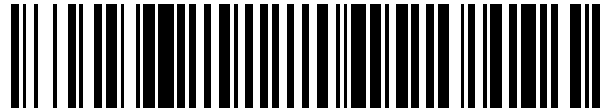


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 180**

51 Int. Cl.:

B29C 44/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.10.2003 E 03779377 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2012 EP 1575763**

54 Título: **Sistemas de introducción de agente de soplado**

30 Prioridad:

28.10.2002 US 281891

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

08.04.2013

73 Titular/es:

**TREXEL, INC. (100.0%)
45 SIXTH RD.
WOBURN, MA 01801, US**

72 Inventor/es:

KIM, ROLAND

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 400 180 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

Sistemas de introducción de agente de soplado

ANTECEDENTES DEL INVENTO

Campo Del Invento

- 5 El presente invento se refiere en general al tratamiento de esponja de polímeros y, más particularmente, a un sistema para introducir el agente de soplado en el material polímero en un proceso de esponja polimérica.

Descripción de la Técnica Relacionada

- 10 Los materiales polímeros son tratados utilizando una variedad de técnicas. Muchas técnicas emplean un extrusor que incluye un tornillo de tratamiento de polímero que gira dentro de un cilindro para plastificar un material polímero. Algunas técnicas de tratamiento, tales como moldeo por inyección y moldeo por soplado, pueden ser discontinuas. Es decir, durante la operación, el tornillo no plastifica el material polímero de manera continua. Los procesos discontinuos pueden tener ciclos repetitivos que incluyen un periodo de plastificación, en el que el tornillo gira y el material polímero es acumulado, seguido por un periodo de inyección (o eyección), en el que el tornillo no gira y el material polímero acumulado es inyectado a un molde (o eyeccionado a través de una matriz). Los materiales de esponja polimérica, incluyendo materiales microcelulares, pueden ser tratados introduciendo un agente de soplado físico en el material polímero dentro del extrusor a través de un puerto de agente de soplado en el cilindro. Muchos sistemas convencionales de introducción de agente de soplado introducen agentes de soplado continuamente en el material polímero dentro del cilindro. En procesos discontinuos, incluyendo ciertos procesos de moldeo por inyección y de moldeo de soplado, tales sistemas de introducción continua pueden provocar una falta de control sobre el porcentaje de agente de soplado inyectado en el material polímero y pueden conducir a una distribución desigual del agente de soplado en el material polímero. En particular, el material polímero en la proximidad del puerto del agente de soplado, cuando el tornillo cesa de plastificar el material polímero, puede contener cantidades más elevadas de agente de soplado debido a su tiempo de residencia incrementado en la proximidad del puerto de inyección del agente de soplado. La distribución desigual del agente de soplado puede dar como resultado variaciones de viscosidad dentro del material polímero en el extrusor que pueden provocar inconsistencias de salida y otros problemas. Tales efectos pueden reducir generalmente el control sobre el proceso y pueden estrechar la ventana de tratamiento.

- 25 En algunos procesos de polímero, incluyendo algunos procesos discontinuos, tales sistemas convencionales de introducción de agente de soplado pueden ser adecuados. Sin embargo, en otros procesos, tales como procesos discontinuos que requieren un control relativamente preciso sobre la introducción del agente de soplado, los sistemas de introducción convencionales pueden perjudicar el proceso por una o más de las razones descritas antes. En particular, ciertos procesos para producir pequeños artículos moldeados y/o artículos de esponja microcelular pueden ser afectados negativamente si el agente de soplado no es controlado de manera precisa.

- 30 El documento WO 02/14044 describe un sistema de dosificación de agente de soplado y un método para utilizar en el tratamiento de esponja polimérica. El sistema de dosificación incluye una restricción de orificio y un puerto de agente de soplado. El sistema de dosificación mide el diferencial de presión cuando el agente de soplado fluye a través del orificio de restricción desde la fuente del puerto y puede medir también la temperatura del agente de soplado. Un controlador del sistema ajusta la presión aguas arriba del orificio de restricción en respuesta a las entradas de la variable medida para mantener un diferencial de presión a través del orificio que proporciona el caudal deseado de agente de soplado.

RESUMEN DEL INVENTO

- 40 El invento proporciona un sistema de introducción de agente de soplado para introducir agente de soplado en un sistema de tratamiento de esponja polimérica de acuerdo con la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes describen realizaciones preferidas.

- 45 Otras ventajas, características nuevas, y objetos del invento resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones no limitativas del invento cuando es considerada en unión con los dibujos adjuntos, que son esquemáticos y que no pretenden estar dibujados a escala. En las figuras, cada componente idéntico o casi idéntico que está ilustrado en las distintas figuras típicamente está representado por un solo número. Con propósitos de claridad, no todos los componentes están etiquetados en cada figura, ni cada componente de cada realización del invento mostrado en la ilustración es necesario para permitir que los expertos en la técnica comprendan el invento. En los casos en los que la memoria actual y un documento incorporado como referencia incluyen una descripción en conflicto, mandará la presente memoria.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Se describirán realizaciones no limitativas del presente invento a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

5 La fig. 1 ilustra esquemáticamente un sistema de introducción de agente de soplado utilizado para introducir agente de soplado en un extrusor de un sistema de moldeo por inyección;

La fig. 2 ilustra esquemáticamente otro sistema de introducción de agente de soplado utilizado para introducir agente de soplado en un extrusor de un sistema de moldeo por inyección;

La fig. 3 ilustra esquemáticamente otro sistema de introducción de agente de soplado utilizado para introducir agente de soplado en un extrusor de un sistema de moldeo inyección;

10 La fig. 4 ilustra esquemáticamente una sección de un cilindro extrusor que incluye múltiples puertos de agente de soplado conectados a un conducto de un sistema de introducción de agente de soplado;

La fig. 5 ilustra esquemáticamente un conjunto de válvula del sistema de introducción de agente de soplado posicionado en un cilindro extrusor;

15 Las figs. 6A y 6B son copias de fotos SEM que muestran secciones transversales representativas de piezas producidas en el Ejemplo 3;

Las figs. 7A y 7B son copias de fotos SEM que muestran secciones transversales representativas de piezas producidas en el Ejemplo 3; y

Las figs. 8A y 8B son copias de fotos SEM que muestran secciones transversales representativas de piezas producidas en el Ejemplo 3.

20 DESCRIPCIÓN DETALLADA

El presente invento proporciona sistemas de introducción de agente de soplado para introducir el agente de soplado en sistemas de tratamiento de esponja polimérica. Es adecuado para introducir una o más dosis de agente de soplado en el material polímero en un extrusor durante un período de plastificación de un ciclo de moldeo. Antes de la introducción, una dosis es confinada en un acumulador que, por ejemplo, tiene un volumen definido entre una válvula de entrada y una válvula de salida. Como se ha descrito adicionalmente a continuación, un sistema de control puede recibir entradas relacionadas con los parámetros del sistema (por ejemplo, presión del material polímero en el extrusor, posición axial del tornillo en el cilindro, si el tornillo está girando, y similar) y basado en las entradas coordina la operación de las válvulas para confinar e introducir la o las dosis de agente de soplado. Los sistemas de introducción pueden ser utilizados en procesos de plastificación discontinuos, tales como moldeo por inyección y moldeo por soplado, y pueden ser particularmente útiles en procesos que utilizan cantidades precisas de agente de soplado.

Con referencia a la fig. 1, una realización ilustrativa de un sistema 10 de introducción de agente de soplado de acuerdo con el invento está mostrada conectada a un extrusor 12 de un sistema 14 de moldeo por inyección. El sistema 10 de introducción introduce agente de soplado desde una fuente 22 a través de un puerto 24 de agente de soplado en el material polímero en el extrusor 12. El conducto 26 conecta la fuente del agente de soplado a distintos componentes del sistema de introducción y al puerto de agente de soplado. Aguas abajo de la fuente 22, el sistema de introducción incluye una bomba 85 para aumentar la presión del agente de soplado, un depósito 83 de alta presión para almacenar agente de soplado, y un dispositivo de regulación de presión (por ejemplo, un regulador 81 reductor de presión) para regular el agente de soplado aguas abajo del dispositivo a un valor fijo. El sistema de introducción incluye también un acumulador 16 que tiene un volumen definido entre una válvula de entrada 28 y una válvula de salida 30. En la realización de la fig. 1, el acumulador incluye una cámara 20 que define la mayor parte del volumen del acumulador. En otras realizaciones, la cámara puede no definir la mayor parte del volumen del acumulador. La válvula de entrada 28 está posicionada entre la fuente de agente de soplado y el acumulador para permitir/impedir el flujo del agente de soplado al acumulador y la válvula de salida 30 está posicionada entre el acumulador y el puerto de agente de soplado para controlar el flujo de agente de soplado al puerto de agente de soplado. En algunos casos y como se ha mostrado, puede ser preferible posicionar la válvula de salida próxima al puerto 24. Un sistema de control 29 que, como se ha descrito adicionalmente más adelante, puede recibir señales de entrada desde un controlador 31 de inyección y/o de un sistema de introducción 10 y enviar señales de salida para abrir y cerrar las válvulas 28, 30, controlando así la operación del sistema de introducción. En sistemas que no incluyen un controlador 31 de moldeo por inyección, el sistema de control 29 puede recibir entradas procedentes de componentes del sistema de moldeo por inyección.

Debería comprenderse que el sistema de introducción puede tener una variedad de configuraciones diferentes en otras realizaciones del presente invento. Por ejemplo, como se ha mostrado en la fig. 2 y descrito posteriormente, el acumulador puede no incluir una cámara. También, en ciertas realizaciones, el sistema de introducción puede no incluir ciertos

componentes tales como una bomba o un depósito de alta presión. En algunas realizaciones, el dispositivo regulador de presión puede ser un regulador de contrapresión como se ha mostrado en la fig. 2 y descrito adicionalmente después.

