

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 378 405**

51 Int. Cl.:
G06F 17/50 (2006.01)
B29C 47/40 (2006.01)
B29B 7/84 (2006.01)
B29B 7/48 (2006.01)
B29C 47/76 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07792998 .2**
96 Fecha de presentación: **27.08.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2065161**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.06.2009**

54 Título: **Aparato de estimación de rendimiento de volatilización y procedimiento de estimación de rendimiento de volatilización**

30 Prioridad:
19.09.2006 JP 2006253148

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
12.04.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
12.04.2012

73 Titular/es:
**THE JAPAN STEEL WORKS, LTD.
11-1 OSAKI 1-CHOME SHINAGAWA-KU
TOKYO 141-0032, JP**

72 Inventor/es:
**TAKAMOTO, Seiji;
INOUE, Shigeki;
TOMIYAMA, Hideki;
SHINTANI, Hiroaki y
INAGAWA, Kenji**

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 378 405 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato de estimación de rendimiento de volatilización y procedimiento de estimación de rendimiento de volatilización

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento de predicción de rendimiento de desvolatilización de un proceso de desvolatilización utilizando una extrusora de husillo doble y un aparato correspondiente.

Técnica anterior

- 10 Convencionalmente, la fórmula del modelo de Latinen mostrada a continuación como la fórmula (1) se utiliza comúnmente como un procedimiento de predicción de rendimiento de desvolatilización para operaciones de desvolatilización utilizando una extrusora de husillo:

$$\ln(C_0 - C^*) / (C_L - C^*) = K\rho SL (DdN)^{1/2} / Q \dots (1),$$

- 15 en la que C_0 es la concentración de masa volátil (ppm) en la entrada de la región de desvolatilización (inmediatamente antes de la desvolatilización), C_L es la concentración de masa volátil (ppm) después de la desvolatilización, C^* es la concentración de equilibrio de gas-líquido (ppm) de masa volátil y masa no volátil (disolución de polímero y/o caucho) bajo las condiciones de presión/temperatura para la desvolatilización, K es el coeficiente de transferencia de masa, ρ es la densidad (kg/m^3) de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil, S es la longitud de superficie de película delimitadora (m) de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil en una sección transversal ortogonal con respecto al filete de husillo de extrusora, L es la longitud de trayectoria de flujo (m) de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil en la región de desvolatilización, Dd es el coeficiente de difusión (m^2/s) de la masa volátil contenida en la disolución de masa no volátil, N es la velocidad de rotación de husillo (s^{-1}) y Q es la tasa de procesamiento global (kg/s).

- 20 La FIG. 16 de los dibujos adjuntos ilustra de manera esquemática una extrusora de husillo doble conocida, que muestra la configuración de la misma. La anterior fórmula del modelo de Latinen predice la concentración de la masa volátil residual después de la desvolatilización a través del producto de multiplicación del área totalizada de la película delimitadora (capa de superficie expuesta) de la masa no volátil que contiene masa volátil que se actualiza mediante las revoluciones del husillo en la región de desvolatilización de la extrusora de husillo doble mostrada en la FIG. 16 y la tasa de difusión de masa volátil con respecto a la masa no volátil, o la relación del peso de la masa no volátil que contiene masa volátil desvolatilizada con respecto al peso de la masa no volátil que contiene toda la masa volátil.

- 25 En la FIG. 16, 100 denota un tambor que puede calentarse y enfriarse, 200 y 300 denotan respectivamente un husillo y un orificio de escape (una abertura para extraer la masa volátil aislada) y 401 y 402 denotan husillos de amasado respectivos, mientras que 501 y 502 denotan partes totalmente llenas de masa no volátil que contiene masa volátil en el tambor y 600 denota una parte (región de desvolatilización) que no está totalmente llena de masa no volátil que contiene masa volátil y, por tanto, en la que fluye masa no volátil.

- 30 En la fórmula del modelo de Latinen, cada uno de C_0 , C^* , C_L , ρ y Dd , representa un factor de característica de una masa no volátil, de una masa volátil o de una disolución de masa no volátil que contiene masa volátil, y N y Q representan factores de funcionamiento de una extrusora. Estos factores pueden variar según el entorno y las condiciones de la operación de desvolatilización.

- 35 El término " $SL(DdN)^{1/2}$ " de la fórmula del modelo de Latinen puede sustituirse por " $SL(Dd/(1/N))^{1/2}$ " y considerarse como la capa de superficie expuesta de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil que se forma en el tambor y en el husillo por unidad de tiempo.

- 40 El documento "Determination of Mass Transfer Coefficient for Bubble-Free Devolatilization of Polymeric Solutions in Twin-Screw Extruders", de Collins G. P. et al., *AIChE Journal*, volumen 31, número 8, agosto de 1985, da a conocer una predicción del rendimiento de desvolatilización de una extrusora de husillo doble que incluye calcular una información relativa al estado de flujo de una disolución sobre la superficie de canal en el lado aguas arriba en la dirección de transporte del canal de husillo, de la disolución presente en el hueco entre el husillo y el tambor y de la disolución presente sobre la superficie de canal en el lado aguas abajo en la dirección de transporte del canal de husillo.

- 45 Sin embargo, en una extrusora de husillo doble, la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil fluye constantemente en el husillo y, por tanto, tanto el perfil de la disolución formada en el tambor y el husillo mediante las revoluciones del husillo en la región de desvolatilización como la capa de superficie expuesta cambian constantemente.

La fórmula del modelo de Latinen no tiene en cuenta el comportamiento de flujo de la disolución y, por tanto, no puede predecir de manera precisa el rendimiento de desvolatilización a través del comportamiento de actualización de superficie de la disolución.

5 Por lo tanto, en vista del problema identificado anteriormente, el objeto de la presente invención es proporcionar una técnica que pueda predecir de manera más precisa el rendimiento de desvolatilización de una extrusora de husillo doble de una manera altamente adaptable. Aspectos de la invención se exponen en las reivindicaciones adjuntas.

10 En una realización de la presente invención, el problema anterior se resuelve proporcionando un aparato de predicción de rendimiento de desvolatilización para un proceso de desvolatilización de disolución utilizando una extrusora de husillo doble, que incluye: un medio de cálculo de estado de flujo (101) para determinar computacionalmente información relativa al estado de flujo de la disolución presente en una región de desvolatilización (600), o una región objetivo, de un proceso de desvolatilización en un husillo (200) que transporta una disolución de masa no volátil que contiene masa volátil según el estado de flujo de la disolución (700) presente sobre la superficie de canal en el lado aguas arriba en la dirección de transporte del canal de husillo, de la disolución (800) presente en el hueco entre el husillo (200) y un tambor (100) y de la disolución (900) presente sobre la superficie de canal en el lado aguas abajo en la dirección de transporte del canal de husillo; y un medio de predicción de rendimiento de desvolatilización (102) para predecir el rendimiento de desvolatilización en el proceso de desvolatilización según la información relativa al estado de flujo determinada computacionalmente según el estado de flujo de la disolución presente en el husillo (200).

20 En otra realización de la presente invención, se proporciona un procedimiento de predicción de rendimiento de desvolatilización para un proceso de desvolatilización de disolución utilizando una extrusora de husillo doble, que incluye: determinar computacionalmente información relativa al estado de flujo de la disolución presente en una región de desvolatilización (600), o una región objetivo, de un proceso de desvolatilización en un husillo (200) que transporta la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil según el estado de flujo de la disolución (700) presente sobre la superficie de canal en el lado aguas arriba en la dirección de transporte del canal de husillo, de la disolución (800) presente en el hueco entre el husillo (200) y un tambor (100) y de la disolución (900) presente sobre la superficie de canal en el lado aguas abajo en la dirección de transporte del canal de husillo; y predecir el rendimiento de desvolatilización en el proceso de desvolatilización según la información relativa al estado de flujo determinada computacionalmente según el estado de flujo de la disolución presente en el husillo (200).

Breve descripción de los dibujos

30 La FIG. 1 es un diagrama de bloques funcional esquemático de una realización de un aparato de predicción de rendimiento de desvolatilización M.

La FIG. 2 es una ilustración de la trayectoria de flujo por pieza de husillo de la realización.

La FIG. 3 es una vista esquemática en sección transversal del husillo de la realización tomada a lo largo de un plano ortogonal con respecto a los árboles de husillo, que muestra un estado de llenado con disolución de masa no volátil que contiene masa volátil formada en el tambor y en el husillo.

35 La FIG. 4 es una ilustración esquemática del husillo de la realización tomada a lo largo de un plano ortogonal con respecto al filete de husillo, que muestra un estado de llenado con una disolución de masa no volátil presente en el canal de husillo y que contiene masa volátil cuando no se tiene en cuenta ninguna actualización de superficie.

40 La FIG. 5 muestra varias vistas esquemáticas en sección transversal del canal de husillo ortogonal con respecto al filete de husillo de la realización, que muestran el estado de llenado con disolución de masa no volátil que contiene masa volátil formada en el tambor y el canal de husillo.

La FIG. 6 es una ilustración esquemática del estado de flujo de una disolución de masa no volátil que contiene masa volátil en el canal de husillo de la realización.

La FIG. 7 es una ilustración esquemática del perfil y del estado de flujo de una disolución de masa no volátil que contiene masa volátil en el hueco (sección de punta) entre el tambor y el husillo de la realización.

45 La FIG. 8 es un diagrama de bloques esquemático del aparato de experimento utilizado en un experimento de desvolatilización llevado a cabo para los fines de la presente invención.

La FIG. 9 es una ilustración esquemática de los husillos utilizados para el experimento, que muestra los perfiles de los mismos.

La FIG. 10 es una tabla que muestra de manera resumida los resultados del experimento.

