



10 ES	11	NUMERO	10 AI
	21		
	22	FECHA DE PRESENTACION	
			15-12-76

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES: 31 NUMERO	32 FECHA	33 PAIS
Ser 640.357	15 de diciembre de 1.975	EE.UU. de A.

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	52 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	G05D, C03C	

54 TITULO DE LA INVENCION
PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR EL REGIMEN DE GASTO MASICO DE UNA CORRIENTE DE VIDRIO FUNDIDO EN CAIDA LIBRE.

71 SOLICITANTE (S)
OWENS-CORNING FIBERGLAS CORPORATION

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
Fiberglas Tower, Toledo, Ohio 43659, EE.UU. de A.

72 INVENTOR (ES)
Robert Lee Houston

72 TITULAR (ES)

77 REPRESENTANTE
GOMEZ-ACEBO

La presente invención se refiere a un procedimiento para calcular el régimen de gasto másico de una corriente en caída libre de un fluido, por ejemplo, vidrio fundido, sin interrupción física ni perturbación del flujo de la corriente.

5 En un proceso normal de fabricación para la producción de lana de vidrio se alimenta vidrio fundido a través de orificios o casquillos de platino calentados por resistencia eléctrica, de aproximadamente 19,05 a 31,75 mm de diámetro y que puede caer libremente desde los mismos a un fibrizador de lana de vidrio. Los casquillos, uno por
10 fibrizador, se sitúan generalmente en una línea y a intervalos regulares a lo largo del suelo de un canal de abastecimiento del antecrisol. El régimen de gasto másico de vidrio fundido a través del casquillo, y finalmente a través de su fibrizador correspondiente, se regula normalmente variando la temperatura del casquillo con lo que se afecta al retardo viscoso que actúa sobre el vidrio según pasa a través del casqui-
15 llo.

Para mantener una calidad de producto apropiada, es necesario mantener un régimen de gasto másico dado de vidrio fundido a fibrizador. Dicho control es particularmente importante cuando una plurali-
20 dad de fibrizadores dispuestos en tandem cooperan para formar el producto final como ocurre en la fabricación normal de lana aislante de fibra de vidrio.

Con anterioridad a este invento, el régimen de gasto másico o caudal de una operación de formación de vidrio normal se ha calculado
25 por el método de "cangilón de recogida". Por este método la corriente de vidrio fundido que fluye desde el casquillo elevado hasta el fibrizador situado por debajo se interrumpe temporalmente introduciendo un cangilón de recogida en la corriente y recogiendo una parte de vidrio fundido determinada por tiempo. La parte se pesa entonces y se calcula
30 el régimen de gasto másico. Entonces se efectúa un ajuste manual de la

temperatura del casquillo para corregir el régimen de gasto másico.

Aunque el método del "cangilón de recogida" para la medición del caudal ha sido suficiente en el pasado, tiene varios inconvenientes. El método del "cangilón de recogida" exige muestrear la corriente de vidrio interrumpiendo su flujo y la producción del aparato formador abastecido por dicha corriente. Además como el gasto másico de una corriente descendente dada de vidrio fundido varia con la temperatura del vidrio dentro de dicha corriente, que puede variar a su vez a causa de condiciones variables del anticrisol, el método del "cangilón de recogida" ofrece datos de precisión tan solo durante el tiempo que dura el muestreo. Por lo tanto, el método de medición del vidrio fundido por el "cangilón de recogida" ofrece tan solo datos representativos. Tales datos representativos no son idóneos para un control automatizado de circuito cerrado del proceso de elaboración.

Aunque la modalidad específica del invento expuesto en la presente memoria emplea vidrio fundido como fluido, se comprenderá que los principios del invento pueden tener aplicación a otros fluidos distintos del vidrio fluido, en tanto que las suposiciones expuestas en la memoria tengan también aplicación.

Por medio del invento se pueden medir el régimen de gasto másico de una corriente fundida de vidrio, o cualquier otra corriente de fluido, que caiga libremente desde un orificio elevado, sin interrupción física ni estorbo de la corriente. Se desarrolla un modelo matemático que predica con éxito el régimen de gasto másico de vidrio fundido que exige dos mediciones del diámetro de la corriente de vidrio y la viscosidad de la corriente de fluido. No obstante, el modelo exige medir dos diámetros de la corriente separados a una distancia axial conocida y un cálculo de la viscosidad del fluido por término medio en el lugar de medición del diámetro. No obstante, cuando se aplica una corriente de vidrio fundido, se ha descubierto que la viscosidad del vidrio fun-

dido desconocida y de medición relativamente imposible, exigida por el modelo, se puede calcular aproximadamente por un valor de viscosidad "aguas arriba" determinada midiendo la temperatura del vidrio fundido "aguas arriba".

5 La temperatura de una corriente de vidrio fundido de caída libre ha demostrado guardar una relación directa con la temperatura de vidrio fundido antes de llegar al casquillo. Por ejemplo, en un proceso normal de fabricación de lana de vidrio cabe esperar que un aumento de 5,5°C en la temperatura del vidrio fundido "aguas arriba" de
10 por resultado un aumento de 5,5°C en el lugar de medición del diámetro de la corriente. Así, después de una calibración apropiada del modelo, se puede utilizar dicho lugar "aguas arriba" para "seguir" los cambios de temperatura (viscosidad) en la propia corriente de vidrio.

15 Una vez calibrado, el modelo se puede programar en un circuito cerrado de control para verificar y ajustar el régimen de gasto másico del vidrio fundido en una operación de formación del vidrio.

 La figura 1 ilustra una vista esquemática en alzado de un procedimiento normal para la producción de lana de vidrio.

20 La figura 2 ilustra el perfil de velocidad de la corriente con transición desde un flujo divimensional en el casquillo hasta un flujo monodimensional en la corriente.

 La figura 3 ilustra un diagrama de cuerpo libre de un elemento de la corriente de fluido.

25 La figura 4 presenta un diagrama de avences de las fases del programa de ordenador para resolver numéricamente la ecuación del momento.

 Las figuras 5 y 6 presentan un trazado de la solución numérica de las ecuaciones del momento.

