



Int. Cl.: BOLD

418006

PATENTE DE INVENCION

por 20 años

por "PROCEDIMIENTO PARA LA REDUCCION DEL DIOXIDO DE AZUFRE A AZUFRE", a favor de FOSTER WHEELER CORPORATION, de nacionalidad norteamericana, domiciliada en LIVINGSTON, New Jersey, U.S.A. - 110 South Orange Avenue.

=====

MEMORIA DESCRIPTIVA

Con las nuevas exigencias de control de la población atmosférica, se ha hecho necesario eliminar el dióxido de azufre de los gases de escape expulsados a la atmósfera. De acuerdo con ello, se han propuesto diferentes sistemas para convertir el dióxido de azufre en azufre, tales como la utilización del gas natural o de otros agentes aductores relativamente caros. De acuerdo con la presente invención, se utiliza carbón de contenido elevado de azufre como agente reductor. Esto ha proporcionado una doble ventaja, puesto que el carbón es mucho menos caro que el gas natural y otros agentes reductores y así mismo, se puede proporcionar utilidad al carbón de elevado contenido de azufre cuya demanda es actualmente muy reducida para la generación de potencia, en vista de las



fuertes exigencias en cuanto a polución atmosférica que se han promulgado en muchos países. La presente invención proporciona una significativa ventaja por la posibilidad de llevar a cabo la reducción del dióxido de azufre a tem

5. peraturas mucho más bajas que las que han sido posibles hasta el momento. Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, el dióxido de azufre, que normalmente se considera un agente polucionante, se puede utilizar económicamente para producir un producto útil tal como azu-

10. fre.

De acuerdo con las realizaciones ilustrativas que demuestran las características y ventajas de la presente invención, ésta consiste en un procedimiento para la reducción del dióxido de azufre que comprende el pro-

15. vocar el contacto de los gases que contienen dióxido de azufre con carbón granular en presencia de vapor de agua. De este modo, el dióxido de azufre se reduce a azufre y sulfuro de hidrógeno y el carbón queda oxidado.

La descripción abreviada anterior así como

20. otras finalidades de la invención y sus características, se apreciarán mejor con referencia a la descripción detallada siguiente de unas realizaciones que actualmente se consideran preferentes, pero solamente a título ilustrativo, de acuerdo con la presente invención, con rela-

25. ción a los dibujos adjuntos en los cuales:

La figura 1 es un esquema de flujo en la planta piloto para llevar a cabo el proceso de reducción de dióxido de azufre a azufre objeto de la presente Patente.

La figura 2 es una vista en alzado de un apa-

30. rato de utilización comercial para llevar a cabo el pro-



cedimiento de la presente invención.

Con referencia específicamente a los dibujos, se muestra en la figura 1 la planta piloto designada generalmente por el numeral -10- para llevar a cabo el procedimiento de reducción de dióxido de azufre a azufre. De acuerdo con ello, la planta piloto -10- comprende un sistema -12- de suministro de gas que comprende una fuente de nitrógeno -14- y una fuente de dióxido de azufre -16- en comunicación de flujo con un par de rotámetros -18- para medir la entrada de gas. Una tubería de suministro -20- queda conectada entre los rotámetros -18- y una cubeta humidificadora -22- que tiene una abertura de entrada -24- destinada a recibir la tubería de suministro -20-, una abertura central -26- para recibir el termómetro -28- y una abertura -30- para recibir una tubería de escape -32-. La cubeta humidificadora -22- queda dotada de un suministro de agua por medio de una tubería de entrada -34- y el agua se mantiene a una temperatura dada por medio de una camisa de calefacción -36-.