50 La FIG. 11 es un gráfico de la concentración de equilibrio de gas-líquido del polietileno y del n-hexano.

La FIG. 12 es un gráfico que muestra la dependencia de temperatura de la concentración de equilibrio de gas-líquido del polietileno y el n-hexano.

La FIG. 13 es un gráfico que muestra la correlación del término del lado izquierdo y de los términos del lado derecho de la fórmula de predicción de esta realización determinada computacionalmente modificando la tasa de difusión del n-hexano en función de los resultados del experimento.

La FIG. 14 es un gráfico que muestra la correlación del término del lado izquierdo y de los términos del lado derecho de la fórmula de predicción de esta realización determinada computacionalmente modificando la eficacia de llenado de la disolución de polímero en función de los resultados del experimento.

La FIG. 15 es un diagrama de flujo del proceso (procedimiento de predicción de rendimiento de desvolatilización) del aparato de predicción de rendimiento de desvolatilización M de esta realización.

La FIG. 16 es una ilustración esquemática de una extrusora de husillo doble conocida, que muestra la configuración de la misma.

Realizaciones de la invención

A continuación se describirá en mayor detalle una realización de la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Puesto que el aparato de predicción de rendimiento de desvolatilización M de esta realización puede aplicarse a una extrusora de husillo doble que presenta una configuración similar a la ilustrada en la FIG. 16, las partes similares a las descritas anteriormente para la técnica anterior se denotarán respectivamente mediante los mismos símbolos de referencia y no se describirán en mayor detalle posteriormente.

La FIG. 1 es un diagrama de bloques funcional esquemático del aparato de predicción de rendimiento de desvolatilización M de esta realización. Tal y como se muestra en la FIG. 1, el aparato de predicción de rendimiento de desvolatilización M de esta realización incluye un medio de cálculo de estado de flujo 101, un medio de predicción de rendimiento de desvolatilización 102, una CPU 801 y una memoria 802, y está diseñado para predecir el rendimiento de desvolatilización de una extrusora de husillo doble en un proceso de desvolatilización de disolución.

El medio de cálculo de estado de flujo 101 tiene la función de determinar computacionalmente información relativa al estado de flujo de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil y está dispuesto sobre un husillo 200 como objeto en una región de desvolatilización 600 como objeto de un proceso de desvolatilización según el estado de flujo de la disolución 700 presente sobre la superficie de canal en el lado aguas arriba en la dirección de transporte del canal de husillo, de la disolución 800 presente en el hueco entre el husillo 200 y un tambor 100 y de la disolución 900 presente sobre la superficie de canal en el lado aguas abajo en la dirección de transporte del canal de husillo.

El medio de predicción de rendimiento de desvolatilización 102 tiene la función de predecir el rendimiento de desvolatilización de la extrusora de husillo doble en el proceso de desvolatilización según la información relativa al estado de flujo de la disolución que se determina computacionalmente según el estado de flujo de la disolución presente en el husillo 200. El procedimiento de predicción que el medio de predicción de rendimiento de desvolatilización 102 utiliza para predecir el rendimiento de desvolatilización se describirá posteriormente en mayor detalle.

La CPU 801 se encarga de ejecutar varios procesos en el aparato de predicción de rendimiento de desvolatilización M y también de llevar a cabo varias funciones ejecutando los programas almacenados en la memoria 802. La memoria 802 incluye normalmente una ROM y una RAM y se encarga de almacenar varios fragmentos de información y varios programas que se utilizarán por el aparato de predicción de rendimiento de desvolatilización M.

La disolución de masa no volátil que contiene masa volátil fluye en la región de desvolatilización en un estado en que no llena el canal de husillo. La longitud de trayectoria de flujo de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil a lo largo del filete de husillo de extrusora de la disolución de masa no volátil se obtiene determinando la trayectoria de flujo L₁ por pieza del husillo doble que está completamente engranado, como se muestra en la FIG. 2, mediante las fórmulas mostradas a continuación, y totalizando las trayectorias de flujo de polímero del husillo en la región de desvolatilización mostrada en la FIG. 16:

$$L_1 = (3/4 + 2B)C/n \quad \dots (2),$$

$$B = (90 - \cos^{-1}(W/D)) / 360 \quad \dots (3)$$

y

$$C = \pi (D - H) / \cos \theta \quad \dots (4),$$

en las que n es el número de roscas del filete de husillo, D es el diámetro interno de cilindro (m), W es la distancia entre los árboles del husillo doble (m), H es la profundidad del canal de husillo (m) y θ es el ángulo de hélice (grados) del filete de husillo.

5 Considerando el estado de flujo de la disolución a través de una sección transversal ortogonal con respecto a los árboles de husillo, la disolución se divide en tres áreas y fluye como se muestra en la FIG. 3 en el caso de un husillo con un filete de doble rosca.

10 La FIG. 4 es una ilustración esquemática del husillo doble tomada a lo largo de un plano ortogonal con respecto al filete de husillo, que muestra un estado de llenado completo con una disolución de masa no volátil presente en el canal de husillo y que contiene masa volátil cuando no se tiene en cuenta ninguna actualización de superficie. El estado de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil que llena el canal de husillo se produce mediante tres perfiles enumerados a continuación que muestran diferentes estados de flujo observados en el canal de husillo.

(1) El perfil de la disolución presente sobre la superficie de canal (parte llena de disolución) en el lado aguas arriba en la dirección de transporte del canal de husillo.

15 (2) El perfil de la delgada película presente en el hueco (sección de punta) entre el husillo y el tambor.

(3) El perfil de la delgada película formada en la parte del canal de husillo que no está totalmente llena de disolución.

20 El medio de predicción de rendimiento de desvolatilización 102 puede predecir el rendimiento de desvolatilización para clarificar mejor el área de superficie expuesta mediante la fórmula mostrada a continuación y separando los tres perfiles de la manera mostrada en la FIG. 5 y teniendo en cuenta la eficacia de actualización de superficie:

$$\begin{aligned} \ln (C_0 - C^*) / (C_L - C^*) = & (K_1 (2n - 1) \rho S_1 L (DdN)^{1/2} + \beta K_2 \rho S_2 L_2 (DdN)^{1/2} + \\ & \gamma K_3 \rho S_3 L (DdN)^{1/2}) / Q \quad \dots (5), \end{aligned}$$

25 en la que L es la longitud de trayectoria de flujo (m) de la disolución de masa no volátil (disolución de polímero o caucho) que contiene masa volátil en la región de desvolatilización (600), L_2 es la longitud de la región de desvolatilización en la dirección de los árboles de husillo, C_0 es la concentración de masa volátil (ppm) en la entrada de la región de desvolatilización, C^* es la concentración de equilibrio de gas-líquido (ppm) de masa volátil y masa no volátil bajo las condiciones de presión/temperatura para la desvolatilización, C_L es la concentración de masa volátil (ppm) después de la desvolatilización, K_1 es la relación de la longitud de la superficie expuesta formada por un flujo de actualización de superficie dentro del tiempo de permanencia en la región de desvolatilización con respecto a la longitud de la superficie expuesta de un perfil para el que no se tiene en cuenta ninguna actualización de superficie (eficacia de actualización de superficie 1), K_2 es la relación del tiempo transcurrido para actualizar la superficie expuesta a la velocidad media de flujo entre el tambor (100) y el husillo (200) con respecto al tiempo de permanencia en la región de desvolatilización (eficacia de actualización de superficie 2), K_3 es la relación del tiempo transcurrido para la actualización de la superficie expuesta a la velocidad periférica de la parte de engranaje del husillo con respecto al tiempo de permanencia en la región de desvolatilización (eficacia de actualización de superficie 3), ρ es la densidad (kg/m³) de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil, S_1 es la longitud de la superficie expuesta (m) de un perfil para el que se tiene en cuenta la relación de llenado de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil que llena el canal de husillo pero para el que no se tiene en cuenta ninguna actualización de superficie, S_2 es la longitud de superficie interna de tambor (m), S_3 es la longitud de la parte del canal de husillo no totalmente llena de disolución, Dd es el coeficiente de difusión (m²/s) de la masa volátil contenida en la disolución de masa no volátil, N es la velocidad de rotación de husillo (s⁻¹), n es el número de roscas del filete de husillo, β es la eficacia de formación de película delgada de formación de una película delgada de disolución en el hueco (sección de punta) producido entre el tambor (100) y el husillo (200), γ es la eficacia de formación de película delgada de formación de una película delgada en la parte del canal de husillo no totalmente llena de disolución y Q es la tasa de procesamiento global (kg/s).

Los tres perfiles diferentes del estado de flujo mostrados en la FIG. 4 se analizarán por separado.

45 (1) El perfil de la disolución presente sobre la superficie de canal en el lado aguas arriba en la dirección de transporte

Cuando el estado de flujo de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil en el canal de husillo se simplifica como se muestra en la FIG. 6, puede dividirse en dos componentes que incluyen la velocidad de flujo de disolución que fluye a lo largo del filete de husillo y la velocidad de flujo de disolución que fluye de manera

perpendicular con respecto al filete de husillo que se determinan en función de la velocidad de rotación del husillo. La velocidad de flujo de la disolución que fluye a lo largo del filete de husillo se define como la velocidad de propulsión de flujo F (m/s) y se determina el tiempo de permanencia de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil en la región de desvolatilización.

