(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 922 527**

(51) Int. CI.:

B01F 23/50 (2012.01)
B01F 23/53 (2012.01)
B01F 25/23 (2012.01)
B01F 25/27 (2012.01)
B01F 25/313 (2012.01)
B01F 25/314 (2012.01)
B01F 25/72 (2012.01)
B01F 27/27 (2012.01)
B01F 25/00 (2012.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.04.2017 PCT/EP2017/059392**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **02.11.2017 WO17186567**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.04.2017 E 17719545 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.06.2022 EP 3448552**

(54) Título: **Un procedimiento y aparato para producir una solución polimérica acuosa**

(30) Prioridad:

26.04.2016 EP 16167005

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.09.2022

(73) Titular/es:

BASF SE (100.0%)
Carl-Bosch-Strasse 38
67056 Ludwigshafen am Rhein, DE

(72) Inventor/es:

JECK, SANDRA;
SOETJE, OLIVER;
BRINGMANN, TOBIAS;
FONSECA ZEPEDA, GABRIELA EUGENIA;
MECKELNBURG, DIRK;
LOESCH, DENNIS;
LANGLOTZ, BJOERN;
BARRATT, JOHN;
EL-TOUFAILI, FAISSAL-ALI;
SCHUBE, BERND;
OSTERMAYR, MARKUS y
SPRAFKE, HAZEL

(74) Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

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

Un procedimiento y aparato para producir una solución polimérica acuosa

Un procedimiento y aparato para producir una solución acuosa de polímero.

La presente invención se refiere a un procedimiento y un aparato para producir soluciones acuosas de polímero a partir de polímero hidratado. La invención es de particular valor para los polímeros que se han preparado por polimerización en solución acuosa de monómeros etilénicamente insaturados para proporcionar un polímero hidratado. Típicamente, el polímero hidratado estaría en la forma que típicamente se conoce como un gel.

Es habitual proporcionar polímeros solubles en agua en forma de polvos poliméricos secos. Estos polvos de polímero secos se convierten normalmente en soluciones acuosas de polímero en el lugar donde se van a utilizar. Esto suele implicar la dispersión de los polvos de polímero secos en agua y permitir que el polvo de polímero se hidrate y se disuelva gradualmente. Esto se consigue normalmente empleando equipos configuradores.

Típicamente, los polímeros solubles en agua se formarán a partir de monómeros etilénicamente insaturados solubles en agua.

Los polímeros en partículas solubles en agua son por naturaleza higroscópicos y son notoriamente difíciles de añadir al agua para mezclarlos en soluciones acuosas homogéneas. Si el polvo se añade al agua de forma incorrecta, las partículas de polímero hidratante pueden adherirse al equipo configurador y/o entre sí, dando lugar a grumos o aglomerados de polímero en la solución acuosa de polímero. Desafortunadamente, estos grumos o aglomerados tienden a no disolverse una vez que se han formado. Normalmente, es importante que las soluciones de polímero sean sustancialmente homogéneas, ya que, de lo contrario, en las diversas aplicaciones de tratamiento químico a las que se aplican estas soluciones, el equipo de dosificación puede bloquearse o los grumos/aglomerados pueden afectar negativamente al procedimiento concreto.

Dado que los polímeros solubles en agua absorben fácilmente el agua y se vuelven pegajosos, hay que tener cuidado al transferir el polvo de polímero seco al equipo configurador. Es deseable que las partículas del polímero permanezcan como entidades individuales y se hidraten por separado. Sin embargo, los equipos de humectación y configuradores del material pueden bloquearse porque el material en partículas se hidrata prematuramente. Esto puede ocurrir si las partículas se adhieren a los servicios húmedos. Con frecuencia, esto puede ocurrir en las proximidades del equipo de humectación, donde el agua se bloquea con el material en partículas, por ejemplo, cuando se introduce demasiado material en partículas o aglomerados de material en el equipo de mezcla. Esto hace que a menudo esta parte del equipo se bloquee con gel o con capas de concreciones que pueden detener el procedimiento y/o causar el derrame de material en partículas. Por lo tanto, la operación requerirá un mantenimiento regular.

La mayoría de los sistemas configuradores de polvo disponibles en el mercado emplean un alimentador de tornillo para llevar el polvo al procedimiento de mezcla de polvo/agua. Este consiste en una barrena o desplazador tipo tornillo de Arquímedes conectado a un motor de accionamiento.

Algunos sistemas alimentan el polímero en partículas mediante una acción de tornillo a una tasa controlada directamente en una posición del aparato de humectación directamente debajo de la salida del alimentador de tornillo debido. Este tipo de sistema se describe en los documentos US 4531673, US 5344619 y US 5660466.

El documento WO 2004/007894 revela un procedimiento para hidratar el polímero para formar un polímero de alta concentración o lechada para aplicaciones en pozos petrolíferos. El polímero se introduce con un tornillo en un dispositivo de pre-humectación de tipo venturi y la mezcla de polvo y agua humedecida pasa por un mezclador de alto cizallamiento y luego por un mezclador.

El documento US 4274749 divulga un dispositivo para dispersar material polimérico fluido en un diluyente líquido sin degradar la longitud de la cadena del polímero. El dispositivo incluye un cuerpo que tiene una cavidad interior generalmente en forma de T con un par de entradas opuestas y una salida lateral. Una de las entradas contiene un conjunto de inyección de diluyente, mientras que la otra contiene un conjunto de inyección de polímero. La yuxtaposición de los extremos delanteros de los conjuntos de inyección dentro de la cavidad interior crea una zona en la que las corrientes concurrentes se premezclan y un orificio en el que la premezcla se somete inmediatamente a altas fuerzas de cizallamiento. El suministro continuo en línea de una dispersión de polímero a un punto de uso incorpora un dispositivo de dispersión, una bomba dosificadora para suministrar el polímero y un pequeño tanque de detección, que envejece la dispersión durante aproximadamente un minuto antes de entregarla a un conducto que conduce al punto de uso. En el breve resumen de la invención se afirma que se ha desarrollado un dispositivo relativamente sencillo para dispersar un material polimérico fluido en una corriente de líquido diluyente que consigue una dilución homogénea del material polimérico. También se indica que cuando se suministra un líquido diluyente, normalmente agua, a través del conjunto de inyección y la boquilla y cuando se suministra el fluido polimérico (normalmente una emulsión de agua en aceite) a través del conjunto de inyección de polímero, las dos corrientes se encuentran de frente.

El documento EP 2179784 se refiere a un procedimiento para la preparación de una solución de dispersión polimérica acuosa, comprendiendo la dispersión polimérica esencialmente guar, en el que el procedimiento consiste en transportar una dispersión polimérica mediante una bomba de manguera a un inyector, y realizar un cizallamiento de la dispersión polimérica mezclada con agua en una bomba de aumento de presión.

El documento US 5344619 describe un aparato para disolver polímero en agua en el que el polímero en partículas se alimenta por medio de un alimentador de tornillo desde una tolva de almacenamiento directamente a la entrada de un cono humectante colocado verticalmente debajo de la salida del alimentador de tornillo. Este dispositivo de humectación suele tener forma cónica o de cuenco. El agua se introduce en la parte superior del cono de forma que se consigue un efecto de remolino alrededor de las superficies del cono. Las partículas de polímero caen sobre la superficie del líquido y son arrastradas hasta el fondo de la salida del cono, desde donde son aspiradas hacia una línea de transporte de líquido por la acción de un Venturi de agua. La mezcla de agua y polímero es transportada por el impulso del agua de transporte a un tanque de mezcla, donde se mezcla y envejece antes de ser transferida a un tanque de retención listo para su dosificación a un procedimiento que se va a tratar.

El documento WO 2009/050040 proporciona un aparato y un procedimiento para preparar soluciones acuosas o diluciones acuosas de material en partículas soluble o hinchable en agua, como por ejemplo polímeros en partículas. El equipo transfiere convenientemente el material en partículas por medio de una corriente de aire a lo largo de una línea de transporte de aire a una unidad de fabricación en la que se hidrata o disuelve el material. El material en partículas se alimenta a lo largo de una línea de transporte por desplazamiento que está provista de un medio para asegurar que el material llene sustancialmente el espacio entre el transportador por desplazamiento y la pared del conducto de la línea de transporte por desplazamiento. Esto se consigue dotando al conducto de transporte por desplazamiento de un elemento que restrinja el flujo del material que sale del conducto de transporte por desplazamiento o que el conducto de transporte por desplazamiento esté montado en una pendiente o tenga una orientación sustancialmente vertical.

Los documentos US 4529794 y US 4874588 enseñan un procedimiento para disolver rápidamente partículas de polímero seco soluble en agua. Se forma una suspensión de partículas de polímero y se somete a condiciones de alto cizallamiento en un aparato de reducción de tamaño de partículas en el que las partículas finamente divididas son forzadas a entrar en la solución. Se divulga un aparato que comprende un impulsor que puede girar a gran velocidad, con un conjunto cilíndrico de palas generalmente dirigidas radialmente que rodean el impulsor con espacios de descarga dirigidos hacia el exterior definidos entre las palas adyacentes. Los procedimientos y dispositivos mencionados anteriormente son útiles para formar soluciones acuosas de polímeros y diluciones acuosas partiendo de partículas de polímeros secas. Con frecuencia, los polímeros solubles en agua se envían en forma de productos secos en partículas desde el fabricante hasta el lugar donde se van a utilizar. A continuación, los polímeros se ponen en solución en el lugar del usuario final. Por lo general, se considera más conveniente transportar polímeros secos que polímeros hidratados debido al contenido adicional de agua que contienen los polímeros hidratados, lo que inevitablemente aumentaría los costes de transporte. Por otro lado, el procedimiento de conversión del polímero hidratado en polímero seco en partículas consume mucha energía.

El documento US 4113688 propone un procedimiento para formar soluciones acuosas diluidas de polímero soluble en agua a partir de geles. En el procedimiento, el gel de polímero se extruye, se corta y se mezcla con agua. La lechada de partículas de gel se somete a altas fuerzas de cizallamiento inmediatamente después de la formación de la lechada para formar una lechada de partículas de gel muy finas. Esta lechada de partículas finas de gel se mezcla con agua adicional en condiciones de bajo cizallamiento para formar la solución acuosa diluida de polímero. Se dice que el gel polimérico soluble en agua se extruye a través de los orificios de una placa de extrusión en el agua que fluye. Los diámetros de los agujeros de la matriz son de aproximadamente 0,06 a aproximadamente 0,50 pulgadas.