30 La figura 7 presenta un trazado de datos experimentales empleados para comprobar la validez del modelo matemático.

La figura 8 ilustra un programa de control de circuito cerrado normal que incorpora los principios del invento.

DESCRIPCION DEL INVENTO

5 Revisión del procedimiento que incorpora los principios del invento.

10 La figura 1 representa un proceso de producción de fibra de vidrio normal para la fabricación de lana de vidrio, como material aislante, donde se puede emplear convenientemente el invento. La materia prima se formula y almacena en tolvas 10. Las materias primas formuladas o partida de material, se transportan desde la tolvas de almacenamiento 10, por cualquier medio apropiado 11, hasta el horno de fusión 12 y se cargan en el mismo en una proporción suficiente para mantener el régimen de gasto másico del vidrio fundido 13 que se extrae y se hace fluir a través del anticrisol de suministro 14 hasta las posiciones de formación 15 A,B y C. En el suelo del anticrisol de suministro 14, por cada posición de formación A,B y C, hay un casquillo o boquilla de platino 15, calentada por resistencia eléctrica, a través de la cual cae el vidrio fundido 13 libremente como una corriente fundida 16 hasta el aparato fibrizador 20, situado por debajo. El régimen de gasto másico de vidrio fundido a través del casquillo 15 se controlan normalmente variando la temperatura del casquillo, según se explicará más adelante.

25 La corriente fundida 16 es recibida normalmente por un dispositivo centrifugador 21 que proyecta corriente radiales de vidrio fundido a un chorro gaseoso anular transversal, dirigido normalmente en sentido ascendente hacia una cinta colectora de movimiento horizontal o cadena de formación 24. La corriente gaseosa anular atenúa las corrientes fundidas radiales de vidrio que salen de la centrifugadora 21 en un velo cilíndrico hueco 22 que fluye hacia las fibras atenuadas y se deposita las fibras atenuadas sobre la cadena de formación 24. Durante el 30 vuelo del velo de fibras 22 hacia la cadena formadora 24, una práctica

común consiste en tratar fibras fluidas con un material aglutinante pulverizado dicho material sobre el velo de fibras en movimiento desde boquillas pulverizadoras 23. A medida que se depositan los velos fibrosos 22 sobre la cadena de formación en traslación 24, se acumula un paquete de lana de vidrio sin curar 25 que comprende fibras de vidrio recubiertas con material aglutinante. El paquete de lana 25 se hace pasar entonces a través de un horno típico normal 26 donde el aglutinante se cura térmicamente. El paquete de lana de fibra de vidrio final se corta después en bloques 29 de longitud apropiada mediante un aparato cortador apropiado 27 y se embala un aparato de embalar apropiado, no ilustrado.

Dentro del proceso de formación de fibra de vidrio descrito, el invento se refiere específicamente a la corriente de caída libre de vidrio fundido 16 que fluye desde el casquillo calentado por resistencia 15 hasta el aparato fibrizador 20.

El régimen de gasto másico de vidrio fundido a través del casquillo 15, se ve afectado principalmente por el promedio de viscosidad del vidrio fundido, la carga del vidrio por encima del casquillo el tamaño de la abertura del casquillo, y la viscosidad específica o densidad relativa de la capa de vidrio fundido inmediatamente adyacente a la pared del casquillo. El promedio de viscosidad del vidrio fundido se ve afectado, a su vez, por dos variables principales (1) la composición química del vidrio, y (2) la temperatura del vidrio al entrar el casquillo. El vidrio es un fluido Newtonian y su viscosidad es muy sensible a la temperatura, siendo del orden del 1% de cambio en viscosidad por un 1-2% de cambio de temperatura. Por lo tanto, la temperatura de la pared del casquillo influye notablemente en la viscosidad de una capa de vidrio relativamente pequeña inmediatamente adyacente a la pared. Esto, a su vez, influye en el gradiente de velocidad en la pared del casquillo, y por lo tanto, el régimen de gasto másico de la corriente como un todo.

La figura 2 representa esquemáticamente una vista en sección transversal del vidrio fundido que fluye a través del casquillo 30 y que sale del mismo como una corriente en caída libre de vidrio fundido $\bar{1}$. Se representan los perfiles de velocidad normales de tres zonas: zona I, en el interior del casquillo, zona II inmediatamente después de la punta de salida del casquillo 32, y zona III varios diámetros de boquilla por debajo de la punta de salida del casquillo 32. El flujo en la zona I es laminar y presenta un retardo viscoso en la zona interfacial 33 entre el vidrio fundido y la pared del casquillo, que da por resultado el perfil de velocidad 34. Por debajo de la punta del casquillo 32 el retardo aerodinámico en la zona interfacial entre el vidrio fundido y la atmósfera 35 es imperceptible, permitiendo por lo tanto que el perfil de velocidad 36 experimente transición desde el perfil 34 hasta el perfil monodimensional uniforme 37 de la zona III. El componente de velocidad V_z de la zona III, se supone que depende solamente de la coordenada axial z , o expuesto matemáticamente, $V_z(z)$. Supondremos que cualquier componente de velocidad radial V_r es mucho menor que V_z o $V_r \ll V_z$. Se ha determinado que las condiciones del flujo de la zona III existen prácticamente a una distancia correspondiente a aproximadamente dos diámetros de boquilla más abajo de la punta de salida 32 del vidrio fundido.

El flujo en la zona III se caracteriza por tener una velocidad axial V_z , que depende de z solamente. Además, se cree que hay un componente de velocidad radial V_r , que está en función a la distancia radial y también a la distancia axial. No obstante, se considera que V_r es suficientemente pequeña en la zona III, por lo que las variables de flujos importantes se pueden suponer en función a la zona z solamente; o sea, las variables de flujo importantes se consideran como "monodimensionales".

