

336942

P.- 34.291

B. 1760.3 AT/MD



L 6

336942

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

d e

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

formulada el 17 de febrero de 1.967, con el N^o 336.942

e n

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, entidad francesa,
establecida en 29, rue de la Fédération, París, Francia, por:

"PROCEDIMIENTO DE MEDICION DE LA CANTIDAD DE GAS DE UNA MEZCLA BI-
FASICA EN CIRCULACION"

=====

El presente invento conjunto de Christian Chedeville,
Noël Lions y Marcel Rosso tiene por objeto un procedimiento de me-
dición del contenido de gas de una mezcla bifásica en circulación,
constituida por un líquido en el cual dicho gas está presente en es-
tado de burbujas, así como un dispositivo que permite la puesta en
práctica de este procedimiento o de cualquier procedimiento análogo.
Este procedimiento y este dispositivo están destinados especialmen-
te, aunque no exclusivamente, a la determinación de los pequeños
contenidos de gas inerte, argon, por ejemplo, contenidos en los re-
frigerantes líquidos, tales como el sodio líquido, utilizados en -

5

10



ciertos reactores nucleares.

El procedimiento según el invento recurre a las variaciones de la celeridad del sonido en la mezcla bifásica en función del contenido de gas.

5 Se sabe, en efecto, que la celeridad del sonido es influida directamente por la concentración de las partículas líquidas o sólidas en suspensión en un líquido, y especialmente, por la de las burbujas de gas. Se ha propuesto ya efectuar sobre esta base mediciones de concentración de las burbujas de gas. Sin embargo, las mediciones efectuadas según los procedimientos conocidos
10 siguen siendo siempre muy imprecisas, y se ha podido mostrar que esta imprecisión se debe al hecho de que no se tienen en cuenta la influencia de las dimensiones de las burbujas de gas.

 El invento tiene por objeto eliminar este inconveniente, permitiendo la de terminación, no solo de la celeridad del sonido en la mezcla bifásica, sino igualmente de las dimensiones medias de las burbujas de gas. Propone un procedimiento de medición del contenido de gas en una mezcla bifásica en circulación, constituida por un líquido en el cual dicho gas está presente en el estado
15 de burbujas, procedimiento que incluye la determinación de la celeridad del sonido en dicha mezcla, que se caracteriza por que esta determinación se efectúa bajo dos presiones estáticas diferentes, de donde se deduce el radio medio de las burbujas de gas y el contenido de los gases.
20

 El presente invento tiene igualmente por objeto un dispositivo de puesta en práctica de este procedimiento, que se caracteriza por que incluye: una conducción de circulación de la mezcla bifásica, de sección sensiblemente circular, y que presenta dos segmentos horizontales, medios para crear en dichos segmentos presiones estáticas diferentes, y medios de medición de la celeridad
25
30

- 2 - 336942



del sonido en la mezcla bifásica al nivel de cada uno de dichos segmentos.

El invento se comprenderá mejor por la lectura de la descripción siguiente, dada a título de ejemplo no limitativo. En esta descripción, los ejemplos cifrados conciernen mas particularmente a la aplicación del procedimiento según el invento a la determinación del contenido de argon presente en el estado de burbujas en agua o sodio líquido. Esta descripción se refiere a las figuras 1 a 4, en las cuales:

10 - Las figuras 1 y 2 representan las variaciones de la celeridad del sonido en la mezcla bifásica considerada en función del contenido de gas.

 - la figura 3 representa, en función del radio medio de las burbujas de gas, las variaciones de la diferencia entre las celeridades del sonido medidas bajo dos presiones estáticas diferentes;

 - la figura 4 ilustra un modo de realización particular del dispositivo según el invento utilizado para la medición del contenido de gas en un circuito de sodio líquido.

20 Si se considera una mezcla bifásica en circulación a una velocidad media U_m , estando constituida esta mezcla por un líquido que contiene un contenido en volumen α de gas en estado de burbujas que se suponen esféricas e independientes, se puede calcular la celeridad del sonido en esta mezcla en función del contenido de gas.

25 En los casos encontrados habitualmente (en particular en las instalaciones nucleares que incluyen sodio líquido en circulación susceptible de contener burbujas de gas inerte cuyo contenido se desea medir), la presión estática de la mezcla bifásica permanece pequeña, generalmente inferior a 10 bares, y practicamente-

336942



te el contenido de gas es siempre inferior al 50%.