El documento US 4845192 divulga un procedimiento en el que geles en partículas de polímeros solubles en agua se disuelven en agua formando una suspensión de partículas de gel de polímero en agua, simultáneamente o inmediatamente después de la formación de la suspensión, sometiendo la suspensión a condiciones instantáneas y momentáneas de fuerzas de cizallamiento extremadamente altas. Las partículas de gel se cortan finamente y se disuelven. Se dice que los geles de poliacrilamida homopolimérica tienen un contenido máximo de agua de aproximadamente 70 a 75 % en peso y que los geles de sal de acrilato homopolimérica tienen un máximo de aproximadamente 60 % en peso. Con respecto al procedimiento y al aparato de disolución, un aparato propuesto incluye un extrusor de gel, que excluye el gel a través de una placa de matriz para producir partículas de gel y un aparato de reducción del tamaño de las partículas. El aparato de reducción de tamaño de partícula se dice que generalmente comprende una carcasa principal que soporta un motor, una carcasa del eje del impulsor y una carcasa del impulsor. El impulsor está rodeado en su circunferencia por un conjunto cilíndrico de palas de corte. El impulsor gira y los bordes de ataque de las palas definen los bordes de corte para dividir finalmente las partículas. Se dice que el equipo adecuado es el Urschel Comitrol® Modelo 1500.

Sin embargo, el empleo de equipos de extrusión con alimentadores de desplazamiento y placas de matriz para procesar polímeros de gel puede ser desventajoso por varias razones. Por ejemplo, el funcionamiento de dicho equipo puede consumir mucha energía; pueden ser necesarios lubricantes para facilitar la progresión del gel polimérico a

través del equipo; y es probable que el equipo requiera mantenimiento, por ejemplo, para eliminar bloqueos y/o grumos de gel tenaces.

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento y un aparato para procesar eficientemente el polímero hidratado, que ha sido preparado a partir de una polimerización en solución acuosa de monómeros etilénicamente insaturados, que a menudo se denomina polimerización en gel acuosa, en una solución acuosa del polímero. Otro objetivo de la presente invención es proporcionar una solución acuosa del polímero que supere las desventajas de la técnica anterior.

Así, de acuerdo con la invención, se proporciona un procedimiento para producir una solución polimérica acuosa que comprende las etapas de

(a) proporcionar un polímero hidratado, que ha sido preparado por polimerización en solución acuosa de monómeros etilénicamente insaturados, cuyo polímero hidratado comprende al menos un 10% en peso de polímero activo;

(b) cortar el polímero hidratado sometiéndolo a al menos una etapa de corte que comprenda al menos una corriente de líquido acuoso a una presión de al menos 150 bares para reducir el tamaño del polímero hidratado,

(c) disolver el polímero hidratado en un líquido acuoso para obtener una solución acuosa de polímero.

De acuerdo con la invención, también se proporciona un aparato, para producir una solución acuosa de polímero, que comprende

(a) un medio para proporcionar un polímero hidratado, que ha sido preparado por polimerización en solución acuosa de monómeros etilénicamente insaturados, cuyo polímero hidratado comprende al menos un 10% en peso de polímero activo;

(b) al menos un medio para cortar el polímero hidratado en al menos una etapa de corte para reducir el tamaño del polímero hidratado, dicho al menos un medio que comprende al menos una corriente de líquido acuoso a una presión de al menos 150 bares;

(c) medios para disolver el polímero hidratado en un líquido acuoso para obtener una solución acuosa de polímero.

La figura 1 ilustra un dispositivo para cortar el polímero hidratado en trozos más pequeños. El dispositivo comprende una sección de pared circundante (1), en este caso una pared tubular, que rodea una boquilla montada en el centro (2) que gira y es accionada por un motor (3) o propulsada por el agua que fluye, que forma la corriente. La boquilla se apoya en un soporte fijo (4). Una corriente de agua a alta presión (5) es expulsado perpendicularmente al eje del dispositivo y gira a medida que la boquilla gira. La corriente de agua forma un disco circular al girar la boquilla. La boquilla se alimenta de una línea de alimentación de agua (6) suministrada por una fuente de agua a alta presión (7). Una bandeja de tamizado (8) está situada debajo de la corriente de agua e impide el paso de grumos de polímero de gran tamaño. Un suministro de agua secundario (9) de baja presión se introduce en una tubería principal anular (10), en forma de corona circular, situada en el extremo superior de la pared tubular. El agua fluye fuera de la corona circular para formar una cortina de agua (11), que impide que el polímero hidratado se adhiera a la pared tubular. El polímero hidratado (13) entra en la pared tubular desde arriba y pasa hacia abajo del dispositivo donde es cortado por la corriente de agua a alta presión para formar trozos de polímero hidratado cortados que son lo suficientemente pequeños para pasar por la bandeja de tamizado y luego los trozos de polímero hidratado cortados (14) salen por la parte inferior del dispositivo.

La figura 2A ilustra un dispositivo análogo al de la figura 1, excepto que la boquilla (2) proporciona una corriente de agua a alta presión que está inclinado hacia abajo (5A) para formar un patrón cónico mientras la boquilla gira. La bandeja del tamiz tiene forma de cono vertical (8A). Todas las demás características son como en el caso de la figura 1.

La figura 2B ilustra un dispositivo análogo al de la figura 2A, excepto que la boquilla (2) proporciona una corriente de agua a alta presión que está inclinado hacia arriba (5B) para formar un patrón cónico mientras la boquilla gira. La bandeja del tamiz tiene forma de cono invertido (8B). Todas las demás características son como en el caso de la figura 1.

La figura 3 ilustra un dispositivo análogo al de la figura 1, excepto que la boquilla (2) está posicionada fuera del centro para proporcionar un patrón de barrido de corriente de agua de alta presión excéntrico (5). Todas las demás características son como en el caso de la figura 1.

La figura 4 ilustra un dispositivo para cortar el polímero hidratado en trozos más pequeños. El dispositivo comprende una sección de pared circundante (1), en este caso una pared tubular, en la que el polímero hidratado (13) entra por la parte superior. Una malla de palas de corte (12) corta inicialmente el polímero hidratado en hebras a medida que desciende. Las corrientes de agua a alta presión (5) son expulsadas desde boquillas (2) que están colocadas de forma circunferencial. Cada una de las boquillas oscila lateralmente para generar un patrón de barrido de corriente de agua

en forma de abanico (15) que corta las hebras de polímero a medida que descienden. La oscilación de las boquillas es impulsada por un actuador (no mostrado) en cada caso. Los trozos de polímero hidratado (14) salen por la parte inferior del dispositivo.

El término polímero hidratado se refiere a una entidad que contiene polímero y agua y debe estar en forma de gel acuoso. Dicho gel acuoso puede considerarse como un sistema polímero-agua en el que existe una estructura de red tridimensional compuesta por macromoléculas o sus asociados y que es capaz de retener cantidades significativas de agua. Este sistema mantiene su forma bajo la acción de su propio peso y se diferencia en esta característica de una solución polimérica. La definición adecuada de un gel de polímero se da en el artículo de LZ Rogovina et al, Polymer Science, Ser. C, 2008, Vol. 50, No. 1, pp. 85-92. en general, el polímero hidratado proporcionado en el paso (a) existiría como una sola masa o volumen que típicamente tiene un volumen superior a 1000 cm^3.

El polímero hidratado comprende al menos un 10% en peso de polímero activo, típicamente al menos un 20% en peso de polímero activo basado en el peso del polímero hidratado. El contenido de polímero activo puede ser del 20 al 70% en peso, deseablemente del 20 al 60%, a menudo del 20 al 50%, preferentemente del 25 al 40%, por ejemplo del 25 al 35%, o por ejemplo del 35 al 40% en peso.

El polímero hidratado puede disolverse en el líquido acuoso proporcionado en el paso (b) para obtener la solución acuosa de polímero. Así, las etapas b) y c) pueden combinarse en una sola. Sin embargo, se prefiere que el paso b) preceda al paso c). Así, en un aspecto preferido, en el paso (b) el polímero hidratado se corta en trozos de polímero hidratado. No obstante, incluso en este aspecto preferido en el que el polímero hidratado se corta en trozos de polímero hidratado, al menos parte del polímero hidratado puede disolverse en el líquido acuoso. Típicamente, puede ser a medida que la corriente o corrientes de líquido acuoso utilizadas para cortar el polímero hidratado entran en contacto o se ponen en contacto con el polímero hidratado que parte del polímero puede disolverse. En este caso, el paso b) puede dar lugar a una mezcla de trozos de polímero hidratado y de líquido acuoso que contiene polímero hidratado disuelto en él. En general, es probable que la mayor parte del polímero hidratado permanezca como trozos de polímero hidratado en este paso.

La etapa de corte puede estar convenientemente contenida por una pared adecuada. Normalmente, la etapa de corte debe estar contenida por al menos una sección de pared circundante. Normalmente, la sección de la pared circundante puede ser tubular, cónica, frustocónica, de sección piramidal y cualquier combinación de ellas. Preferentemente, la sección de la pared circundante es una sección tubular, una sección cónica o una combinación de secciones tubulares y cónicas. La sección tubular puede tener cualquier forma de sección transversal adecuada, por ejemplo, circular, elíptica, triangular, cuadrada, rectangular, hexagonal u octogonal, etc. Preferentemente, la sección tubular es sustancialmente cilíndrica. La sección de la pared circundante debe tener una entrada en un extremo y una salida en el otro extremo.

El polímero hidratado puede entonces entrar en la sección de la pared circundante desde un extremo, pasar por la etapa de corte para reducir el tamaño del polímero hidratado y, deseablemente, los trozos de polímero hidratado así formados deben salir por la salida. El líquido acuoso de la etapa de corte, deseablemente debe salir también por la salida.

Como se ha indicado anteriormente, al menos parte del polímero hidratado puede disolverse durante la etapa de corte, de manera que el líquido acuoso contendría opcionalmente polímero disuelto. Así, en la etapa de corte puede formarse una mezcla de trozos de polímero hidratado y un líquido acuoso que comprende opcionalmente una solución del polímero hidratado. Es deseable que dicha mezcla salga por la salida de la sección de la pared circundante.

La sección de la pared circundante de la etapa de corte puede estar en cualquier orientación adecuada. Sin embargo, se prefiere que la sección de la pared circundante sea sustancialmente vertical, con la entrada en el extremo superior y la salida en el extremo inferior. De esta manera, el polímero hidratado debe pasar fácilmente a la sección de la pared circundante a través de la entrada, ser cortado en la etapa de corte y luego los trozos de polímero así formados pasan fácilmente fuera de la sección de la pared circundante a través de la salida.

El paso del polímero hidratado puede ser sólo por gravedad o puede ser alimentado en la etapa de corte bajo presión, por ejemplo, por bombeo, alimentación mecánica, por presión de gas o por la acción de un vacío. Deseablemente, el polímero hidratado se introduce en la etapa de corte (b) por medio de la presión de gas ejercida sobre el contenido de un reactor que forma el polímero hidratado. Alternativa o adicionalmente, el polímero hidratado se introduce en la etapa de corte (b) por medio de dispositivos de transporte mecánico, como por ejemplo, espirales. También puede ser conveniente lubricar el polímero hidratado para facilitar la salida del reactor y/o la entrada en la etapa de corte (b), por ejemplo, empleando agua u otro líquido acuoso.