El sistema 14 de moldeo por inyección puede ser cualquier tipo adecuado conocido en la técnica. Ejemplos de sistemas de moldeo por inyección adecuados han sido descritos, por ejemplo en la Publicación Internacional N° WO 98/31521, titulada “Moldeo por Inyección de Material Microcelular” por Pierick y col. En la realización ilustrativa de la fig. 1, el sistema de moldeo por inyección incluye el extrusor 12 que tiene una salida 33 conectada de forma fluida a un molde de inyección 32. El extrusor incluye un tornillo 34 de tratamiento de polímero que está montado dentro del cilindro 36. El tornillo de tratamiento de polímero puede ser hecho girar y movido axialmente en dirección aguas abajo, por ejemplo, por un motor 37. El material polímero, típicamente en forma de pellets, es alimentado al cilindro 36 desde una tolva 38 a través de un orificio 40. El tornillo 34 y el cilindro 36 definen entre ellos un espacio 42 de tratamiento de polímero en que el material polímero es transportado en una dirección aguas abajo 44 durante el período de plastificación del ciclo por la rotación del tornillo. El puerto 24 del agente de soplado es formado en el cilindro para permitir introducir el agente de soplado en el material polímero en el espacio de tratamiento de polímero. El cilindro 36 puede estar equipado con unidades 46 de control de temperatura en posiciones selectivas a lo largo de su longitud axial. Las unidades 46 de control de temperatura pueden ser utilizadas para calentar el cilindro, por ejemplo para facilitar la fusión del material polímero en forma de pellets. El extrusor 12 puede incluir también instrumentos de medición (no mostrados) tales como termopares y transductores de presión para vigilar, respectivamente, la temperatura y presión del material polímero, en distintas posiciones a lo largo de la longitud del cilindro.

El funcionamiento del sistema de introducción del agente de soplado puede ser acoplada al período de plastificación del ciclo de moldeo. Al comienzo de un ciclo de moldeo, el tornillo 34 es posicionado en un extremo de aguas abajo del cilindro 36 como se ha mostrado en la fig. 1 y típicamente, una cantidad (o “dosis”) del agente de soplado es confinada a una presión relativamente elevada en el acumulador 16. El tornillo 34 comienza a girar dentro del cilindro 36 para plastificar el material polímero y transportar el material polímero en una dirección aguas abajo en el espacio de tratamiento de polímero. En el inicio, o en cualquier punto durante la plastificación, la válvula de salida 30 puede ser abierta por el sistema de control 29. El sistema de control, por ejemplo, puede abrir la válvula de salida en respuesta a una condición especificada como se ha descrito adicionalmente a continuación. Por ejemplo, el sistema de control puede abrir la válvula de salida cuando la presión del agente de soplado en el acumulador es mayor que la presión del material polímero en el extrusor. Cuando la válvula de salida es abierta, el agente de soplado en el acumulador se expande, así, pasando a través del puerto del agente de soplado e introduciendo el material polímero para formar una mezcla de material polímero y agente de soplado en el espacio de tratamiento del polímero.

Después de que la dosis ha sido introducida, la válvula de salida se cierra. Típicamente, la válvula de entrada es entonces abierta, por ejemplo por una señal desde el sistema de control, que permite que el agente de soplado fluya al acumulador. La válvula de entrada puede ser cerrada entonces para confinar una dosis del agente de soplado en el acumulador entre las válvulas de entrada y salida cerradas. En algunos procesos, como se ha descrito adicionalmente más adelante, pueden ser introducidas múltiples dosis del agente de soplado durante un solo período de plastificación.

Después de que la dosis ha sido introducida, la mezcla del material polímero y del agente de soplado es transportada aguas abajo por la rotación del tornillo y acumulada en una región 52 dentro del cilindro de aguas abajo del tornillo. La mezcla acumulada crea una presión que hace que el tornillo se retire axialmente en una dirección aguas arriba en el cilindro. Típicamente, la plastificación continúa hasta que se ha acumulado una cantidad deseada de mezcla (o una cantidad para un ciclo de moldeo). En algunas realizaciones, como se ha descrito adicionalmente a continuación, la cantidad de agente de soplado introducida durante el período de plastificación puede ser controlada para crear una cantidad de un ciclo de moldeo que tenga el porcentaje en peso deseado de agente de soplado. Por ejemplo, la cantidad de agente de soplado puede ser controlada introduciendo múltiples dosis de agente de soplado en un solo período de plastificación o controlando el tamaño de la dosis (por ejemplo, por volumen de acumulador y/o presión del agente de soplado en el acumulador y/o temperatura del agente de soplado en el acumulador).

Después de que se haya acumulado una cantidad de un ciclo de moldeo en la región 52, el tornillo 34 cesa de girar y se retira. A continuación, el tornillo 34 es movido axialmente en una dirección aguas abajo (indicada por 44 en la fig. 1) para inyectar la cantidad de un ciclo de moldeo acumulada a través de la salida 33 del extrusor y al molde. Una válvula 54 asociada con la salida del extrusor puede ser abierta para permitir que la mezcla fluya al molde. La mezcla del material polímero y del agente de soplado es enfriada en el molde, después de lo cual el molde es abierto para producir un artículo de esponja moldeado por inyección.

Como se ha resaltado antes, el sistema de control 29 puede recibir señales de entrada desde componentes del sistema de moldeo y/o enviar señales de salida para abrir y/o cerrar válvulas 28, 30 y para controlar la operación de otros componentes (por ejemplo del dispositivo 81 regulador de presión) del sistema de introducción.

En algunos procesos, el sistema de control 29 recibe señales de entrada desde un dispositivo 94 de medición de temperatura posicionado dentro del acumulador 20. Como se ha descrito adicionalmente a continuación, el controlador puede determinar la masa del agente de soplado confinada en el acumulador (es decir, el tamaño de la dosis) a partir de la temperatura del

ES 2 400 180 T3

agente de soplado y otras entradas (por ejemplo, la presión del agente de soplado). El dispositivo de medición de temperatura como se ha mostrado está posicionado dentro de la cámara 20, aunque debería comprenderse que puede ser posicionado en cualquier otra parte en el acumulador.

5 En algunas realizaciones, el sistema de control recibe una señal de entrada procedente de un dispositivo 86 de medición de presión relacionado con la presión del material polímero en el espacio de tratamiento de polímero en la proximidad del puerto del agente de soplado. En la realización de la fig. 1, el dispositivo 86 de medición de presión es insertado a través de un puerto 88 de instrumento formado en el cilindro, próximo al puerto del agente de soplado. Por ejemplo, el puerto 88 de instrumento puede estar posicionado a una distancia de aproximadamente 30,5 cm, a una distancia de aproximadamente 12,7 cm, o a una distancia de aproximadamente 2,54 cm del puerto 24 del agente de soplado. En otras realizaciones, el
10 dispositivo de medición de presión puede medir indirectamente la presión del material polímero en la proximidad del puerto del agente de soplado, por ejemplo, midiendo o determinando una presión en cualquier parte en el sistema (por ejemplo, la presión hidráulica en la parte posterior del tornillo) e inferir o calcular la presión del material polímero.

En algunos casos, el sistema de control puede enviar una señal de salida a un componente del sistema de introducción para controlar la presión del agente de soplado en el acumulador 16. Por ejemplo, el sistema de control puede enviar una señal de salida que controla la presión del agente de soplado en el acumulador en respuesta a la señal de entrada procedente del dispositivo 86 de medición de presión. La presión del agente de soplado en el acumulador puede ser ajustada a un valor deseado enviando una señal de salida, por ejemplo, a un dispositivo regulador de presión (por ejemplo, el regulador 81 de reducción de presión, fig. 1; regulador de contrapresión 19, fig. 2). El dispositivo regulador de presión, a su vez, fija la presión del agente de soplado entregado al acumulador cuando la válvula de entrada 28 es abierta. En otros casos, la presión del
15 agente de soplado en el acumulador puede ser ajustada enviando una señal de salida a otros componentes capaces de fijar la presión entregada al acumulador.

El sistema de control puede establecer la presión del agente de soplado suministrado al acumulador en un valor mayor que la presión del material polímero en el extrusor en la proximidad del puerto del agente de soplado. Típicamente, el sistema de control establece la presión del agente de soplado mayor que la presión del material polímero en al menos una cantidad crítica. La cantidad es seleccionada de manera que asegure que hay suficiente fuerza motriz para introducir la dosis del agente de soplado y mantener la presión del agente de soplado mayor que la presión del material polímero a lo largo de toda la introducción incluso cuando la presión del material polímero fluctúa en el extrusor. En algunos casos, el sistema de control puede enviar una señal de salida que establece la presión del agente de soplado en el acumulador al menos a 0,345 MPa (50 psi) mayor que la presión del material polímero en la proximidad del puerto del agente de soplado. En otros casos, el sistema
25 de control puede enviar una señal de salida que establece la presión del agente de soplado en el acumulador en al menos 1,379 MPa (200 psi), o incluso en al menos 2,758 MPa (400 psi), mayor que la presión del material polímero en la proximidad del puerto del agente de soplado. Diferencias de presión más elevadas pueden ser deseables en ciertos procesos tales como los que están caracterizados porque tienen fluctuaciones de presión relativamente elevadas en el extrusor. Las diferencias de presión más elevadas pueden aumentar también la tasa de introducción del agente de soplado.

35 En algunas realizaciones, el sistema de control establece la presión del agente de soplado suministrado al acumulador mayor que la presión del material polímero en el extrusor, pero menor que una cantidad crítica. Si la diferencia de presión entre la presión del agente de soplado en el acumulador y la presión del material polímero en el extrusor es demasiado grande, entonces el proceso de moldeo puede verse afectado negativamente. Por ejemplo, si la diferencia de presión es demasiado elevada, entonces el agente de soplado puede no ser mezclado apropiadamente en el extrusor, lo que puede afectar a la calidad de las piezas moldeadas. Además, si la diferencia de presión es demasiado elevada, entonces el agente de soplado puede provocar un flujo de sentido contrario en el extrusor. Estos efectos pueden perjudicar la estabilidad del proceso. En algunos procesos, el sistema de control puede enviar una señal de salida que establece la presión del agente de soplado en el acumulador mayor que la presión del material polímero en la proximidad del puerto del agente de soplado en un valor menor que 6,895 MPa (1000 psi) mayor que la presión del material polímero. En otros procesos, el sistema de control establece la
40 presión del agente de soplado en el acumulador mayor que la presión del material polímero en la proximidad del puerto del agente de soplado por un valor menor que 3,447 MPa (500 psi) mayor que la presión del material polímero. La diferencia de presión específica puede depender del proceso. Por ejemplo, algunos procesos pueden ser más sensibles a diferencias de presión más elevadas.