Para describir el invento de una forma adicional se utilizan los símbo-

los matemáticos siguientes:

A - Area de la sección transversal de la corriente.

b - Constante, ecuación (21)

C_1 - Constante, ecuación (22a)

5 C_2 - Constante, ecuación (22)

d - Diámetro de la corriente del vidrio

g - Aceleración de vida a la gravedad

K - Constante de calibración

m_f - Régimen de gasto másico de la corriente

10 m_f) - Real-Régimen real de gasto másico de la corriente

(m_f) - Modelo-Régimen de gasto másico calculado

(m_f) - Cangilón de recogida-régimen de flujo másico del vidrio determinado de una forma manual

P - Presión

15 P_0 - Presión atmosférica

r - Distancia radial

s - Pendiente de la línea dada por la ecuación (29)

S_1 - Pendiente de la línea dada por la ecuación (21)

V_r - Componente radial de la velocidad de la corriente

20 V_z - Velocidad de la corriente axial

dV_z/dz - Gradiente de la velocidad axial

W - Velocidad de la corriente axial sin dimensión, definida por la ecuación (13) ó (17)

z - Distancia a lo largo del eje de la corriente

25 Δz - Distancia a lo largo del eje de la corriente

(Δz)_{max} - Distancia máxima entre las mediciones de diámetro definidas por la ecuación (28)

μ - Viscosidad dinámica

ξ - Distancia axial sin dimensiones, definida por la ecuación (14)

30 ρ - Densidad del vidrio fundido

\sqrt{zz} - Tensión normal en la dirección z

\sqrt{rr} - Tensión normal en la dirección radial.

Subfijos (variable solamente).

0,1,2 - Lugares sobre el eje de la corriente de vidrio a alturas fijas.

5 Ecuación diferencial gobernante.

Suponiendo un eje simétrico, flujo uniforme incompresible $V_z = V_z(z)$, y dejando a un lado los esfuerzos cortantes, tensión superficial y efectos de retardo aerodinámico, las fuerzas que actúan sobre un elemento definido de la corriente de vidrio fundido se presenta en la

10 figura 3. La referencia Z es el área en sección transversal circular de la corriente, ρ es la densidad, \sqrt{zz} es la tensión normal y P, es la presión atmosférica ambiente que actúa sobre la superficie libre de la corriente. Así, la ecuación del momento axial pasa a ser:

15

$$(1) \quad m_f \sqrt{V_z} (z) - m_f \sqrt{V_z} (z + \Delta z) + (\rho \bar{A} \Delta z) g - \sqrt{zz} A (z) + \sqrt{zz} A (z + \Delta z) - P_0 [A (z) - A (z + \Delta z)] = 0$$

donde la raya superior indica un valor promedio apropiado y m_f es el régimen de gasto másico del vidrio fundido. Dividiendo por Δz y reordenando los términos, se obtiene:

20

$$(2) \quad \frac{m_f \sqrt{V_z} (z + \Delta z) - m_f \sqrt{V_z} (z)}{\Delta z} = \frac{\sqrt{zz} A (z + \Delta z) - \sqrt{zz} A (z)}{\Delta z} + \frac{P_0 [A (z + \Delta z) - A (z)]}{\Delta z} + \rho \bar{A} g$$

en el límite como $\Delta z \rightarrow 0$:

$$m_f \frac{d \sqrt{V_z}}{d z} = \frac{d \sqrt{zz} A}{d z} + P_0 \frac{d A}{d z} + (\rho \bar{A}) g \quad (3)$$

25 y al recoger los términos:

$$m_f \frac{d V_z}{d z} = \frac{d [\overline{\sigma_{zz}} + P_o] A}{d z} + (\int A) g \quad (4)$$

el término (ilegible) en la ecuación del momento (4) representa la ten-
sión normal al area de sección transversal circular del elemento defi-
 nido 38 en la figura 3. Expresado en coordenadas cilíndricas, tiene la
 5 forma:

$$\overline{\sigma_{zz}} = -P + 2\mu \frac{d V_z}{d z} \quad (5)$$

La presión P se halla resolviendo la ecuación de continui-
 dad del componente de velocidad radial V_r :

$$V_r = -\frac{r}{2} \frac{d V_z}{d z} \quad (6)$$

10 y sustituyendo (6) en la ecuación de tensión radial:

$$\overline{\sigma_{rr}} = -P + 2\mu \frac{\partial V_r}{\partial r} \quad (7)$$

la ecuación (5) pasa a ser entonces:

$$\overline{\sigma_{zz}} = \overline{\sigma_{rr}} + 3\mu \frac{d V_z}{d z} \quad (8)$$

15 Suponiendo \ominus de la figura 3 sea pequeño como en la zona
 III de la figura 2, y suponiendo que el flujo de volumen radial del mo-
 mento y esfuerzos cortantes sea imperceptible, el equilibrio del momen-
 to radial se puede exponer como:

$$- P_o \sim \overline{\sigma_{rr}} \Big|_{r_o} \quad (9)$$

20 Suponiendo que $P=P(z)$, ecuación (9) se sustituye en la
 ecuación (8), se obtiene la tensión normal zz como:

$$\overline{\sigma_{zz}} = -P_o + 3\mu \frac{d V_z}{d z} \quad (10)$$

Sustituyendo $\overline{\sigma_{zz}}$ de la ecuación (10), y

$$A = \frac{m_f}{\int V_z} \quad (11)$$

reordenando y dividiendo el término m_f , la ecuación (4) da:

$$\int V_z \frac{d V_z}{d z} = 3 \mu V_z \frac{d}{V_z} \left(\frac{1}{V_z} \cdot \frac{d V_z}{d z} \right) + \int g \quad (12)$$

la ecuación (12) se puede hacer sin dimensiones definiendo:

$$W = \left(\frac{\int}{3 \mu g} \right)^{1/3} V_z \quad (13)$$

$$\xi = \left(\frac{\int}{3 \mu} \right)^{2/3} g^{1/3} z \quad (14)$$

Por lo tanto, la ecuación (12) se puede plantear como:

$$W \frac{d W}{d \xi} = W \frac{d}{d \xi} \left(\frac{1}{W} \frac{d W}{d \xi} \right) + 1 \quad (15)$$

Expresando la ecuación (15) con virgullitas que indican la diferenciación con respecto a ξ tenemos:

$$W'' = \frac{(W')^2}{W} + W W' - 1 \quad (16)$$

No obstante, la ecuación (16) está en función a V_z según se verá por la ecuación (13). Definiendo A de la ecuación (11) en función al diámetro d, resolviendo V_z y sustituyendo en la ecuación (13) pasa a ser:

$$W = \left(\frac{\int}{3 \mu g} \right)^{1/3} \frac{4 m_f}{\pi d^2 \int} \quad (17)$$

Por consiguiente, la variable dependiente W se puede expresar en términos de V_z por la ecuación (13) o en términos de d por la ecuación (17).

