente 1.914 y 1.946 m<sup>3</sup> de gases reductores, a la temperatura de 650°C, como está indicado anteriormente.

El precalentamiento de los gases reductores es realizado por combustión de 50 m<sup>3</sup> en total de gas natural en los intercambiadores.

30 Habiendo así particularmente descrito y determinado la

274939



naturaleza de la presente invención y la manera como la misma ha de ser llevada a la práctica, declaramos que lo que reivindicamos como de nuestra exclusiva propiedad e invención es:

REIVINDICACIONES

5 En resumen: la Patente de Invención cuyo registro se solicita recaerá sobre las reivindicaciones siguientes:

10 1. Procedimiento de fabricación continuo de hierro carburado por reducción de un mineral de hierro en dos zonas de reacción, caracterizado por el hecho de que consiste en poner en contacto dicho mineral, en una primera zona de reacción, a una temperatura inferior a la temperatura de calcinado de dicho mineral, con un gas reductor que contiene una proporción mayor de óxido de carbono y de hidrógeno y que proviene al menos en parte, de la segunda zona de reacción, durante un espacio de tiempo tal que el grado de reducción del mineral alcance al menos un 70% y como máximo un 98%, en  
15 introducir el mineral parcialmente reducido que proviene de la primera zona de reacción así como oxígeno en la segunda zona de reacción constituida por un baño de hierro carburado líquido, a niveles respectivamente inferiores al de la superficie del baño, siendo la proporción de oxígeno introducida elegida inferior a la que provoca el  
20 desprendimiento de una cantidad sustancial de gas carbónico en la superficie del baño, y en retirar un peso de hierro carburado líquido sensiblemente igual al del hierro contenido en el mineral parcialmente reducido introducido en el baño.

25 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la temperatura en el interior de la primera zona de reacción está comprendida entre aproximadamente 500 y 700°C.

30 3. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado por el hecho de que el grado de reducción del



274939

mineral, luego de su transferencia de la primera a la segunda zona de reacción, está comprendido entre un 90 y 98%.

5 4. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por el hecho de que es introducido metano previamente craqueado en el baño de hierro carburado.

5. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por el hecho de que el gas reductor utilizado en la primera zona de reacción es obtenido en parte por combustión parcial de metano por medio de oxígeno.

10 6. Se reivindica por último, como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención cuyo registro se solicita: "PROCEDIMIENTO DE FABRICACION CONTINUO DE HIERRO CARBURADO POR REDUCCION DE UN MINERAL DE HIERRO EN DOS ZONAS DE REACCION".

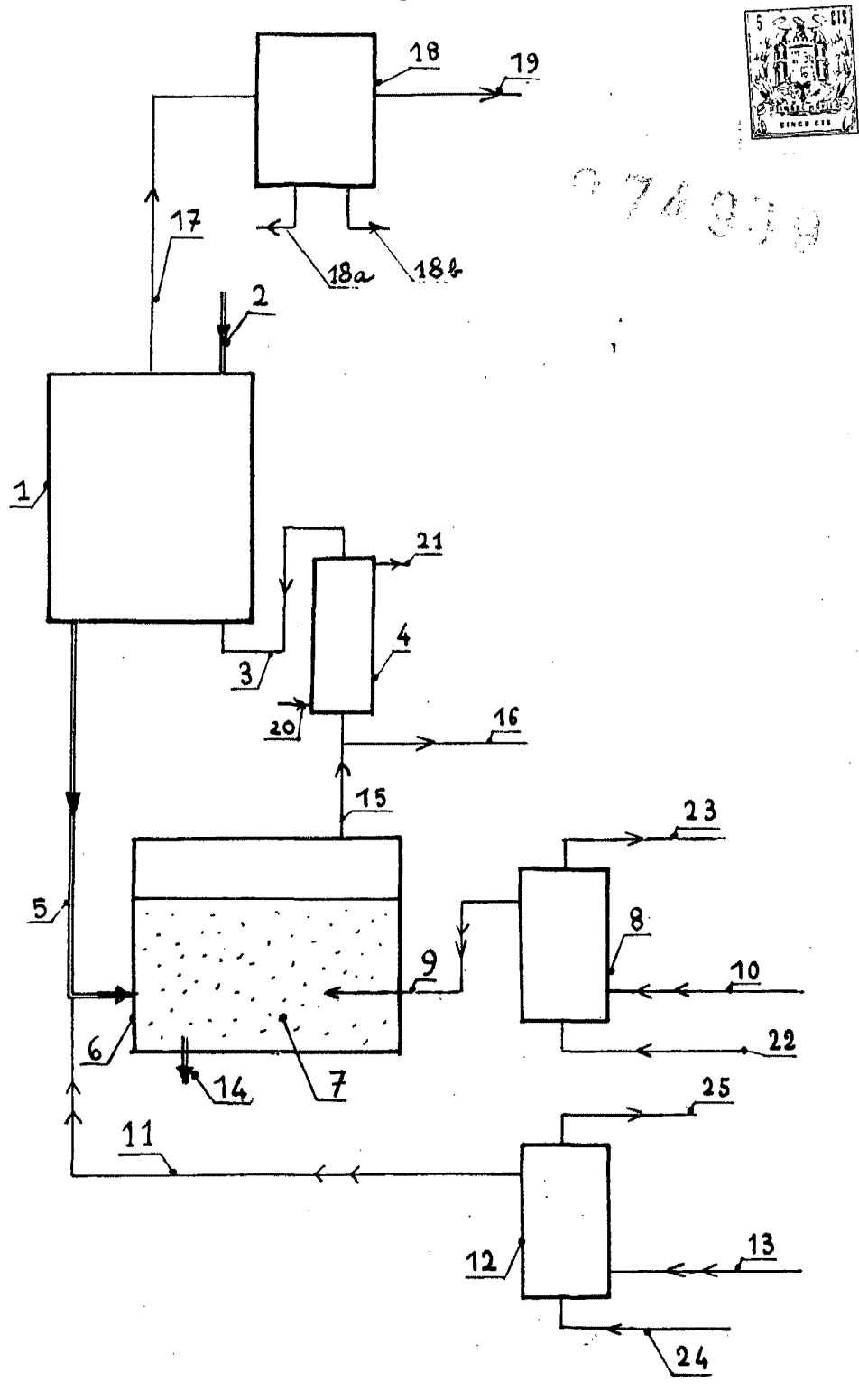
15 Todo conforme queda descrito en la presente Memoria, que consta de trece páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