En estas condiciones, y despreciando la solubilidad del gas en el líquido, se demuestra que la velocidad de propagación del sonido en la mezcla bifásica en circulación está dada por la ecuación (1) siguiente:

$$a \pm U_m = \sqrt{\frac{B_L}{\left[(1 - \alpha) \rho_L + \alpha \rho_G \right] \left[1 - \alpha + \frac{\alpha B_L}{P + \frac{4T}{3r}} \right]}} \quad (1)$$

Ecuación en la cual:

a es la celeridad del sonido en la mezcla que se supone en reposo,

U_m es la velocidad de circulación,

α es el contenido en volumen de gas en la mezcla,

ρ_L y ρ_G son las masas específicas del líquido y del gas, respectivamente, en las condiciones de temperatura y de presión consideradas,

B_L es la reciproca del coeficiente de compresibilidad del líquido;

P es la presión estática de la mezcla,

T es la tensión capilar en la intercara líquido-gas,

r es el radio medio equivalente de las burbujas de gas.

Se ve que para cada valor de la presión estática P , la celeridad del sonido es una función del contenido de gas α y del radio medio equivalente r de las burbujas. La superficie representativa de esta función puede ser definida por una red de curvas tal como la de la figura 1.

Las curvas trazadas en la figura 1 corresponden a



mezclas bifásicas agua argon, a la presión ordinaria $t = 20^{\circ}\text{C}$, para presiones $P = 2$ bares y $P = 1$ bar; están limitadas a $0 \leq \alpha \leq 50\%$. Conviene, sin embargo, subrayar que conforme a la ecuación (1), se obtendrían curvas de forma análoga por cualquier otra mezcla bifásica.

La figura 1 muestra que cuando el radio r de las burbujas aumenta, las curvas que corresponden, para una misma presión P , a radios r diferentes, se aproximan. En el caso particular considerado, llegan a estar sensiblemente confundidas si $r \geq 0,1$ mm.

Mas allá de este valor, la celeridad del sonido llega a ser practicamente independiente del radio de las burbujas. Hasta entonces, para una temperatura t dada, medir la presión estática P y la celeridad del sonido en la mezcla bifásica para deducir de ella el contenido de gas α .

Se puede comprobar además, refiriéndose a la ecuación (1), que si el radio r de las burbujas llega a ser suficientemente grande para que los fenómenos de tensión capilar en la intercara líquido-gas intervengan en la presión del gas en el seno de una burbuja, para una cantidad despreciable frente a la presión estática del gas, la ecuación (1) pasa a ser:

$$\underline{a} + \underline{U} = \sqrt{\frac{B_L}{(1-\alpha)_L + \alpha \rho_G \left(1 - \alpha + \frac{\alpha B_L}{P}\right)}} \quad (2)$$

Las curvas representativas de esta ecuación han sido trazadas en la figura 2 para presiones estáticas P de 1, 2 y 3 bares, en el caso de una mezcla bifásica agua-argon a la temperatura ordinaria de 20°C . Cuando el contenido de gas α permanece inferior a un valor máximo de 50% , estas curvas permiten determinar,

336942



sin ambigüedad, α si se conoce la presión P y la celeridad del sonido en la mezcla bifásica.

5 En el caso mas general en que $r < 0,1$ mm (correspondiendo este valor, dado a título de ejemplo, al caso de mezcla agua-argon a 20°C), es necesario determinar además, aproximadamente, el radio medio de las burbujas.

10 La figura 1 permite, por otra parte, definir otro valor particular del radio de las burbujas. Muestra, en efecto, que si el radio \underline{r} de las burbujas disminuye, las curvas que corresponden a valores diferentes de la presión P se aproximan. Si \underline{r} llega a ser inferior a un valor límite \underline{r}_m , igual en el caso particular considerado a 10^{-5} mm, aproximadamente, estas curvas están confundidas, es decir, que la velocidad del sonido es practicamente independiente de la presión estática.