Una solución numérica a la ecuación (16) se ha obtenido programando el ordenador el método de expansión de Taylor. Para

la fase inicial, ξ se establece igual a 60 y se elige un valor de ensayo para W. La solución numérica prosigue entonces a partir del valor inicial con fases retrospectivas. El proceso de iteración ajusta el valor inicial de W hasta que la solución pasa a través de una ventanilla
5 cerca de $\xi = 0$ y $W = 0$. La figura 4, representa el diagrama de flujo del programa del ordenador empleado para la solución numérica. La figura 5 presenta la solución numérica obtenida por el programa del ordenador.

Como el diámetro de la corriente d es la variable
10 dependiente medible y no V_z , la solución numérica de la figura 5, se considera que define la relación entre el diámetro d y la distancia axial con ρ, μ y m_f como parámetros. El régimen de gasto másico m_f es la cantidad desconocida deseada. Por lo tanto, si el diámetro de la corriente se puede medir a una z conocida, el régimen de gasto másico se
15 puede obtener directamente a partir de la figura 5. Desgraciadamente, la z de la figura 5 no se mide a partir de ningún punto físicamente identificable sobre el eje de la corriente de vidrio, sino que se mide a partir del punto donde d es infinita (o V_z cero).

Para un ρ, μ, g , dado la solución numérica presentando en la figura 5 da $V_z = f(z)$. Esto exige que la velocidad sea
20 independiente del régimen de gasto másico. No obstante en el caso real, la velocidad a una distancia dada a partir de la punta se determina por la velocidad inicial de la corriente a partir de la punta más la aceleración de cada libre. A medida que varía el régimen de gasto másico, la
25 velocidad inicial variará correspondientemente, haciendo que varíe la velocidad en el lugar dado. Así, para el caso real, el punto $z=0$ flota debido a la variación del régimen de gasto másico, resultando imposible el determinar el régimen de gasto másico utilizando una sola medición de diámetro.

30 La incertidumbre del lugar $z=0$ se puede eliminar mi

diendo dos diámetros de la corriente a una distancia de separación conocida Δz . Así, en vista de la solución numérica presentada en la figura 5, tenemos dos ecuaciones y dos incógnitas

$$m_f = F (z, d, \rho, \mu, g) \quad (18)$$

$$m_f = F (z + \Delta z, d_2, \rho, \mu, g) \quad (19)$$

Si, ρ , μ , y g son cantidades conocidas y z se elimina de las ecuaciones (18) y (19) tenemos:

$$m_f = F (\Delta z, d_1, d_2, \mu) \quad (20)$$

Aproximación a la Solución Numérica

Si se examina cuidadosamente la figura 6, se verá que para $0,2 \leq W \leq 0,6$ una línea recta se aproxima razonablemente a la solución numérica. Por lo tanto,

$$W = S_1 \xi + b \quad (21)$$

donde S_1 es la pendiente de la aproximación lineal. Este valor hallado por el método de mínimos cuadráticos es 0,57. Sustituyendo W y ξ y recordando los términos,

$$m_f = C_1 d^2 \mu^{-1/3} z - C_2 \mu^{1/3} d^2 \quad (22)$$

donde

$$C_1 = \frac{\pi \rho}{4} \left(\frac{3g}{\rho} \right)^{1/3} \left(\frac{\rho}{3} \right)^{2/3} g^{1/3} S_1 \quad (22a)$$

Si un diámetro en un lugar apropiado sobre el eje de la corriente de vidrio se designa como d_0 a $z=z_0$, y el diámetro en cualquier distancia Δz a la salida de $z=z_0$ se establece como d , la ecuación (22) produce dos ecuaciones:

$$m_f = C_1 d_0^2 \mu^{-1/3} z - C_2 \mu^{1/3} d_0^2 \quad (23)$$

$$m_f = c_1 d^2 \mu^{-1/3} (z_0 + \Delta z) - c_2 \mu^{1/3} d^2 \quad (24)$$

Eliminando z_0 de las ecuaciones (23) y (24) se obtiene:

$$m_f = \frac{c_1 d^2 d_0 \mu^{-1/3} \Delta z}{d_0^2 - d^2} \quad (25)$$

5 Es necesario tener la seguridad de que los diámetros medidos sobre la corriente de vidrio se toman solamente en aquellos lugares sobre el eje de la corriente de vidrio dentro del dominio de la aproximación lineal. Este dominio se puede definir de dos modos. En primer lugar empleando la escala $0,2 \leq W \leq 0,6$ y sustituyendo el valor de W de la ecuación (17)

$$0,2 \leq \left(\frac{\rho}{3 \mu g} \right)^{1/3} \frac{4 m_f}{\pi d^2 \rho} \leq 0,6 \quad (26)$$

La segunda especificación de dominio se puede hallar a partir de los valores de ξ que corresponden a $0,2 \leq W \leq 0,6$, o sea, $0,65 \leq \xi \leq 1,4$. Sustituyendo la expresión de ξ de la ecuación (14)

$$0,65 \leq \left(\frac{\rho}{3 \mu} \right)^{2/3} g^{1/3} z \leq 1,4 \quad (27)$$

Según se ha ilustrado, z no es una variable que se pueda medir. No obstante, la diferencia de los valores máximo y mínimo de z , dada por la ecuación (27), se puede medir y es útil.

Esta distancia máxima $(\Delta z)_{\max}$ es entonces:

$$(\Delta z)_{\max} = 0,75 \left(\frac{3 \mu}{\rho} \right)^{2/3} g^{-1/3} \quad (28)$$

Verificación Experimental del Modelo

Las suposiciones implícitas del desarrollo del modelo son que la corriente de vidrio fundido es suficientemente isotérmica dentro de una región axial dada donde el modelo descrito por la ecuación (16) tiene aplicación. Suponemos además que se puede hallar una región sobre

el eje z donde sea posible la aproximación en línea recta a la solución numérica de la ecuación (16).