Debería comprenderse que en ciertos procesos, el controlador establece la presión del agente de soplado en el acumulador mayor que la presión del material polímero dentro de un rango crítico. El límite inferior del rango puede ser cualquiera de los valores antes descritos (por ejemplo, 0,345 MPa (50 psi), 1,379 MPa (200 psi), y 2,758 MPa (400 psi)) y el límite superior del rango puede ser cualquiera de los valores antes descritos (por ejemplo, 3,447 MPa (500 psi) ó 6,895 MPa (1000 psi)). Por ejemplo el controlador puede establecer la presión del agente de soplado en el acumulador entre 0,345 MPa (50 psi) y 6,885 MPa (1000 psi) mayor que la presión en el material polímero en el extrusor en la proximidad del puerto del agente de soplado.
50 En otros casos, el controlador establece la presión del agente de soplado en el acumulador entre 0,345 MPa (50 psi) y 3,447 MPa (500 psi) mayor que la presión del material polímero en el extrusor en la proximidad del puerto del agente de soplado.

5 Debería comprenderse también, sin embargo, que en algunas realizaciones el sistema de control no necesita enviar una señal de salida a un componente del sistema de introducción para controlar la presión del agente de soplado en el acumulador. En algunas realizaciones, un usuario puede establecer manualmente la presión entregada al acumulador, por ejemplo, ajustando manualmente el regulador de presión. En otras realizaciones, el agente de soplado puede ser proporcionado al acumulador (por ejemplo, por la fuente 22) a una presión suficiente sin necesidad de ajuste.

10 Una vez que se ha alcanzado el valor de presión deseado de agente de soplado en el acumulador, el sistema de control puede enviar una señal de salida que abre la válvula de salida 30 para introducir el agente de soplado en el material polímero. En algunos casos, el sistema de introducción incluye un dispositivo 90 de medición de presión para confirmar cuando la presión del agente de soplado en el acumulador ha alcanzado su valor deseado. En estos casos, el dispositivo 90 de medición de presión puede enviar señales de entrada al sistema de control. En respuesta a estas señales de entrada, el sistema de control envía una señal de salida para abrir la válvula de salida cuando se ha alcanzado la condición de presión adecuada.

15 Sin embargo, debería comprenderse que en algunas realizaciones, el sistema de introducción puede no incluir un dispositivo que mida la presión en el acumulador. En estas realizaciones, la presión en el acumulador se supone que es un cierto valor, por ejemplo, el valor establecido por el dispositivo de regulación de presión. La eliminación del dispositivo 90 de medición de presión puede simplificar de manera ventajosa al diseño del sistema de introducción en ciertos casos.

20 Cuando el dispositivo 90 de medición de presión está presente, el dispositivo puede ser insertado mediante un puerto 20 de instrumento en la cámara del acumulador. Debería comprenderse también que el dispositivo 90 de medición de presión puede ser insertado en otras regiones (por ejemplo, el conducto 26) del acumulador. En otras realizaciones, el dispositivo 90 de medición de presión puede medir indirectamente la presión del puerto del agente de soplado, por ejemplo, midiendo o determinando una presión en cualquier punto en el sistema e infiriendo de ello o calculando la presión del agente de soplado.

25 En otro conjunto de realizaciones, el sistema de control 29 puede enviar una señal de salida para abrir la válvula de salida en respuesta a una señal de entrada procedente del controlador 31 de moldeo por inyección (o procedente de componentes del sistema de moldeo por inyección) relacionada con el comienzo del período de plastificación del ciclo de moldeo (por ejemplo, basado en la posición axial del tornillo o alteración de tiempo de inicio de la rotación del tornillo) en vez de una respuesta a una señal de entrada relacionada con la presión del material polímero como se ha descrito antes. Así, estos procesos pueden no requerir medición directa de la presión del material polímero. Debería comprenderse que, en algunos procesos, el sistema de control 29 puede recibir señales de entrada desde el controlador 31 de moldeo por inyección relacionadas con el comienzo del período de plastificación y recibir señales de entrada relacionadas con la presión del material polímero en el extrusor.

30 En algunas realizaciones cuando el sistema de control recibe una señal de entrada relacionada con el comienzo del período de plastificación, el sistema de control recibe una señal de entrada relacionada con la posición axial del tornillo dentro del cilindro, por ejemplo, cuando el tornillo se retira durante la plastificación. El sistema de control puede, a su vez, enviar una señal de salida que abre la válvula de salida cuando el tornillo se retira a una posición axial dada en el cilindro. La distancia de retirada anterior a la apertura de la válvula de salida es generalmente lo bastante larga para asegurar que la presión en el extrusor ha sido relativamente estabilizada. En algunos casos, el sistema de control envía una señal de salida que abre la válvula cuando el tornillo se ha retraído al menos 1,27 cm de su posición inicial. En otros casos, el sistema de control envía una señal de salida que abre la válvula cuando el tornillo se ha retraído al menos 0,254 cm. Debería comprenderse que la distancia de retracción del tornillo a la que la señal de salida es enviada depende de una variedad de factores (por ejemplo, distancia de retracción total a lo largo del ciclo) y otras distancias de retracción pueden ser adecuadas.

40 En otras realizaciones, el sistema de control recibe una señal de entrada relacionada con el comienzo de la rotación del tornillo. El sistema de control puede, a su vez, enviar una señal de salida que abre la válvula de salida cuando el tornillo comienza a girar o, más típicamente, un período de tiempo especificado después de ello. El período de tiempo especificado es generalmente lo bastante largo para asegurar que la presión en el extrusor ha sido estabilizada relativamente. En algunos casos, el sistema de control envía una señal de salida que abre la válvula al menos 0,5 segundos, o al menos 1,0 segundo, después del comienzo de la rotación del tornillo. Otros tiempos son también adecuados.

45 El sistema de control puede enviar también una señal de salida para cerrar la válvula de salida 30. La válvula de salida es cerrada típicamente después de que se haya introducido la dosis del agente de soplado en el material polímero. Es decir, la válvula de salida es cerrada típicamente después de que la presión del agente de soplado en el acumulador haya disminuido a un valor aproximadamente igual al de la presión del material polímero en el extrusor. Sin embargo, debería comprenderse que en algunos casos, la válvula de salida puede ser cerrada antes de que la presión del agente de soplado resulte aproximadamente igual a la presión del material polímero en el extrusor.

50 En ciertos procesos, el sistema de control envía una señal de salida para cerrar la válvula de salida un período de tiempo especificado después de que la válvula de salida haya sido abierta. Es decir, el sistema de control abre la válvula durante un período de tiempo especificado. El período de tiempo especificado puede ser, por ejemplo, de 0,5 segundos o más. En otros casos, el período de tiempo especificado puede ser de 1,0 segundo o más; en otros casos, el período de tiempo especificado puede ser de 5,0 segundos o más. También son adecuados otros períodos de tiempo especificados. El período de tiempo

especificado depende de una variedad de factores que incluye el tamaño de la dosis, el número de dosis, y el tiempo del período de plastificación, entre otros.

5 Debería comprenderse que en algunos procesos, sistema de control puede enviar una señal de salida para cerrar la válvula de salida basándose en otros parámetros del sistema. Por ejemplo, el sistema de control puede enviar una señal de salida para cerrar la válvula de salida debido a una condición de presión en el extrusor o en el acumulador.

10 El sistema de control también controla típicamente la operación de la válvula de entrada 28. Generalmente la válvula de entrada está cerrada cuando la válvula de salida 30 está abierta. Cuando la válvula de salida está cerrada, el sistema de control puede enviar una señal que abra la válvula de entrada. Como se ha descrito antes, en algunos procesos, el sistema de control envía también una señal para regular o controlar la presión del agente de soplado suministrado al acumulador (por ejemplo, mediante el uso de un dispositivo regulador de presión). En estos casos, la válvula de entrada puede ser abierta después de que se haya alcanzado la presión de suministro deseada. Una vez que la válvula de entrada es abierta, el agente de soplado puede fluir al acumulador. Una vez que la dosis deseada ha sido acumulada, la válvula de entrada puede ser cerrada por el sistema de control para confinar el agente de soplado. En algunos casos, la válvula de entrada puede ser dejada abierta incluso después de que la dosis haya sido acumulada y a continuación ser cerrada inmediatamente antes de abrir la válvula de salida.

20 Como se ha resaltado antes, ciertos procesos pueden introducir más de una dosis de agente de soplado durante un único período de plastificación. En un conjunto de realizaciones, el sistema de control 29 envía múltiples señales para abrir/cerrar las válvulas 28 y 30 durante cada período de plastificación permitiendo que sean entregadas varias dosis de agente de soplado. Por ejemplo, el sistema de control puede hacer que al menos 2, 3, 5, 7, 10, 15 ó 20 dosis de agente de soplado sean entregadas durante un período de plastificación dado. El número de dosis introducido durante un solo período de plastificación depende de un número de factores que incluyen el porcentaje de peso deseado del agente de soplado en una cantidad de un ciclo de moldeo, el tamaño de la cantidad de un ciclo de moldeo, y el tamaño de la dosis. Debería comprenderse que ciertos procesos pueden utilizar una sola dosis o cualquier otro número de dosis adecuado.

25 Introducir dosis múltiples durante un período de plastificación dado puede ser ventajoso en ciertos procesos. Por ejemplo, las dosis múltiples permiten un control incrementado sobre la cantidad total de agente de soplado introducido en el material polímero en una cantidad de un ciclo de moldeo dado. El control incrementado surge, en parte, de utilizar presiones de acumulador más elevadas que reducen las inexactitudes resultantes de las variaciones de presión del material polímero. Además, presiones de acumulador mayores dan como resultado una introducción de agente de soplado mejorada en el material polímero. El control incrementado permite que cantidades precisas de agente de soplado sean introducidas en una cantidad de un ciclo de moldeo dada. Esta precisión, por ejemplo, puede ser importante en ciertos procesos que producen ciclos de moldeo que tienen cantidades relativamente pequeñas de agente de soplado (por ejemplo, menos de aproximadamente el 2% de CO₂ o menos del 0,1% de N₂), y/o producen artículos moldeados relativamente pequeños (por ejemplo menores de 15 g) y/o producen artículos de esponja microcelular. Introducir dosis múltiples a lo largo del período de plastificación puede aumentar también la uniformidad de la distribución del agente de soplado dentro de una cantidad de un ciclo de moldeo.

