

13



P- 52.742

WE Case Nº 43.196

409568

MEMORIA DESCRIPTIVA

F.C. 15-2-75

Para solicitar PATENTE DE INVENCION en ESPAÑA por 20 años

a nombre de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

entidad norteamericana

Int. Cl.: C10L

establecida en Westinghouse Building, Gateway Center,
Pittsburgh, Pensilvania 15222, Estados Unidos de América.

por: "UN PROCEDIMIENTO PARA GASIFICAR CARBON"

(Clase Internacional C10L)

1 0 5 6 8



El presente invento se refiere a un procedimiento para desulfurizar y gasificar carbón, y más particularmente a un procedimiento para producir un combustible que tiene un contenido muy bajo de azufre.

5 Las centrales de energía eléctrica con combustible fósil contribuyen en la atmósfera con aproximadamente 1/2 del dióxido de azufre, 1/4 de los compuestos de nitrógeno-oxígeno, y 1/2 de los contaminantes del aire.

10 Un intento de purificar los gases de escape - consiste en utilizar precipitadores electrostáticos para la eliminación de partículas, de convertidores catalíticos para convertir el dióxido de azufre en trióxido de azufre, y de aparatos lavadores para eliminar el trióxido de azufre. Un ejemplo de dicho sistema es el procedimiento CAT-OX (R) de
15 Monsanto Corporation. Si bien este procedimiento desempeña un excelente papel para eliminar dióxido de azufre y material en forma de partículas, sólo elimina una pequeña porción de los compuestos de nitrógeno-oxígeno. Dado que uno de los sub-
20 productos de este procedimiento es ácido sulfúrico poco concentrado, el equipo utilizado en tal proceso debe estar hecho de materiales de aleaciones de metales nobles dando como resultado elevados costos iniciales y de manutención.

25 Otro intento consiste en purificar los gases durante la combustión añadiendo cal al combustible en la porción de combustión o cámara de combustión de la caldera; sin

409568

13



embargo, este procedimiento no reduce nada en absoluto el desprendimiento de material en forma de partículas.

5 Todavía otro intento más, que purifica los gases durante la combustión del combustible, comprende añadir cal a un lecho fluidificado de carbón en combustión para eliminar azufre y reducir los compuestos de nitrógeno-oxígeno. Estos procesos pueden ser combinados con gasificación parcial de carbón. Se producen en el proceso de gasificación partículas de coque de baja calidad, y éstas son quemadas en una caldera para producir vapor de agua. Para información adicional acerca de dicho procedimiento se hace referencia a la patente de los Estados Unidos 3.481.834.

10 El objeto principal del presente invento es crear un procedimiento eficaz para convertir carbón en un gas de alta calidad que no deje residuos de combustión.

15 A la vista de este objeto, el presente invento consiste en un procedimiento para gasificar carbón en una pluralidad de lechos fluidificados a través de los cuales se conduce un flujo de gas en contracorriente con un flujo de carbón triturado introducido en un lecho de secado a través de un lecho de desvolatilización y gasificación a un lecho de combustión desde el cual se retiran las cenizas, caracterizado porque una porción de la corriente gaseosa es retirada del proceso antes de que esta corriente penetre en el lecho de secado, y la porción restante que pasa a tra-

409568



vés del lecho de secado es recirculada a través del lecho de gasificación y desvolatilización.

El invento resultará más fácilmente evidente tomando como base la descripción que sigue de una realización preferida del mismo, mostrada sólo a título de ejemplo, en los dibujos anejos, en los cuales:

la figura 1 es un diagrama de procesos del sistema para la producción de un combustible gaseoso desulfurado apropiado para ser quemado en una central energética convencional o de ciclo combinado; y

la figura 2 es un diagrama de procesos de un sistema para producir un combustible gaseoso desulfurado para ser utilizado en una central energética de ciclo combinado de turbina de gas y de vapor de agua.

Haciendo ahora referencia a los dibujos con detalle, la figura 1 muestra un sistema y un aparato para producir un combustible gaseoso desulfurado por gasificación completa de carbón utilizando una pluralidad de lechos fluidificados.