Reordenando la ecuación (25) en una forma de línea recta, se obtiene:

5
$$\frac{1}{d^2} = \frac{C_1}{m_f \mu^{1/3}} \Delta z + \frac{1}{d_0^2} \quad (29)$$

Por lo tanto, si las suposiciones son razonables, el trazado de $1/d^2$ contra Δz sería una línea recta, y la pendiente de dicha línea s, se relacionaría con el régimen de gasto másico:

$$s = \frac{C_1}{m_f \mu^{1/3}} \quad (30)$$

10 Aplicando las ecuaciones (26) y (22) al proceso de la figura 1, se supone una densidad de vidrio fundido de 2,48 gramos/cc representativa del vidrio utilizado en la fabricación de lana de vidrio aislante. Además, una gama de régimen de gasto másico representativo de 125 gramos/segundo a 170 gramos/segundo y una viscosidad de vidrio fundido de 600 poise
15 (representativa del vidrio fundido aproximadamente 1.111°C) es el factor supuesto. Sustituyendo los valores representativos para el vidrio fundido, la ecuación (26) indica que los valores d dentro del dominio de aproximación lineal deben quedar entre 1,09 y 1,28 cm. La solución de la ecuación (27) indica además que la distancia a lo largo del eje z para esta gama de diámetro es de aproximadamente 6 cm.
20

Se han tomado fotografías de corrientes de vidrio fundido normales punto 17 de la figura 1, y mediciones del diámetro de la corriente d sobre un Δz de 6 cm, comenzando aproximadamente a 4 cm de la punta del casquill. Se ha obtenido una confirmación excelente de la
25 ecuación (29) según se ilustra en la figura 6.

Aplicación del Modelo a la Producción de Fibra de Vidrio

El régimen de gasto másico del modelo se calculó a partir de la ecuación (25). Los valores de densidad ρ y viscosidad μ para la corriente de vidrio fundido 16, de la figura 1, se supusieron que eran los del vidrio fundido 13 inmediatamente antes de llegar al casquillo 15, lo cual se puede determinar fácilmente por medición con termopar.

El régimen de gasto másico calculado del modelo se supone relacionado con el régimen de gasto másico real por un coeficiente de calibración K:

$$(m_f)_{\text{actual}} = K (m_f)_{\text{modelo}} \quad (31)$$

El coeficiente K se determina empíricamente, para una composición de vidrio dada realizando experimentos suficientes a régimen de gasto másico para generar un trazado gráfico de $(m_f)_{\text{real}}$ contra $(m_f)_{\text{modelo}}$. La pendiente de la línea recta que se aproxima a dicho dato representa el coeficiente de calibración K para la ecuación (31).

En el instante en que se determina la constante de calibración K el vidrio fundido tendrá una composición y temperatura nominales. Algún tiempo después, puede ser que la composición del vidrio se haya desviado del valor nominal, o que haya cambiado la temperatura. La constante de calibración K será necesariamente diferente. No obstante, no es necesario repetir el procedimiento de calibración inicial que exige tanto tiempo. El procedimiento de calibración inicial se ha utilizado para confirmar una correlación razonable entre $(m_f)_{\text{modelo}}$ y $(m_f)_{\text{real}}$. En lo que se refiere a hallar el valor K. Por lo tanto, se pueden realizar cambios ulteriores en el valor de K simplemente por el método de comparar periódicamente el valor de cangilón de recogida de tipo manual con el valor $(m_f)_{\text{real}}$ calculado. Si estos valores son sensiblemente diferentes, se puede determinar una nueva K multiplicando la anterior K por la relación del gasto másico medido al valor calculado de los modelos.

Este procedimiento actualiza periódicamente S_1 la constante de calibración. Si se realizan cambios en el proceso másivo, por ejemplo empleando una composición de vidrio completamente diferente, se debe volver a calcular μ a partir de la temperatura medida "aguas arriba" con la curva de viscosidad-temperatura- apropiada para el nuevo vidrio. Además, si cambia la densidad del vidrio, se debe correlacionar correspondientemente la constante C_1 .

No obstante, el procedimiento de calibración inicial extenso sería solamente necesario para confirmar que todavía es aceptable la dispersión de $(m_f)_{real}$ contra $(m_f)_{modelo}$. Esto se necesita realizar solamente si surgieran problemas de control que sugirieran la necesidad de volver a confirmar la calibración original.

La figura 8 representa esquemáticamente un circuito de control automático para controlar el caudal del casquillo incorporando el método de calcular el régimen de gasto másico de una corriente de vidrio en caída libre. El vidrio fundido 1 se suministra a la punta del casquillo 2 por medio de un anticrisol elevado, donde se mide 50 la temperatura del vidrio en el anticrisol por un termopar sumergido o cualquier otro dispositivo de medición de temperatura apropiado. Empleando la temperatura del anticrisol, se determina 51 la viscosidad de vidrio fundido. Se realizan 52 dos mediciones del diámetro de la corriente en un lugar de la corriente definido por las ecuaciones (26), (27) y (28) con lo que se asegura un flujo dimensional.

El régimen de gasto másico del vidrio fundido se calcula entonces 53 empleando las ecuaciones (25) y (31). El régimen de gasto másico real se compara 54 entonces con el valor del punto establecido 55 del casquillo y se envía 56 una señal de corrección al mando del casquillo.

Se proporciona un control manual de limitación 58 para cambiar la temperatura del casquillo. Se proporciona, también una válvula

manual de gasto másico 59.

Si el régimen del gasto másico real es menor que el valor del punto establecido, se aumenta el calor por resistencia del casquillo, con lo que se reduce la viscosidad de la capa delgada de vidrio fundido inmediatamente adyacente a la pared interior del casquillo. La fricción fluidinámica se reduce correspondientemente produciendo un aumento en el régimen de gasto másico a través de la punta del casquillo. De un modo similar, si el régimen de gasto másico real es mayor que el valor del punto establecido del casquillo, se reduce el calentamiento por resistencia del casquillo con lo que se produce un aumento en la fricción fluidinámica acompañado por un régimen de gasto másico correspondientemente menor.