Para llevar a cabo el proceso de reducción objeto de la presente Patente se dispone una cuba de reacción -38- dotada de una abertura de entrada -40- para recibir una tubería de salida -32-. Una rejilla circular -42- queda montada a lo largo de la parte baja de la cuba -38- de reacción, para soportar un lecho de carbón granular -44-. Un calentador eléctrico anular -46- queda dispuesto exteriormente con respecto a la cuba -38- del reactor, y asimismo queda posicionado para rodear el lecho de carbón granulado -44-. El calentador eléctrico -46- se utiliza para mantener una temperatura por lo menos de



- 426°C (800°F) en el interior del lecho de carbón -44-. Un precalentador que se indica por las líneas de puntos -48-, se prolonga desde la parte alta de la cubeta humidificadora -22- a la entrada de la cuba de reacción -38- para
5. mantener la relación correcta humedad-temperatura. La temperatura del lecho de carbón -44- se obtiene por los termopares -50- y -52- conectados a un registrador de temperatura -54-. Se debe observar que es preferible que los termopares -50- y -52- queden situados respectivamente en
 10. la posición aproximadamente de una mitad a los tres cuartos de la distancia longitudinal del lecho de carbón -44- en la cuba de reacción -38-. La cubeta de reacción -38- está dotada de una abertura de salida -56- conectada a un dispositivo receptor de producto -58- que a su vez está
 15. conectado a la tubería de salida -60-. La tubería de salida -60- está dotada de una válvula -62- para hacer pasar el flujo a través de una aguja de inyección cromatográfica para analizar la composición del gas y una válvula -64-, para hacer pasar el flujo a un cilindro de desplazamiento calibrado para medir el volumen del gas de
 20. salida.

Así pues, de acuerdo con la presente invención, el procedimiento para la reducción de dióxido de azufre se lleva a cabo en la planta piloto -10-, haciendo pasar

25. los gases que contienen dióxido de azufre a través de la tubería -20- y hacia la cubeta humidificadora -22-. De este modo, los gases que contienen dióxido de azufre y vapor, que se forman en la cubeta humidificadora -22-, se hacen pasar por la tubería -32- hacia la cubeta de reac-
30. ción -38-, de forma que los gases que contienen dióxido



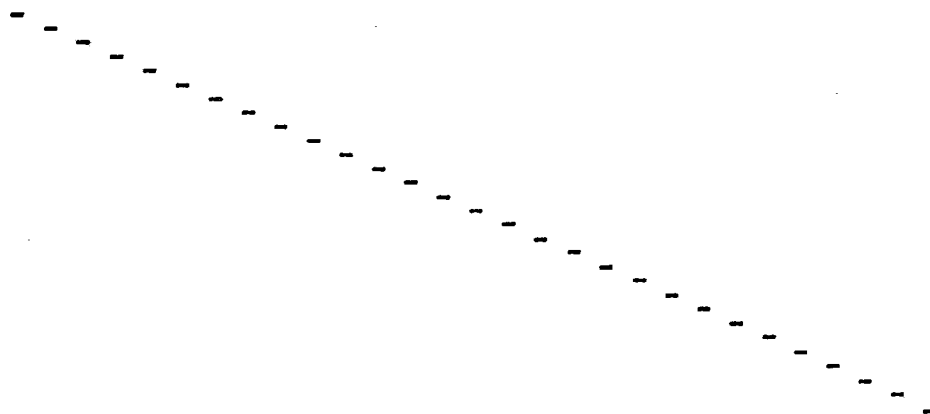
de azufre entran en contacto con el lecho de carbón granular -44- en presencia del vapor. De este modo, el dióxido de azufre queda reducido a azufre y sulfuro de hidrógeno mientras que el lecho de carbón -44- queda oxidado.