El aparato comprende dos recipientes 1 y 3, cada uno de los cuales tiene una pluralidad de secciones transversales que van reduciéndose generalmente desde la parte superior hasta la parte inferior de los recipientes para proporcionar las velocidades deseadas de gas y de partículas en los recipientes y para producir una pluralidad de lechos -

409508



fluidificados en cada recipiente. Placas distribuidoras 5
están dispuestas transversalmente en los recipientes y pro-
porcionan una base para los lechos fluidificados. Separa-
dores del tipo de ciclón 7, 9 y 11 son utilizados para eli-
5 minar material en forma de partículas desde los gases sa-
lientes de los recipientes 1 y 3. Se tritura carbón hasta
un grado de finura previamente determinado y se alimenta
a una tolva 13 con un mineral portador de calcio tal como
10 cal, CaO , o dolomita, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. La mezcla fluye en sen-
tido descendente a través de un conducto 15 a una región
inferior de un primer lecho fluidificado 17. Gases calien-
tes en el margen de 538 a 871°C, que generalmente son de
naturaleza reductora, fluyen en sentido ascendente a tra-
15 vés de la placa distribuidora 5 y dentro de la mezcla, pro-
duciendo el primer lecho fluidificado 17 y secando el car-
bón. En el primer lecho fluidificado, la temperatura de los
gases desciende al margen de 93 a 316°C en el momento en
que éstos abandonan el secador. El carbón seco procedente
de la porción superior del primer lecho fluidificado 17 flu-
20 ye en sentido descendente a través de un conducto 19 a una
porción central de un segundo lecho fluidificado 21. Gases
calientes en el margen de 760 a 1093°C, que son de natura-
leza reductora, fluyen en sentido ascendente a través de
la placa distribuidora 5 y a través de la mezcla secada,
25 formando el segundo lecho fluidificado 21 en el cual el

1.12.72

409503



carbón seco es desvolatilizado y desulfurado. La desvolatilización del carbón es una reacción endotérmica, de manera que los gases salientes del segundo lecho fluidificado 21 salen a una temperatura dentro del margen de 538°C a 927°C. Debido a la atmósfera reductora, el azufre está predominantemente en la forma de sulfuro de hidrógeno, H₂S, y el H₂S reacciona con la cal, CaO, tal como se muestra en la siguiente ecuación: H₂S + CaO → H₂O + CaS:

El sulfuro de calcio CaS y el óxido de calcio CaO son más pesados que el carbón y tienden a desplazarse a la porción inferior del segundo lecho fluidificado 21, que está dividido en una porción superior o de baja velocidad y en una porción inferior o de alta velocidad, que en conjunto proporcionan la necesaria velocidad de fluidificación para separar CaS desde el carbón desvolatilizado. El CaS es retirado del lecho fluidificado a través de un conducto 13 que se extiende hacia abajo a través de la placa distribuidora 5.

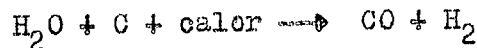
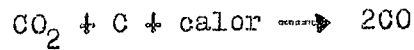
El carbón desvolatilizado y desulfurado es retirado de la porción superior del segundo lecho fluidificado 21 a través de un conducto 25 que transporta el carbón desvolatilizado y desulfurado hacia abajo a una porción inferior de un tercer lecho fluidificado 26, en el cual gases reductores calientes en el margen 815°C a 1.149°C son alimentados en sentido ascendente a través de la placa distribuidora 5,

1.12.72

400562



5 produciendo el tercer lecho fluidificado 26 y gasificando parcialmente el carbón desvolatilizado y desulfurado. Los gases calientes que fluyen en sentido ascendente a través del tercer lecho fluidificado son generalmente H₂O, H₂, N₂, CO₂ y CO, y a causa de las altas temperaturas tienen lugar las siguientes reacciones endotérmicas:



10 Carbón parcialmente gasificado procedente de la porción superior del tercer lecho fluidificado es alimentado a una porción inferior de un cuarto lecho fluidificado 27 a través de un conducto 29. Aire y vapor de agua se introducen dentro del recipiente 3 y fluyen en sentido ascendente formando el cuarto lecho fluidificado 27. Una porción superior o porción de baja velocidad trabaja en el margen de 815 a 1.149°C y coopera con una porción inferior o porción de alta velocidad que trabaja en el margen de 871 a 1260°C para quemar y/o gasificar todo el carbono existente en el carbón dejando una ceniza que es aglomerada a las altas temperaturas y tiende a fluir en sentido descendente dentro del cuarto lecho fluidificado y es retirada del recipiente 3 y del proceso.

20 Las partículas finas que fluyen con los gases salientes de cada recipiente son recogidas por los separadores de ciclón 7, 9 y 11 y son devueltas a la porción de

400523



combustión o de alta velocidad del cuarto lecho fluidificado 27, proporcionando un combustible ideal para esta porción del proceso.