15 A condición de limitarse a las regiones en que $\underline{r} > \underline{r}_m$, la figura 1 muestra que si los parámetros \underline{t} , U_m y P son fijos, corresponde a cada valor de la celeridad del sonido un valor del índice de gas α comprendido entre dos límites $\alpha(\underline{r}_\infty)$ y $\alpha(\underline{r}_m)$ y función del radio medio r de las burbujas. El valor $\alpha(\underline{r})$ corresponde a $r \geq 0,1$ mm. El valor $\alpha(\underline{r}_m)$ corresponde al valor límite \underline{r}_m definido anteriormente.

20 En cada caso particular, el radio medio de las burbujas \underline{r} puede estar situado con relación a \underline{r}_∞ y \underline{r}_m si se conocen las celeridades del sonido a_1 y a_2 en la mezcla bifásica a dos presiones estáticas diferentes P_1 y P_2 . Naturalmente, si a_1 y a_2 no son sensiblemente diferentes, es que $\underline{r} \ll \underline{r}_m$, pero \underline{r} no puede ser determinada mas precisamente.

30 Las curvas de la figura 3, establecidas por el cálculo en el caso de las mezclas agua-argon a 20°C , indican para diferentes valores de \underline{r} las variaciones de la diferencia $a_1 - a_2$ en

336942



función de a_1 para $P_1 = 2$ bares y $P_2 = 1$ bar.

Conforme a la descripción que precede, el procedimiento según el invento, aplicado a la medición del contenido de gas en las mezclas agua-argón consideradas, consiste, en el caso
5 mas general, en determinar para dos presiones estáticas P diferentes, la velocidad del sonido, la velocidad media de circulación de la mezcla U_m y la temperatura. En cada caso, la celeridad del sonido a se deduce de la medición de la suma o de la diferencia $a \pm U_m$ según que el sonido se propague en el sentido de la circulación
10 o en el sentido opuesto.

La red de curvas de la figura 3 ó una red análoga si t es diferente de 20°C) permite entonces, conociendo la diferencia $a_1 - a_2$ de las celeridades del sonido a las presiones elegidas, deducir el radio medio r de las burbujas de gas. La red de curvas
15 de la figura 1 permite luego determinar el contenido de gas α en función de r y a_1 (o a_2).

La figura 4 representa, a título de ejemplo, un modo de realización particular de un dispositivo que permite la puesta en práctica de este procedimiento. Este dispositivo está constituido por una conducción de sección circular, de pequeño diámetro,
20 en la cual circula la mezcla bifásica estudiada. Esta conducción, incluye dos segmentos horizontales 1 y 2 al nivel de los cuales se efectúan las mediciones. Estos dos segmentos están unidos por un tercero 3 que incluye una válvula 4 que permite crear una pérdida
25 de carga determinada entre los segmentos 1 y 2.

Unos termómetros no representados están colocados, por ejemplo, aguas arriba del primer segmento y aguas abajo del segundo. Permiten medir, respectivamente, las temperaturas t_1 y t_2 de la mezcla bifásica al nivel de cada uno de los segmentos o su promedio.
30 Un manómetro 6, que puede estar conectado a voluntad a cada

33941

6 MAR



uno de los segmentos, permite medir las presiones estáticas P_1 y P_2 . La velocidad de la mezcla en la conducción se deduce de las indicaciones de un caudalímetro 8.

5 Finalmente, para permitir medir la velocidad del
sonido en cada uno de los segmentos, estos están equipados con cap-
tadores piezoeléctricos 9 y 10 para el primer segmento, 11 y 12,
para el segundo. Unos impulsos de presión son comunicados a un
extremo de la conducción y las señales suministradas por cada par
de captadores piezoeléctricos son registradas en un osciloscopio
10 provisto de un aparato fotográfico (no representados). La medición
del desfase entre las señales proporcionadas por los captadores
9 y 10, por una parte, o por los captadores 11 y 12, por otra parte,
permite deducir la velocidad de propagación del sonido en el seg-
mento de conducción correspondiente.

15 En el caso particular de la figura 4, el dispositi-
vo descrito está conectado a las conducciones de aspiración 14 y de
impulsión 15 de una bomba mecánica 16 que transporta el sodio líquid-
o de un circuito de refrigerante de un reactor nuclear. La toma de
fluido se efectúa en la impulsión de la bomba, en el eje de la cir-
20 culación o en la parte superior del tubo horizontal.

El caudalímetro 8 utilizado es del tipo electromagné-
tico. Igualmente, el generador de impulsos de presión es una bom-
ba electromagnética 18.