5 Por otro lado, la velocidad de flujo de la disolución que fluye de manera perpendicular con respecto al filete de husillo se define como la velocidad de actualización de superficie de flujo E (m/s), excluyéndose la longitud de la superficie expuesta formada por el flujo de actualización de superficie dentro del tiempo de permanencia en la región de desvolatilización. Si la relación de esta longitud con respecto a la longitud de la superficie expuesta de un perfil para el que se tiene en cuenta la relación de llenado de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil que llena el canal de husillo pero para el que no se tiene en cuenta ninguna actualización de superficie, o S_1 (m), se define como la
10 eficacia de actualización de superficie K_1 , se cumplen las siguientes ecuaciones:

$$K_1 = (EL/F) / S_1 \quad \dots (6),$$

$$E = \pi DN \sin\theta/2 \quad \dots (7)$$

y

$$F = \pi DN \cos\theta/2 \quad \dots (8),$$

15

en las que L es la longitud de trayectoria de flujo (m) de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil en la región de desvolatilización, D es el diámetro interno de cilindro (m), N es la velocidad de rotación de husillo (s^{-1}) y θ es el ángulo de hélice (grados) del filete de husillo.

(2) El perfil de la disolución presente en el hueco entre el husillo y el tambor

20 La delgada película de la disolución 800 presente en el hueco entre el husillo 200 y el cilindro 100 mostrada en la FIG. 7 se ve afectada por la velocidad periférica media G (m/s) en la sección de punta del filete de husillo y la delgada película de la disolución de polímero se actualiza mediante la velocidad media de flujo en la sección de punta. Si la relación del tiempo de actualización de la sección de punta a la velocidad media de flujo con respecto al tiempo de permanencia en la región de desvolatilización se define como la eficacia de actualización de superficie K_2 , se cumplen
25 las siguientes ecuaciones:

$$K_2 = (L/F) / (S_2/2G) \quad \dots (9),$$

$$S_2 = 2\pi D (360 - 2\cos^{-1}(W/D)) / 360 \quad \dots (10)$$

y

$$G = n\pi DN/2 \quad \dots (11),$$

30 en las que L es la longitud de trayectoria de flujo (m) de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil en la región de desvolatilización, F es la velocidad de propulsión de flujo (m/s) de la disolución que fluye a lo largo del filete de husillo, S_2 es la longitud de superficie interna de tambor (m), D es el diámetro interno de cilindro (m), W es la distancia entre los árboles del husillo doble (m), n es el número de roscas del filete de husillo y N es la velocidad de rotación de husillo (s^{-1}).

35 (3) El perfil de la disolución presente sobre la superficie de canal en el lado aguas abajo en la dirección de transporte

La delgada película formada en la parte inferior del canal de husillo también se ve afectada por la velocidad periférica del filete de husillo y se actualiza en la parte de engranaje del husillo doble. Si la relación del tiempo de actualización de la sección de punta a la velocidad periférica I (m/s) de la pieza de engranaje del husillo con respecto al tiempo de permanencia en la región de desvolatilización se define como la eficacia de actualización de superficie K_3 , se cumplen
40 las siguientes ecuaciones:

$$K_3 = (L/F) / (S_3/I) \quad \dots (12)$$

y

$$I = n\pi DN \quad \dots (13),$$

5 en las que L es la longitud de trayectoria de flujo (m) de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil en la región de desvolatilización, F es la velocidad de propulsión de flujo (m/s) de la disolución que fluye a lo largo del filete de husillo, S_3 es la longitud totalizada (m) de la zona de la parte inferior del canal de husillo no totalmente llena de disolución de masa no volátil que contiene masa volátil, n es el número de roscas del filete de husillo, D es el diámetro interno de cilindro (m) y N es la velocidad de rotación de husillo (s^{-1}).

10 La FIG. 8 es un diagrama de bloques esquemático del aparato experimental. Una extrusora de fusión para preparar un material de imitación que contiene masa volátil está dispuesta en un nivel superior, mientras que una extrusora de husillo doble para la desvolatilización está dispuesta en un nivel inferior para el experimento de desvolatilización. Se suministraron gránulos de polímero mediante un alimentador volumétrico 170 y se fundieron, mientras que un disolvente que funciona como masa volátil se suministró a la extrusora de fusión mediante una bomba de émbolo 180 en una cantidad medida. Posteriormente, los gránulos de polímero se fundieron y se dispersaron de manera satisfactoria en el disolvente mediante la extrusora de fusión. La disolución de polímero preparada se suministró después a una extrusora de desvolatilización 160.

15 La extrusora de husillo doble de desvolatilización 160 era una extrusora de husillo doble corrotativo engranable (TEXT65αII), distribuida por *The Japan Steel Works*, que presenta un único orificio de escape. La FIG. 9 muestra los perfiles de los husillos utilizados para el experimento, incluyendo un husillo número 1 que presenta una longitud de región de desvolatilización de aproximadamente 10,5 en términos de L/D y un husillo número 2 que presenta una longitud de región de desvolatilización de aproximadamente 14 en términos de L/D. La región de desvolatilización de cada uno de los dos husillos tiene un perfil definido por un filete de doble rosca. Se compararon los resultados obtenidos por los dos husillos.

20 El material experimental utilizado contenía polietileno de baja densidad (LDPE: MI = 2/perfil de gránulo) que era polímero y n-hexano que era una masa volátil. Se preparó una disolución de polímero que contenía n-hexano hasta una concentración de 0,3 wt% mediante la extrusora de fusión 150 y se suministró a la extrusora de husillo doble de desvolatilización 160 a una temperatura de disolución de polímero de 190 °C. La temperatura de disolución de polímero se observó mediante un termómetro de resina de tipo termopar 2000 dispuesto en el conducto de polímero que conecta la extrusora de fusión y la extrusora de husillo doble de desvolatilización.

25 Se utilizaron un total de cinco niveles como condiciones de desvolatilización. Éstos incluyen dos niveles de una tasa de procesamiento de 150 kg/h y una tasa de procesamiento de 250 kg/h, tres niveles Q/N de 0,75, 1,00 y 1,50 para la tasa de procesamiento de 150 kg/h y dos niveles Q/N de 1,00 y 1,50 para la tasa de procesamiento de 250 kg/h. La temperatura de tambor se mantuvo a un total de 200 °C y el grado de vacío se controló hasta 4×10^{-3} MPa. La presión de la disolución de polímero que estaba extrudiéndose desde la extrusora se observó mediante un indicador de presión de tipo diafragma 220 dispuesto en el extremo delantero de la extrusora de desvolatilización, mientras que la temperatura de la disolución de polímero que estaba extrudiéndose desde la extrusora se observó mediante un termómetro de mano de tipo termopar. La disolución de polímero expulsada se muestreó y la concentración de masa volátil se midió mediante un proceso de cromatografía de gases.

30 La FIG. 10 muestra de manera resumida los resultados del experimento. La adaptabilidad de la fórmula de predicción mostrada a continuación se confirmó mediante los resultados del experimento mostrado en la FIG. 10.

$$\begin{aligned} \ln(C_0 - C^*) / (C_L - C^*) = & (K_1 (2n - 1) \rho S_1 L (DdN)^{1/2} + \beta K_2 \rho S_2 L_2 (DdN)^{1/2} + \\ & \gamma K_3 \rho S_3 L (DdN)^{1/2}) / Q \quad \dots (5) \end{aligned}$$

35 En primer lugar, del término del lado izquierdo de la anterior fórmula de predicción, C_0 y C_L pueden obtenerse a partir de los resultados del experimento. En cuanto a C^* , el gráfico de concentración de equilibrio mostrado en la FIG. 11 se determinó a partir de la fórmula mostrada a continuación, utilizando las constantes de Henry H(MPa) para el polietileno y el n-hexano, y la concentración de equilibrio con respecto a la temperatura de disolución de polímero cuando el grado de vacío es 4×10^{-3} MPa se determinó computacionalmente para obtener el gráfico de la FIG. 12:

$$C^* = P/H \quad \dots (14),$$

en la que P es el grado de vacío (MPa) en la región de desvolatilización.

Puesto que el aumento de temperatura del polímero fue pequeño durante la transferencia, se supuso que la temperatura de disolución de polímero en la región de desvolatilización fue sustancialmente la misma que la temperatura de la resina expulsada para determinar la concentración de equilibrio para cada una de las condiciones de desvolatilización.

Ahora bien, en cuanto a los términos del lado derecho de la anterior fórmula de predicción, las trayectorias de flujo de polímero del husillo que no eran partes totalmente llenas se determinaron a partir del perfil de la parte del husillo que funciona para la región de desvolatilización y se totalizaron como la longitud de trayectoria de flujo de disolución de polímero L de la región de desvolatilización. Por otro lado, la longitud de la región de desvolatilización en la dirección de los árboles de husillo se utilizó como L_2 ya que el perfil de la disolución de polímero en el hueco del tambor 100 y el husillo 200 no era atribuible a la trayectoria de flujo de disolución de polímero del husillo 200.

Puesto que la masa volátil estaba retenida hasta cierto punto, la densidad del polietileno fundido, que es de 750 kg/m³, se utilizó como la densidad ρ de la disolución de polímero.

Considerando el estado de la delgada película formada debido a una diferencia de viscosidad de disolución de polímero, puede predecirse generalmente que una delgada película de disolución de polímero se forma completamente en el hueco entre el tambor y el husillo y además en el hueco dentro de los husillos cuando la viscosidad de la disolución de polímero es baja. Por otro lado, no está claro hasta qué punto se forma una delgada película de disolución de polímero en el hueco entre el tambor y el husillo y además en el hueco entre los husillos cuando la viscosidad de la disolución de polímero es alta. Por lo tanto, las dos técnicas presentadas a continuación se utilizaron para evaluar la anterior fórmula de predicción.

(a) Cuando una película delgada está formada completamente en el hueco entre el tambor y el husillo y además en el hueco dentro de los husillos (cuando la viscosidad de la disolución de polímero es baja y las eficacias de llenado β y γ son iguales a 1)

Generalmente se considera que el coeficiente de dispersión de masa volátil del polímero está comprendido entre 10^{-8} y 10^{-12} m²/s. Por lo tanto, se seleccionaron los valores 1×10^{-8} , 5×10^{-9} y 1×10^{-9} m²/s como los coeficientes de difusión de masa volátil y los resultados del experimento se obtuvieron computacionalmente mediante la anterior fórmula de predicción. La FIG. 13 muestra la relación entre el término del lado izquierdo y los términos del lado derecho de la fórmula de predicción.