5 Los gases salientes del secador o primer lecho fluidificado 17 son recirculados también a través del tercero y del cuarto lechos fluidificados 26 y 27, dado que estos gases contienen algo de azufre y la humedad allí contenida reduce la cantidad de vapor de agua que se añade al cuarto lecho fluidificado.

10 La porción de combustión o porción inferior del cuarto lecho fluidificado 27 es disminuida en sección transversal aumentando la velocidad de fluidificación con el fin de separar las cenizas aglomeradas más gruesas del coque de baja calidad o material en partículas carbonoso, más fino,
15 que queda después de que es gasificado el carbón. La porción superior o de velocidad inferior del cuarto lecho fluidificado 27 proporciona una zona de gasificación a alta temperatura en la que se logran elevados grados de transferencia de calor utilizando gases calientes así como una alta circulación interna de sólidos desde la porción de combustión
20 para calentar la porción superior o zona de gasificación del cuarto lecho fluidificado. El control de temperatura en la porción inferior o porción de combustión del cuarto lecho fluidificado se logra haciendo variar la proporción de aire/
25 vapor de agua que es alimentada al sistema y las velocidades

1409568



de recirculación de coque de baja calidad.

El flujo saliente del segundo lecho fluidificado es un combustible de bajo poder calorífico apropiado como combustible en una turbina de gas, o puede ser quemado en una caldera para producir vapor de agua. La temperatura del combustible saliente es tan elevada que éste se quemará espontáneamente cuando sea mezclado con una cantidad estequiométrica de aire.

La figura 2 muestra un sistema en el cual se gasifica carbón para proporcionar un combustible de bajo contenido de azufre, que es utilizado en una central de energía eléctrica de ciclo combinado que tiene turbinas de vapor de agua y turbinas de gas 41 y 43 respectivamente. El carbón es desulfurado y gasificado totalmente en un sistema que utiliza cinco recipientes 51, 52, 53, 54, y 55; cada recipiente contiene una placa distribuidora 57 dispuesta en el extremo inferior para formar una base para cada uno de los lechos fluidificados 61, 62, 63, 64 y 65 respectivamente.

La turbina de gas 43 comprende una porción de compresor 67, una cámara de combustión o combustora 69 y una porción de turbina 71. La turbina de gas propulsa un generador 73 directamente conectado con ella. Los gases de escape de la turbina de gas 43 fluyen en sentido ascendente a través de una caldera de recuperación de calor 75 que tiene una porción de sobrecalentador 77, una porción de caldera 79 con

409 568



un calderín de corriente 81 y una porción economizadora -
82.

5 Vapor de agua procedente de la caldera de re-
cuperación de calor 75 propulsa la turbina de vapor de -
agua 41, que está conectada directamente con otro genera-
dor 83. Un condensador 85, una bomba para condensado 86,
un calentador de desaireación 87 y una bomba de alimenta-
ción de caldera 88 están también asociados cooperativamente
10 con la caldera de recuperación de calor 75 y con la turbi-
na de vapor de agua 41.

Se introduce carbón en el sistema a través de
un triturador 90 que tritura el carbón hasta un grado de
finura previamente determinado. El carbón triturado es ali-
mentado a un secador que es alimentado con gases de escape
15 procedentes de la turbina 71 formando el primer lecho flui-
dificado 61. Carbón seco es transportado desde la porción
superior del primer lecho fluidificado 61 a la porción in-
ferior del segundo lecho fluidificado 62 a través del con-
ducto 91. Se suministra cal a la porción superior del segun-
do lecho fluidificado 62 a través del conducto 92, y gases
20 salientes en el margen de 538 a 871°C procedentes del ter-
cer lecho fluidificado 63 fluyen a través del conducto 93
y en sentido ascendente a través de la mezcla de carbón se-
co y de cal, formando el segundo lecho fluidificado 62 en
25 el cual tienen lugar la desvolatilización y la desulfura-

409568

13 040-1912

ción del carbón. Los gases de escape procedentes del segundo lecho fluidificado suministran el combustible desulfurado para la turbina de gas.