Madrid, 24 de febrero de 1962

ALFONSO UNGRIA

P.P.

FIG 1

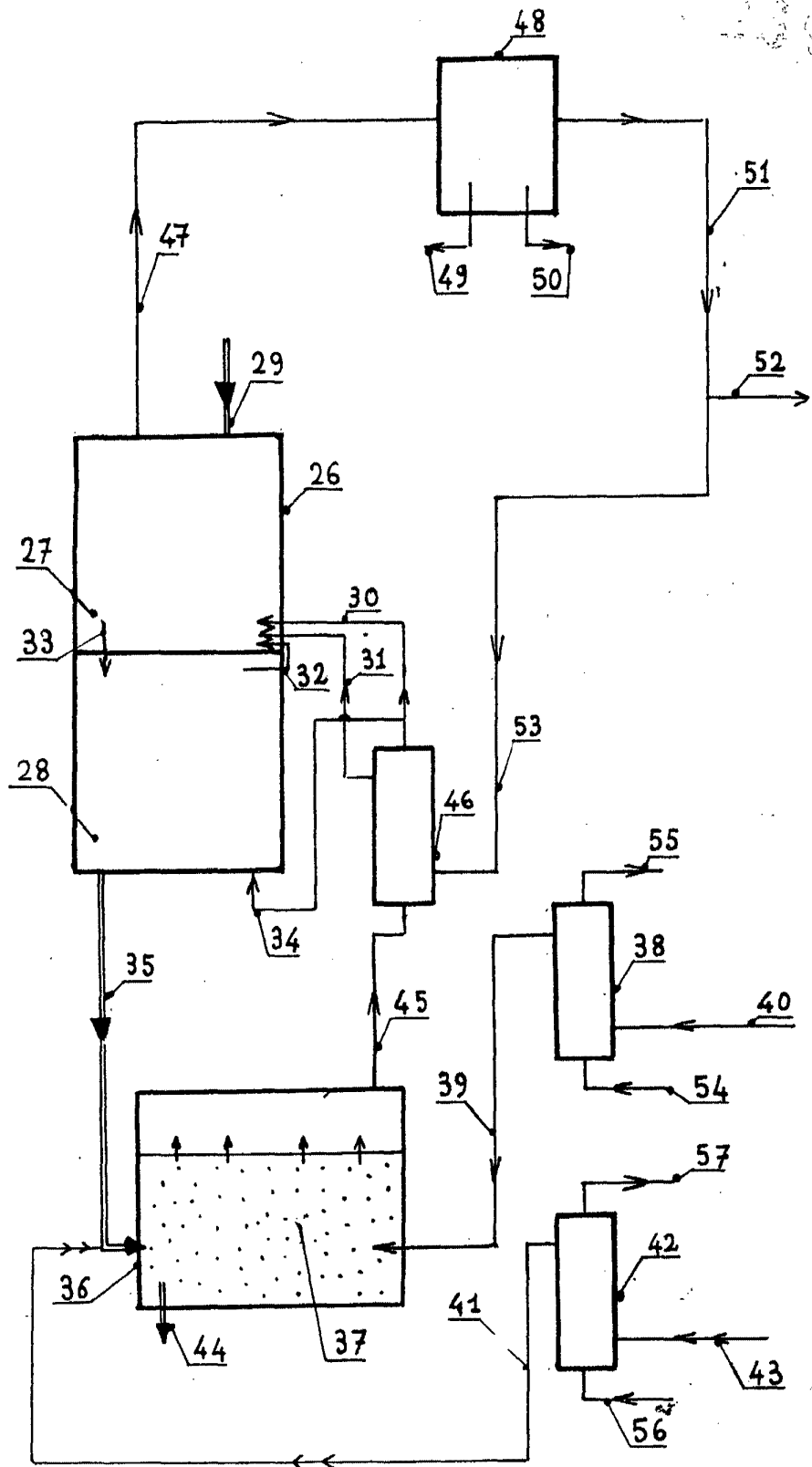


974339

ESCALA VARIABLE  
MADRID, 24 DE febrero DE 1962

FINOMEX S.A.  
*P.P. J.P.O.*

FIG.2



ESCALA VARIABLE

MADRID, 24 DE febrero DE 19 62

RAFAEL GARCIA