A partir de la FIG. 13 puede observarse que el lado izquierdo y el lado derecho de la fórmula de predicción muestran una relación proporcional, aunque muestran diferencias dependiendo del coeficiente de difusión D_d de masa volátil.

Además, el lado izquierdo y el lado derecho de la fórmula de predicción eran sustancialmente iguales entre sí cuando el coeficiente de difusión D_d de masa volátil era de 1×10^{-9} m²/s.

En el caso de una disolución basada en n-hexano-polietileno de baja viscosidad se ha observado que el uso de un coeficiente de difusión D_d de 1×10^{-9} m²/s es apropiado.

(b) Cuando una película delgada está formada en parte del hueco entre el tambor y el husillo y además en el hueco entre los husillos (cuando la viscosidad de la disolución de polímero es alta y las eficacias de llenado β y γ varían)

Resulta evidente que el valor del lado izquierdo difiere en gran medida del valor del lado derecho de la fórmula de predicción disminuyendo la eficacia de llenado cuando se utiliza el coeficiente de difusión D_d de 1×10^{-9} m²/s que se obtuvo para una disolución basada en n-hexano-polietileno de baja viscosidad en (a). La FIG. 14 muestra la relación entre el lado izquierdo y el lado derecho de la fórmula de predicción cuando se utiliza el valor límite superior general de coeficiente de difusión de 1×10^{-8} m²/s para el coeficiente de difusión D_d y se seleccionan los valores 0,1, 0,5 y 1 para la eficacia de llenado β de disolución de polímero.

A partir de la FIG. 14 se observa que el valor del lado izquierdo y el del lado derecho son muy diferentes cuando la eficacia de llenado β de disolución de polímero no es inferior a 0,5, mientras que el valor del lado izquierdo se corresponde de una manera relativamente satisfactoria con el del lado derecho cuando la eficacia de llenado β de disolución de polímero está entre 0,1 y 0,5.

Esto sugiere que una delgada película se forma solamente para cubrir no más del 50% del área de superficie del canal de husillo cuando la viscosidad es alta.

A partir de los resultados descritos anteriormente, la fórmula de predicción es altamente adaptable cuando se tienen en cuenta el coeficiente de difusión de masa volátil del polímero y la eficacia de llenado debida a la viscosidad de la disolución de polímero.

5 El procedimiento de predicción de rendimiento de desvolatilización del medio de predicción de rendimiento de desvolatilización 102 se describirá a continuación en mayor detalle.

Una predicción de rendimiento de desvolatilización mediante el medio de predicción de rendimiento de desvolatilización 102 del aparato de predicción de rendimiento de desvolatilización M de esta realización corresponde a una predicción de capacidad de desvolatilización (o una predicción de la concentración C_L de masa volátil contenida en una disolución de masa no volátil después de un proceso de desvolatilización).

10 Más específicamente, el medio de predicción de rendimiento de desvolatilización 102 adopta los siguientes factores (a) a (e):

(a) factores de característica de masa volátil, masa no volátil y disolución de masa no volátil que contiene masa volátil: C_0 , C^* , Dd y ρ ,

(b) factores de perfil de husillo y tambor: L , L_2 y n ,

15 (c) condiciones de funcionamiento de extrusora de husillo doble: N y Q

(d) factores de combinación de (b) y (c): K_1 , K_2 y K_3 , y

(e) factores de combinación de (a) a (c) (o el estado de formación y el estado de flujo de disolución de material producido entre el husillo y el tambor bajo las condiciones de funcionamiento): S_1 , S_2 , S_3 , β y γ , y predice la concentración C_L de masa volátil después de un proceso de desvolatilización (existe condición) (que corresponde al rendimiento de desvolatilización de una extrusora de husillo doble después de un proceso de desvolatilización) sustituyendo "las condiciones de entrada del material", "las características del material", "el perfil (dimensiones) de husillo", "la disposición (dimensiones) de tambor", y "las condiciones de funcionamiento" para los mismos en la fórmula (5).

20

25 La FIG. 15 es un diagrama de flujo del proceso ejecutado por el aparato de predicción de rendimiento de desvolatilización M de esta realización (el procedimiento de predicción de rendimiento de desvolatilización).

La sección de cálculo de estado de flujo 101 determina computacionalmente información relativa al estado de flujo de la disolución presente en una región de desvolatilización 600, o una región objetivo, de un proceso de desvolatilización en un husillo 200 que transporta una disolución de masa no volátil que contiene masa volátil según el estado de flujo de la disolución 700 presente sobre la superficie de canal en el lado aguas arriba en la dirección de transporte del canal de husillo, de la disolución 800 presente en el hueco entre el husillo 200 y un tambor 100 y de la disolución 900 presente sobre la superficie de canal en el lado aguas abajo en la dirección de transporte del canal de husillo (etapa de determinación computacional de estado de flujo) (S101).

30

El medio de predicción de rendimiento de desvolatilización 102 predice el rendimiento de desvolatilización en el proceso de desvolatilización según la información relativa al estado de flujo determinada computacionalmente según el estado de flujo de la disolución presente en el husillo 200 (etapa de predicción de rendimiento de desvolatilización) (S102).

35

Más específicamente, la realización predice el rendimiento de desvolatilización de un proceso de desvolatilización según la fórmula mostrada a continuación:

$$\ln(C_0 - C^*) / (C_L - C^*) = (K_1 (2n-1) \rho S_1 L (DdN)^{1/2} + \beta K_2 \rho S_2 L_2 (DdN)^{1/2} + \gamma K_3 \rho S_3 L (DdN)^{1/2}) / Q \quad \dots (5),$$

40 en la que L es la longitud de trayectoria de flujo de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil en la región de desvolatilización (600), L_2 es la longitud de la región de desvolatilización en la dirección de los árboles de husillo, C_0 es la concentración de masa volátil en la entrada de la región de desvolatilización, C^* es la concentración de equilibrio de gas-líquido de masa volátil y masa no volátil bajo las condiciones de presión/temperatura para la desvolatilización, C_L es la concentración de masa volátil después de la desvolatilización, K_1 es la relación de la longitud de la superficie expuesta formada por un flujo de actualización de superficie dentro del tiempo de permanencia en la región de desvolatilización con respecto a la longitud de la superficie expuesta de un perfil para el que no se tiene en cuenta ninguna actualización de superficie, K_2 es la relación del tiempo transcurrido para actualizar la superficie

45

5 expuesta a la velocidad media de flujo entre el tambor (100) y el husillo (200) con respecto al tiempo de permanencia en la región de desvolatilización, K_3 es la relación del tiempo transcurrido para la actualización de la superficie expuesta a la velocidad periférica de la parte de engranaje del husillo con respecto al tiempo de permanencia en la región de desvolatilización, ρ es la densidad de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil, S_1 es la longitud de la superficie expuesta de un perfil para el que se tiene en cuenta la relación de llenado de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil que llena el canal de husillo pero para el que no se tiene en cuenta ninguna actualización de superficie, S_2 es la longitud de superficie interna de tambor, S_3 es la longitud de la parte del canal de husillo no totalmente llena de disolución, D_d es el coeficiente de difusión de la masa volátil contenida en la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil, N es la velocidad de rotación de husillo, n es el número de roscas del filete de husillo, β es la eficacia de formación de película delgada de formación de una película delgada de disolución en el hueco producido entre el tambor (100) y el husillo (200), γ es la eficacia de formación de película delgada de formación de una película delgada en la parte del canal de husillo no totalmente llena de disolución y Q es la tasa de procesamiento global.

15 Debe observarse que el estado de flujo de la disolución 700 presente en el canal de husillo en el lado aguas arriba en la dirección de transporte, el estado de flujo de la disolución 800 presente en el hueco entre el husillo 200 y el tambor 100 y el estado de flujo de la disolución 900 presente en el canal de husillo en el lado aguas abajo en la dirección de transporte se determinan computacionalmente utilizando fórmulas similares a las anteriores fórmulas (6) a (3).

20 Las etapas descritas anteriormente del proceso ejecutado por el aparato de predicción de rendimiento de desvolatilización M se llevan a cabo haciendo que la CPU 801 ejecute el programa de predicción de rendimiento de desvolatilización almacenado en la memoria 802.

25 Tal y como se ha descrito anteriormente a modo de una realización, la presente invención puede resolver el problema afrontado por una extrusora de husillo que utiliza una fórmula del modelo de Latinen cuando se predice el rendimiento de desvolatilización de una extrusora de husillo al proporcionarse un procedimiento de predicción de rendimiento de desvolatilización altamente adaptativo que tiene en cuenta el comportamiento de flujo de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil presente en el hueco entre el tambor y el husillo cuando la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil está transportándose por el husillo transportador en un estado no totalmente lleno para producir un nuevo modelo de división del estado de llenado de la disolución presente en el tambor y en el canal de husillo por unidad de tiempo en tres perfiles que son diferentes en lo que respecta al estado de flujo en una sección transversal ortogonal con respecto al filete de husillo y para examinar cada uno de los estados de flujo, introduciendo de manera novedosa un concepto de eficacia de actualización de superficie.

30 Aunque la presente invención se ha descrito anteriormente en detalle a modo de una realización específica, la presente invención no está limitada a la misma y para un experto en técnica puede resultar evidente que la realización descrita anteriormente puede modificarse y alterarse de diferentes maneras sin apartarse del alcance de la invención.

Aplicabilidad industrial

35 Tal y como se ha descrito anteriormente, la presente invención proporciona una técnica que puede predecir de manera muy precisa el rendimiento de desvolatilización de una extrusora de husillo doble de una manera altamente adaptativa.