5 Cal y CaS son transportados desde la porción inferior del segundo lecho fluidificado 62 a la porción superior del tercer lecho fluidificado 63 a través del conducto 94, material en forma de partículas, generalmente carbón desvolatilizado, junto con algo de cal, son transportados por el conducto 95 desde la porción superior del

10 segundo lecho fluidificado 62 a la porción inferior del tercer lecho fluidificado 63, y material en forma de partículas, generalmente carbón desvolatilizado es transportado por el conducto 97 desde la porción superior del tercer lecho fluidificado a la porción inferior del segundo lecho

15 fluidificado. Gases salientes procedentes del cuarto lecho fluidificado 64, en el margen de 815 a 982°C son suministrados al tercer lecho fluidificado a través del conducto 99. Por ser el sulfuro de calcio, CaS, más pesado que el

20 carbón desvolatilizado y desulfurado, es retirado de la porción inferior del tercer lecho fluidificado 63 a través del conducto 101.

25 La porción inferior del tercer lecho fluidificado tiene un área de sección transversal menor que la del resto del lecho para proporcionar altas velocidades de fluidificación con el fin de ayudar a la separación de sulfuro

1.12.72

409568



de calcio desde el lecho.

Carbón desulfurado y desgasificado procedente de la porción superior del tercer lecho fluidificado 63 fluye a través del conducto 103 a la porción inferior del cuarto lecho fluidificado 64 y material en forma de partículas procedente de la porción superior del cuarto lecho fluidificado 64 fluye a través del conducto 105 a la porción inferior del tercer lecho fluidificado 63. Gases salientes, generalmente H_2O , H_2 , CO_2 , N_2 y CO , procedentes del quinto lecho fluidificado 65 y material en forma de partículas, generalmente coque de baja calidad, carbono y cenizas, procedente de la porción superior del quinto lecho fluidificado 65 fluye a través de los conductos 107 y 109, respectivamente, al cuarto lecho fluidificado 64. Los gases están en el margen de 927 a 1.149°C causando una gasificación parcial del material en forma de partículas formando el cuarto lecho fluidificado 64.

Material en forma de partículas generalmente coque de baja calidad, procedente de la porción inferior del cuarto lecho fluidificado 64, es suministrado a una porción intermedia del quinto lecho fluidificado 65 a través del conducto 111, y coque de baja calidad procedente de la porción superior del quinto lecho fluidificado 65 es recirculado a la porción inferior del quinto lecho fluidificado a través del conducto 113. Se suministra vapor de agua des-

1.12.72

409 508

13 DIC



de el calderín 81 de la caldera de recuperación de calor
a través del conducto 115 y se suministra aire desde el
compresor de la turbina de gas 71 a través del conducto
117. El aire y el vapor de agua fluyen en sentido ascendente
5 te a través del quinto lecho fluidificado 65 que tiene una
porción inferior, de alta velocidad, que posee una menor
área de sección transversal que la porción superior, la
cual tiene una sección transversal mayor y menor velocidad.
La combustión del coque de baja calidad tiene lugar en una
10 zona intermedia entre las porciones superior e inferior
del quinto lecho fluidificado proporcionando temperaturas
dentro del margen de 1.038-1260°C permitiendo que la ceniza,
que generalmente tiene elevado contenido de sílice, se aglo-
mera formando partículas pesadas y gruesas que tienden a
15 fluir en sentido descendente incluso aunque se mantenga una
alta velocidad en la porción inferior del quinto lecho flui-
dificado 65. La ceniza cede su calor al aire y al vapor de
agua entrantes, aumentando la eficacia y el rendimiento del
sistema.

20 Elevados grados de transferencia de calor a
la porción superior del quinto lecho fluidificado 65 se lo-
gran disponiendo una alta velocidad de circulación interna
para los sólidos procedentes de la zona de combustión. Se
logra un excelente control de temperatura en la zona de com-
25 bustión haciendo variar la proporción de vapor de agua/aire

1.12.72

409 505



y el coque de baja calidad recirculado a través del conducto 113. La alta temperatura de gasificación empleada en la porción superior del quinto lecho fluidificado 65 lo hace ser un gasificador parcial, actuando el cuarto lecho fluidificado 5
5
dificado 64 como una segunda etapa de gasificación que tiene la ventaja de que el lecho es hecho trabajar sin aire adicional a aproximadamente 871°C proporcionando una etapa de enfriamiento y aumentando el caudal de paso. El calentamiento del coque de baja calidad de modo gradual en dos etapas 10
10
acrecienta el rendimiento de gasificación proporcionando de este modo una gasificación completa del carbón con un volumen mínimo del reactor y un contenido máximo de calor por unidad de volumen de los gases combustibles.