30 Debería comprenderse que el sistema de introducción del invento puede ser utilizado en conexión con una amplia variedad de procesos.

40 El porcentaje de agente de soplado deseado en una cantidad de un ciclo de moldeo depende del proceso particular y del tipo de agente de soplado. El porcentaje de agente de soplado deseado puede, por ejemplo, ser menor de aproximadamente el 5% en peso de la mezcla de material polímero y agente de soplado. En las realizaciones que utilizan CO₂ como agente de soplado, el nivel puede ser menor de aproximadamente el 4% y, en otras, menor de aproximadamente el 2% en peso de la mezcla de material polímero y agente de soplado. Cuando se ha utilizado N₂ como el agente de soplado, por ejemplo, el nivel puede ser menor de aproximadamente el 0,5 %, menor de aproximadamente el 0,3% o menor de aproximadamente el 0,1% en peso de la mezcla de material polímero y agente de soplado. Como se ha resaltado antes, el sistema de introducción del invento puede ser particularmente muy adecuado para formar mezclas de agente de soplado en porcentajes bajos de peso del agente de soplado.

45 La cantidad de un ciclo de moldeo depende también del proceso particular y, por ejemplo, puede ser de entre aproximadamente 1 g y aproximadamente 200 g. Como se ha descrito antes, el sistema de introducción puede ser particularmente muy adecuado para introducir el agente de soplado en cantidades de un ciclo de moldeo relativamente pequeñas, por ejemplo, cantidades de un ciclo de moldeo de menos de 15 g. En algunos casos, las cantidades de un ciclo de moldeo pueden estar entre 1 g y 15 g.

50 El tamaño de la dosis es medido típicamente por la masa. EL tamaño de la dosis es la masa de agente de soplado confinada en el acumulador que es introducida en el material polímero. Como se ha descrito antes, pueden ser introducidas dosis múltiples en un solo ciclo de plastificación. En casos en los que han introducido dosis múltiples, la cantidad total de agente de soplado en la cantidad de un ciclo de moldeo es el número de dosis multiplicado por el tamaño de la dosis.

El tamaño de la dosis depende del proceso particular, así como, del volumen del acumulador, y de la presión y temperatura del agente de soplado en el acumulador. Tamaños de dosis típicos, por ejemplo, pueden estar entre aproximadamente 0,005 g y aproximadamente 0,1 g. En algunos casos, el tamaño de dosis puede ser menor de 0,1 g: en otros casos menor de 0,05 g; y, en otros casos menor de 0,005 g. Pueden utilizarse tamaños de dosis menores, por ejemplo, para una precisión incrementada. Debería comprenderse que son también posibles otros tamaños de dosis.

En un conjunto de realizaciones, el sistema de control 29 puede controlar la cantidad total de agente de soplado introducida en una cantidad de un ciclo de moldeo y/o el número de dosis de agente de soplado introducidas en una cantidad de un ciclo de moldeo y/o el tamaño de la dosis. El sistema de control puede recibir también entradas manuales del porcentaje deseado de agente de soplado en la mezcla de polímero y de agente de soplado y/o el tamaño de dosis deseado y/o la cantidad de un ciclo de moldeo deseada. El sistema de control puede procesar las entradas y envía una señal de salida para controlar la introducción de agente de soplado en la mezcla así como para formar una mezcla que tiene el porcentaje deseado de agente de soplado.

En algunas realizaciones, como se ha descrito antes, el sistema de introducción 10 puede utilizar el sistema de control 29 para recibir entradas desde el dispositivo 90 de medición de presión y un dispositivo 94 de medición de temperatura relacionados, respectivamente, a la presión y temperatura del agente de soplado en el acumulador. El sistema de control puede recibir también entradas manuales relacionadas con la masa fija seleccionada del agente de soplado que ha de ser confinada en el acumulador; o, alternativamente, puede calcular la masa seleccionada del agente de soplado que ha de ser confinada en el acumulador procedente de otras entradas. El sistema de control puede ser programado para entregar una o más cantidades de un ciclo de moldeo, o un porcentaje deseado de agente de soplado de la mezcla de agente de soplado y material polímero. El sistema de control 29 puede también ser configurado para calcular el volumen y/o masa del agente de soplado que ha de ser confinado en el acumulador utilizando la ley del Gas Ideal u otra relación de equilibrios de fase, a partir de las entradas de temperatura del agente de soplado, de presión del agente de soplado, y de la masa seleccionada del agente de soplado.

El volumen del acumulador 16 es definido entre la válvula de entrada y la válvula de salida. En algunos casos, el volumen del acumulador puede ser definido parcialmente dentro de los conjuntos de válvula. El acumulador tiene un volumen sustancialmente fijo o fijo en algunas realizaciones. Como se ha utilizado aquí, un volumen fijo se refiere a un volumen que es constante cuando el agente de soplado procedente del acumulador es introducido en el material polímero y/o constante durante el período de plastificación de un ciclo de moldeo. Es decir, en estas realizaciones, el acumulador no incluye un conjunto de pared o émbolo buzo que se mueve cuando el agente de soplado es introducido y/o durante la plastificación. La eliminación del conjunto de pared móvil o émbolo buzo puede ser ventajoso en ciertos casos ya que tales diseños pueden complicar la construcción y la operación.

En algunas realizaciones, el acumulador tiene un volumen que es fijado durante la introducción y plastificación del agente de soplado, pero puede ser ajustado entre ciclos de moldeo. Estos tipos de acumuladores tienen también volúmenes fijos como se ha definido aquí. En un conjunto de realizaciones, el acumulador puede ser ajustado, por ejemplo, ajustando un pistón o un tornillo entre ciclos que controla el volumen del acumulador, o reemplazando el acumulador con otro acumulador que tiene un tamaño diferente.

Debería comprenderse también que, en otras realizaciones, el acumulador puede no tener un volumen fijo y puede utilizar paredes móviles y/o émbolos buzos.

El volumen del acumulador depende del proceso específico y, en particular, del tamaño de dosis deseado. En algunos casos, el acumulador 16 puede tener un volumen menor de aproximadamente 50 cm³. En otros casos, el volumen del acumulador puede ser menor de aproximadamente 10 cm³, menor de aproximadamente 1 cm³, menor de aproximadamente 0,1 cm³, o menor de aproximadamente 0,01 cm³.

En un conjunto de realizaciones, el acumulador 16 incluye una cámara 20 que tiene un área de sección transversal mayor que la del conducto. La cámara puede estar en serie con el trayecto de fluido entre las válvulas 28 y 30, como se ha mostrado en la fig. 1; o, la cámara puede tener cualquier configuración de tal manera que permanezca en comunicación fluida con las válvulas 28 y 30, como se ha ilustrado en la fig. 3. La cámara puede tener cualquier tamaño o forma necesario para producir un volumen deseado y contener un gas o fluido presurizado, por ejemplo, rectangular, esférica, o cilíndrica. La cámara puede ser de cualquier tipo conocido en la técnica capaz de contener un agente de soplado. Por ejemplo, la cámara puede estar hecha de un material adecuado para contener un gas, líquido y/o fluido supercrítico presurizado, tal como un tubo de metal, preferiblemente hecho de acero inoxidable. La selección de configuraciones o volúmenes para el acumulador puede ser determinada por los expertos en la técnica con el beneficio del presente invento.

En otro conjunto de realizaciones, el acumulador 16 puede ser definido por el conducto que existe entre las válvulas 28 y la válvula 30, como se ha ilustrado en la fig. 2.

Las válvulas 28, 30 pueden ser cualquier dispositivo de la técnica que permita de manera selectiva el flujo de gas, gas licuado, o fluido supercrítico presurizado a través de otra configuración. Los tipos de válvulas adecuados incluyen válvulas de

solenoides, de carrete u otras válvulas equivalentes, y pueden ser válvulas obturadoras. En ciertos casos, la válvula puede incluir un cuerpo o conjunto de válvula, que puede definir al menos una parte del volumen del acumulador 16. En algunos casos, las válvulas 28 y 30 pueden ser del mismo tipo, mientras que en otros casos las válvulas pueden ser de tipos diferentes.

5 En la realización ilustrativa de la fig. 1, la válvula de salida 30 está posicionada cerca (por ejemplo, a menos de 30,48 cm, a menos de 7,62 cm o a menos de 2,54 cm) o esencialmente junto al puerto 24 del agente de soplado. En algunos casos, esta disposición puede ser preferida para minimizar el volumen de agente de soplado que puede ser confinado en el conducto entre la válvula de salida y el puerto 24. Sin embargo, ha de comprenderse que la posición de la válvula de salida puede ser en cualquier lugar con relación al puerto 24 del agente de soplado de modo que controle el flujo del agente de soplado al puerto del agente de soplado.

10 Cuando es posicionada cerca o junto al puerto 24 de agente de soplado, la válvula de salida 30 puede ser del tipo mostrado en la fig. 5 y descrito en los documentos US-A-2003/64462, titulado "Válvula para Moldeo por Inyección", y US-A-2001/033040 titulado "Sistema de Entrega del Agente de Soplado" de cesionaria común. La fig. 5 muestra la válvula de salida 30 como parte de un conjunto inyector que es insertado dentro del puerto del agente de soplado, así, es esencialmente adyacente al puerto. Como se ha mostrado, la válvula de salida está formada, en parte, de un cuerpo de válvula 168 que es insertado dentro de un manguito inyector 170. La válvula ilustrada incluye un vástago 171 de válvula que es accionable, por ejemplo por aire comprimido, con relación a un asiento de válvula 172 para abrir o cerrar la válvula. En la posición abierta (como se ha mostrado en la fig. 5), el vástago de válvula es separado del asiento de válvula para proporcionar un trayecto que permite que el agente de soplado fluya a través de un paso interno 173 de la válvula que está conectado al conducto 26 (fig. 1). En la posición cerrada, el vástago de válvula contacta con el asiento de válvula creando por ello un cierre hermético que impide el flujo del agente de soplado más allá. El cuerpo de válvula 168 puede también incluir opcionalmente una válvula de retención. Como se ha ilustrado, la válvula de retención incluye una comprobación de bola 174 que es cargada hacia arriba y mantenida en esa posición por un resorte 175, aunque otras construcciones de válvula pueden ser utilizadas también. En otras realizaciones, el resorte no es requerido y la bola puede moverse libremente en respuesta al agente de soplado y al material polímero. Típicamente, cuando la válvula de obturación es abierta, la presión del agente de soplado fuerza a la comprobación de bola 174 lejos de una superficie de cierre hermético 176 para proporcionar un paso para que el agente de soplado fluya al puerto.