REIVINDICACIONES

1.- Un aparato de predicción de rendimiento de desvolatilización para un proceso de desvolatilización de disolución utilizando una extrusora de husillo doble, que comprende:

5 un medio de cálculo de estado de flujo (101) para determinar computacionalmente información relativa al estado de flujo de una disolución presente en una región de desvolatilización (600), como objeto de un proceso de desvolatilización en un husillo (200) que transporta la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil según el estado de flujo de la disolución (700) presente sobre la superficie de canal en el lado aguas arriba en la dirección de transporte del canal de husillo, de la disolución (800) presente en el hueco entre el husillo (200) y un tambor (100) y de la disolución (900) presente sobre la superficie de canal en el lado aguas abajo en la dirección de transporte del canal de husillo; y

un medio de predicción de rendimiento de desvolatilización (102) para predecir el rendimiento de desvolatilización en el proceso de desvolatilización según la información relativa al estado de flujo determinada computacionalmente según el estado de flujo de la disolución presente en el husillo (200), en el que

15 la información relativa al estado de flujo de la disolución presente sobre la superficie de canal en el lado aguas arriba en la dirección de transporte del canal de husillo está dividida en dos componentes que incluyen la velocidad de flujo de disolución que fluye a lo largo del filete de husillo y la velocidad de flujo de disolución que fluye de manera perpendicular con respecto al filete de husillo, determinándose dichas dos componentes en función de la velocidad de rotación del husillo, en el que

20 el medio de predicción de rendimiento de desvolatilización (102) predice computacionalmente el rendimiento de desvolatilización de un proceso de desvolatilización según la siguiente fórmula:

$$\ln (C_0 - C^*) / (C_L - C^*) = (K_1 (2n-1) \rho S_1 L (DdN)^{1/2} + \beta K_2 \rho S_2 L_2 (DdN)^{1/2} + \gamma K_3 \rho S_3 L (DdN)^{1/2}) / Q,$$

25 en la que L es la longitud de trayectoria de flujo de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil en la región de desvolatilización (600), L₂ es la longitud de la región de desvolatilización en la dirección de los árboles de husillo, C₀ es la concentración de masa volátil en la entrada de la región de desvolatilización, C^{*} es la concentración de equilibrio de gas-líquido de masa volátil y masa no volátil bajo las condiciones de presión/temperatura para la desvolatilización, C_L es la concentración de masa volátil después de la desvolatilización, K₁ es la relación de la longitud de la superficie expuesta formada por un flujo de actualización de superficie dentro del tiempo de permanencia en la región de desvolatilización con respecto a la longitud de la superficie expuesta de un perfil para el que no se tiene en cuenta ninguna actualización de superficie, K₂ es la relación del tiempo transcurrido para actualizar la superficie expuesta a la velocidad media de flujo entre el tambor (100) y el husillo (200) con respecto al tiempo de permanencia en la región de desvolatilización, K₃ es la relación del tiempo transcurrido para la actualización de la superficie expuesta a la velocidad periférica de la parte de engranaje del husillo con respecto al tiempo de permanencia en la región de desvolatilización, ρ es la densidad de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil, S₁ es la longitud de la superficie expuesta de un perfil para el que se tiene en cuenta la relación de llenado de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil que llena el canal de husillo pero para el que no se tiene en cuenta ninguna actualización de superficie, S₂ es la longitud de superficie interna de tambor, S₃ es la longitud de la parte del canal de husillo no totalmente llena de disolución, Dd es el coeficiente de difusión de la masa volátil contenida en la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil, N es la velocidad de rotación de husillo, n es el número de roscas del filete de husillo, β es la eficacia de formación de película delgada de formación de una película delgada de disolución en el hueco producido entre el tambor (100) y el husillo (200), γ es la eficacia de formación de película delgada de formación de una película delgada en la parte del canal de husillo no totalmente llena de disolución y Q es la tasa de procesamiento global, en el que

45 el medio de cálculo de estado de flujo (101) determina computacionalmente el estado de flujo de la disolución (700) presente sobre la superficie de canal del canal de husillo en el lado aguas arriba en la dirección de transporte mediante las fórmulas mostradas a continuación:

$$K_1 = (EL/F) / S_1,$$

$$E = \pi N \sin \theta / 2$$

y

$$F = \pi DN \cos \theta / 2,$$

en las que F es la velocidad de propulsión de flujo de la disolución que fluye a lo largo del filete de husillo, E es la velocidad de flujo del flujo de actualización de superficie, θ es el ángulo de hélice del filete de husillo, donde

5 el medio de cálculo de estado de flujo (101) determina computacionalmente el estado de flujo de la disolución (800) presente en el hueco entre el husillo (200) y el tambor (100) mediante las fórmulas mostradas a continuación:

$$K_2 = (L/F) / (S_2/2G),$$

$$S_2 = 2\pi D (360 - 2\cos^{-1}(W/D)) / 360$$

y

$$G = n\pi DN / 2,$$

10 en las que F es la velocidad de propulsión de flujo de la disolución que fluye a lo largo del filete de husillo, G es la velocidad periférica media en la sección de punta de husillo y W es la distancia entre los árboles del husillo doble, en la que

15 el medio de cálculo de estado de flujo (101) determina computacionalmente el estado de flujo de la disolución (900) presente sobre la superficie de canal del canal de husillo en el lado aguas abajo en la dirección de transporte mediante las fórmulas mostradas a continuación:

$$K_3 = (L/F) / (S_3/I)$$

y

$$I = n\pi DN,$$

20 en las que F es la velocidad de propulsión de flujo de la disolución que fluye a lo largo del filete de husillo e I es la velocidad periférica de la parte de engranaje del husillo.

25 2.- El aparato según la reivindicación 1, en el que la información relativa a la disolución presente en el hueco entre el husillo (200) y el tambor (100) se calcula teniendo en cuenta una delgada película de la disolución presente en el hueco entre el husillo (200) y el tambor (100) que está afectada por la velocidad periférica media en una sección de punta de husillo y actualizando la delgada película de la disolución mediante la velocidad periférica media en la sección de punta de husillo.

3.- El aparato según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la información relativa a la disolución presente sobre la superficie de canal del canal de husillo en el lado aguas abajo en la dirección de transporte se calcula con referencia a la velocidad periférica de la parte de engranaje del husillo y a la velocidad de propulsión de flujo de la disolución que fluye a lo largo del filete de husillo.

30 4.- Un procedimiento de predicción de rendimiento de desvolatilización para un proceso de desvolatilización de disolución utilizando una extrusora de husillo doble, que comprende:

35 utilizar un medio de cálculo de estado de flujo (101) para determinar computacionalmente información relativa al estado de flujo de una disolución presente en una región de desvolatilización (600), como objeto de un proceso de desvolatilización en un husillo (200) que transporta la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil según el estado de flujo de la disolución (700) presente sobre la superficie de canal en el lado aguas arriba en la dirección de transporte del canal de husillo, de la disolución (800) presente en el hueco entre el husillo (200) y un tambor (100) y de la disolución (900) presente sobre la superficie de canal en el lado aguas abajo en la dirección de transporte del canal de husillo; y

40 utilizar un medio de predicción de rendimiento de desvolatilización (102) para predecir el rendimiento de desvolatilización en el proceso de desvolatilización según la información relativa al estado de flujo determinada computacionalmente según el estado de flujo de la disolución presente en el husillo (200), donde la etapa de utilizar el

medio de cálculo de estado de flujo (101) para determinar computacionalmente información relativa al estado de flujo de la disolución presente sobre la superficie de canal en el lado aguas arriba en la dirección de transporte del canal de husillo se divide en dos componentes que incluyen la velocidad de flujo de disolución que fluye a lo largo del filete de husillo y la velocidad de flujo de disolución que fluye de manera perpendicular con respecto al filete de husillo, determinándose dichas dos componentes en función de la velocidad de rotación del husillo, en la que

el procedimiento predice el rendimiento de desvolatilización de un proceso de desvolatilización según la siguiente fórmula:

$$\ln (C_0 - C^*) / (C_L - C^*) = (K_1 (2n-1) \rho S_1 L (DdN)^{1/2} + \beta K_2 \rho S_2 L_2 (DdN)^{1/2} + \gamma K_3 \rho S_3 L (DdN)^{1/2}) / Q,$$

en la que L es la longitud de trayectoria de flujo de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil en la región de desvolatilización (600), L₂ es la longitud de la región de desvolatilización en la dirección de los árboles de husillo, C₀ es la concentración de masa volátil en la entrada de la región de desvolatilización, C_• es la concentración de equilibrio de gas-líquido de masa volátil y masa no volátil bajo las condiciones de presión/temperatura para la desvolatilización, C_L es la concentración de masa volátil después de la desvolatilización, K₁ es la relación de la longitud de la superficie expuesta formada por un flujo de actualización de superficie dentro del tiempo de permanencia en la región de desvolatilización con respecto a la longitud de la superficie expuesta de un perfil para el que no se tiene en cuenta ninguna actualización de superficie, K₂ es la relación del tiempo transcurrido para actualizar la superficie expuesta a la velocidad media de flujo entre el tambor (100) y el husillo (200) con respecto al tiempo de permanencia en la región de desvolatilización, K₃ es la relación del tiempo transcurrido para la actualización de la superficie expuesta a la velocidad periférica de la parte de engranaje del husillo con respecto al tiempo de permanencia en la región de desvolatilización, ρ es la densidad de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil, S₁ es la longitud de la superficie expuesta de un perfil para el que se tiene en cuenta la relación de llenado de la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil que llena el canal de husillo pero para el que no se tiene en cuenta ninguna actualización de superficie, S₂ es la longitud de superficie interna de tambor, S₃ es la longitud de la parte del canal de husillo no totalmente llena de disolución, Dd es el coeficiente de difusión de la masa volátil contenida en la disolución de masa no volátil que contiene masa volátil, N es la velocidad de rotación de husillo, n es el número de roscas del filete de husillo, β es la eficacia de formación de película delgada de formación de una película delgada de disolución en el hueco producido entre el tambor (100) y el husillo (200), γ es la eficacia de formación de película delgada de formación de una película delgada en la parte del canal de husillo no totalmente llena de disolución y Q es la tasa de procesamiento global, en la que