5. Haciendo referencia nuevamente a la figura 2, se muestra otra realización de la invención en que las partes correspondientes se han designado por los mismos numerales de referencia como piezas de una serie "100". En esta forma de la invención, se muestra una cuba de reacción -138- dotada de una entrada superior -140- conectada en comunicación de flujo con una válvula -142- y una tolva de carbón granular -144-. La cuba de reacción -138- está dotada de una salida inferior -154- y una válvula -156- posicionada directamente por encima de una tolva de cenizas -158-. Se debe comprender que el carbón en la cuba de reacción -138- no requiere ninguna fuente suplementaria de calor para mantener la temperatura mínima del carbón en el reactor, por lo menos de 426°C (800°F), como es el caso de la planta piloto -10-. Esto, debido al hecho de que el proceso continuo genera y mantiene la temperatura mínima requerida. En la figura 2 se muestra esquemáticamente un sistema -160- de alimentación de dióxido de azufre que puede adoptar la forma, o bien de un sistema de purificación en seco o un sistema de purificación en húmedo, de los cuales se conocen muchos tipos en la técnica. Asimismo, se muestra esquemáticamente una fuente de vapor -162- que se requiere de acuerdo con la presente invención. Una tubería de salida de azufre -164- con un enfriador adjunto -166- queda conectada en la base de la cuba de reacción -138- para eliminar el azufre.



El proceso continuo para la reducci3n de los gases que contienen di3xido de azufre de acuerdo con la presente invenci3n, comprende el hacer pasar el gas que contiene di3xido de azufre desde el sistema de purificaci3n -160- en presencia de vapor del generador -162-, hacia la cuba de reacci3n -138-. Un suministro continuo de carb3n granular de la tolva -144- se hace pasar hacia la cuba de reacci3n -138- para la reducci3n del di3xido de azufre, oxidando de esta manera el carb3n y formando cenizas. Las cenizas se eliminan continuamente del reactor -138- hacia la salida -158-. El flujo de entrada de carb3n de la tolva de suministro -144- y el flujo de salida de las cenizas se regulan por las v3lvulas de control -142- y -156- respectivamente, de forma que se utiliza una proporci3n relativamente alta de carb3n para la reducci3n del di3xido de azufre. Se comprender3 que la fuente de vapor -162- se requiere solamente cuando los gases de escape de sistema de eliminaci3n -160- de di3xido de azufre no contienen una cantidad de humedad suficiente para satisfacer las exigencias de la presente invenci3n.

En los ejemplos I y II, se proporciona una combinaci3n de datos conseguidos por el funcionamiento de la planta piloto -10-.



EJEMPLO I

CONDICIONES PARA LA PRODUCCION DE H₂S

<u>PRUEBA</u>	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>ALIMENTACION - Pies³/hora</u>								
SO ₂	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.169	0.169	0.254
N ₂	0.365	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.205
H ₂ O	0.210	0.157	0.273	0.460	0.430	0.349	0.372	0.368
TOTAL	0.685	0.567	0.683	0.870	0.840	0.818	0.841	0.827
<u>ALIMENTACION - % Moles húmedos</u>								
SO ₂	16.1	19.4	16.1	12.6	13.1	20.6	20.1	30.7
N ₂	53.2	52.9	43.9	34.5	35.7	36.6	35.7	24.8
H ₂ O	30.7	27.7	40.0	52.9	51.2	42.8	44.2	44.5
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100
<u>TEMPERATURAS en</u>								
1/3 lecho carbón-inmersión	1495	1480	1502	1435	1483	1504	1556	1545
2/3 lecho carbón-inmersión	1470	1470	1470	1420	1470	1475	1525	1525
1/2 lecho carbón-superficie	1510	1437	1454	1390	1433	1439	1510	1500
Relación molar H ₂ O/SO ₂	1.91	1.43	2.48	4.18	3.91	2.07	2.20	1.45
Gas producido - Pies ³ /hora	0.739	0.532	0.590	0.494	0.609	0.693	0.810	0.747
Expansión - Mol./Mol. (Gas seco)	1.556	1.298	1.439	1.205	1.485	1.478	1.727	1.627
Tiempo de contacto - segundos (volumen del gas de entrada y tubo abierto)	7.9	9.6	7.9	6.4	6.5	6.6	6.0	6.3
Tiempo de contacto - segundos (corregido por el consumo de carbón) ⁽⁸⁾	-	9.2	6.8	4.9	4.7	4.3	3.4	2.9
% de carbón consumido del lecho al final de cada prueba	-	7.9	19.5	26.0	30.6	40.3	47.5	61.2
-Acumulado								