De manera adecuada, el polímero hidratado puede salir del reactor a una velocidad de 0,01 cm/s a 10 cm/s, por ejemplo, de 0,02 cm/s a 7 cm/s, tal como de 0,05 cm/s a 5 cm/s. Típicamente, esta sería la misma velocidad a la que el polímero hidratado entra y progresa a través de la etapa de corte (b). Sin embargo, puede ser preferible que el polímero hidratado progrese a través de la etapa de corte (b) a una velocidad diferente a la que sale del reactor. Por ejemplo, el polímero hidratado puede progresar a través de la etapa de corte (b) a una velocidad más rápida que la velocidad a la que sale del reactor o puede viajar a una velocidad más lenta que la velocidad a la que sale del reactor.

Puede ser deseable que el polímero hidratado progrese a través de la etapa de corte (b) a una velocidad variable. Típicamente, el polímero hidratado puede progresar a través de la etapa de corte (b) a una velocidad hasta el punto de ser cortado en trozos y los trozos de polímero hidratado pueden entonces progresar más rápidamente, particularmente si la sección de la pared circundante que contiene la etapa de corte (b) está en una posición vertical y la progresión de los trozos de polímero hidratado es asistida por la gravedad. Típicamente, el polímero hidratado progresaría a través de la sección de corte al menos hasta el punto en el que se forman las piezas de polímero hidratado a una velocidad de 0,01 cm/s a 10 cm/s, por ejemplo, de 0,02 cm/s a 7 cm/s, tal como de 0,05 cm/s a 5 cm/s.

Puede ser deseable que la sección de la pared circundante se coloque en una posición no vertical. Por ejemplo, puede ser deseable que la sección de la pared circundante se monte en pendiente o incluso en horizontal. Sin embargo, se prefiere que la entrada a la sección de la pared circundante sea más alta que la salida de la sección de la pared circundante. De este modo, el paso del polímero hidratado a través de la sección de la pared circundante es, al menos en parte, asistido por la gravedad. Más preferentemente, la sección de la pared circundante es sustancialmente vertical. Esto minimiza el riesgo de que el polímero hidratado o los trozos de polímero entren en contacto con la pared de la sección de pared circundante.

De manera deseable, la al menos una corriente de líquido acuoso, comprendida por el al menos un medio (b) para cortar el polímero hidratado, fluye desde una boquilla que tiene un diámetro de orificio de boquilla de menos de 3,00 mm, preferentemente de 0,25 mm a 2,00 mm.

La al menos una corriente de líquido acuoso tiene una presión de al menos 150 bar. La presión puede ser considerablemente superior a ésta, por ejemplo, hasta 10.000 bares. Sin embargo, normalmente no es necesario que la presión sea tan alta y suelen ser adecuadas presiones más bajas, por ejemplo, no superiores a 7.500 bares. Típicamente, la presión de la corriente de líquido acuoso en la etapa de corte tiene una presión de 150 bar a 5.000 bar, preferentemente de 200 bar a 2.000 bar, más preferentemente de 250 bar a 1000 bar. Típicamente, la corriente de líquido acuoso fluye desde una boquilla que tiene un orificio de diámetro adecuado. En general, el diámetro del orificio de la boquilla debe ser inferior a 3,00 mm, a menudo inferior a 2,00 mm, y normalmente no superior a 1,00 mm. Normalmente, el diámetro del orificio de la boquilla debe ser de al menos 0,10 mm, por ejemplo, de 0,25 mm a 2,00, o de 0,25 mm a 1,00 mm, convenientemente de 0,30 mm a 0,90 mm, deseablemente de 0,40 mm a 0,80 mm. Puede ser deseable emplear una multiplicidad de boquillas en un cabezal en el que cada boquilla suministra una corriente de líquido acuoso a las presiones mencionadas de al menos 150 bar. Cuando se emplea una multiplicidad de boquillas en un cabezal, el número de boquillas puede ser al menos 2, por ejemplo, de 2 a 10 boquillas. Las boquillas pueden estar dispuestas en un plano o en planos diferentes. Las boquillas pueden estar dispuestas de tal manera, por ejemplo sobre una superficie abovedada del cabezal, que la multiplicidad de corrientes irradie en diferentes ejes. Dicha multiplicidad de boquillas puede estar dispuesta de manera que las corrientes de líquido acuoso formen un conjunto que se desplaza en diferentes direcciones.

Con el término boquilla nos referimos a un dispositivo diseñado para controlar la dirección o las características de un flujo de fluido, incluso para aumentar la velocidad, a su salida.

El líquido acuoso de la corriente en la etapa de corte será normalmente agua. Sin embargo, pueden utilizarse otros líquidos acuosos para este fin, por ejemplo, soluciones acuosas de electrolitos inorgánicos, como una solución acuosa de cloruro de sodio u otras sales. El líquido acuoso puede ser, por ejemplo, una salmuera. También puede ser posible, o incluso deseable, que el líquido acuoso sea agua con otros materiales solubles en agua disueltos en ella. En algunos casos, puede ser incluso deseable emplear una solución acuosa del polímero hidratado a disolver. Cuando el líquido acuoso es agua, puede ser, por ejemplo, agua pura, agua potable, agua de procedimiento, agua desmineralizada o agua reciclada. Puede ser, por ejemplo, el agua que está disponible y que se emplea típicamente para componer soluciones de polímeros para la recuperación mejorada de petróleo, operaciones de gestión de relaves u operaciones de separación de sólidos y líquidos.

La etapa de corte en el paso (b) de la invención puede comprender además al menos un miembro de corte estático. El al menos un miembro de corte estático puede ser, por ejemplo, uno o más cuchillos, cuchillas, hilos de corte o cualquier combinación de ellos.

En una forma, el al menos un miembro cortante puede consistir en una multiplicidad de cuchillas o palas montadas en la pared de la sección tubular circunferencialmente con las cuchillas o palas extendiéndose hacia adentro. En otra forma, el al menos un miembro de corte puede ser cuchillas o palas montadas desde una posición central con las cuchillas o palas que se extienden radialmente. En una forma adicional, el al menos un miembro cortante puede ser una malla de cuchillas, palas o hilos cortantes. Normalmente, el miembro de corte estático, cuando se emplea, debe extenderse por toda la sección transversal de la sección de la pared circundante.

De manera adecuada, el polímero hidratado puede cortarse por contacto con el al menos un miembro de corte estático antes de entrar en contacto con la al menos una corriente de líquido acuoso. En el aparato, esto puede lograrse montando el miembro de corte estático entre el lugar en el que el polímero hidratado entra en la etapa de corte (b) y el al menos un flujo de líquido acuoso. Por ejemplo, cuando la etapa de corte comprende una sección de pared circundante con una entrada y una salida, el miembro de corte estático puede colocarse más cerca de la entrada que los medios para suministrar la corriente acuosa.

De manera deseable, la al menos una corriente de líquido acuoso en el paso (b) se genera desde al menos una boquilla. En una forma preferida, la al menos una boquilla oscila. Dicha oscilación de la boquilla puede producir un patrón de barrido de la corriente de agua en forma de abanico. En esta forma de la invención, puede ser de particular valor emplear una multiplicidad de boquillas que pueden oscilar. Normalmente, el número de boquillas puede ser de 2 a 8, preferentemente de 2 a 6. También puede ser deseable que se disponga una multiplicidad de boquillas en al menos un cabezal, conteniendo cada cabezal de 2 a 10 boquillas. Puede ser deseable que la multiplicidad de cabezas, por ejemplo, de 2 a 10 cabezas, cada cabeza que contiene la multiplicidad de boquillas, para ser empleado. En este caso, cada uno de los cabezales puede oscilar por separado.

Dicha multiplicidad de boquillas o multiplicidad de cabezales, cada uno de los cuales aloja una multiplicidad de boquillas, puede estar posicionado circunferencialmente con respecto al polímero hidratado, de manera que las corrientes de agua se extienden hacia el interior. Puede ser deseable que la multiplicidad de boquillas y/o la multiplicidad de cabezales que albergan cada una de las multiplicidades de boquillas se coloquen uniformemente de manera que la distancia entre todas las boquillas adyacentes sea igual. Alternativamente, puede ser deseable que la multiplicidad de boquillas y/o la multiplicidad de cabezales que albergan cada una de las multiplicidades de boquillas no estén uniformemente espaciadas.

Así, cuando la multiplicidad de boquillas o la multiplicidad de cabezas que contienen cada una la multiplicidad de boquillas, están dispuestas circunferencialmente, el polímero hidratado pasaría entonces dentro de las boquillas colocadas circunferencialmente y sería cortado por la multiplicidad de corrientes de líquido acuoso. La al menos una boquilla oscilante o el cabezal que alberga la multiplicidad de boquillas puede ser movido por un mecanismo de accionamiento adecuado. Cuando se emplean dos o más boquillas oscilantes, puede ser deseable que cada boquilla sea movida por un actuador separado. Incluso puede ser deseable emplear un único accionamiento motorizado para operar el movimiento de todas las boquillas oscilantes. Cada boquilla oscilante puede tener un barrido de hasta 180°. Típicamente, el barrido puede ser de 30° a 180° y en una forma preferida de 35° a 90°, por ejemplo de 35° a 75°, como de 40° a 60°. En una forma alternativa, el barrido puede ser de 90° a 180°, por ejemplo, de 120° a 160°. El alcance exacto del barrido dependerá a menudo del número exacto de boquillas empleadas. La frecuencia de oscilación debe ser, por ejemplo, de hasta 50 s^{-1} (ciclos por segundo), típicamente de 0,5 s^{-1} a 50 s^{-1}, a menudo de 5 s^{-1} a 35 s^{-1}, como de 10 s^{-1} a 30 s^{-1}, deseablemente de 10 s^{-1} a 25 s^{-1}. En otra forma, la frecuencia de oscilación puede ser incluso de 20 s^{-1} a 50 s^{-1}, deseablemente de 30 s^{-1} a 40 s^{-1}.

Cuando la al menos una boquilla, por ejemplo, la multiplicidad de boquillas, o el al menos un cabezal, por ejemplo la multiplicidad de cabezales, cada uno de las cuales alberga una multiplicidad de boquillas, está dispuesta circunferencialmente con respecto al polímero hidratado, cada una de las al menos una boquillas o el al menos un cabezal puede girar circunferencialmente alrededor del gel hidratado. Cuando la al menos una boquilla o el al menos un cabezal dispuestos circunferencialmente giran, puede ser deseable que cada boquilla o cada cabezal puedan oscilar de forma independiente como se ha indicado anteriormente. Alternativamente, puede ser deseable que cuando la al menos una boquilla o el al menos un cabezal dispuestos circunferencialmente giren no puedan oscilar. La rotación de la al menos una boquilla o de el al menos un cabezal puede realizarse mediante un mecanismo de accionamiento adecuado. De manera deseable, la al menos una boquilla o el al menos un cabezal giratorio pueden mantenerse en una única carcasa que gira. La carcasa puede ser una parte de la sección de la pared circundante o, alternativamente, puede estar montada en el interior de la sección de la pared circundante.