En este sistema, partículas finas de carbón, que en otros sistemas no pueden ser utilizadas, son retiradas del gas combustible saliente mediante un separador de ciclón 119 y son suministradas a la porción inferior del quinto lecho fluidificado a través del conducto 121 proporcionando un combustible excelente para la zona de combustión y aglomeración. 15
15
20

Los gases de escape precedentes de la porción de secado pueden ser recirculados a través del quinto lecho fluidificado, suministrando algo del agua y del oxígeno al sistema, disminuyendo la cantidad de aire y de vapor de agua requeridos por el proceso. 25
25

409 568



5 Los gasificadores de etapas múltiples, tal como se han descrito anteriormente, permiten de modo ventajoso dosificar diversos flujos de sólidos y flujos de gas en contracorriente entre etapas para producir elevada utilización de masa y energía y proporcionar flexibilidad de trabajo con una amplia gama de combustibles y -
10 disminuir sustancialmente el contenido de azufre de los gases de escape de una central energética que es de funcionamiento económico y tiene un bajo costo inicial o de capital de inversión.

15 La presente solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, el día 11 de Enero de 1972, bajo el número 216.950, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

REIVINDICACIONES

20

Los puntos de invención propia y nueva, que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

25

1.12.72

- 15 -

Rey

409 508



1.- Un procedimiento para gasificar carbón en una pluralidad de lechos fluidificados a través de los cuales se conduce un flujo de gas en contracorriente con un flujo de carbón triturado introducido en un lecho de secado a través de un lecho de desvolatilización y gasificación a un lecho de combustión desde el cual se retiran las cenizas, caracterizado porque una porción de la corriente gaseosa es retirada del proceso antes de que esta corriente entre en el lecho de secado y la porción restante que pasa a través del lecho de secado es recirculada a través del lecho de gasificación y desvolatilización.

2.- Un procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se añade cal al carbón triturado para fluir con éste a través de los lechos fluidificados, con lo cual se forma sulfuro de calcio que es retirado del lecho de desvolatilización y gasificación.

3.- Un procedimiento según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque se retiran cenizas de la parte inferior del lecho de combustión.

4.- Un procedimiento según las reivindicaciones 1, 2 ó 3, caracterizado porque el carbón es primero desvolatilizado en un lecho separado desde el cual se retira sulfuro de calcio y luego es gasificado en un lecho fluidificado adicional.

5.- Un procedimiento según una cualquiera de

1.12.72

Rg

409568



las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la porción de la corriente gaseosa retirada del proceso es conducida a una turbina de gas que tiene un compresor, una cámara de combustión o combustora, y una porción de turbina que propulsa el compresor y un generador, de modo que los gases de escape de la turbina de gas están esencialmente libres de compuestos de azufre.

5
10
6.- Un procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque la operación de secar el carbón comprende hacer pasar una porción de los gases de escape procedentes de la turbina a través del carbón triturado.

15
7.- Un procedimiento según las reivindicaciones 5 ó 6, caracterizado porque el flujo de gas a través del lecho fluidificado consiste en aire comprimido procedente del compresor de la turbina.

8.- Un procedimiento para gasificar carbón.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

20
Esta Memoria consta de diecisiete hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 13 DIC. 1972

P.A.

Alberto de Etxezuru
Por Poder.