Existen disponibles un cierto número de dispositivos de medición de diámetro de la corriente apropiados para obtener los diámetros precisos de la corriente. No obstante, para medir una corriente de vidrio fundido es preferible emplear una cámara de exploración de línea que utilice una formación lineal de entodiodos de estilete sensibles a las emisiones en el interior del fotospectro si se compara con un fondo de contraste.

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.

- REIVINDICACIONES -

5 1.- Procedimiento para calcular el régimen de gasto másico de una corriente de vidrio fundido en caída libre, que tiene una sección transversal prácticamente circular, caracterizado porque comprende las etapas de: medir la viscosidad del vidrio fundido; medir el diámetro de la corriente por lo menos en dos lugares separados axialmente sobre la corriente; determinar el régimen de gasto másico de la corriente a partir de la viscosidad medida y de los diámetros medidos; y ajustar el régimen de gasto másico de la corriente en respuesta al régimen de gasto másico determinado.

10

15 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende la etapa de generar una señal en respuesta al régimen de gasto másico, comparar la señal con una señal de referencia y ajustar el régimen de gasto másico en respuesta a la comparación de las señales.

3.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque el ajuste del régimen del gasto másico comprende ajustar la temperatura de un dispositivo para calentar el vidrio fundido.

20 4.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque comprende hacer fluir dicha corriente a través de dicho dispositivo de calentamiento porque comprende un orificio calentado.

25 5.- Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque la medición de la viscosidad del vidrio fundido comprende medir la temperatura del vidrio fundido.

30 6.- Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque el orificio calentado es prácticamente circular y porque la fase de medir el diámetro de la corriente comprende medir el diámetro en lugares que están separados del orificio calentado una distancia correspondiente a aproximadamente dos diámetros del orificio.

7.- Procedimiento según la reivindicación 6, caracteriza-

do porque la fase de medir el diámetro de la corriente comprende observar la corriente con una cámara de exploración de líneas provista de una formación de fotodiodos.

5 8.- Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado porque la fase de determinar el régimen de gasto másico comprende calcular el régimen de gasto másico de la corriente partiendo de la relación:

$$m_f = k g \frac{\rho^{4/3} d_{do}^2 \mu^{-1/3} \Delta z}{(d_o^2 - d^2)}$$

10 Donde m_f es el caudal de vidrio fundido,

μ es la viscosidad del vidrio fundido,

d_o es un diámetro superior de la corriente,

d es un diámetro inferior de la corriente.

z es la distancia axial entre el lugar de d y d_o ,

g es la aceleración de la gravedad.

15 ρ es la densidad del vidrio fundido, y

k es el coeficiente de calibración.

20 9.- Procedimiento para calcular el régimen de gasto másico de una corriente de vidrio fundido en caída libre, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria e ilustrado en los dibujos adjuntos.

Esta Memoria consta de 19 hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 11 JUN 1977

OWENS-CORNING FIBERGLAS CORPORATION.