el procedimiento determina computacionalmente el estado de flujo de la disolución (700) presente sobre la superficie de canal del canal de husillo en el lado aguas arriba en la dirección de transporte mediante las fórmulas mostradas a continuación:

$$K_1 = (EL/F) / S_1,$$

$$E = \pi DN \sin \theta / 2$$

y

$$F = \pi DN \cos \theta / 2,$$

en las que F es la velocidad de propulsión de flujo de la disolución que fluye a lo largo del filete de husillo, E es la velocidad de flujo del flujo de actualización de superficie, θ es el ángulo de hélice del filete de husillo, en la que

el procedimiento determina computacionalmente el estado de flujo de la disolución (800) presente en el hueco entre el husillo (200) y el tambor (100) mediante las fórmulas mostradas a continuación:

$$K_2 = (L/F) / (S_2/2G),$$

$$S_2 = 2\pi D (360 - 2\cos^{-1}(W/D)) / 360$$

y

$$G = n\pi DN/2,$$

5

en las que F es la velocidad de propulsión de flujo de la disolución que fluye a lo largo del filete de husillo, G es la velocidad periférica media en la sección de punta de husillo y W es la distancia entre los árboles del husillo doble, donde

el procedimiento determina computacionalmente el estado de flujo de la disolución (900) presente sobre la superficie de canal del canal de husillo en el lado aguas abajo en la dirección de transporte mediante las fórmulas mostradas a continuación:

$$K_3 = (L/F) / (S_3/I)$$

10

y

$$I = n\pi DN,$$

en las que F es la velocidad de propulsión de flujo de la disolución que fluye a lo largo del filete de husillo e I es la velocidad periférica de la parte de engranaje del husillo.

15

5.- El procedimiento según la reivindicación 4, en el que la información relativa a la disolución presente en el hueco entre el husillo (200) y el tambor (100) se calcula teniendo en cuenta una delgada película de la disolución presente en el hueco entre el husillo (200) y el tambor (100) que está afectada por la velocidad periférica media en una sección de punta de husillo y actualizando la delgada película de la disolución mediante la velocidad periférica media en la sección de punta de husillo.

20

6.- El procedimiento según la reivindicación 4 o la reivindicación 5, en el que la información relativa a la disolución presente sobre la superficie de canal del canal de husillo en el lado aguas abajo en la dirección de transporte se calcula con referencia a la velocidad periférica de la parte de engranaje del husillo y a la velocidad de propulsión del flujo de la disolución que fluye a lo largo del filete de husillo.