8.12.72

JGA./BDG

- 17 -

Reg



13 D

1409568

WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

1409568

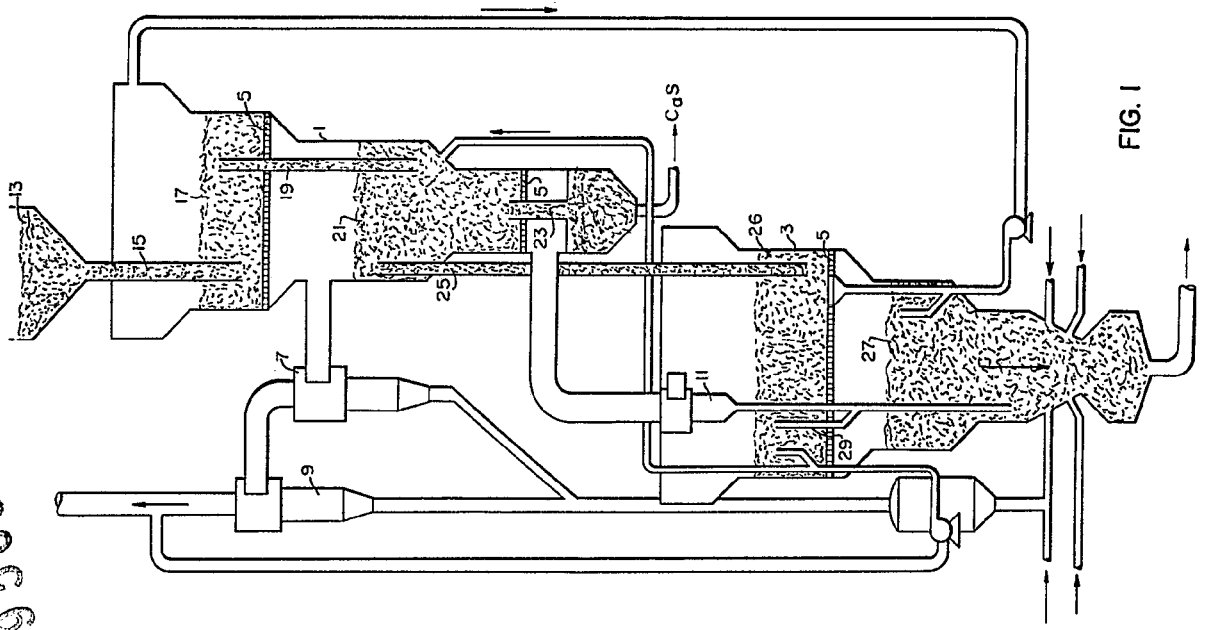


FIG. 1