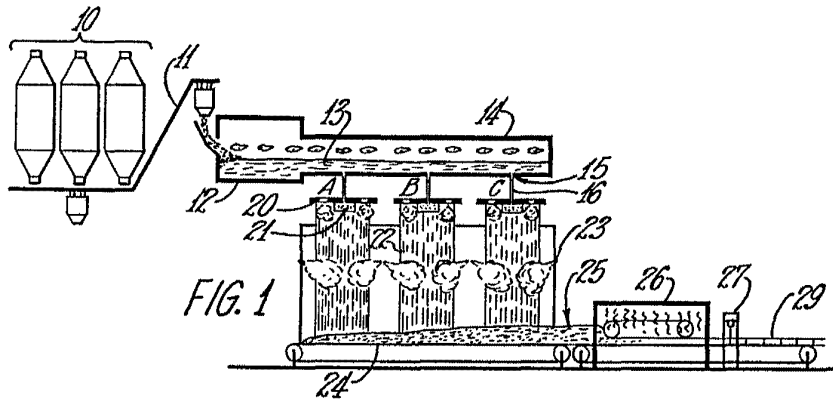


FIG. 1

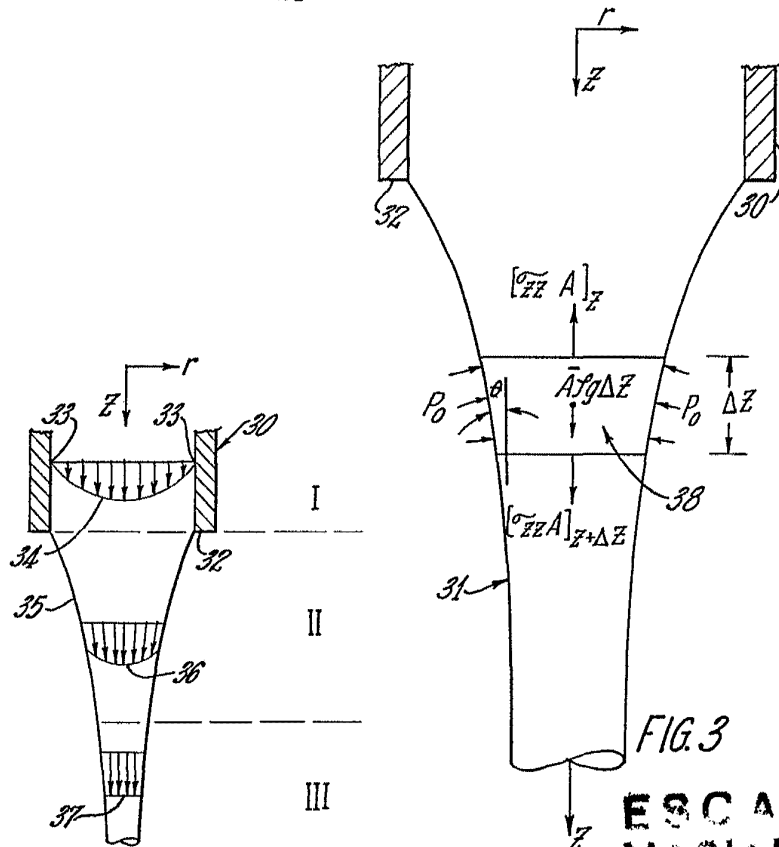
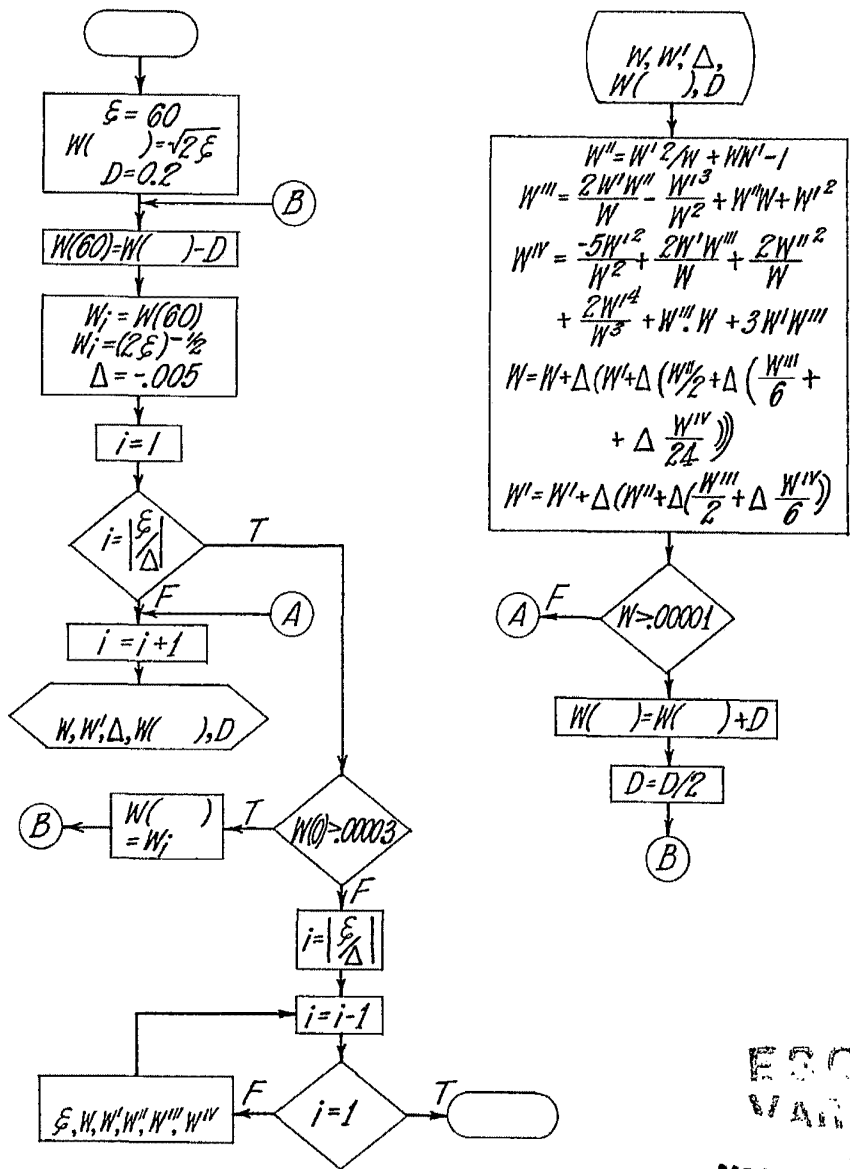


FIG. 2

FIG. 3

ESCALA VARIABLE

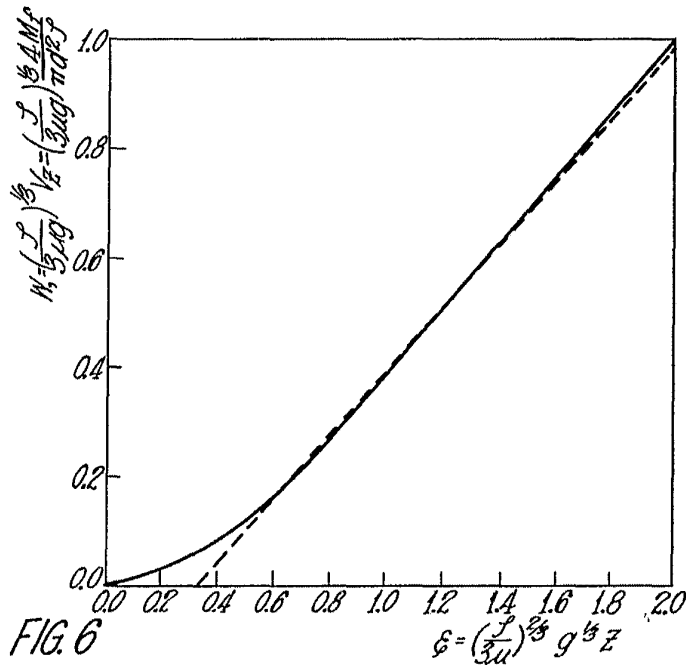
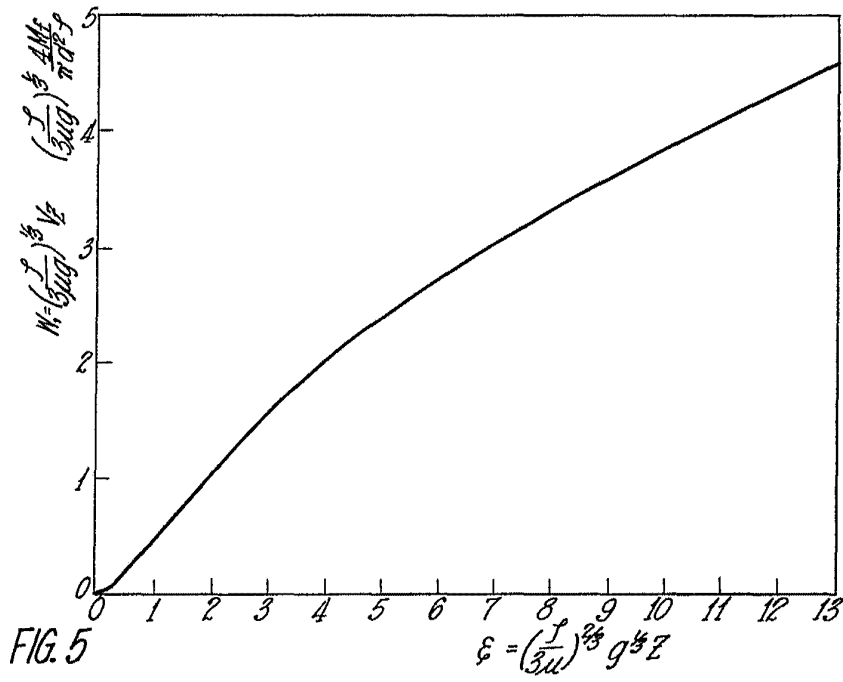
NOV 1977



ESCALA
VARIABLE

FIG. 4

Maria...
F. F. F...