FIG.1

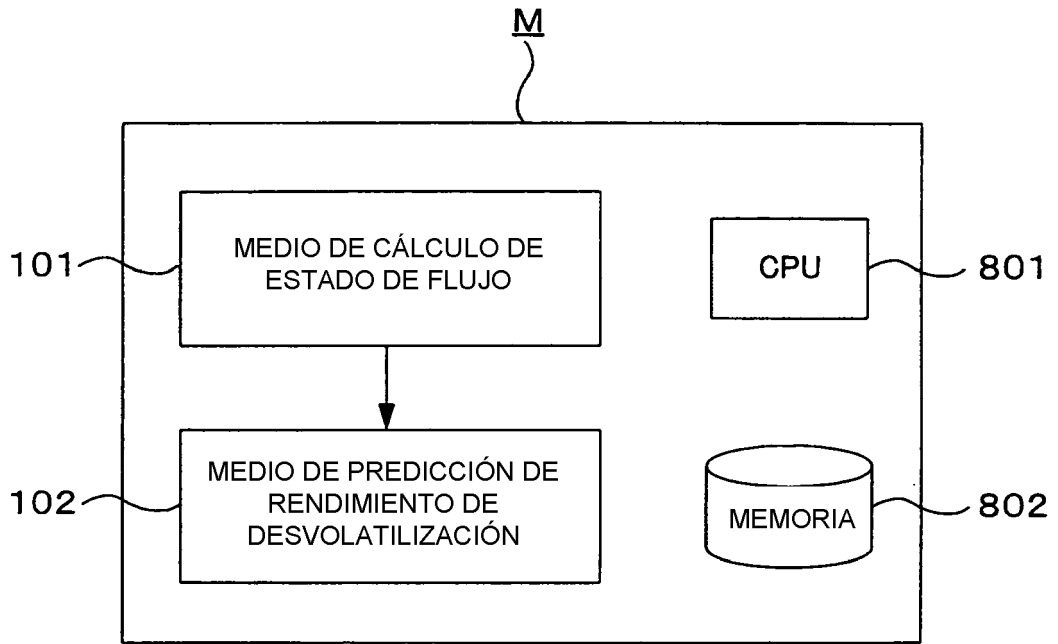


FIG.2

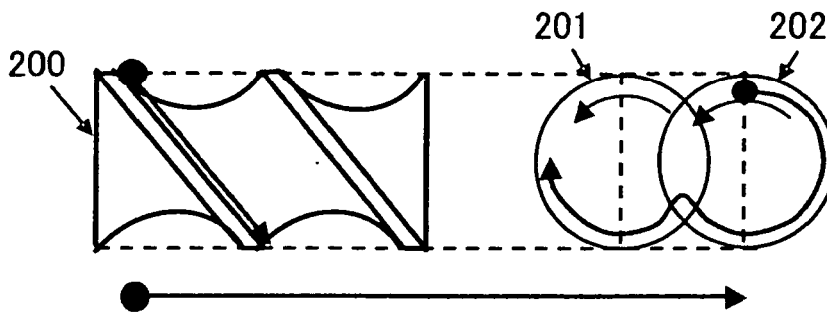


FIG.3

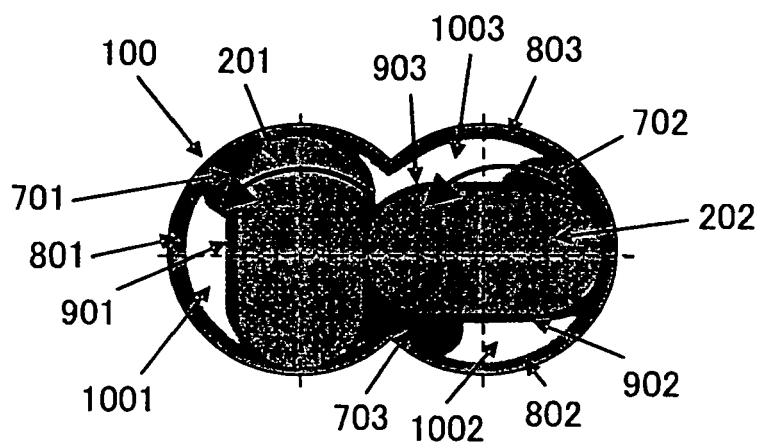


FIG.4

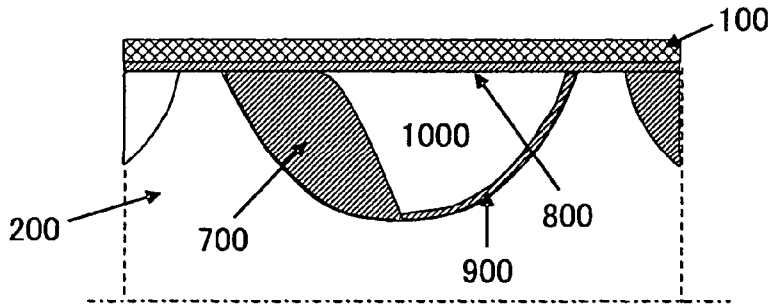


FIG.5

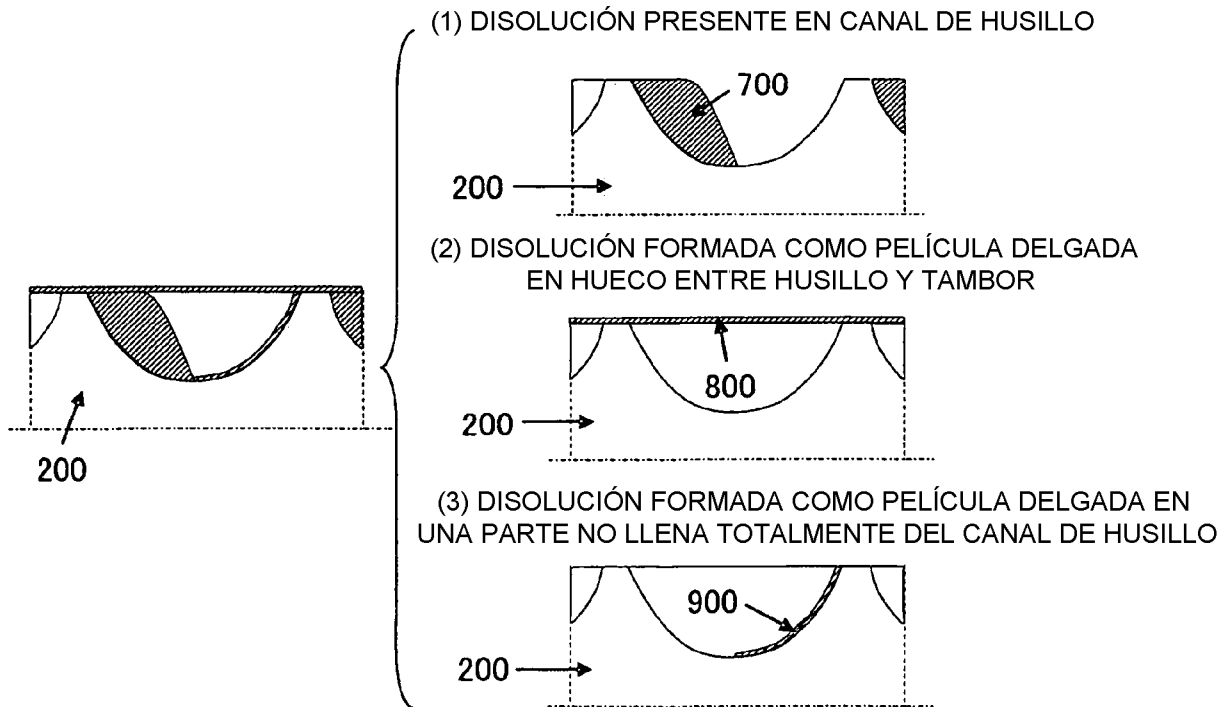
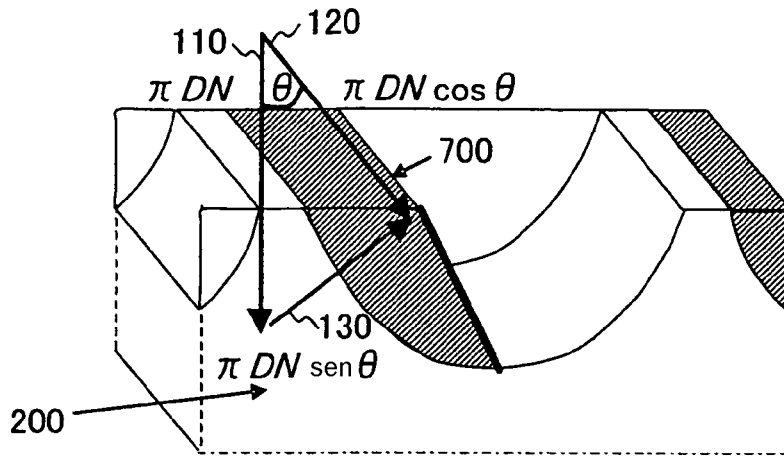
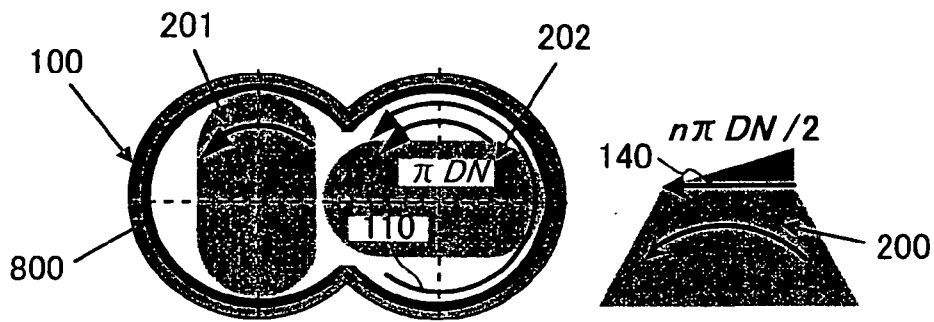


FIG.6



D : DIÁMETRO INTERNO DE CILINDRO (m),
 N : NÚMERO DE REVOLUCIONES POR UNIDAD DE TIEMPO DE HUSILLO (s^{-1})
 θ : ÁNGULO DE HÉLICE DE FILETE DE HUSILLO (grados)

FIG.7



D : DIÁMETRO INTERNO DE CILINDRO (m),
 N : NÚMERO DE REVOLUCIONES POR UNIDAD DE TIEMPO DE HUSILLO (s^{-1})
 n : NÚMERO DE ROSCAS DE FILETE DE HUSILLO

FIG.8

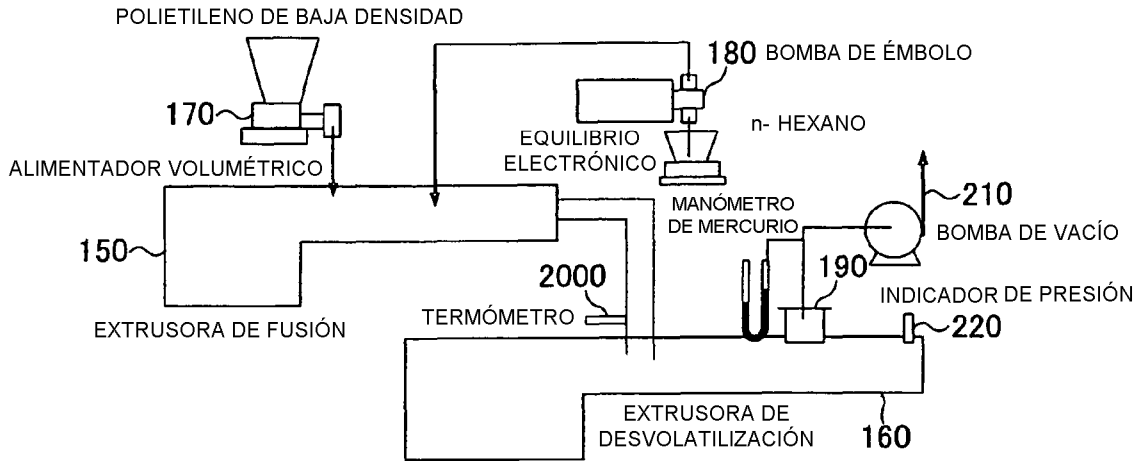


FIG.9

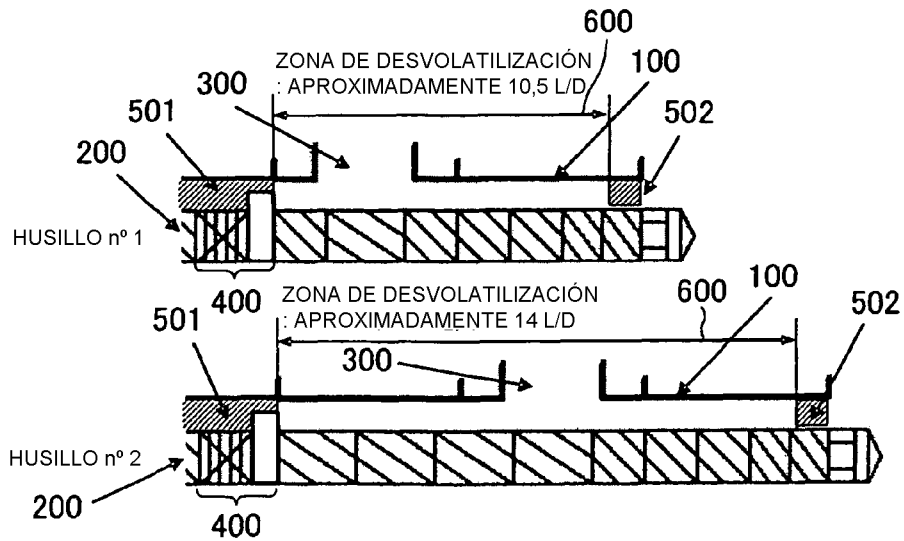


FIG.10

Nº DE HUSILLO	TASA DE PRO-CESAMIENTO (Q) /kg/h	REVOLUCIONES POR UNIDAD DE TIEMPO DE HUSILLO (Ns) /rpm	Q/Ns	TEMPERATURA DE TAMBOR /°C	GRADO DE VACÍO / X 10 ⁻³ MPa	PRESIÓN DE RESINA EN EXTREMO DELANTERO /MPa	TEMPERATURA DE RESINA EXPULSADA /°C	CONCENTRACIÓN DE n-HEXANO DE ENTRADA (C _n) /ppm	CONCENTRACIÓN DE n-HEXANO DE SALIDA (C _L) /ppm
1	150	100	1.50	200	4	1.6	231	3000	1154
	150	150	1.00	200	4	1.4	240	3000	806
	150	200	0.75	200	4	0.4	248	3000	691
	250	167	1.50	200	4	0.8	244	3000	1017
	250	250	1.00	200	4	0.8	250	3000	934
2	150	100	1.50	200	4	1	229	3000	832
	150	150	1.00	200	4	0.8	238	3000	805
	150	200	0.75	200	4	0.7	245	3000	464
	250	167	1.50	200	4	1.3	239	3000	1189
	250	250	1.00	200	4	1.2	250	3000	826