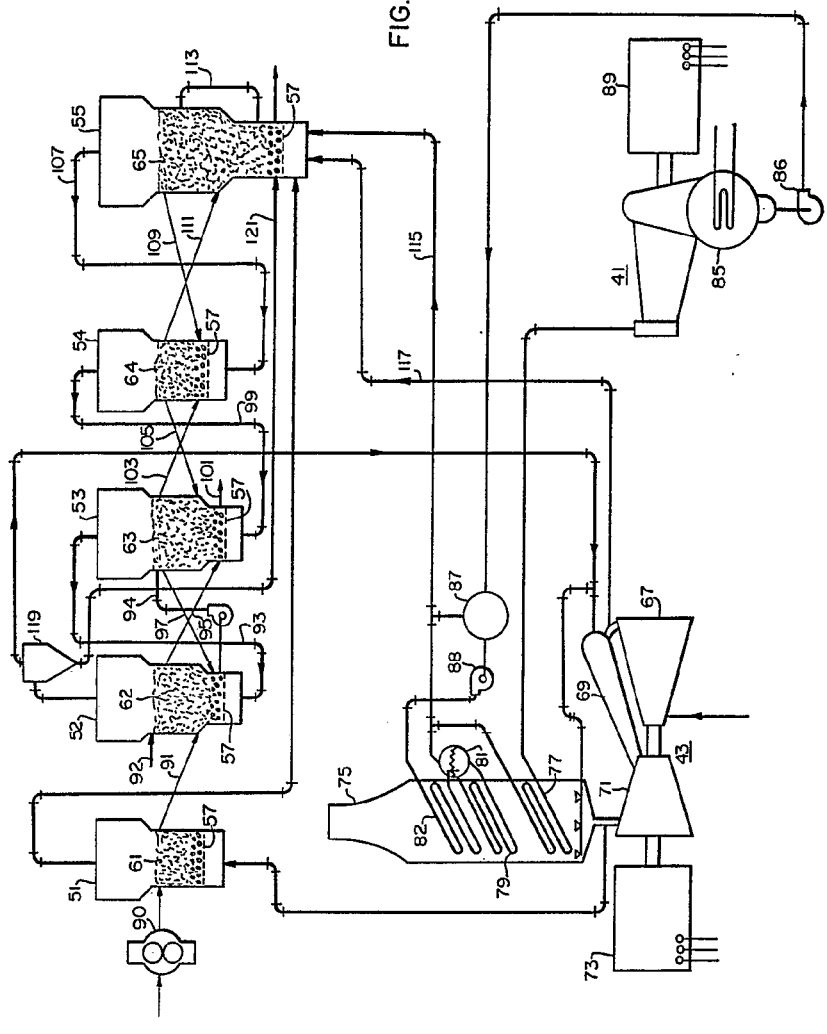


FIG. 2

Alberio de Fizzolara
 Per Fabbri

409568

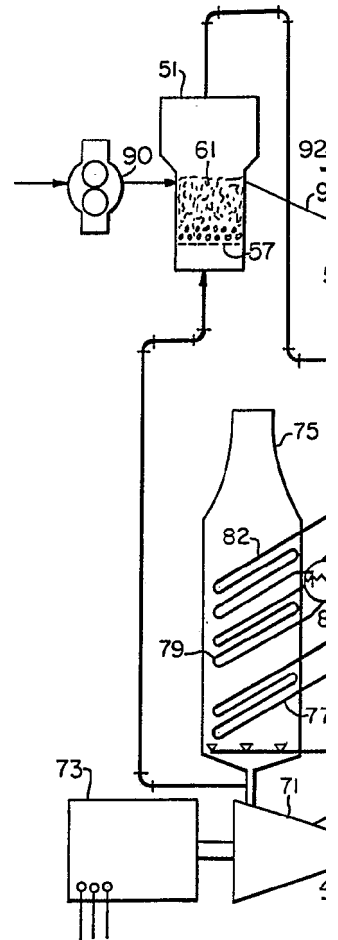
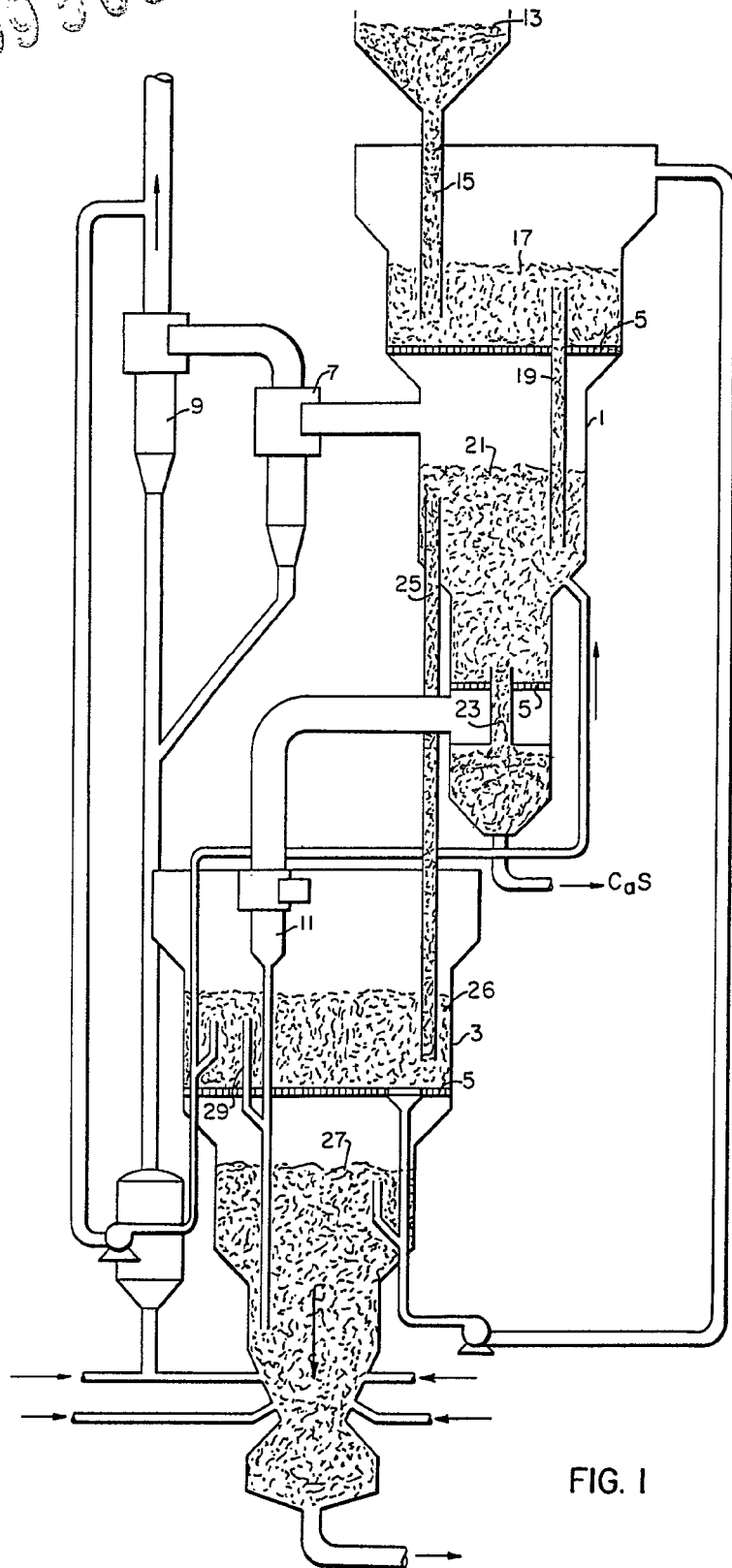