En otra forma preferida de la invención, la al menos una boquilla gira y la corriente de líquido acuoso generadA forma un patrón de barrido circular. La al menos una boquilla puede ser una multiplicidad de boquillas alojadas en al menos un cabezal. Dicha al menos una boquilla giratoria puede girar por la acción de un mecanismo de accionamiento motorizado adecuado.

Puede ser deseable emplear más de una boquilla giratoria, por ejemplo, una multiplicidad de boquillas alojadas en al menos un cabezal. Sin embargo, por lo general sólo es necesario emplear una boquilla giratoria o, cuando se emplea más de una boquilla, la multiplicidad de boquillas está dispuesta en un cabezal.

En un aspecto preferido, la al menos una boquilla giratoria, o al menos un cabezal que alberga una multiplicidad de boquillas está montado centralmente y la corriente de líquido acuoso se extiende sustancialmente perpendicular al eje de la dirección del polímero hidratado entrante. En esta forma, el patrón de barrido de la corriente de líquido acuoso tiene forma de disco. En una adaptación de este aspecto preferido, la boquilla o cabezal giratorio que contiene una multiplicidad de boquillas, que está montada centralmente, puede generar al menos una corriente de líquido que no es perpendicular a la dirección del polímero hidratado entrante, sino que está angulada de tal manera que el patrón de barrido de al menos una corriente de líquido acuoso tiene forma de cono, por ejemplo, un cono vertical donde la al menos una corriente de líquido acuoso está angulada hacia abajo, o un cono invertido donde la al menos una corriente de líquido acuoso está angulada hacia arriba. Si la corriente de líquido acuoso está inclinada hacia arriba o hacia abajo, se prefiere que el ángulo no sea superior a 50° hacia arriba o hacia abajo desde la posición perpendicular a la dirección del polímero hidratado entrante. Preferentemente este ángulo debe ser de 5° a 45°, más preferentemente de 10° a 35°, particularmente de 15° a 25°.

En otra realización de la invención, la al menos una boquilla giratoria o el cabezal giratorio que alberga una multiplicidad de boquillas no está montado en el centro sino fuera del centro. Por ejemplo, cuando la etapa de corte está contenida

en una sección de pared circundante, la boquilla giratoria puede estar situada en la pared de la sección de pared circundante o cerca de ella. Típicamente, la boquilla o el cabezal que alberga una multiplicidad de boquillas estaría orientado de tal manera que genera al menos un patrón de barrido de corriente acuosa excéntrico.

La boquilla giratoria o el cabezal giratorio pueden girar a una frecuencia de hasta 3000 rpm (revoluciones por minuto (es decir, 50 s^{-1} ciclos por segundo)). Normalmente, las boquillas o cabezales pueden girar entre 500 rpm y 3000 rpm, deseablemente entre 1000 rpm y 2000 rpm.

Deseablemente, la etapa de corte (b) cortará el polímero hidratado en numerosos trozos de menor tamaño. Las piezas de polímero hidratado deben tener convenientemente un tamaño tal que al menos dos dimensiones no sean superiores a 6,5 cm, preferentemente no más de 4 cm, más preferentemente no más de 2 cm. Preferentemente, tres dimensiones de las piezas de polímero hidratado deben ser no más de 6,5 cm, preferentemente no más de 4 cm, preferentemente no más de 2 cm. No es necesario un límite inferior para los trozos de polímero hidratado, ya que cuanto más pequeños sean los trozos, más fácil será la disolución del polímero. Con frecuencia, las piezas hidratadas pueden tener un tamaño tal que las tres dimensiones son tan bajas como 0,1 cm o menos. A menudo, las piezas de polímero hidratado suelen tener tres dimensiones, cada una de ellas de 0,1 a 1,5 cm.

En general, es deseable que las piezas de polímero hidratado tengan un volumen no superior a 275 cm^3, por ejemplo de 0,0001 cm^3 a 275 cm^3, normalmente de 0,0005 cm^3 a 64 cm^3, típicamente de 0,001 cm^3 a 8 cm^3, por ejemplo de 0,005 cm^3 a 3,5 cm^3.

Los trozos de polímero hidratado pueden tener una superficie respecto al volumen de al menos 0,8 cm^{-1}, por ejemplo, al menos 0,9 cm^{-1}, a menudo de 0,9 cm^{-1} a 130 cm^{-1}, normalmente de 1,5 a 100 cm^{-1}, típicamente de 2 a 60 cm^{-1}.

La etapa de corte (b) también puede comprender una bandeja de tamizado debajo de la al menos una corriente de líquido acuoso. Con ello se pretende evitar que los grumos de polímero hidratado de gran tamaño pasen a la siguiente etapa. La bandeja de tamizado debe tener aberturas de un tamaño correspondiente al tamaño máximo de los trozos de polímero hidratado que deben pasar a la siguiente etapa. La bandeja de tamizado puede ser una malla formada por una pluralidad de alambres o barras que se entrecruzan. Alternativamente, la bandeja de tamizado puede estar formada por una superficie con una pluralidad de agujeros cortados en ella, por ejemplo, de forma análoga a un colador. Normalmente, la bandeja de tamizado debe ser un dispositivo estático. Debe extenderse hasta cubrir toda la zona por debajo de donde se produce el corte de polímero hidratado. Cuando la etapa de corte está contenida por una sección de pared circundante, la bandeja de tamizado puede extenderse hasta la pared de la sección de pared circundante. Preferentemente, la bandeja del tamiz puede fijarse a la sección de la pared circundante. También puede ser deseable que se dirijan corrientes adicionales de líquido acuoso a la superficie de la bandeja de tamizado para facilitar la reducción de tamaño de los grumos de polímero hidratado de gran tamaño capturados por la bandeja. Puede ser deseable emplear una o más corrientes líquidas acuosas de alta presión, por ejemplo, de al menos 150 bares para facilitar el corte de los grumos de polímero hidratado de gran tamaño, de forma que el polímero hidratado se corte en trozos lo suficientemente pequeños como para pasar.

En la etapa de corte (b) una cantidad del polímero hidratado puede incluso disolverse a medida que la corriente de líquido acuoso o las corrientes de líquido acuoso cortan el polímero hidratado.

De manera deseable, se proporciona una cortina de agua u otro líquido acuoso en el interior de la sección de la pared circundante. El agua u otro líquido acuoso puede definirse de la misma manera que cualquiera de los líquidos acuosos o aguas mencionados anteriormente con respecto a la corriente de líquido acuoso del paso (b). Esta cortina de agua u otro líquido acuoso puede ayudar a evitar que el polímero hidratado se pegue a la pared de la sección de pared circundante y a reducir la fricción del polímero en movimiento, reduciendo así la presión estática necesaria o evitando medios mecánicos adicionales para mover el polímero hacia la zona de corte. Dicha cortina de agua u otro líquido acuoso puede producirse proporcionando un suministro secundario de agua o líquido acuoso. Típicamente, la presión del agua u otro líquido acuoso debe ser inferior a 30 bares, por ejemplo, de 3 a 20 bares, deseablemente de 5 a 10 bares. El agua u otro líquido acuoso puede introducirse en una tubería principal anular, en forma de una corona anular, y montarse en el interior de la sección de la pared circundante. Para ser más eficaz, la tubería principal anularo la corona anular debe montarse en la parte superior de la sección de la pared circundante o cerca de ella para proporcionar la máxima protección por la cortina de agua u otro líquido acuoso. Es deseable que el agua u otro líquido acuoso fluya desde la tubería principal anular o corona anular hacia la superficie interior de la pared de la sección de la pared circundante como una cortina.

La disolución del polímero hidratado en el paso (c) emplea adecuadamente un medio (c) para disolver el polímero hidratado en el líquido acuoso y comprende (c1) un dispositivo de procesamiento mecánico para someter los trozos de polímero hidratado a una reducción de tamaño adicional y a una disolución completa o parcial; y/o (c2) un tanque de mezcla que contiene un líquido acuoso para recibir los trozos de polímero hidratado del paso (b) con el fin de efectuar la disolución de los trozos de polímero hidratado.

El paso (c) en el que el polímero hidratado se disuelve en un líquido acuoso puede lograrse (c1) sometiendo los trozos de polímero hidratado a una mayor reducción de tamaño y a una disolución completa o parcial mediante una etapa de procesamiento mecánico. Típicamente, el aparato comprende un medio, es decir, un dispositivo para conseguirlo.

El líquido acuoso utilizado en el paso (c) puede definirse de la misma manera que cualquiera de los líquidos acuosos o aguas mencionados anteriormente con respecto a la corriente de líquido acuoso del paso (b).

De manera adecuada, la etapa de procesamiento mecánico (c1) comprende un dispositivo para cizallar y/o cortar los trozos de polímero hidratado en presencia de un líquido acuoso y formar una solución acuosa del polímero, que opcionalmente contiene partículas de polímero hidratado no disuelto, en la que la solución acuosa de polímero, que opcionalmente contiene partículas de polímero no disuelto, se pasa a un tanque de mezcla para permitir que cualquier partícula de polímero no disuelto se disuelva, proporcionando así la solución acuosa de polímero. Típicamente, el aparato para lograr esto puede comprender los medios antes mencionados para someter los trozos de polímero hidratado a una mayor reducción de tamaño, un tanque de mezclado y un medio para pasar la solución acuosa de polímero, que opcionalmente contiene partículas de polímero no disuelto en el tanque de mezclado para permitir que cualquier partícula de polímero no disuelto se disuelva.

La etapa de procesamiento mecánico del paso (c1) comprende un dispositivo para cizallar y/o cortar los trozos de polímero hidratado en presencia de un líquido acuoso o una solución acuosa del polímero, opcionalmente, que contiene partículas de polímero hidratado no disuelto. La etapa de procesamiento mecánico puede, opcionalmente, cortar, triturar y/o moler las piezas de polímero hidratado.

El equipo para esta etapa de procesamiento mecánico puede ser, por ejemplo, el equipo descrito en los documentos US 4529794 o US 4845192. Deseablemente, puede ser cualquiera de los equipos fabricados por Urschel Laboratories Inc. de la gama Comitrol®, por ejemplo, el Comitrol® 1700.

De manera adecuada, el equipo contiene una cámara que comprende,

- un rotor accionado por un motor; y
- un estator fijo formado por una pluralidad de palas.