EJEMPLO I (continuación)

PRUEBA	1	2	3	4	5	6	7	8
Análisis del gas - % Mol.								
N ₂	53.8	55.1	50.3	62.2	49.6	44.6	39.5	24.6
CO ₂	18.7	27.1	24.7	25.0	27.0	31.9	27.5	35.2
CO	0.7	3.3	1.8	2.0	1.4	2.7	1.7	4.8
H ₂ S	12.5	10.5	15.7	7.1	16.0	14.9	17.2	21.6
CS ₂	Nulo	0.6	0.5	0.3	0.2	0.8	0.1	0.8
SO ₂	Nulo	3.4	1.0	1.8	1.1	2.7	1.7	6.0
CO	5.7	Nulo	2.4	0.3	1.4	1.0	5.6	3.8
H ₂	8.6	Nulo	3.6	1.3	3.3	1.4	6.7	3.2
Azufre en el producto - gr/hora								
H ₂ S	3.54	2.14	3.55	1.34	3.73	3.95	5.33	6.18
CO ₂	0.20	0.67	0.41	0.38	0.33	0.72	0.53	1.37
CS ₂	Nulo	0.24	0.22	0.11	0.09	0.42	0.06	0.46
SO ₂	Nulo	0.69	0.23	0.34	0.26	0.72	0.53	1.72
Azufre sólido	0.27	1.04	ND	ND	ND	ND	ND	ND
TOTAL	4.01	4.78	4.41	2.17	4.41	5.81	6.45	9.73
Azufre de la alimentación - gr/hora								
	4.21	4.21	4.21	4.21	4.21	6.47	6.45	9.73
Equilibrio del nitrógeno								
	1.09	0.977	0.989	1.024	1.007	1.030	1.067	0.896
Consumo de carbón - gr/hora								
	2.66	2.37	2.49	1.96	2.62	3.62	4.06	4.78
Fracción de oxígeno recuperada del H ₂ O suministrada								
	0.495	0.777	0.396	0.122	0.323	0.479	0.522	0.467
Fracción de hidrógeno recuperada								
	0.743	0.356	0.417	0.090	0.273	0.324	0.520	0.503
Selectividad-Mol H ₂ S Producido								
	.840	.608	.892	.346	.944	.687	.900	0.772
Mol SO ₂ Consumido								
Conversión SO ₂ , %								
	100	83.6	94.6	91.9	93.9	88.9	91.9	82.4