FIG. 1

13 D

409568

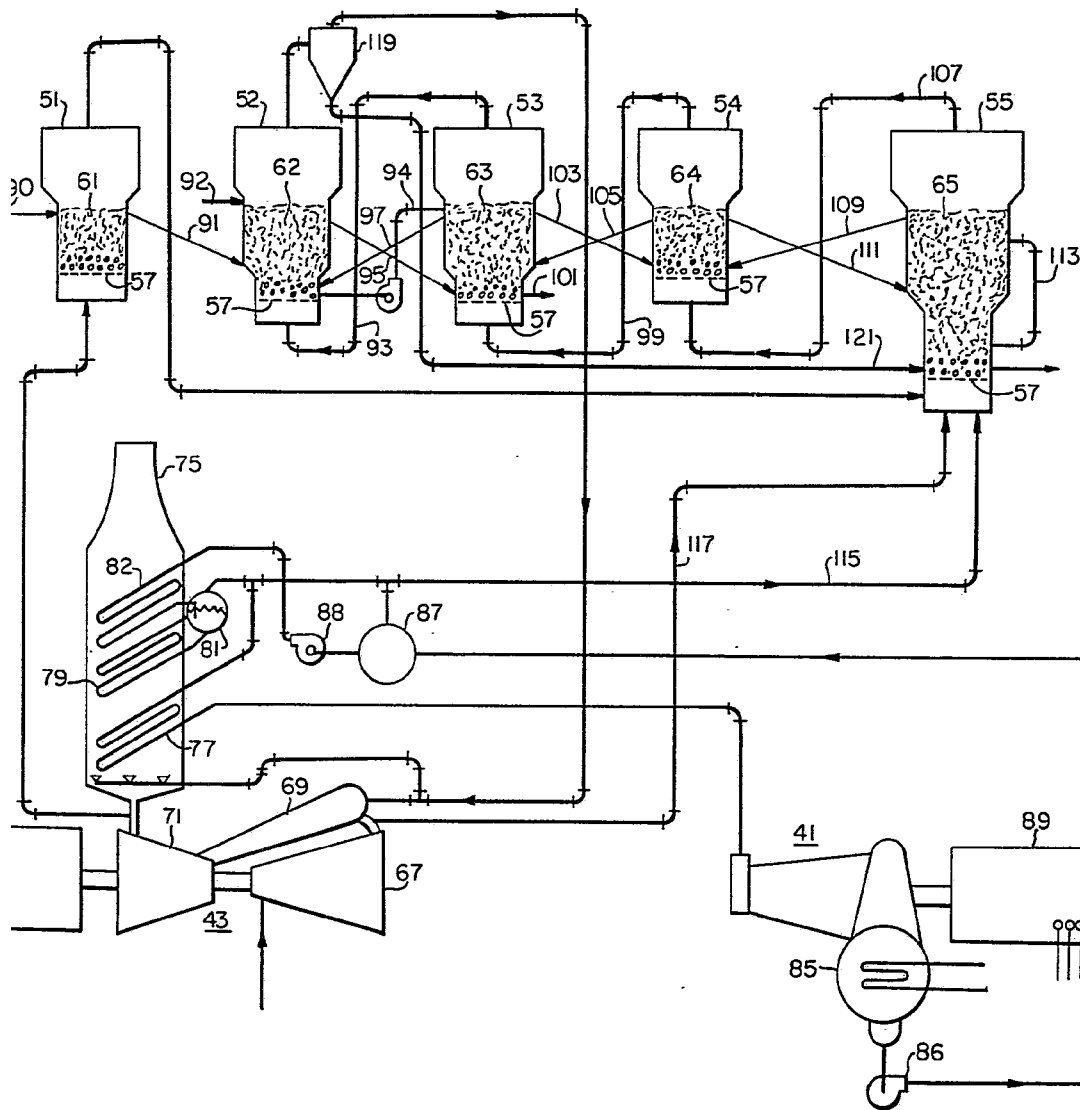


FIG. 2

Alberto de Fizezera
For Feeder