La etapa de procesamiento mecánico implica típicamente el transporte de las piezas de polímero hidratadas a la cámara en presencia de un líquido acuoso, convenientemente agua. Es posible que el líquido acuoso (por ejemplo, agua) empleado en la etapa de corte (b) sea suficiente para permitir esta etapa de procesamiento mecánico del paso (c1). No obstante, se prefiere que se introduzca un líquido acuoso adicional, convenientemente agua, en la cámara con las piezas de polímero hidratado. En general, esto serviría para evitar la aglomeración de las piezas de polímero hidratado y/o de las partículas de polímero hidratado resultantes del procesamiento mecánico de las piezas de polímero hidratado.

Convenientemente, el rotor estaría rodeado en su circunferencia por un conjunto cilíndrico de palas de corte montadas en el estator fijo. Es deseable que el rotor tenga protuberancias en su circunferencia. Estas protuberancias pueden considerarse puntas de corte. Al girar el rotor, se forma un espacio entre las puntas de corte del rotor y las palas del estator fijo. Los trozos de polímero hidratado son forzados hacia fuera por la fuerza centrífuga del rotor giratorio y luego pasarían entre el rotor y el estator fijo y se cizallarían y/o cortarían dando lugar a una mayor reducción de tamaño de los trozos de polímero hidratado. Normalmente, la acción de cizallamiento y/o corte reduciría los trozos de polímero hidratado en rodajas o astillas finamente divididas de polímero hidratado que se disolverían rápidamente en el líquido acuoso.

Típicamente, las palas del estator fijo pueden montarse de manera que sean paralelas al eje del estator y/o perpendiculares al eje del estator. En esta disposición, las palas pueden ser perpendiculares con respecto a la circunferencia del rotor. Alternativamente, las palas pueden estar inclinadas sobre el eje del estator de manera que el borde de ataque de las palas esté inclinado en contra de la dirección de rotación del rotor. El ángulo de rotación puede ser de 0 a 15°, con respecto al radio del rotor.

La distancia entre las palas del estator es de 200 µm a 2000 µm.

En una forma alternativa las protuberancias del rotor pueden ser palas o cuchillas. Dichas palas o cuchillas pueden estar en línea con el radio del rotor o inclinadas en un ángulo de 0 a 15°, por ejemplo de 2 a 10°, con respecto al radio del rotor.

La etapa de procesamiento mecánico tiende a romper físicamente de forma rápida los trozos de polímero hidratado que, en presencia del líquido acuoso, facilita rápidamente la formación de una solución acuosa de polímero. Sin embargo, es probable que al menos algunas pequeñas partículas de polímero hidratado no disuelto permanezcan en la solución acuosa de polímero así formada. Típicamente, estas pequeñas partículas de polímero hidratado no disuelto pueden estar en forma de astillas u otras partículas pequeñas. Estas partículas pueden tener al menos una dimensión inferior a 1,5 mm, por ejemplo, de 0,1 a 0,5 mm, mientras que las otras dimensiones pueden ser mayores. Preferentemente, las tres dimensiones son inferiores a 1,5 mm.

En este aspecto de la invención, la solución acuosa de polímero, que opcionalmente contiene partículas de polímero hidratado no disuelto, se pasa a un tanque de mezcla en el que se deja disolver cualquier polímero hidratado no disuelto, proporcionando así la solución acuosa de polímero.

Dado que cualquier partícula de polímero hidratada no disuelta tendería a ser pequeña, normalmente se disolvería rápidamente. La velocidad de disolución tenderá a depender del tipo de polímero, del tamaño de las partículas de polímero hidratadas no disueltas y del líquido acuoso utilizado para formar la solución acuosa. Cuanto más pequeñas sean las partículas, más rápida tenderá a ser la disolución. Además, los polímeros solubles en agua tenderán a disolverse más rápidamente cuando el líquido acuoso sea agua.

En una forma alternativa, el paso (c), en el que el polímero hidratado se disuelve en un líquido acuoso, puede lograrse (c2) pasando los trozos de polímero hidratado del paso (b) a un tanque de mezcla que contiene un líquido acuoso para disolverlo de manera que se forme la solución acuosa de polímero. El aparato para lograr esto puede comprender un tanque de mezcla y un medio para pasar los trozos de polímero hidratado al tanque de mezcla y permitir que los trozos de polímero hidratado se disuelvan.

En esta forma alternativa de la invención definida por el paso (c2), los trozos de polímero hidratado del paso (b) se pasan a un tanque de mezcla que contiene un líquido acuoso, convenientemente agua, y se permite que los trozos de polímero hidratado se disuelvan, proporcionando así la solución acuosa de polímero.

El tiempo necesario para que los trozos de polímero hidratado se disuelvan en el líquido acuoso, convenientemente agua, dependerá normalmente del tamaño de los trozos de polímero hidratado, del tipo de polímero y del líquido acuoso empleado. Cuanto más grandes sean los trozos de polímero hidratados, mayor será el tiempo de disolución. También es cierto, en general, que cuanto más pequeños sean los trozos de polímero hidratado, menor será el tiempo de disolución. Los trozos de polímero hidratados tenderán a disolverse más rápidamente en agua, aunque se pueden conseguir tasas de disolución aceptables con otros líquidos acuosos, por ejemplo, soluciones de electrolitos, como el cloruro de sodio. Además, la cantidad de agitación en el tanque de mezcla también puede influir en el tiempo de disolución. Normalmente, cuanto más turbulencia se cree en el tanque de mezcla, más rápida será la disolución. El tanque de mezcla puede estar equipado con uno o más impulsores adecuados y, opcionalmente, con dispositivos de mezcla estática para generar una alta turbulencia. La mezcla también puede lograrse haciendo fluir el contenido del tanque de mezcla hacia afuera a través de un conducto y luego recirculando hacia el tanque de mezcla.

La solución acuosa de polímero del paso (c), por ejemplo (c1) y el paso (c2), puede tener hasta un 5% en peso de polímero basado en el peso total de la solución acuosa de polímero. Típicamente, la concentración de la solución polimérica puede ser de hasta el 2% en peso, por ejemplo, de 0,01 a 2%, convenientemente de 0,05 a 1,5%, a menudo, de 0,1% a 1%. La solución acuosa de polímero del paso (c1) y del paso (c2) puede diluirse posteriormente hasta una concentración deseada. El tanque de mezcla del paso (c1) y del paso (c2) también puede emplearse como tanque de almacenamiento y/o maduración de las soluciones acuosas de polímero. Alternativamente, las soluciones acuosas de polímero pueden transferirse a un tanque posterior, que preferentemente se agita o mezcla, para su almacenamiento y/o maduración. Por maduración se entiende que las moléculas de polímero disueltas han tenido tiempo de extenderse completamente dentro del medio acuoso. Puede ser deseable que la solución acuosa de polímero se transfiera a más de un tanque de almacenamiento, por ejemplo, una serie de tanques de almacenamiento. Típicamente, la solución acuosa de polímero puede transferirse a la aplicación en la que se utiliza. Esto puede ser por medio de una tubería u otro conducto adecuado.

Puede ser deseable añadir cualquiera de los diversos aditivos al polímero hidratado o al líquido acuoso utilizado en la etapa de corte (b) o en la etapa de disolución (c). Estos aditivos pueden ser, por ejemplo, tensioactivos, lubricantes o modificadores de la viscosidad. Dichos aditivos pueden cerrarse típicamente en la recuperación mejorada de petróleo, en las operaciones de gestión de residuos o en las operaciones de separación de líquidos sólidos. Incluso puede ser deseable proporcionar el polímero hidratado con tales aditivos ya contenidos en el mismo.

Típicamente, el polímero hidratado se proporcionaría mediante la polimerización de uno o más monómeros etilénicamente insaturados solubles en agua. Por solubilidad en agua se entiende que el o los monómeros etilénicamente insaturados tienen una solubilidad en agua de al menos 5 g por 100 ml de agua a 25°C. No obstante, el polímero hidratado puede obtenerse polimerizando una mezcla de al menos un monómero etilénicamente insaturado soluble en agua con al menos un monómero etilénicamente insaturado menos soluble o insoluble en agua, siempre que pueda producirse un polímero hidratado en la polimerización. Los al menos uno de los monómeros etilénicamente insaturados pueden ser aniónicos, catiónicos, no iónicos o mezclas de ellos.

Preferentemente, el polímero hidratado del paso (a) se proporciona a partir de una polimerización en solución acuosa de uno o más monómeros etilénicamente insaturados solubles en agua. La polimerización en solución acuosa se lleva a cabo iniciando la polimerización de una solución acuosa de uno o más monómeros etilénicamente insaturados solubles en agua en un recipiente adecuado. Típicamente, la solución acuosa de monómero contendrá el al menos un monómero etilénicamente insaturado soluble en agua en una concentración de al menos el 10% en peso de monómero activo sobre el peso total de la solución acuosa de monómero. Es conveniente que la concentración de monómero sea del 20 al 70% en peso, preferentemente del 25 al 40%, y más preferentemente del 25 al 35%.

Se puede utilizar cualquier iniciador adecuado. El iniciador puede ser, por ejemplo, un peróxido, un persulfato, un compuesto azoico, un sulfato, una pareja rédox o mezclas de ellos.

Ejemplos de peróxidos son el peróxido de hidrógeno, el peróxido de potasio, el peróxido de *terc-butilo*, el hidroperóxido de *terc-butilo*, el hidroperóxido de cumeno y el peróxido de benzoilo. Ejemplos de persulfatos son el persulfato de amonio, de sodio o de potasio. Ejemplos de compuestos azoicos son el 2,2-azobisobutironitrilo, el 4,4'-azobis(ácido 4-cianovalérico) y el 2,2'-azobis(*N,N'-dimetilenobutiramidina*) dihidrocloruro, el 1,1'-azobis(ciclohexanecarbonitrilo) y el 2,2'-azobis(2-amidinopropano) dihidrocloruro. Ejemplos de sulfatos son el sulfato amónico ferroso y el sulfato amónico. Las parejas rédox están formadas por un agente oxidante y un agente reductor. El agente oxidante puede ser uno de los peróxidos, persulfatos, sulfatos o compuestos azoicos mencionados anteriormente, o un clorato o bromato de metales alcalinos. Más arriba se han dado ejemplos de metales alcalinos. Ejemplos de agentes reductores son el ácido ascórbico, la glucosa o el hidrógeno sulfito de amonio o de metales alcalinos, el sulfito, el tiosulfato o el sulfuro, o el sulfato de amonio ferroso.

Preferentemente, el iniciador es una mezcla de una pareja rédox con uno o más iniciadores seleccionados del grupo que consiste en peróxidos, persulfatos y compuestos azoicos.