25 Naturalmente, el invento no está limitado en absolu-
to a los ejemplos particulares descritos más arriba. Las redes de
curvas han sido dadas en el caso de mezcla agua-argón. Estableci-
das según un cálculo teórico, han sido comprobadas experimentalmen-
te. Sin embargo, curvas de forma análoga pueden ser establecidas
para cualquier otra mezcla bifásica.

30 La presente solicitud que corresponde a la presenta-

336942



da en Francia el 22 de Febrero de 1.966, bajo el número PV 50.486, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

5

N O T A

10 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:

15 1.- Procedimiento de medición de la cantidad de gas en una mezcla bifásica en circulación, constituida por un líquido en el cual dicho gas está presente en estado de burbujas, procedimiento que incluye la determinación de la celeridad del sonido en dicha mezcla, bajo dos presiones estáticas diferentes, de donde se deduce el radio medio de las burbujas de gas y el contenido de los gases.

20 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, que incluye, para cada una de dichas presiones, la determinación de la velocidad de propagación del sonido entre dos puntos determinados y la determinación de la velocidad media de circulación de la mezcla bifásica entre dichos puntos.

25 3.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, que incluye además la medición de la temperatura media de la mezcla bifásica.

30 4.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual el radio medio de las burbujas es determinado haciendo referencia a una red de curvas que representan, para diferentes valores del parámetro constituido por el radio



medio de las burbujas, las variaciones de la diferencia de las dos celeridades del sonido, medidas en función de una de estas celeridades.

5 5.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual el índice de gas se determina por referencia a curvas, establecidas por calibración o por el cálculo, que representan las variaciones de la celeridad del sonido en función del contenido de gas, para una presión y un radio medio de las burbujas determinadas.

10 6.- Dispositivo de medición del contenido de gas en una mezcla bifásica, que incluye una conducción de circulación de la mezcla bifásica, de sección sensiblemente circular, y que presenta dos segmentos horizontales, medios para crear en dichos segmentos presiones estáticas diferentes y medios de medición de la celeridad del sonido en la mezcla bifásica al nivel de cada uno de dichos segmentos,

15 7.- Dispositivo según la reivindicación 6, que incluye un órgano de pérdida de carga en dicha conducción, entre dichos segmentos.

20 8.- Procedimiento de medición de la cantidad de gas de una mezcla bifásica en circulación.

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

25 Esta Memoria consta de once hojas escritas a máqui-

336942

na por una sola cara.



Madrid,

P.A.