20 El puerto 24 del agente de soplado está formado en el cilindro 36 del extrusor en una posición en la que el material polímero está generalmente en un estado fluido. El puerto del agente de soplado conecta el sistema de introducción del agente de soplado al material polímero en el espacio 42 de tratamiento de polímero. El puerto 24 de agente de soplado puede ser un solo puerto o una pluralidad de puertos dispuestos en el cilindro. Cuando se utilizan múltiples puertos, los puertos pueden estar dispuestos radialmente alrededor del cilindro o de manera lineal a lo largo de la longitud del cilindro (fig. 4). Como se ha mostrado en la fig. 4, una disposición de puertos 24a, 24b, 24c a lo largo de la longitud del cilindro puede facilitar la inyección de agente de soplado en una posición relativamente constante con relación al tornillo cuando el tornillo se mueve axialmente (en una dirección aguas arriba) dentro del cilindro cuando es acumulada la mezcla del material polímero y del agente de soplado. Cuando se utilizan puertos radialmente dispuestos, una pluralidad de puertos 24 puede ser colocada en las posiciones de las 12:00 en punto, de las 3:00 en punto, de las 6:00 en punto y de las 9:00 en punto alrededor del cilindro extrusor, o en cualquier otra configuración deseada.

30 En la fig. 4, las válvulas de obturación separadas 62a, 62b, 62c pueden estar previstas en cada puerto 24a, 24b, 24c de agente de soplado. Las válvulas de obturación 62a, 62b, 62c pueden ser abiertas y cerradas individualmente, durante el período de tiempo de plastificación, de modo que controlen la inyección del agente de soplado en la posición deseada con relación a la posición del tornillo, por ejemplo, para asegurar que el agente de soplado es introducido en la sección de inyección de agente de soplado del tornillo. Una o más válvulas pueden ser abiertas al mismo tiempo. En la realización ilustrativa, cada puerto de agente de soplado está conectado al mismo sistema de introducción de agente de soplado. Sin embargo, debería comprenderse que en algunas realizaciones, cada puerto de agente de soplado puede estar conectado a un único sistema de introducción de agente de soplado.

35 El puerto 24 de agente de soplado puede incluir un único orificio o una pluralidad de orificios (178, fig. 5). En las realizaciones de múltiples orificios, el puerto puede incluir al menos aproximadamente 2, y en algunos de los casos al menos aproximadamente 4, y en otros al menos aproximadamente 10, y en otros al menos aproximadamente 40, y en otros al menos aproximadamente 100, y en otros al menos aproximadamente 300, y en otros al menos aproximadamente 500, y aún en otros aproximadamente 700 orificios de agente de soplado. En otra realización, el puerto 24 incluye un orificio que contiene un material poroso que permite que el agente de soplado fluya a su través y al cilindro, sin la necesidad de mecanizar una pluralidad de orificios individuales.

40 En ciertas realizaciones preferidas, el puerto 24 de agente de soplado puede estar situado en una sección de inyección 48 de agente de soplado del tornillo durante el periodo de plastificación del ciclo. La sección de inyección de agente de soplado del tornillo puede incluir trayectos de vuelo completos, ininterrumpidos. De esta manera, cada vuelo, pasa o "limpia"

periódicamente el puerto de agente de soplado incluyendo orificios, cuando el tornillo está girando. Esta limpieza aumenta el mezclado rápido del agente de soplado y del material polímero en el extrusor cuyo resultado es una distribución de regiones aisladas, de modo relativo finamente divididas, del agente de soplado en el material polímero inmediatamente al producirse la inyección en el cilindro y antes de cualquier mezcla. Esto promueve la formación de una mezcla uniforme de polímero y agente de soplado que puede ser deseada en ciertos tipos de tratamiento de esponja de polímero incluyendo el tratamiento microcelular. Aguas abajo de la sección de inyección del agente de soplado, el tornillo puede incluir una sección 50 de mezclado que tiene vuelos muy interrumpidos para mezclar más la mezcla de polímero y agente de soplado para promover la formación de una mezcla uniforme dentro del extrusor. Una mezcla uniforme preferida, en algunos casos, es una solución monofásica homogénea. En algunas realizaciones cuando se forma material microcelular, como se ha descrito en la Publicación de Patente Internacional N° WO 98/31521, una solución monofásica homogénea del material polímero y del agente de soplado es acumulada en la región 52 y se forma un núcleo cuando la carga es inyectada en el molde.

La fuente 22 tiene un volumen mayor que el acumulador 16. La fuente puede suministrar cualquier tipo de agente de soplado físico conocido por los expertos ordinarios en la técnica incluyendo nitrógeno, dióxido de carbono, hidrocarburos, cloro-fluorocarburos, gases nobles y similares, o mezclas de ellos. El agente de soplado puede ser suministrado a la cámara en cualquier estado físico fluente, por ejemplo, un gas, líquido o fluido supercrítico. De acuerdo con una realización preferida, la fuente 22 proporciona dióxido de carbono como agente de soplado. En otra realización preferida, la fuente 22 proporciona nitrógeno como agente de soplado. En ciertas realizaciones, únicamente el dióxido de carbono o el nitrógeno pueden ser suministrados por la fuente. Los agentes de soplado que están en el estado de fluido supercrítico después de la inyección en el extrusor (y, opcionalmente, antes de la inyección también), en particular dióxido de carbono supercrítico y nitrógeno supercrítico, son especialmente preferidos en ciertas realizaciones.

El conducto 26 puede ser cualquiera de los tipos conocidos en la técnica adecuado para transportar un agente de soplado. Por ejemplo, el conducto puede ser un tubo hecho de un material adecuado para transportar gas, líquido, y/o fluido supercrítico presurizado, tal como un tubo de metal, preferiblemente hecho de acero inoxidable. Los conductos pueden ser definidos también por pasos dentro de un bloque de material, tal como pasos perforados dentro de un bloque de metal tal como acero inoxidable. Los conductos del agente de soplado tienen típicamente un diámetro en sección transversal de entre aproximadamente 0,1 mm y aproximadamente 1,0 cm, aunque son posibles otras dimensiones. La longitud y configuración de los conductos 26 no son restringidas y generalmente dependen de factores tales como espacio de fabricación disponible, y la implantación del sistema de introducción del agente de soplado y del sistema de moldeo por inyección. En algunas realizaciones, puede ser deseable reducir o minimizar el volumen de conductos para asegurar que el exceso de agente de soplado confinado dentro del conducto no afecte significativamente al proceso. El conjunto de conductos, en algunas realizaciones y como se ha ilustrado, puede tener una o más ramificaciones, por ejemplo, para facilitar la conexión con el acumulador 16 (fig. 3) o proporcionar conexión con múltiples puertos de agente de soplado (fig. 4).

El sistema de control 29 y el controlador 31 de moldeo por inyección pueden ser de cualquier tipo adecuado conocido en la técnica. Los sistemas de control y controladores adecuados han sido descritos, por ejemplo, en el documento, aún pendientes US-A-2002/47245, de cesionaria común, titulado "Método y Aparato para Controlar el Tratamiento de Moldeo de Esponja". Algunos sistemas del invento no utilizan un controlador de moldeo por inyección.

La bomba 85 puede ser de cualquier tipo adecuado conocido en la técnica para aumentar la presión del agente de soplado suministrado desde la fuente.

El depósito de alta presión 83 puede ser también cualquier tipo adecuado conocido en la técnica para almacenar el agente de soplado. El depósito 83 tiene un volumen que es menor que el de la fuente 22 pero mayor que el volumen del acumulador 16. El depósito de alta presión está previsto para limitar los efectos de picos de presión en el acumulador cuando se llevan a cabo los ciclos de bombeo. Presiones típicas en el depósito pueden estar entre aproximadamente 34,474 kPa (5.000 psi) y 68,848 kPa (10.000 psi) (por ejemplo de aproximadamente 48,263 kPa (7.000 psi)).

El dispositivo regulador de presión puede ser también de cualquier tipo adecuado conocido en la técnica para regular la presión de aguas abajo a un valor fijado. En algunos casos y como se ha mostrado en la fig. 1, el dispositivo regulador de presión es un regulador reductor de presión. La presión en el extremo de aguas abajo del regulador reductor de presión puede ser fijada menor que la presión en el extremo de aguas arriba del dispositivo. Por ejemplo, la presión en el extremo de aguas arriba del dispositivo puede ser de aproximadamente 48,263 kPa (7.000 psi) y la presión en el extremo de aguas abajo del dispositivo puede ser reducida a aproximadamente 27,579 kPa (4.000 psi). La presión inferior fijada es la presión del agente de soplado entregado al acumulador.

En otros casos, el dispositivo regulador de presión puede ser un regulador de contrapresión 19 que está posicionado dentro de una rama del conducto como se ha mostrado en la fig. 2. El regulador de contrapresión proporciona una presión de aguas arriba fijada y, por ejemplo, puede tener una salida de ventilación hacia el entorno. La presión de aguas arriba fijada es la presión del agente de soplado entregado al acumulador.

Como se ha descrito antes, en ciertas realizaciones, el dispositivo regulador de presión recibe señales de entrada desde el

sistema de control y, en respuesta, fija la presión entregada al acumulador. En estas realizaciones, el dispositivo regulador de presión debe tener un diseño adecuado capaz de fijar la presión entregada al acumulador en respuesta a señales de entrada procedentes del sistema de control.