Más preferentemente, el iniciador es una mezcla de una pareja rédox, en el que el agente oxidante se selecciona del grupo que consiste en peróxidos y bromatos de metales alcalinos, y el agente reductor se selecciona del grupo que consiste en hidrogenosulfito de amonio o de metales alcalinos, sulfito, tiosulfato o sulfuro, o sulfato de amonio ferroso, con uno o más iniciadores de compuestos azoicos.

Aún más preferentemente, el iniciador es una mezcla de una pareja rédox, en el que el agente oxidante se selecciona del grupo que consiste en peróxidos de hidrógeno y bromatos de metales alcalinos, y el agente reductor es un hidrosulfito o sulfito de metales alcalinos, con uno o más iniciadores de compuestos azoicos.

Más preferentemente, el iniciador es una mezcla de una pareja rédox, en el que el agente oxidante se selecciona del grupo que consiste en tert-butilhidroperóxido y bromato de potasio, y el agente reductor es sulfito de sodio, con uno o más iniciadores de compuestos azoicos seleccionados del grupo que consiste en 2,2-azobisisobutironitrilo, 4,4'-azobis(ácido 4-cianovalérico) y 2,2'-azo-bis*(N,N'*-dimetilenisobutiramidina).

La solución acuosa de al menos un polímero etilénicamente insaturado hecho contiene deseablemente cualquiera de diversos aditivos. Algunos ejemplos de estos aditivos son la urea, los secuestrantes, los ácidos orgánicos, los agentes de transferencia de cadena y los agentes de reticulación.

Ejemplos de agentes secuestrantes son el ácido dietilentriaminopentaacético, sal penta sódica, y el ácido dietilendiaminotetraacético, sal tetra sódica.

Ejemplos de ácidos orgánicos son el ácido adípico, el ácido cítrico, el ácido oxálico, el ácido tartárico, el ácido málico y el ácido benzoico.

Ejemplos de reactivos de transferencia de cadena son el ácido tioglicólico, el hipofosfito de sodio, el 2-mercaptoetanol, el *N-dodecil* mercaptano y el tert-dodecil mercaptano.

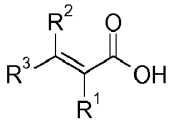
Ejemplos de agentes reticulantes son el monómero polietilénicamente insaturado, como *la N,N'-monometilenbisacilamida*, el poli(etilenglicol) diacrilato, el cloruro de amonio tetraalílico y el ftalato dialílico.

Preferentemente, el medio acuoso también contiene urea, un agente secuestrante y/o un ácido orgánico. Más preferentemente, el medio acuoso contiene también urea, ácido dietilentriaminopentaacético, sal penta-sódica y/o un ácido adípico.

Si el polímero es catiónico, la solución acuosa de monómero suele contener también ácido dietilentriaminopentaacético, sal penta-sódica y ácido adípico. Si el polímero producido es aniónico, la solución acuosa de monómero suele contener también ácido dietilentriaminopentaacético, sal de penta sodio y urea. Si el polímero producido es no iónico, la solución acuosa de monómero puede contener frecuentemente también ácido dietilentriaminopentaacético, sal de penta sodio, urea y ácido adípico.

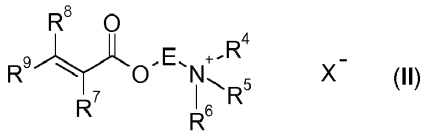
Los procedimientos adecuados para llevar a cabo la polimerización en solución acuosa del al menos un monómero etilénicamente insaturado soluble en agua se describen en EP 0725084 A1, WO 2006/117292 y WO 2014/049513.

Los monómeros etilénicamente insaturados solubles en agua pueden ser ácidos carboxílicos de fórmula



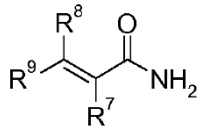
(I)

o sales de los mismos, en los que R^1,R^2 y R^3 son iguales o diferentes y son hidrógeno, alquilo C_{1-2}, carboxi o alquilo C_{1-2} sustituido con carboxi,



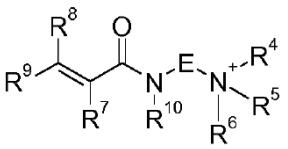
(II)

en el que R^7, R^8 y R^9 son iguales o diferentes y son hidrógeno o alquilo C_{1-2}, E es alquileno C_{2-5}, R^4, R^5 y R^6 son iguales o diferentes y son alquilo C_{1-4} y X es un anión adecuado, amidas de fórmula



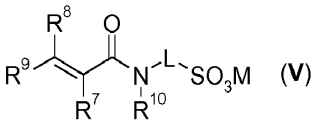
(III)

o



(IV)

o



(V)

donde R^7, R^8, R^9, E, R^4, R^5, R^6 y X tienen el significado indicado anteriormente, R^{10} es hidrógeno o metilo, L es alquileno C_{2-5}, y M es un catión adecuado, derivados de vinilo o derivados de dialilamonio.

Ejemplos de ácidos carboxílicos de fórmula I son el ácido acrílico, el ácido metacrílico, el ácido crotónico, el ácido itacónico, el ácido maleico y el ácido fumárico. Sus sales pueden ser de amonio, de metales alcalinos o de metales alcalinotérreos. Algunos ejemplos de metales alcalinos son el litio, el sodio y el potasio. Algunos ejemplos de metales alcalinotérreos son el berilio, el magnesio y el calcio.

El alquilo C_{1-2} puede ser metilo o etilo. Ejemplos de alquileno C_{2-5} son el etileno, el trimetileno, el propileno, el 2-metilpropileno, el tetrametileno, el etiletileno y el pentametileno. Ejemplos de alquilo C_{1-4} son el metilo, el etilo, el propilo, el isopropilo y el butilo, el isobutilo, el *sec-butilo* y *el terc-butilo*. Ejemplos de aniones adecuados son el halogenuro, el sulfato y el alquilsulfato C_{1-4}. Un ejemplo de alquilsulfato C_{1-4} es el metilsulfato. Ejemplos de un halogenuro son el bromuro y el cloruro. Un halogenuro preferido es el cloruro. Ejemplos de cationes adecuados son el hidrógeno, el amonio y el metal alcalino.

Ejemplos de ésteres de fórmula II son la sal cuaternaria de cloruro de metilo de dimetilaminoetilacrilato, la sal cuaternaria de cloruro de etilo de dietilaminoetilacrilato y la sal cuaternaria de cloruro de metilo de dimetilaminoetilo. Alternativamente, puede tratarse de compuestos de este tipo en los que las sales cuaternarias que utilizan el compuesto cuaternizador son distintas del cloruro de metilo, por ejemplo el sulfato de dimetilo, u otros haluros de alquilo, o sulfatos de alquilo o sulfatos de dialquilo.

Ejemplos de amidas de fórmulas III, IV o V son la acrilamida, la metacrilamida, la crotonamida, la sal cuaternaria de cloruro de metilo de dimetilaminoetilacrilamida, la sal cuaternaria de cloruro de etilo de dietilaminoetilacrilamida sal cuaternaria de cloruro de metilo de dimetilaminoetilacrilamida y ácido 2-acrilamido-2-metilpropano sulfónico (incluyendo sales de amonio o de metales alcalinos (por ejemplo, sodio, potasio, litio) o sales de metales alcalinotérreos (por ejemplo, calcio, magnesio, berilio).

Ejemplos de derivados del vinilo son el ácido vinilfosfónico o el ácido vinilsulfónico y sus sales, como las sales de amonio o de metales alcalinos de los mismos, *la N-vinilformamida*, la *N-vinilpirrolidinona* y el 1-vinilimidazol. Un ejemplo de derivado de dialilamonio es el cloruro de dialildimetilamonio.

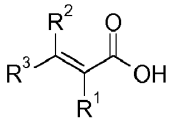
Los monómeros etilénicamente insaturados e insolubles en agua pueden ser ésteres de ácidos carboxílicos de fórmula I con un alcanol C_{1-18}.

Ejemplos de alcanoles C_{1-18} son el metanol, el etanol, el propanol, el isopropanol, el butanol, el hexanol, el 2-etilhexanol y el octadecanol.

Ejemplos de monómeros etilénicamente insaturados e insolubles en agua son el acrilato de metilo, el acrilato de etilo, el acrilato de butilo, el acrilato de 2-etilo, el acrilato de estearilo, el metacrilato de metilo y el metacrilato de estearilo.

Los monómeros etilénicamente insaturados más preferidos son solubles en agua y se seleccionan del grupo que consiste en

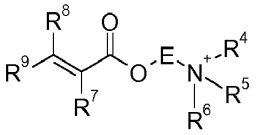
ácidos carboxílicos de fórmula



(I)

o sales de los mismos, en los que R^1,R^2 y R^3 son iguales o diferentes y son hidrógeno o metilo, carboxi o metilo sustituido con carboxi,

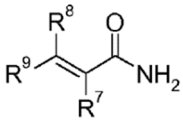
ésteres de fórmula



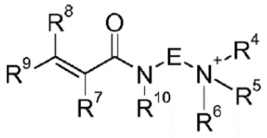
(II)

en los que R^7, R^8 y R^9 son iguales o diferentes y son hidrógeno o metilo, E es alquileno C_{2-3}, R^4, R^5 y R^6 son iguales o diferentes y son alquilo C_{1-3} y X es un anión adecuado,

amidas de fórmula

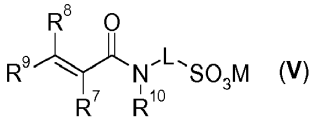


(III) o



(IV)

o



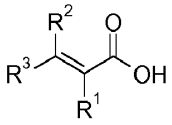
(V)

en las que R^7, R^8, R^9, E, R^4, R^5, R^6 y X tienen el significado indicado anteriormente, R^{10} es hidrógeno o metilo, L es alquileno C_{2-5} y M es un catión adecuado, por ejemplo, amonio o sales de metales alcalinos (por ejemplo, sodio, potasio, litio) o alcalinotérreos (por ejemplo, calcio, magnesio, berilio).

Ejemplos de alquileno C_{2-3} son el etileno, el trimetileno y el propileno. Ejemplos de alquilo C_{1-3} son el metilo, el etilo, el propilo y el isopropilo.