6 MAR 1967

Director de Elzabon
P.A. *[Handwritten signature]*

336942

- 11 -

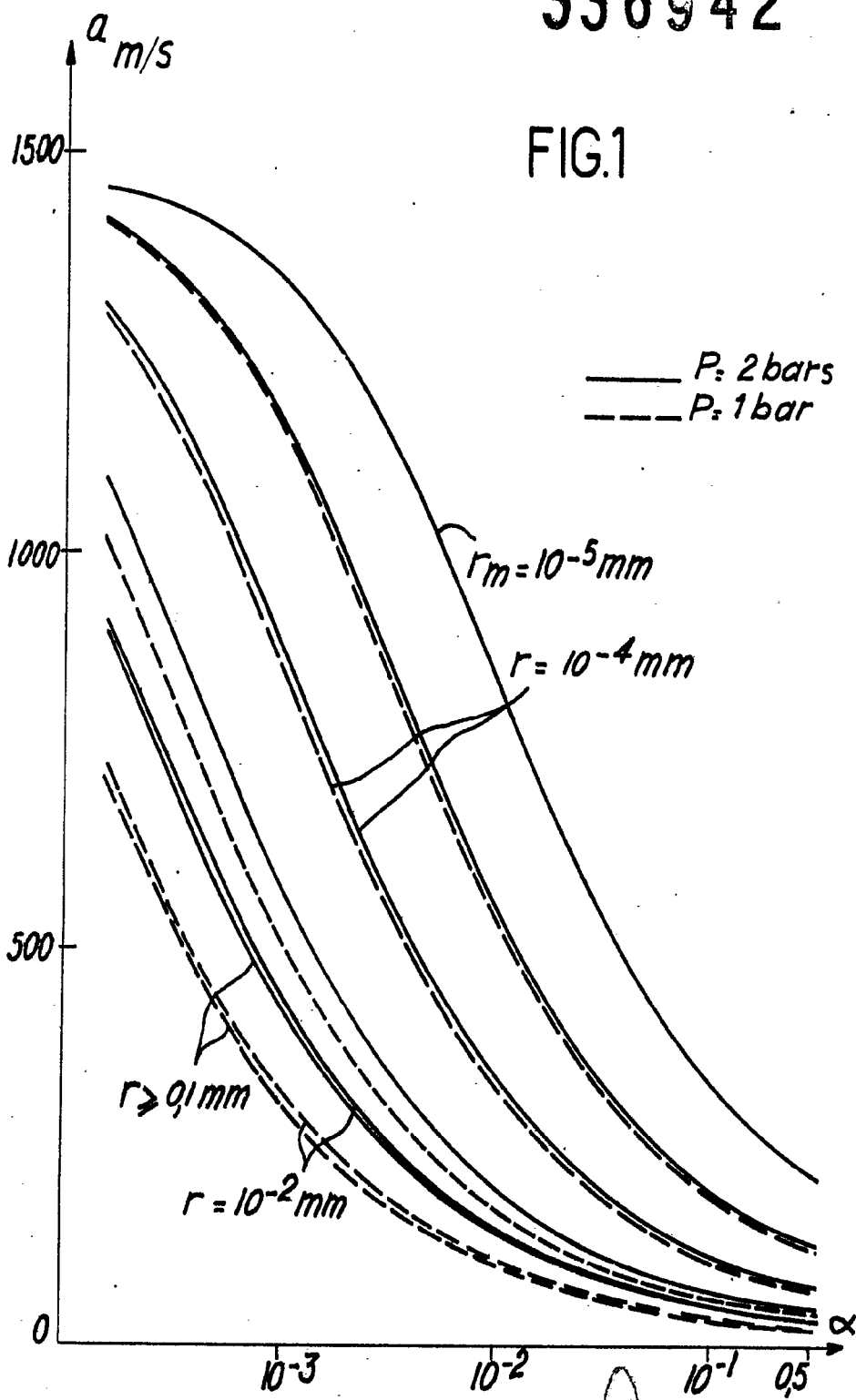
27.2.67

MGM/-

336942



FIG.1



[Handwritten signature]