5 Aunque el sistema 10 de introducción de agente de soplado está ilustrado en unión con un sistema de moldeo por inyección, ha de comprenderse que el sistema de introducción del agente de soplado de acuerdo con el invento puede ser utilizado en unión con otros sistemas de tratamiento de polímero incluyendo otros sistemas discontinuos y, en particular, sistemas de moldeo de soplado. Ejemplos de sistemas de moldeo de soplado adecuados han sido descritos, por ejemplo, en la Publicación Internacional N° WO 99/32544 (de Anderson y col.).

10 Los sistemas de introducción del agente de soplado pueden ser utilizados para formar una amplia variedad de artículos de material polímero moldeados y, en particular, artículos de esponja moldeados. En algunas realizaciones, puede formarse un artículo microcelular moldeado. Artículos microcelulares adecuados han sido descritos en la Publicación Internacional N° WO 98/31521 (de Pierick y col.). En algunas realizaciones, los artículos microcelulares tienen un tamaño de celda medio menor de 100 micrones, en otra realización menor de 50 micrones, en otra realización menor de 25 micrones, en otra realización menor de 5 micrones, y, en otras realizaciones, pueden conseguirse incluso tamaños de celda menores.

15 La función y ventaja de estas y otras realizaciones del presente invento serán comprendidas más completamente a partir de los ejemplos siguientes. Los siguientes ejemplos pretenden ilustrar los beneficios del presente invento, pero no ejemplifican el marco completo del invento.

Ejemplo 1

El ejemplo ilustra el uso de una realización del invento.

20 La máquina de moldeo por inyección utilizada fue una máquina de 55 t con un tornillo de 20 mm. Un sistema de introducción de agente de soplado fue conectado a la máquina de moldeo por inyección. El sistema de introducción del agente de soplado incluía una válvula de entrada, una válvula de salida que estaba incorporada a un conjunto inyector de agente de soplado, y una longitud específica de conducto para establecer el volumen del acumulador en el que la carga o dosis del agente de soplado era acumulada antes de la introducción en la fusión de polímero, como se ha descrito más adelante. La presión suministrada al volumen del acumulador fue vigilada y controlada utilizando un regulador de contrapresión sobre una parte en forma de T del conducto con una salida de ventilación al aire. La temperatura del tubo fue medida utilizando un dispositivo de termopar superficial de mano.

25 El volumen del acumulador fue calculado como la suma del volumen del conjunto del inyector, del volumen de la válvula de entrada aguas abajo del asiento de válvula de obturación, y del volumen del conducto que conecta la válvula al inyector. El conjunto de inyector tenía un volumen de 0,18 cm³, la válvula tenía un volumen de 0,41 cm³, y el tubo tenía un volumen de 0,069 cm³, para un volumen total de 0,659 cm³. El molde en la máquina de moldeo por inyección fue utilizado para producir una pieza de ensayo de polipropileno con un peso de la parte sólida de 1,6 g.

30 Utilizando una ecuación para la densidad del nitrógeno en función de temperatura y presión, la masa de nitrógeno en el volumen de control introducido en la fusión del polímero fue calculada basándose en la presión inicial en el volumen del acumulador, y la presión final dentro del volumen del acumulador. La presión inicial fue un valor preestablecido controlado por el regulador de contrapresión para que fuera mayor que la presión final. El aparato no incluyó un transductor de presión dentro del volumen de control, de manera que se asumió que la presión final dentro del volumen de control era sustancialmente la misma que la de la presión del polímero fundido. La presión de fusión del polímero fue vigilada utilizando un transductor de presión situado en el polímero fundido, adyacente a la salida de la válvula del inyector.

35 Para introducir la dosis de nitrógeno, la válvula de cierre de aguas abajo del acumulador fue abierta durante un segundo. Una única dosis de nitrógeno fue introducida durante el período de plastificación. La válvula de obturación de aguas arriba del acumulador fue abierta con un retardo de tiempo de 0,5 segundos después la válvula de obturación de aguas abajo del acumulador fue cerrada para confinar una dosis de nitrógeno adicional.

Los parámetros del proceso durante la plastificación se han mostrado a continuación.

45	Velocidad Circunferencial del Tornillo	10,16 cm/s (4 pulgadas/s)
	Contrapresión específica en el tornillo	10,342 MPa (1500 psi)
	Volumen de dosificación del polímero	2,458*10 ⁻⁶ m ³
	Posición Volumétrica de Cierre de la Válvula de Entrada	4,91612*10 ⁻⁷ m ³
	Temperatura Media de Volúmenes del Acumulador	121,11 °C

La presión de fusión del polímero en la situación para inyección de nitrógeno fue medida para que fuera 15,927 MPa (2310 psi) a 16,272 MPa (2360 psi) durante la recuperación del tornillo. La presión de nitrógeno en el control de volumen fue establecida a 16,203 (2550 psi). La dosis de nitrógeno calculada fue de 6 mg, utilizando una dosis de 0,375% por 1,6 g de peso de plástico.

- 5 El proceso fue repetido durante una hora sin cambios para cualquier ajuste del proceso. Aproximadamente se produjeron 120 piezas de esponja. Las piezas a lo largo del proceso tenían características similares. La consistencia de las piezas de ensayo ilustran la estabilidad del proceso, y la capacidad para dosificar pequeñas cantidades de nitrógeno consistentemente utilizando una realización del invento.

Ejemplo 2

- 10 Este es un ejemplo de una realización que utiliza una tasa de dosis inferior de agente de soplado.

Los parámetros del proceso en el aparato en este ejemplo fueron los mismos que los del Ejemplo 1, pero la presión de nitrógeno en el volumen del acumulador fue establecida a 17,065 MPa (2475 psi) con una presión de polímero fundido de 16,203 MPa (2350 psi). La cantidad de nitrógeno calculada entregada fue aproximadamente de 3,8 mg, y la temperatura fue de aproximadamente 121,11 °C. Los parámetros del sistema no fueron cambiados durante la ejecución, y las piezas fueron producidas de manera consistente durante aproximadamente dos horas.

Ejemplo 3

El ejemplo ilustra el uso de otra realización. En particular, este ejemplo ilustra el uso de un sistema de introducción del agente de soplado en conexión con un proceso en el que el peso total de la pieza requería un pequeño porcentaje de la carrera de la máquina. En este ejemplo, la carrera requerida fue aproximadamente el 7% de la capacidad total de la máquina. Los sistemas de introducción del agente de soplado típicos no puede ser hechos funcionar fácilmente con consistencia a menos del 15% de la capacidad de la carrera de la máquina.

La máquina de moldeo por inyección utilizada fue una máquina de 88 t con un tornillo de 30 mm. La máquina de moldeo por inyección fue conectada al conjunto de inyección del agente de soplado descrito en el Ejemplo 1.

25 El molde en la máquina de moldeo por inyección fue utilizado para producir una pieza en forma de U con un peso de la parte sólida de 6,5 g. El molde tenía dos cavidades que estaban conectadas por un bebedero centrado, frío. El material utilizado fue un Nylon 6 relleno con fibra de vidrio.

30 Utilizando una ecuación para la densidad del nitrógeno en función de la temperatura y presión, la masa de nitrógeno en el volumen de control introducido en la fusión del polímero fue calculada basándose en la presión inicial en el volumen del acumulador, y en la presión final dentro del volumen del acumulador. La presión inicial era un valor preestablecido mayor que la presión final. El aparato no incluía un transductor de presión dentro del volumen de control, de modo que se asumió que la presión final dentro del volumen de control era sustancialmente la misma que la de la presión del polímero fundido. La presión de fusión del polímero fue vigilada utilizando un transductor de presión situado en el polímero fundido, adyacente a la salida de válvula del inyector.

35 Para introducir la dosis de nitrógeno, la válvula de entrada fue cerrada y la válvula de salida de aguas abajo del acumulador fue abierta durante un segundo. Una única dosis de nitrógeno fue introducida durante el periodo de plastificación. La válvula de entrada del acumulador fue abierta durante un retardo de tiempo de 0,3 segundos después la válvula de salida del acumulador fue cerrada para confinar una dosis de nitrógeno adicional.

Los parámetros del proceso durante la plastificación fueron los siguientes:

Velocidad Circunferencial del Tornillo	15,24 cm/s
40 Contrapresión específica en el tornillo	18,616 MPa (2700 psi)
Carrera de dosificación de polímero	1,143 cm
Posición de Cierre de la Válvula de Entrada	0,381 cm
Temperatura Media de Volúmenes del Acumulador	93,33 °C
Tiempo de Ciclo	~ 18 segundos

45 La presión de fusión del polímero en la posición para inyección de nitrógeno fue medida para que fuera de 21,029 – 21,65 MPa (3050-3140 psi) durante la recuperación del tornillo. La presión del nitrógeno en el volumen de control fue establecida a cuatro valores diferentes.

5 La primera configuración fue calculada para entregar 9,3 mg (0,14% de concentración en peso) de Nitrógeno en una presión del acumulador de 22,753 MPa (3300 psi). El sistema fue ajustado y aproximadamente 20 ciclos fueron ejecutados antes de recoger las piezas. La configuración del sistema fue mantenida sin cambios durante aproximadamente una hora. Se produjeron piezas de esponja de alta calidad. Las piezas tenían una reducción de densidad de aproximadamente el 3,1% con relación al plástico sólido. Las piezas tenían una estructura de celda cerrada con un tamaño de celda medio de aproximadamente 100 micrones. Las figs. 6A y 6B son copias de las fotos SEM que muestran secciones transversales representativas de las piezas.

10 La segunda configuración fue calculada para entregar 13 mg (0,20% de concentración en peso) de Nitrógeno a una presión de acumulador de 23,442 MPa (300 psi). De nuevo las piezas fueron recogidas durante una hora y el proceso y las piezas fueron vigilados. Se produjeron piezas de alta calidad y la configuración del sistema fue estable. Las piezas tenían una reducción de densidad de aproximadamente 4,1% con relación al plástico sólido. Las piezas tenían una estructura de celda cerrada con un tamaño de celda medio de aproximadamente 75 micrones. Las figs. 7A y 7B son copias de fotos SEM que muestran secciones transversales representativas de las piezas.

15 Se ensayaron otras dos configuraciones. Una fue configurada para entregar 16,5 mg (0,25% de concentración en peso) y la otra 18,5 mg (0,28% de concentración en peso) de Nitrógeno con configuraciones de presión del acumulador de 24,132 MPa (3500 psi) y 24,821 MPa (3600 psi), respectivamente. Se produjeron piezas de alta calidad con las dos configuraciones adicionales y las configuraciones del sistema fueron estables.