EJEMPLO II

CONDICIONES PARA LA PRODUCCION DE AZUFRE

<u>PRUEBA</u>	1	2	3	4
ALIMENTACION - Pies ³ /hora a 60°F				
SO ₂	0.218	0.218	0.215	0.215
N ₂	0.435	0.435	0.438	0.438
H ₂ O	0.426	0.432	0.419	0.448
TOTAL	1.079	1.085	1.072	1.101
ALIMENTACION - % Moles húmedos				
SO ₂	20.2	20.1	20.0	19.5
N ₂	40.3	40.1	40.9	39.8
H ₂ O	39.5	39.8	39.1	40.7
TOTAL	100	100	100	100
TEMPERATURAS °F				
1/2 lecho carbón-inmersión	1206	1254	1275	1270
3/4 lecho carbón-inmersión	1150	1175	1180	1220
1/2 lecho carbón-superficie	1182	1225	1245	1258
Relación Molar H ₂ O/SO ₂	1.95	1.98	1.95	2.08
Gas producido - Pies ³ /hora a 60 °F	0.618	0.664	0.638	0.650
Tiempo de contacto - segundos (volumen del gas de entrada y tubo abierto) (corregido por el consumo de carbón)	6.7	6.2	5.9	5.1
% lecho de carbón consumido	27.9	32.6	37.8	44.9
Análisis del gas producido - % Mol.				
N ₂	70.1	67.4	68.7	69.2
CO ₂	15.7	25.7	27.7	23.7
CO _S	0.0	0.0	0.0	0.4
H ₂ S	0.7	2.6	3.6	1.0
CS ₂	0.0	0.0	0.0	0.0
SO ₂	13.5	4.3	0.0	5.7
CO ²	0.0	0.0	0.0	0.0
H ₂	0.0	0.0	0.0	0.0
Azufre en el producto - gr/hora				
H ₂ S	0.17	0.66	0.88	0.25
CO _S	0.0	0.0	0.0	0.10
CS ₂	0.0	0.0	0.0	0.0
SO ₂	3.19	1.09	0.0	1.42
Azufre sólido	4.99	6.60	7.35	6.46
TOTAL	8.35	8.35	8.23	8.23
Azufre del lecho - gr/hora	8.35	8.35	8.23	8.23
Equilibrio del nitrógeno	0.996	1.030	ND	1.027
Consumo de carbón - gr/hora				
Análisis del gas	1.39	2.45	2.54	2.25
Teórico de SO ₂ +C → CO ₂ +S = = 0,375 x (gr/hora, azufre)	1.87	2.48	2.76	2.42
Conversión SO ₂ , %	61.8	86.9	100	82.7
Selectividad - $\frac{\text{Mol S Producido}}{\text{Mol SO}_2 \text{ Consumido}}$	0.967	0.909	0.893	0.949

- 9 AGO. 1972



Se podrán introducir una gran cantidad de modificaciones y sustituciones en la materia dada a conocer en esta memoria y en algunos casos algunas de las características de la invención se podrán emplear sin el uso de las demás. De acuerdo con ello, las siguientes reivindicaciones tienen un sentido amplio, de acuerdo con las características de la invención y alcance de la misma.

N O T A.

Se reivindica como objeto de esta Patente de

10. Invención:

1.- Procedimiento para la reducción del dióxido de azufre a azufre, comprendiendo el contacto de los gases que contienen dióxido de azufre con carbón granular en presencia de vapor de agua, con lo que el dióxido de azufre queda reducido a azufre y sulfuro de hidrógeno y el carbón queda oxidado.

2.- Procedimiento para la reducción del dióxido de azufre a azufre, según la reivindicación 1, caracterizado porque los gases de escape entran en contacto con el carbón a una temperatura por lo menos de 426°C (800°F).

3.- Procedimiento para la reducción del dióxido de azufre a azufre, caracterizado por comprender las siguientes fases:

a) paso de los gases que contienen dióxido de azufre en presencia de vapor hacia una cuba de reacción.

b) transporte de un suministro continuo de carbón granular a través de dicha cuba de reacción, de forma que el dióxido de azufre queda reducido, oxidando por lo tanto dicho carbón de forma que se producen cenizas.

c) la denominación continua de dichas cenizas



- 9 AGO.



de la cuba mencionada.

- 4.- Procedimiento para la reducción del dióxido de azufre a azufre, según la reivindicación 3, caracterizado porque el flujo de entrada de carbón y el flujo
5. de salida de cenizas se regulan de forma que se utiliza una proporción relativamente alta de carbón para la reducción del dióxido de azufre.

Sean cuales fueren las circunstancias que concurran en la esencialidad de la Patente de Invención, de

10. finida en las anteriores reivindicaciones, cuyo objeto es:

5.- "PROCEDIMIENTO PARA LA REDUCCION DEL DIOXIDO DE AZUFRE A AZUFRE".