Handwritten signature and some faint text at the bottom right of the page.

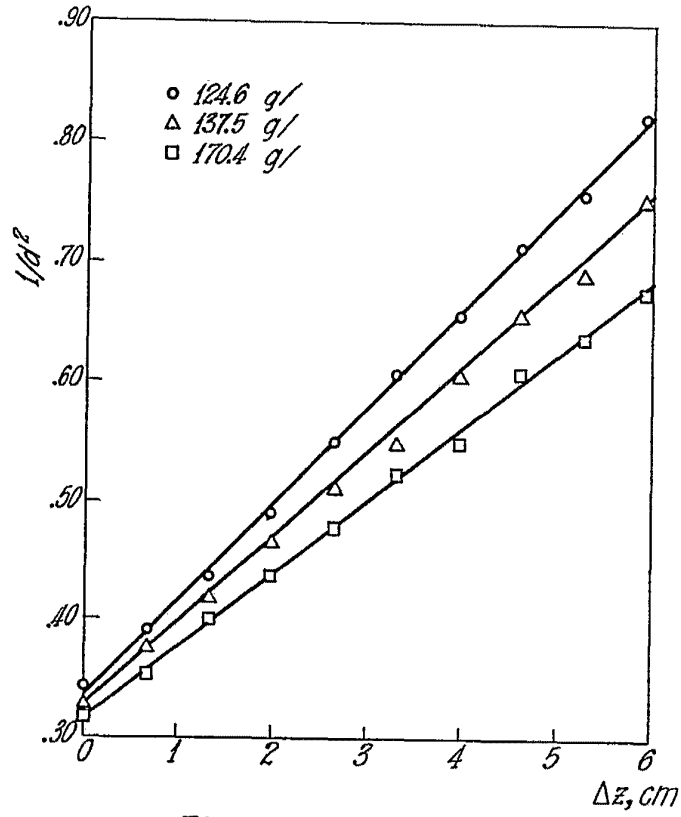


FIG. 7

LABORATORIO
FÍSICO
12 JUN 1977
D. R. GARCÍA ARANDA Y PONCE
Dr. P. Firmado: J. Santos Díaz

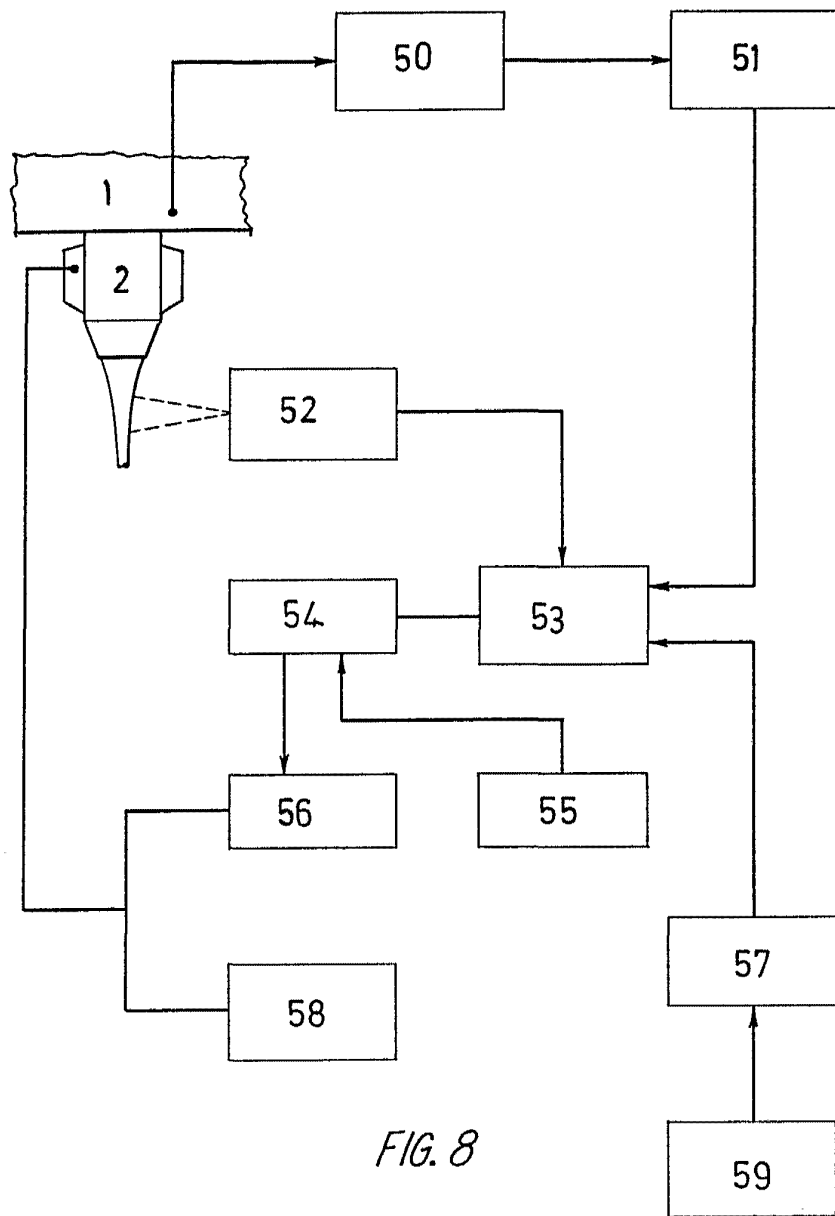


FIG. 8

APR 19 1972