336942

336942

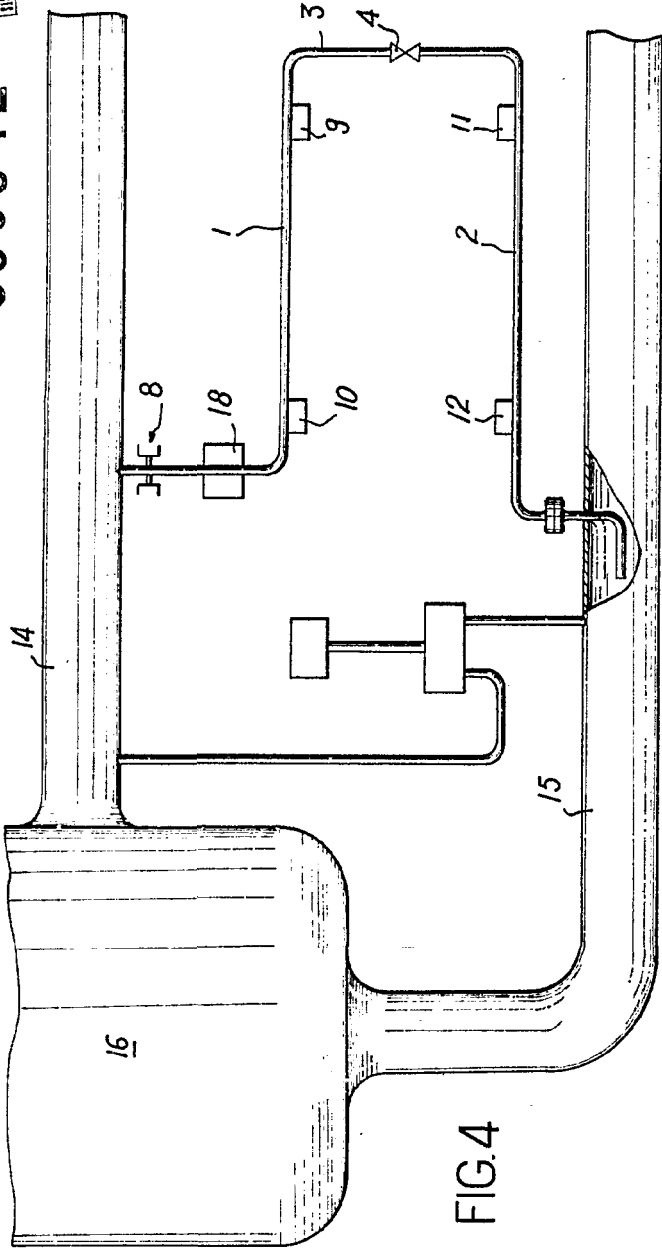


FIG. 4

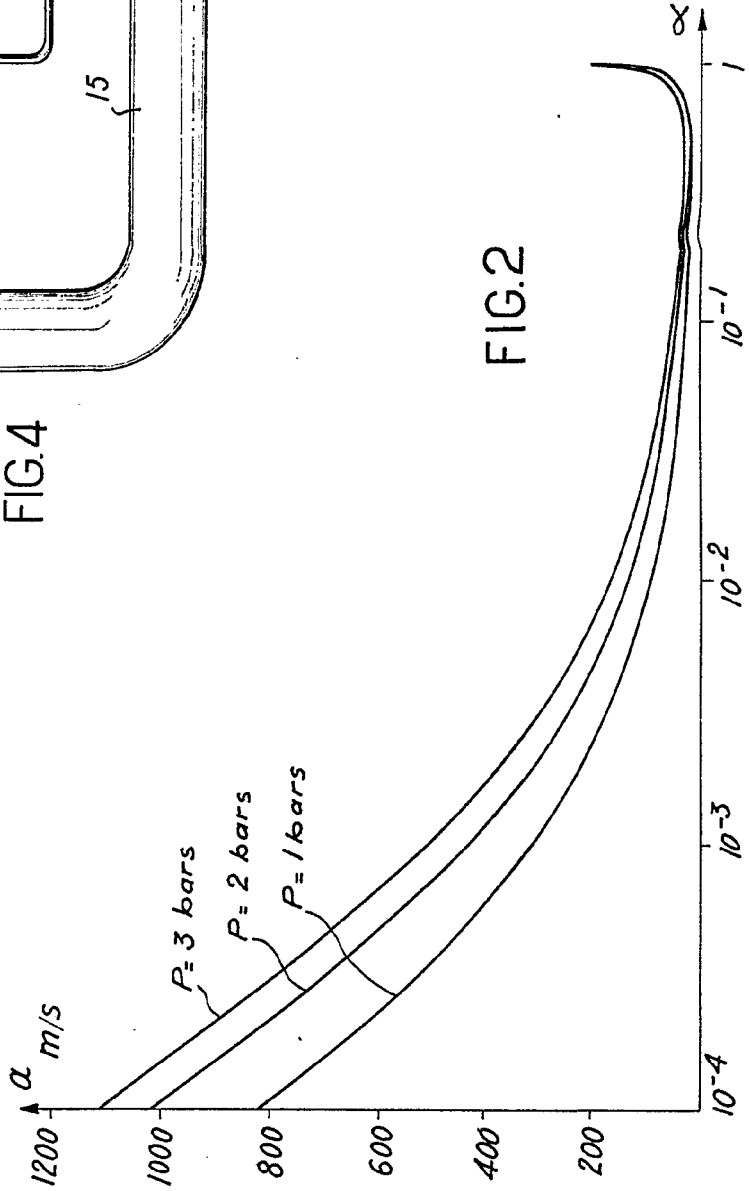


FIG. 2

Barber

336942