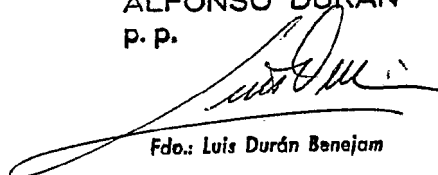
Consta la presente memoria de once hojas foliadas, mecanografiadas por una sola cara y de los dibujos

15. adjuntos.

Barcelona, - 9 AGO. 1973

P.A. de FOSTER WHEELER CORPORATION,

ALFONSO DURÁN
P. P.



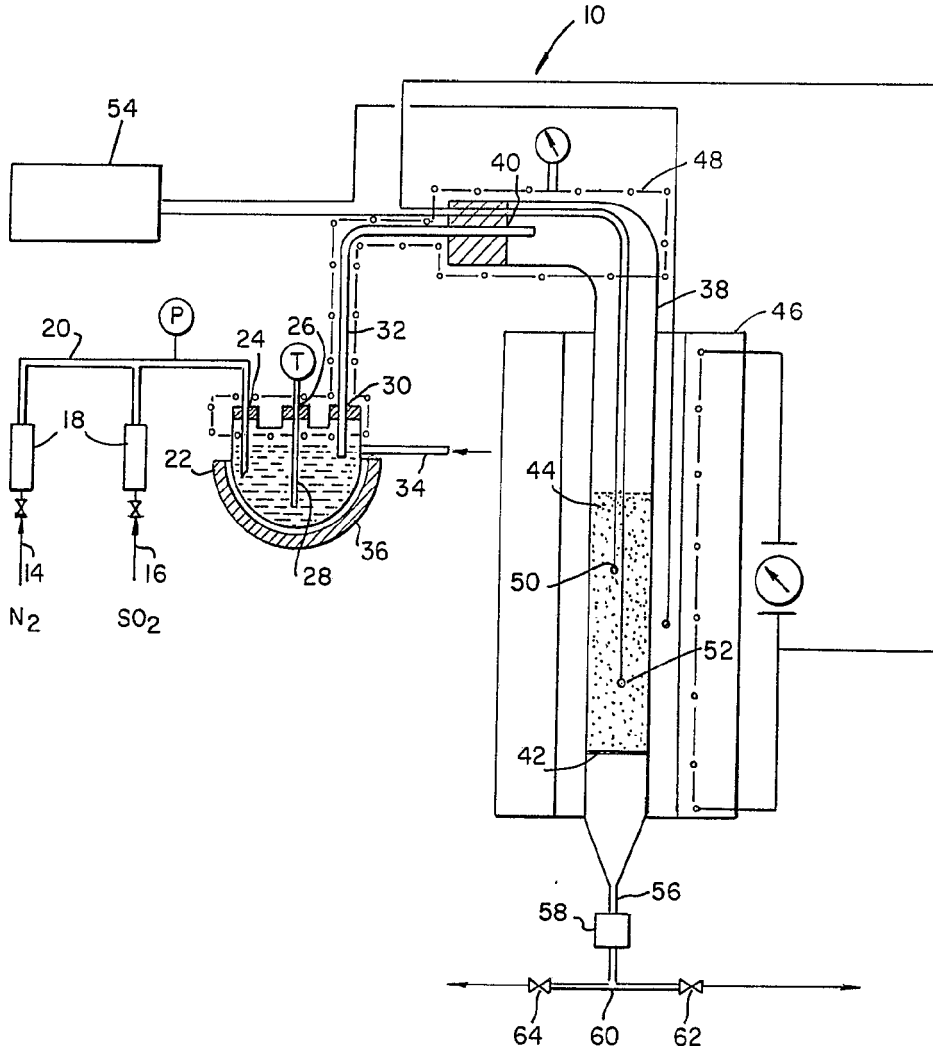
Fdo.: Luis Durán Benejam

JR/mo.





FIG. 1



BARCELONA, = 9 AGO. 1973
P.A.

ALFONSO DURÁN
P. P.