20 Para los 18,5 mg de Nitrógeno, las piezas tenían una reducción de densidad de aproximadamente 5,3% con relación al plástico sólido y una estructura de celda cerrada con un tamaño de celda medio de aproximadamente 40 micrones. Las figs. 8A y 8B son copias de fotos SEM que muestran secciones transversales representativas de las piezas.

25 Los expertos en la técnica apreciarían fácilmente que todos los parámetros y configuraciones descritas aquí tienen la intención de ser ejemplares y que los parámetros y configuraciones reales dependerán de la aplicación específica para la que son utilizados los sistemas del presente invento. Los expertos en la técnica reconocerán, o serán capaces de discernir sin utilizar nada más que la experimentación rutinaria, muchas equivalencias a las realizaciones específicas del invento descritas aquí. Ha de comprenderse, por ello, que las realizaciones anteriores son presentadas a modo de ejemplo solamente y que, dentro del objeto de las reivindicaciones adjuntas y equivalentes a ellas, el invento puede ser puesto en práctica de manera distinta a la descrita específicamente.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un sistema (10) de introducción del agente de soplado que comprende:
- un acumulador (16) que tiene una entrada conectable a una fuente (22) de agente de soplado y una salida conectable a un puerto (24) del agente de soplado de un extrusor (12);
- 5 una válvula de entrada (28) asociada con la entrada del acumulador
- un dispositivo (81) regulador de presión posicionado entre la fuente (22) de agente de soplado y la entrada del acumulador (16), el dispositivo (81) regulador de presión diseñado para controlar la presión del agente de soplado entregado al acumulador en momentos en los que dicha válvula de entrada está en una configuración abierta;
- 10 un dispositivo (90) de medición de presión construido y dispuesto para medir la presión del agente de soplado en el acumulador (16);
- un segundo dispositivo (86) de medición de presión construido y dispuesto para medir la presión del material polímero en el extrusor;
- una válvula de salida (30) asociada con la salida del acumulador (16); y
- 15 un sistema de control (29) capaz de recibir una primera señal de entrada desde el dispositivo (90) de medición de presión representativo de la presión del agente de soplado en el acumulador (16), recibir una segunda señal desde el segundo dispositivo (86) de medición de presión representativo de la presión del material polímero en el extrusor y enviar una primera señal de salida al dispositivo regulador de presión para controlar la presión del agente de soplado entregado en el acumulador a un valor mayor que el de la presión del material polímero en el extrusor, una segunda señal de salida para abrir la válvula de salida para permitir la introducción del agente de soplado desde el acumulador (16) al material polímero en el extrusor (12), y
- 20 en el que el sistema de control es capaz de enviar una tercera señal de salida que mueve la válvula de entrada a dicha configuración abierta.
- 2.- El sistema según la reivindicación 1, en que la válvula de salida (30) está posicionada dentro de menos de aproximadamente 2,54 cm desde el puerto (24) del agente de soplado.
- 3.- El sistema según la reivindicación 1, en que el sistema de control (29) envía la primera señal de salida en respuesta a la
- 25 primera señal de entrada representativa de una posición axial de un tornillo en el extrusor (12) durante la plastificación.
- 4.- El sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en que el sistema de control (29) envía la primera señal de salida en respuesta a una tercera señal de entrada representativa de un momento después del comienzo de la rotación del tornillo en el extrusor (12).
- 5.- El sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en que el sistema de control (29) es capaz de enviar la
- 30 segunda señal de salida para abrir la válvula de salida (30) cuando la presión del agente de soplado en el acumulador (16) es mayor que la presión del material polímero en el extrusor (12) en la proximidad del puerto (24) del agente de soplado.
- 6.- El sistema según la reivindicación 5, en que el sistema de control (29) envía la segunda señal de salida cuando la presión en el acumulador (16) es mayor que la presión del material polímero en el extrusor (12) en la proximidad del puerto (24) del agente de soplado en al menos 1,379 MPa (200 psi).
- 35 7.- El sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en que el volumen del acumulador es menor de aproximadamente 10 centímetros cúbicos.
- 8.- El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en que un segundo dispositivo (86) de medición de presión mide indirectamente la presión del material polímero en el extrusor (12).
- 9.- El sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además un dispositivo (94) de medición
- 40 de temperatura asociado con el acumulador (16), en que el dispositivo (94) de medición de temperatura envía señales al controlador representativas de la temperatura del agente de soplado en el acumulador (16).
- 10.- El sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en que el acumulador tiene un volumen sustancialmente fijo.