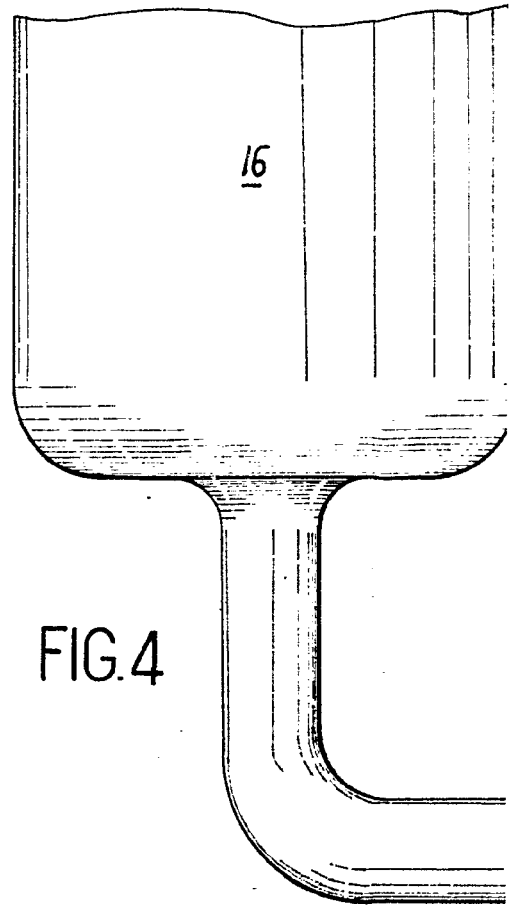


FIG.4

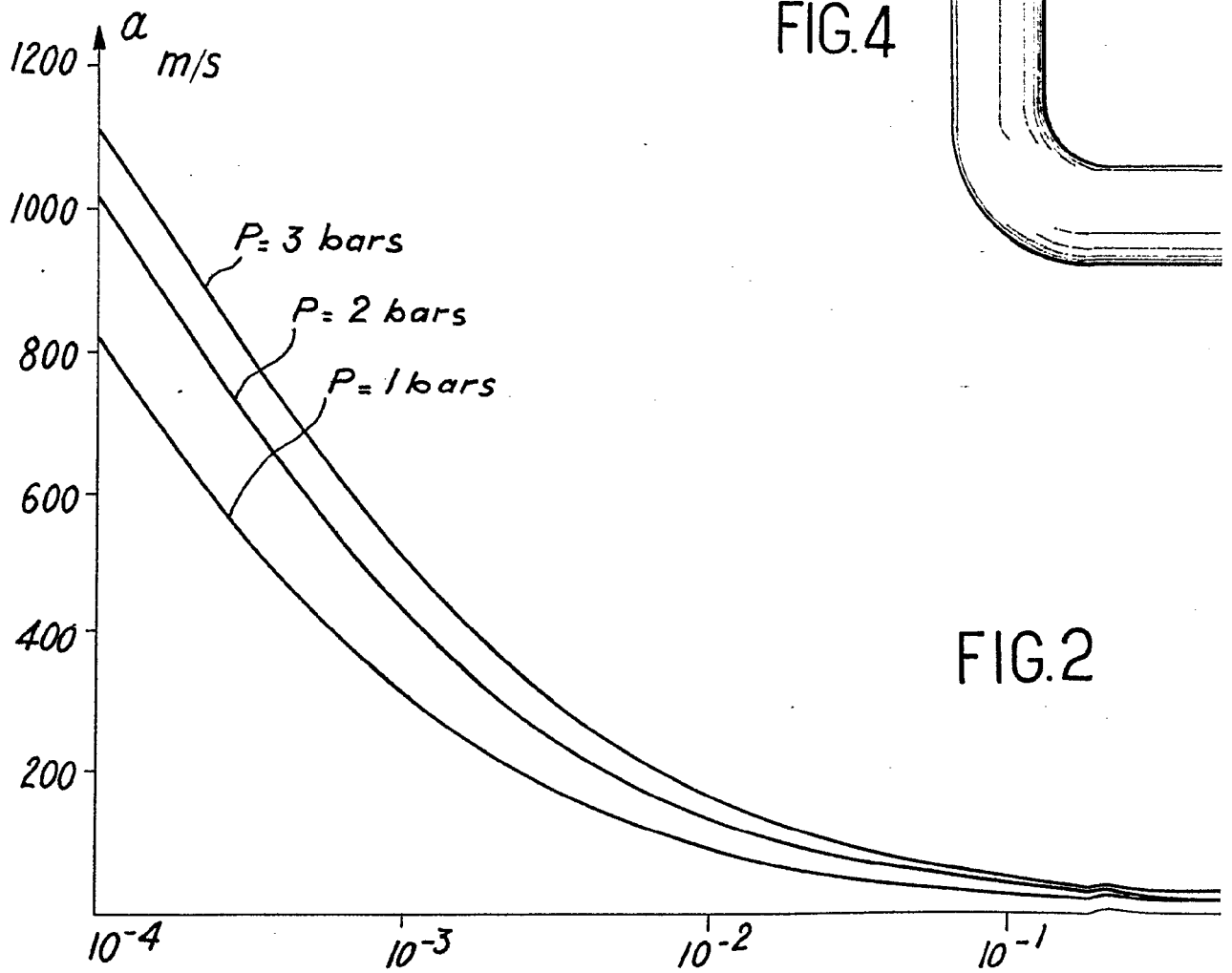
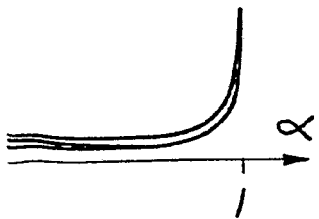