Los monómeros etilénicamente insaturados aún más preferidos son solubles en agua y se seleccionan del grupo que consiste en

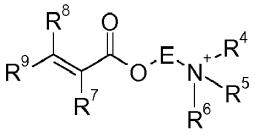
ácidos carboxílicos de fórmula



(I)

o sales de los mismos, especialmente sales de amonio, metales alcalinos o alcalinotérreos, por ejemplo, sales de litio, sodio, potasio, berilio, magnesio o calcio, en las que R^1 es hidrógeno o metilo y R^2 y R^3 son ambos hidrógeno,

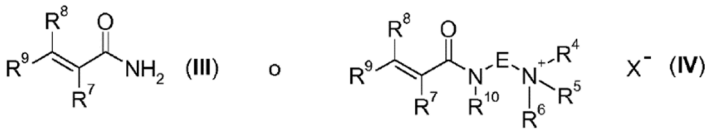
ésteres de fórmula



(II)

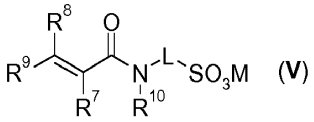
en los que R^7 es hidrógeno o metilo, y R^8 y R^9 son ambos hidrógeno, E es etileno, R^4, R^5 y R^6 son iguales o diferentes y son alquilo C_{1-2}, y X es halogenuro, sulfato o alquilsulfato C_{1-4},

amidas de fórmula



(**III**) o (**IV**)

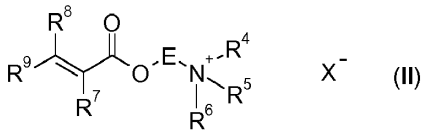
o



(**V**)

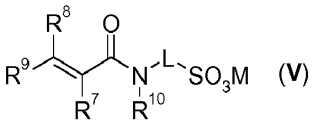
en las que R^7, R^8, R^9, E, R^4, R^5 y R^6 y X tienen el significado indicado anteriormente, R^{10} es hidrógeno o metilo, L es alquileno C_{2-5} y M es hidrógeno, amonio o un metal alcalino (por ejemplo, sodio, potasio, litio) o sales de metales alcalinotérreos (por ejemplo, calcio, magnesio, berilio).

Los monómeros etilénicamente insaturados más preferidos son solubles en agua y se seleccionan del grupo que consiste en ácido acrílico o sus sales, ésteres de fórmula



(**II**)

en los que R^7, R^8 y R^9 son hidrógeno, E es etileno, R^4, R^5 y R^6 son iguales o diferentes y son alquilo C_{1-2}, y X es cloruro metosulfato o alquilsulfato C_{1-4}, acrilamida y amidas de fórmula

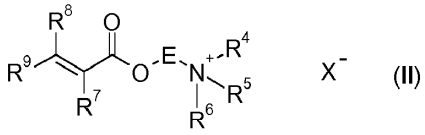


(**V**)

en la que R^7, R^8, R^9 tienen el significado indicado anteriormente, L es alquileno C_{2-4}, R10 es hidrógeno, y M es hidrógeno, amonio o un metal alcalino (por ejemplo, sodio, potasio, litio) o sales de metales alcalinotérreos (por ejemplo, calcio, magnesio, berilio).

Ejemplos de alquileno C_{2-4} son etileno, trimetileno, propileno, 2-metilpropileno, tetrametileno y etiletileno.

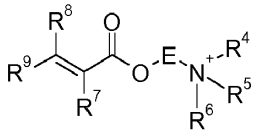
Lo más preferible es que el monómero etilénicamente insaturado sea soluble en agua y sea acrilamida o una mezcla de acrilamida con monómero etilénicamente insaturado soluble en agua seleccionado del grupo que consiste en ácido acrílico o sales (por ejemplo, acrilato de sodio, acrilato de potasio, acrilato de litio acrilato de amonio, acrilato de calcio (incluido el diacrilato de calcio) y sales de magnesio o de berilio del ácido acrílico), y ésteres de fórmula



(**II**)

en la que R^7, R^8 y R^9 son hidrógeno, E es etileno, R^4, R^5 y R^6 son iguales o diferentes y son alquilo C_{1-2}, y X es cloruro, sulfato, metasulfato o alquilsulfato C_{1-4}.

Preferentemente, la cantidad de acrilamida en la mezcla de acrilamida con monómero monometilénicamente insaturado soluble en agua seleccionado del grupo que consiste en ácido acrílico o sus sales, (por ejemplo, acrilato de sodio, acrilato de potasio, acrilato de litio, acrilato de amonio acrilato de calcio (incluido el diacrilato de calcio) y sales de magnesio o de berilio del ácido acrílico), y ésteres de fórmula



(II)

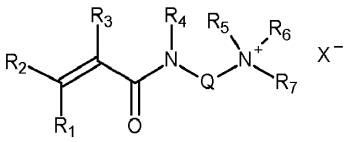
en los que R^7, R^8 y R^9 son hidrógeno, E es etileno, R^4, R^5 y R^6 son iguales o diferentes y son alquilo C_{1-2}, y X es cloruro, sulfato, metasulfato o alquilsulfato C_{1-4}, es al menos el 30% en peso basado en el peso de la mezcla de monómeros.

Cuando el monómero o la mezcla de monómeros comprende acrilamida, la acrilamida puede haber sido producida por un procedimiento adecuado, por ejemplo por hidrólisis de acrilonitrilo. Típicamente, este puede ser uno de los procedimientos conocidos catalizados químicamente utilizando catalizadores inorgánicos como el cobre Raney. Sin embargo, es preferible que la acrilamida se haya preparado mediante un procedimiento biológico o biológicamente catalizado. Esto puede lograrse, convenientemente, poniendo en contacto el acrilonitrilo con una enzima nitrilo hidratasa, por ejemplo, como se documenta en las patentes y la literatura. Pueden obtenerse productos superiores de poliacrilamida empleando el procedimiento de la presente invención para polimerizar acrilamida, opcionalmente en combinación con otros monómeros etilénicamente insaturados, en los que la acrilamida se ha obtenido mediante un procedimiento biológico. Dichas poliacrilamidas presentarían propiedades superiores como floculantes, por ejemplo, para el tratamiento de aguas (incluido el tratamiento de lodos de depuradora); aplicaciones mineras, por ejemplo, en procedimientos de separación de sólidos y líquidos y en procedimientos de tratamiento de residuos; diversas aplicaciones de la industria petrolera, por ejemplo, recuperación mejorada de petróleo, inundación, aplicaciones de parada de agua, etc.; y como ayudas de retención/drenaje en la industria papelera.

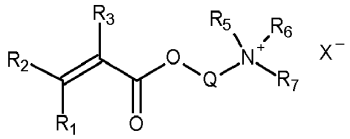
Cuando el monómero, cada monómero o mezcla de monómeros contiene al menos uno de los monómeros anfifílicos y/o monómeros parcialmente hidrofílicos, deseablemente pueden ser cualquiera de los monómeros conocidos en la literatura.

Los monómeros anfifílicos o parcialmente hidrofílicos se definen como monómeros de base insaturada etilénica que tienen al menos un grupo hidrofílico y al menos un grupo hidrófobo en su estructura. La solubilidad parcial en agua puede basarse en la presencia de aniones y/o cationes y/u otras fracciones hidrofílicas neutras.

Incluyen, por ejemplo, el monómero catiónico derivado de la acrilamida (Fórmula I) o el monómero catiónico derivado del acrilato (Fórmula II) que contiene una cadena hidrófoba y tiene la fórmula general



(I)



(II)

Donde:

R^1, R^2, R^3, R^4, R^5, R^6, de forma independiente, pueden ser un hidrógeno o una cadena alquílica que contenga de 1 a 4 carbonos

Q: una cadena alquílica que contiene de 1 a 8 carbonos

R^7: una cadena de alquilo o alquenilo o arilalquilo que contenga de 6 a 30 carbonos

X: un haluro seleccionado del grupo que incluye el cloruro, el bromuro, el yoduro, el floruro o un contraión con carga negativa

Una estructura preferida para la fórmula (I) es cuando $R^1 = R^2 = R^3 = R^4 = H$, lo que genera una fracción de acrilamida. Otra estructura preferida se obtiene cuando $R^1 = R^2 = R^4$ y R^3 = CH3. Entonces se genera un derivado de metacrilamida.

De forma similar a la fórmula (I), una estructura preferida para la fórmula (II) es cuando $R^1 = R^2 = R^3 = H$, lo que genera una fracción de acrilato. Otra estructura preferida se obtiene cuando $R^1 = R^2 = H$ y R^3= CH3. Entonces se genera un derivado de metacrilato.

Entre todas las posibilidades de alquilo para Q, preferentemente Q es un grupo etilo o propilo

Preferentemente, $R^5 = R^6$ y son fracciones de metilo o de etilo

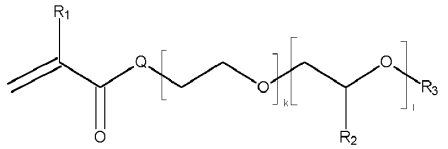
Para el sustituto R^7, las estructuras preferidas son hexilo, octilo, decilo, dodecilo, hexadecilo, octadecilo o bencilo.

Ejemplos de estructuras preferidas para la invención que tienen la fórmula (I) son el cloruro de N-acrilamidopropil-N,N,dimetil-N-dodecil amonio, el cloruro de N-metacrilamidopropil-N,N,dimetil-N-dodecil amonio, Bromuro de N-

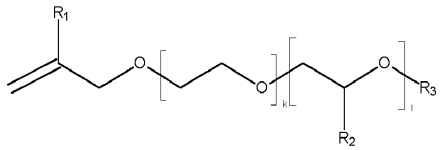
acrilamidopropilo-N,N,dimetil-N-dodecil amonio, bromuro de N-metacrilamidopropilo-N,N,dimetil-N-dodecil amonio, cloruro de N-acrilamidopropilo-N,N,dimetil-N-octadecil amonio, cloruro de N-metacrilamidopropilo-N,N,dimetil-N-octadecil amonio, bromuro de N-acrilamidopropil-N,N,dimetil-N-octadecil amonio, bromuro de N-metacrilamidopropil-N,N,dimetil-N-octadecil amonio, cloruro de N-acrilamidopropil-N,N,dimetil-N-bencil amonio, cloruro de N-metacrilamidopropil-N,N,dimetil-N-bencil amonio, bromuro de N-acrilamidopropil-N,N,dimetil-N-bencil amonio, bromuro de N-metacrilamidopropil-N,N,dimetil-N-bencil amonio.