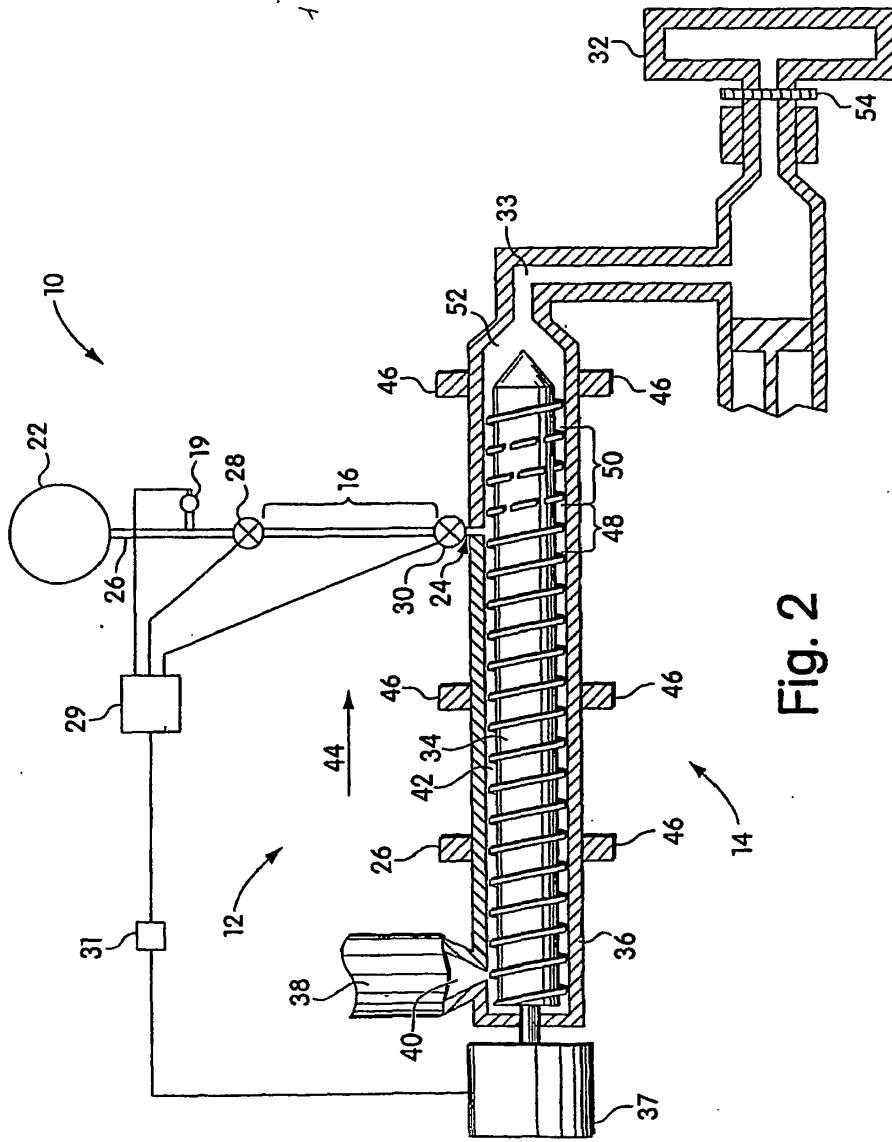


Fig. 2

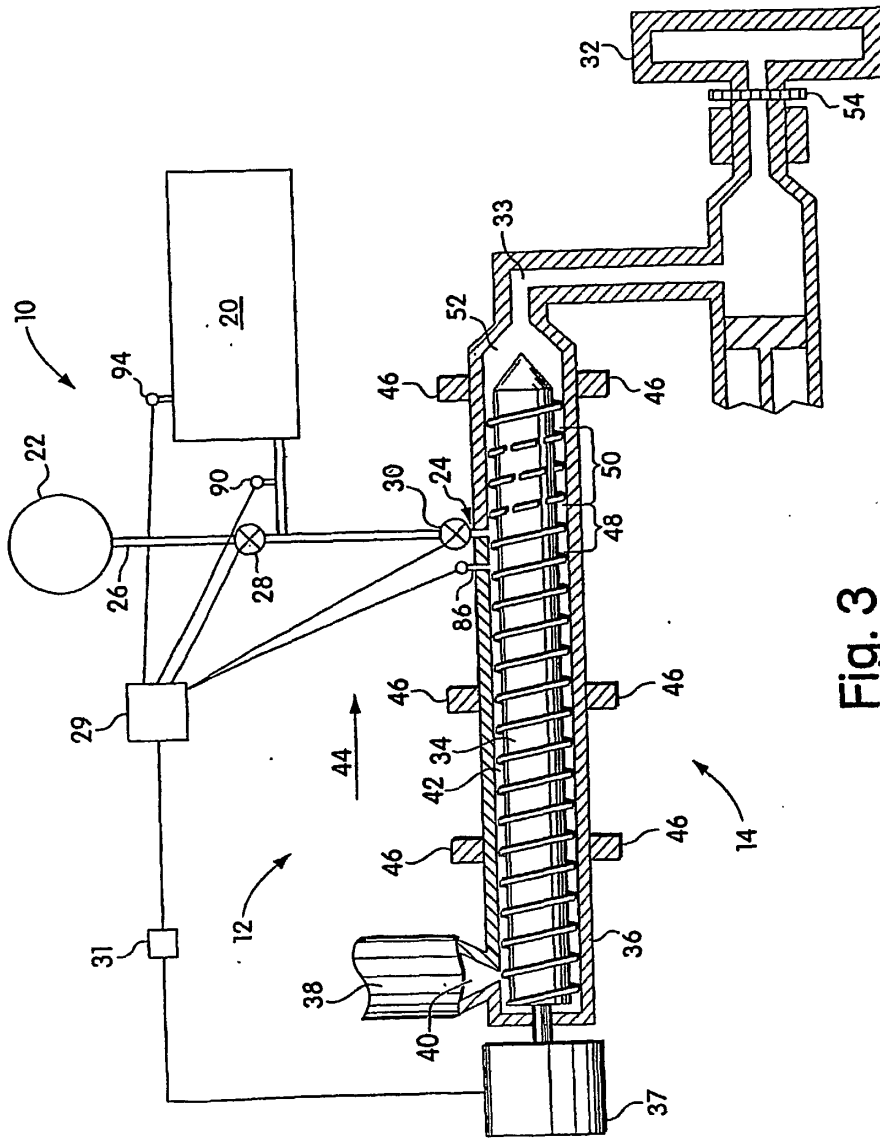


Fig. 3

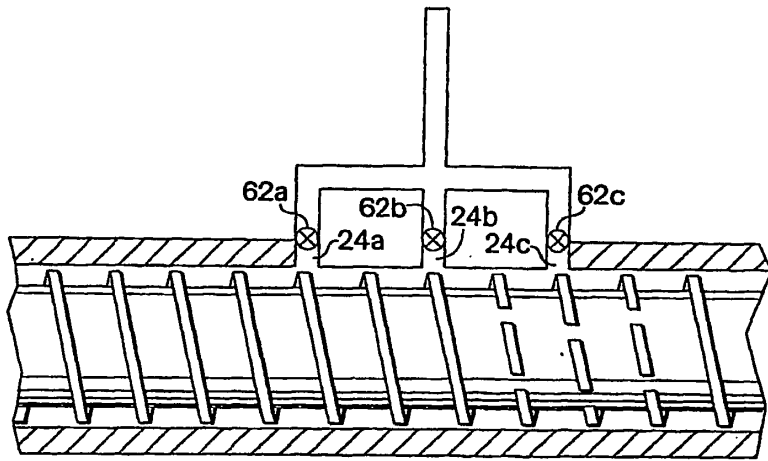


Fig. 4

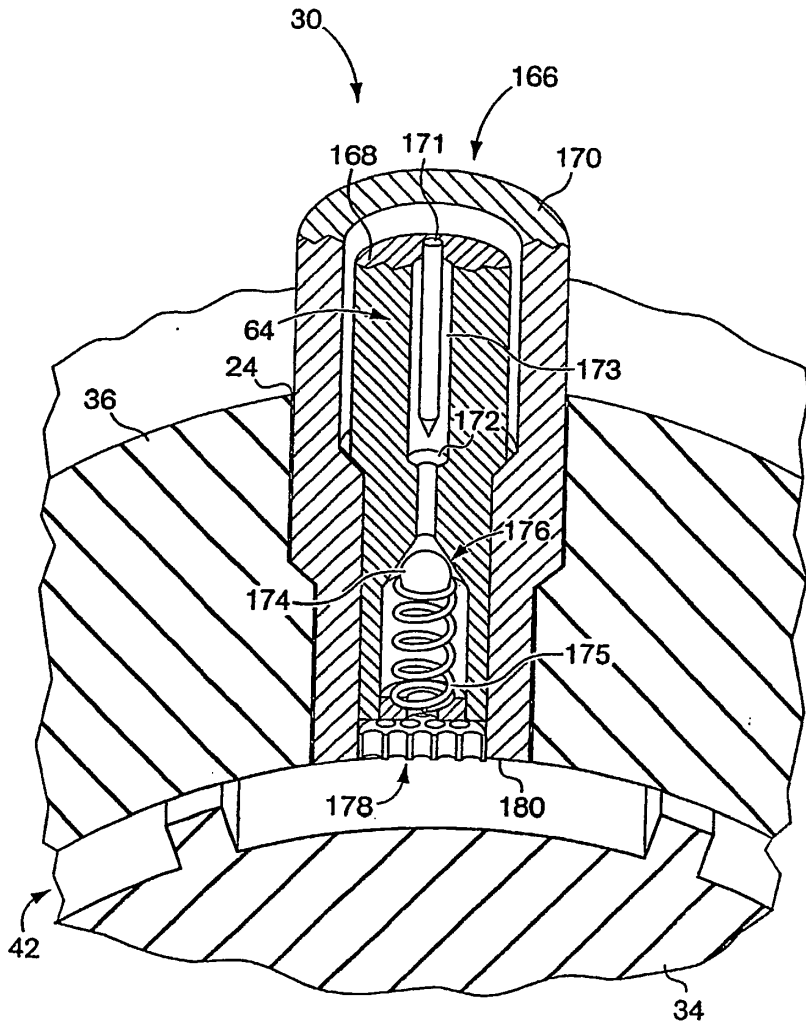


Fig. 5

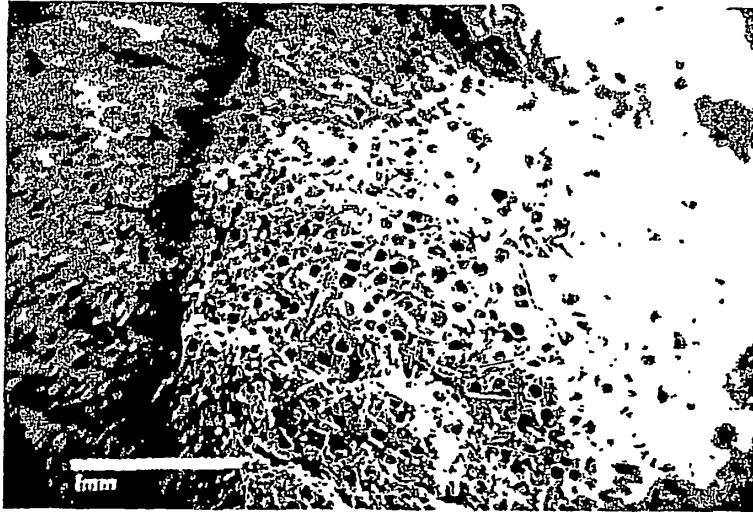


Fig. 6A

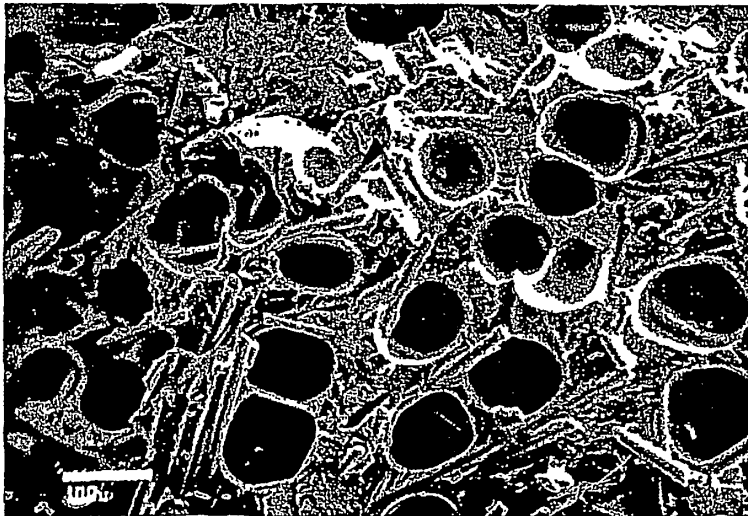


Fig. 6B



Fig. 7A

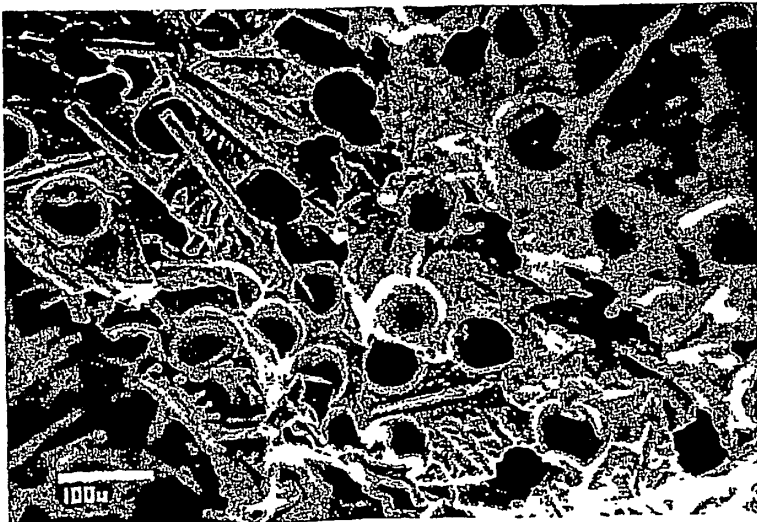


Fig. 7B



Fig. 8A

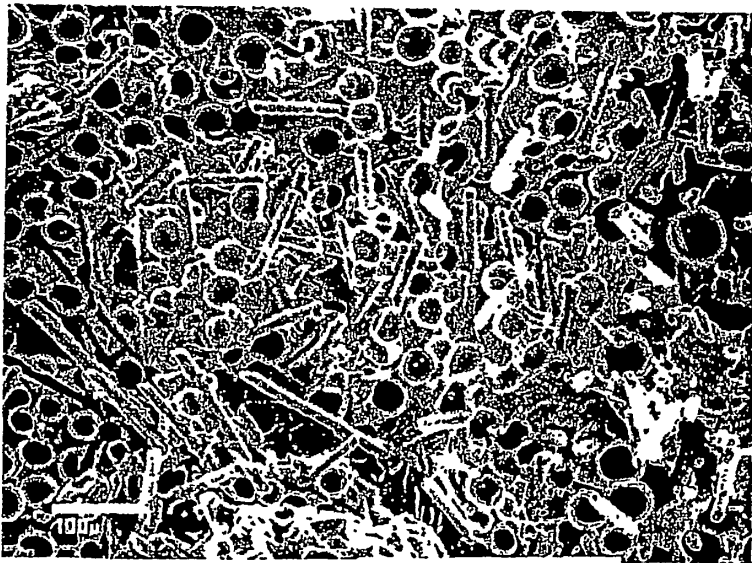


Fig. 8B