Alfonso Durán

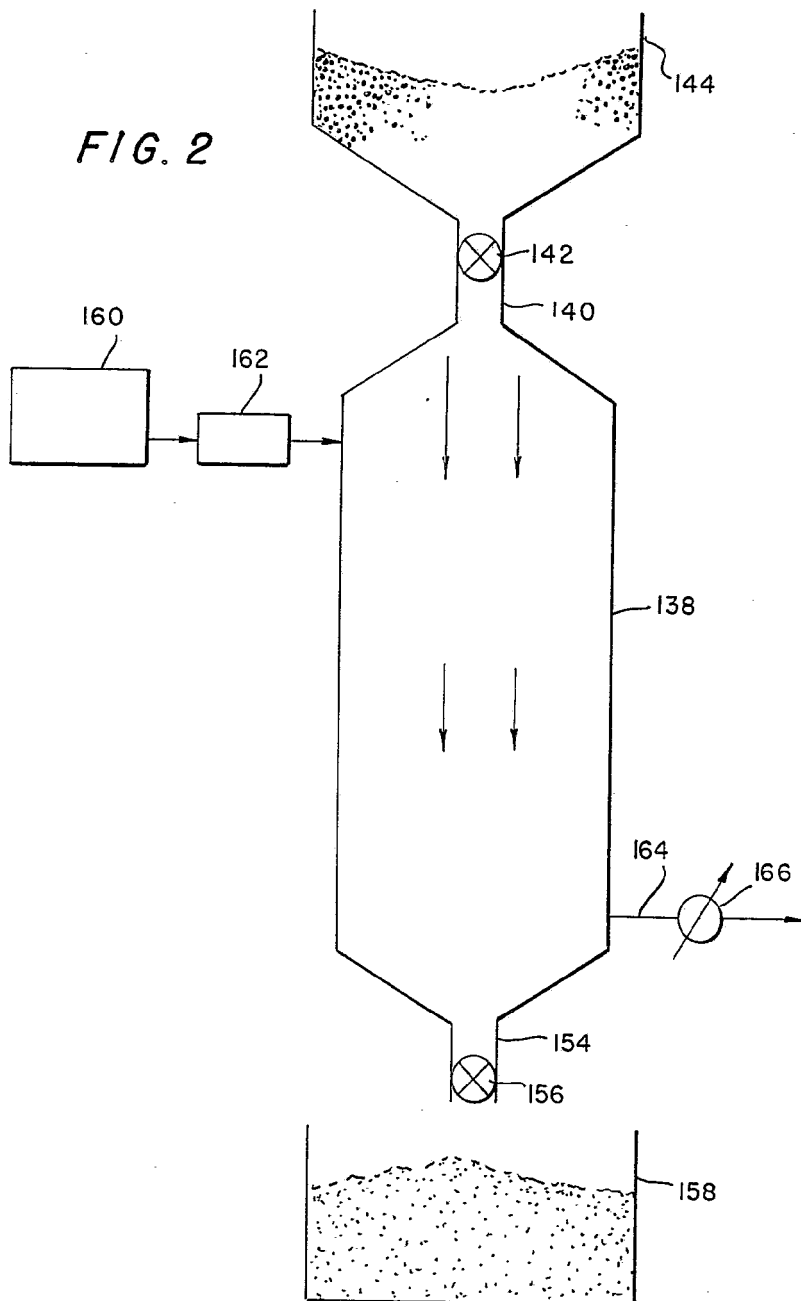
ESCALA VARIABLE

Fdo.: Luis Durán Benejam

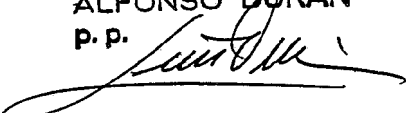
- 9 AGO. 1973



FIG. 2



BARCELONA, - 9 AGO. 1973
P.A.
ALFONSO DURÁN
p.p.



ESCALA VARIABLE