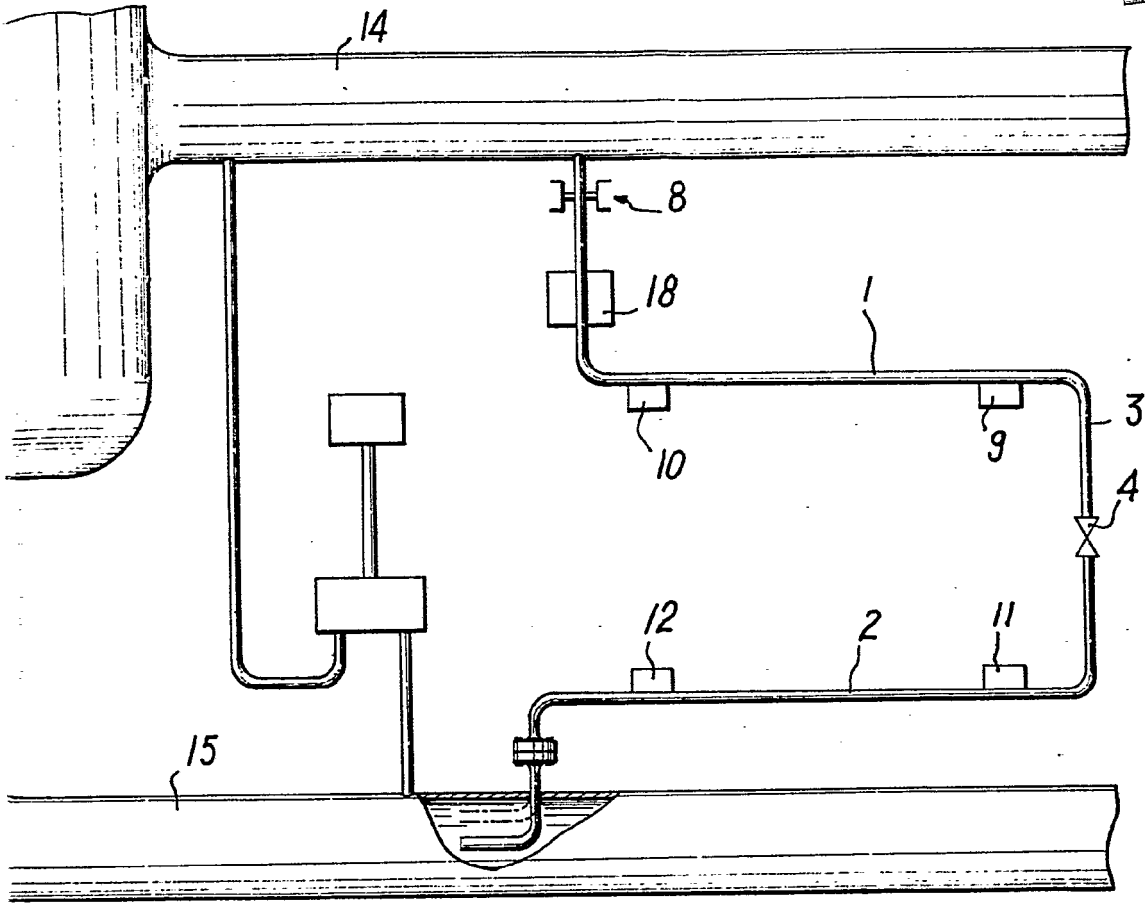


FIG.2

336942



Handwritten signature or name in cursive script.



336942

FIG. 3