FIG.11

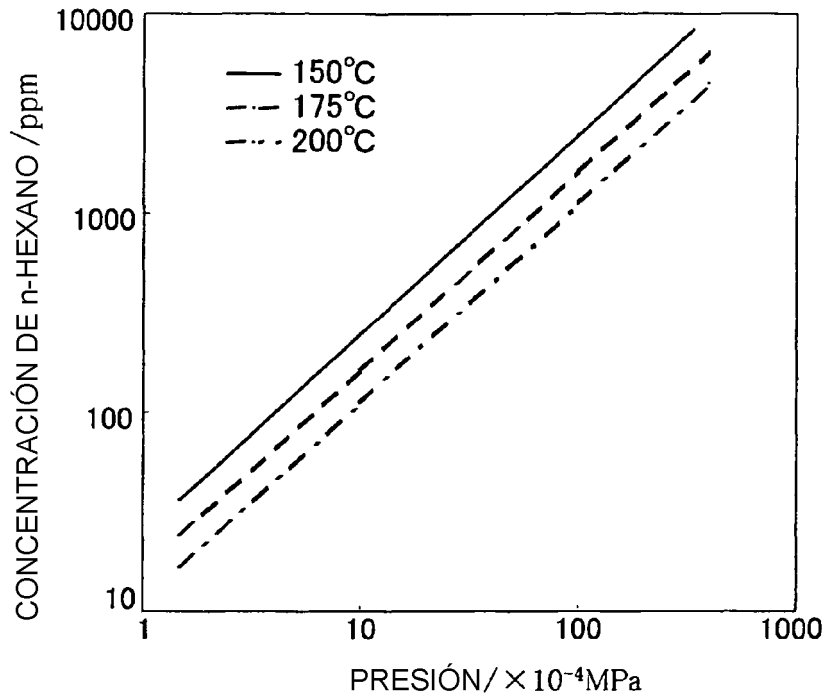


FIG.12

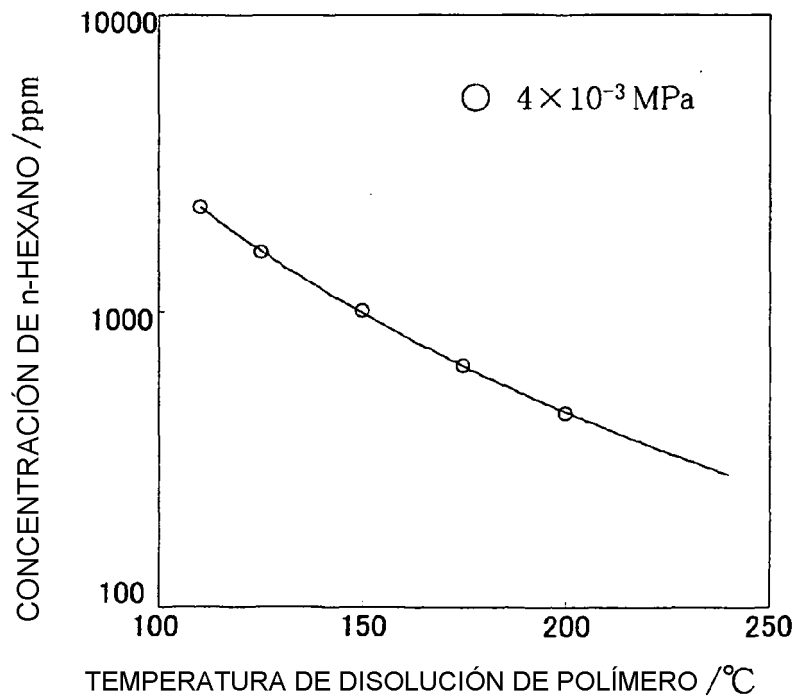


FIG.13

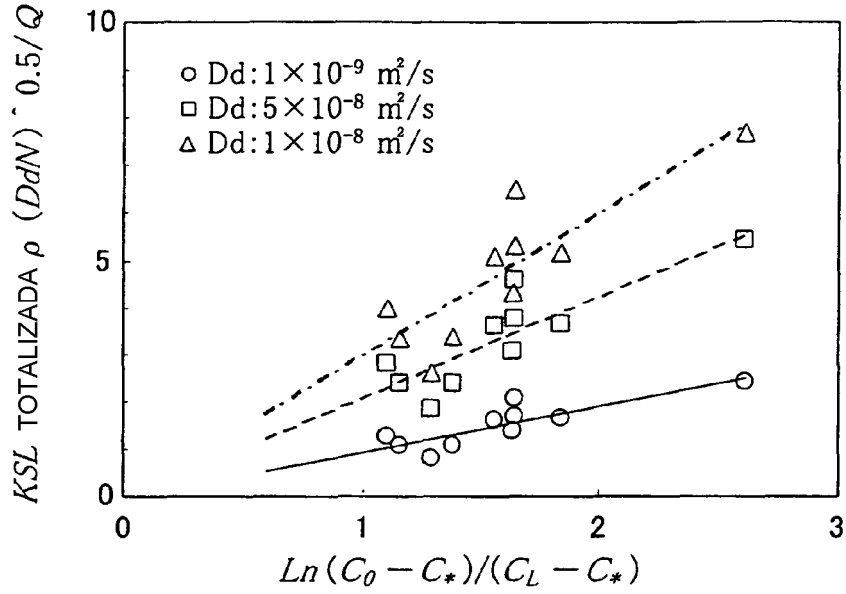


FIG.14

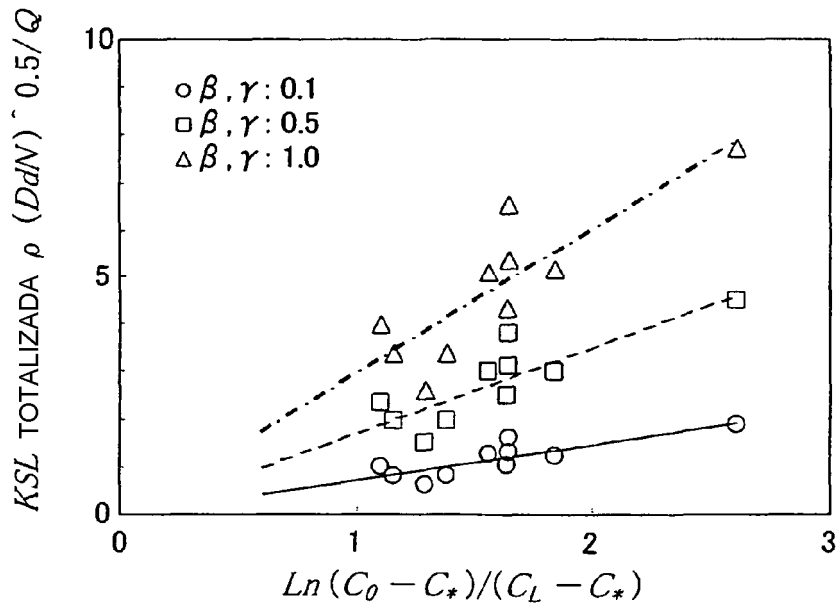


FIG.15

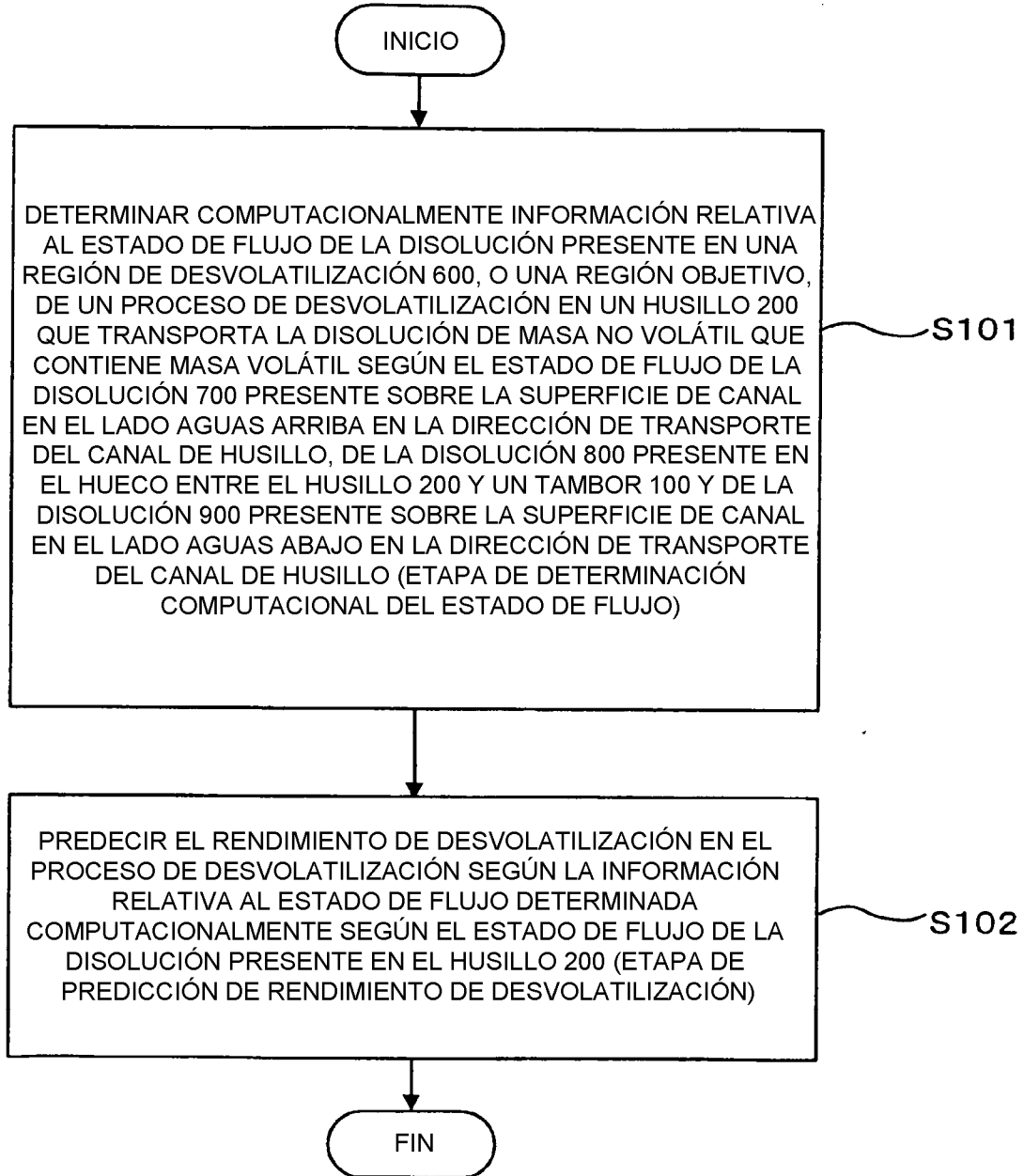


FIG.16