Ejemplos de estructuras preferidas para la invención que tienen la fórmula (II) son acrilato de N,N-dimetilaminoetilo-cloruro de ndodecilo, metacrilato de N,N-dimetilaminoetilo-cloruro de ndodecilo, acrilato de N,N-dimetilaminoetilo-bromuro de ndodecilo, metacrilato de N,N-dimetilaminoetilo-bromuro de ndodecilo, acrilato de N,N-dimetilaminoetilo-cloruro de noctadecilo, cloruro de NN-dimetilaminoetil metacrilato-N-cloruro de octil, N,N-dimetilaminoetil acrilato-N-bromuro de octil, N,N-dimetilaminoetil metacrilato-N-bromuro de octil, N,N-dimetilaminoetil acrilato-N-cloruro de bencilo, N,N-dimetilaminoetil metacrilato-N-cloruro de bencilo, N,N-dimetilaminoetil acrilato-N-bromuro de bencilo, N,N-dimetilaminoetil metacrilato-N-bromuro de bencilo

Otras estructuras monoméricas anfifílicas pueden basarse en grupos hidrofílicos neutros. Su fórmula, entre otras, puede basarse en un derivado del acrilato (Fórmula III) o en un derivado del alilo (Fórmula IV). En este caso, la solubilidad en el agua se ve reforzada por la presencia de grupos de óxido de etileno



(III)



(IV)

Donde:

k e l, son independientemente dos números reales positivos incluidos en el intervalo de 0 a 100, con k+l > 3

R^1 puede ser un hidrógeno o una cadena alquílica que contenga de 1 a 4 carbonos

R^2 puede ser una cadena de alquilo, alquenilo o arilalquilo que contenga de 1 a 30 carbonos

Q puede ser O o NR4, donde R^4 se selecciona entre H, alquilo, cicloalquilo, heterocicloalquilo, arilo o hetarilo

R^3 puede ser H un grupo alquilo que contenga de 1 a 30 carbonos o un grupo alquenilo que contenga de 3 a 30 carbonos o una cadena de arilalquilo que contenga de 6 a 30 carbonos

Preferentemente, R^1 es un átomo de hidrógeno o un grupo metilo.

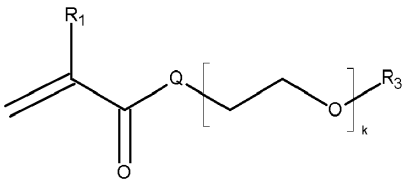
Preferentemente, k es un número real incluido en el intervalo de 3 a 50 para llevar la solubilidad en agua.

Preferentemente, l es un número real incluido en el intervalo de 0 a 30

Ejemplos de grupos R^2 preferidos para la fórmula (II) y (III) son el metilo, el etilo, el butilo, el pentilo, el hexilo, el dodecilo, el hexadecilo, el octadecilo o el bencilo

Ejemplos de grupos R^3 para la fórmula (II) y (III) son hidrógeno, metilo, etilo, hexilo, decilo, dodecilo, hexadecilo, octadecilo, bencilo o tristirilfenilo

Una familia de subestructuras preferida derivada para la fórmula (III) es accesible cuando el valor de l en (III) es igual a cero. Entonces, un nuevo monómero anfifílico basado en un grupo hidrofílico neutro puede definirse por la Fórmula (V)



(V)

Donde:

k es un número real positivo incluido en el intervalo de 0 a 100

R^1 puede ser un hidrógeno o una cadena alquílica que contenga de 1 a 4 carbonos

R^2 puede ser una cadena de alquilo, alquenilo o arilalquilo que contenga de 1 a 30 carbonos

Q puede ser O o NR4 donde R^4 puede ser un hidrógeno o un grupo alquilo que contenga de 1 a 4 carbonos

R^3 puede ser H un grupo alquilo que contenga de 1 a 30 carbonos o un grupo alquenilo que contenga de 3 a 30 carbonos o una cadena de arilalquilo que contenga de 6 a 30 carbonos

Preferentemente, R^1 es un átomo de hidrógeno o un grupo metilo.

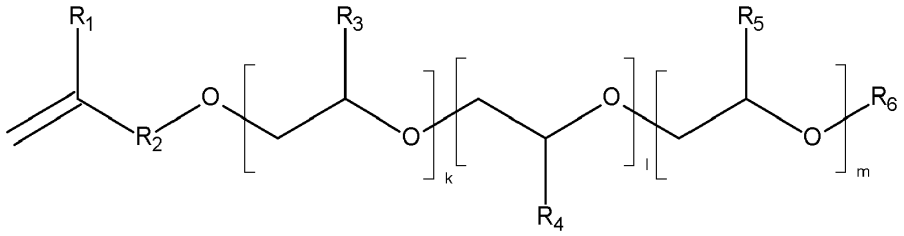
Preferentemente, k es un número real incluido en el intervalo de 3 a 50 para llevar la solubilidad en agua.

Preferentemente, l es un número real incluido en el intervalo de 0 a 30

Ejemplos de grupos R^3 para la fórmula (V) son el hidrógeno, el metilo, el etilo, el hexilo, el decilo, el dodecilo, el hexadecilo, el octadecilo, el bencilo o el tristirilfenilo

La fórmula (V) incluye, entre otros, productos comerciales como, por ejemplo, Visiomer® C18 PEG 1105 MA W, Plex® 6877-0 o Lutencryl® 250, que son nombres comerciales de un derivado de metacrilato basado en un alcohol graso C16C18 etoxilado. Sipomer® BEM es otro ejemplo de producto comercial que cumple la fórmula (V). Es un derivado del metacrilato basado en el alcohol behenílico etoxilado. Otro ejemplo preferido es el Sipomer® SEM, que es un monómero de metacrilato de polioxietileno ω-tristilfenilo.

Otras estructuras monoméricas anfifílicas basadas en grupos hidrofílicos neutros pueden describirse mediante la fórmula (V)



(VI)

Donde:

k e l y m, son independientemente tres números reales positivos incluidos en el intervalo de 0 a 100, con k+l+m > 3

R^1 puede ser un hidrógeno o una cadena alquílica que contenga de 1 a 4 carbonos

R^2 puede ser - (CnH2n)- o -O- (CnH2n)- o -C(O)-O- CnH2n)- o -C(O)-NR7- CnH2n)- con R^7 que puede ser un hidrógeno o un alquilo que contenga de 1 a 4 carbonos. En las cuatro estructuras diferentes de R^2, n es un número entero de 1 a 6

R^3, R^4, R^5 son independientemente H o un grupo alquilo que contiene de 1 a 30 carbonos o un grupo arilalquilo que contiene de 6 a 30 carbonos. Además, para ser monómeros anfifílicos, las moléculas basadas en la fórmula (VI) deben tener al menos una de las fracciones R^3, R^4 o R^5 equivalente a H. En este caso, [CH2-$CH_{(Ri)}$-$O_{]x}$ es un grupo poli(etilenoxido) que es el grupo hidrofílico neutro de la estructura

R^6 puede ser H un grupo alquilo que contenga de 1 a 30 carbonos o un grupo alquenilo que contenga de 3 a 30 carbonos o una cadena de arilalquilo que contenga de 6 a 30 carbonos

Preferentemente, R^1 es un átomo de hidrógeno o un grupo metilo.

Ejemplos de grupos preferidos R^3, R^4 o R^5 para la fórmula (VI) son hidrógeno, metilo, etilo, butilo, pentilo, hexilo, dodecilo, hexadecilo, octadecilo o bencilo

Ejemplos de grupos R^6 para la fórmula (VI) son el hidrógeno, el metilo, el etilo, el hexilo, el decilo, el dodecilo, el hexadecilo, el octadecilo, el bencilo o el tristirilfenilo.

Dependiendo del monómero etilénicamente insaturado o de la mezcla de monómeros utilizada, los polímeros producidos por el procedimiento de la presente invención pueden ser aniónicos, catiónicos o no iónicos.

El polímero soluble en agua puede ser no iónico (por ejemplo, homopolímero de poliacrilamida) o aniónico o catiónico y a menudo se forma a partir de una mezcla de acrilamida u otro monómero no iónico soluble en agua con monómero iónico.

Los polímeros deseablemente solubles en agua tienen una solubilidad en agua de al menos 5 g por 100 ml de agua a 25°C.

Los polímeros solubles en agua se utilizan típicamente como viscosificadores, coagulantes o floculantes, incluyendo ayudas de retención para la fabricación de papel. Los polímeros solubles en agua también pueden utilizarse en la industria minera, por ejemplo en procedimientos de separación de sólidos y líquidos y en procedimientos de gestión de residuos; y en la industria petrolera, por ejemplo en aplicaciones de recuperación mejorada de petróleo, aplicaciones de inundación, aplicaciones de parada de agua, etc. Pueden ser aniónicos, catiónicos o no iónicos.

Se prefiere especialmente que el polímero hidratado se seleccione del grupo que consiste en homopolímeros de acrilamida, copolímeros de acrilamida con acrilato de sodio y copolímeros de acrilamida con acrilato de calcio. Por acrilato de calcio se entiende también el diacrilato de calcio.

Típicamente, los polímeros tienen una viscosidad intrínseca (IV), de al menos 2 dl/g, por ejemplo, de 2 a 30 dl/g, típicamente de 2 a 25 dl/g, convenientemente de 4 a 20 dl/g, frecuentemente de 5 a 16 dl/g. Otro intervalo adecuado puede ser de 3 a 12 dl/g, por ejemplo, de 6 a 10 dl/g. Otros intervalos adecuados son de 10 a 25 dl/g.

La viscosidad intrínseca de los polímeros puede determinarse preparando una solución acuosa del polímero (0,5-1% p/p) basada en el contenido activo del polímero. Se diluyen 2 g de esta solución de polímero al 0,5-1% hasta 100 ml en un matraz volumétrico con 50 ml de solución de cloruro sódico 2M tamponada a pH 7,0 (utilizando 1,56 g de dihidrógeno fosfato sódico y 32,26 g de hidrógeno fosfato disódico por litro de agua desionizada) y se diluye el conjunto hasta la marca de 100 ml con agua desionizada. La viscosidad intrínseca de los polímeros se mide con un viscosímetro de nivel suspendido número 1 a 25°C en una solución salina tamponada 1M. Los valores de viscosidad intrínseca indicados se determinan según este procedimiento, salvo que se indique lo contrario.

El peso molecular promedio del polímero debe ser generalmente de al menos 1 millón, por ejemplo de al menos 2 millones y a menudo de al menos 3 millones, preferentemente de al menos 5 millones. En algunos casos, el peso molecular promedio en peso puede ser de al menos 7 millones y a veces de al menos 10 millones. El peso molecular promedio puede ser tan alto como 18 o 20 millones, por ejemplo tan alto como 25 millones o incluso tan alto como 30 millones o más. El peso molecular puede determinarse, por ejemplo, mediante dispersión de luz estática, dispersión de neutrones de ángulo pequeño, dispersión de rayos X o velocidad de sedimentación.

Los siguientes ejemplos pretenden ilustrar la presente divulgación.

Ejemplos

Corte lineal

En cada uno de los Ejemplos 1 a 3 la poliacrilamida hidratada en forma de bloques de gel polimérico frustocónico (cada uno designado como Gel A) con un contenido de polímero activo de aproximadamente el 30% en peso y que mide unos 35 cm de altura con un diámetro en la parte superior de unos 20 cm y un diámetro en la parte inferior de unos 25 cm. El Gel A era un copolímero de 70% en peso de acrilamida y 30% en peso de acrilato de sodio. Este polímero se preparó con la misma receta de monómero y con las mismas condiciones de iniciación y polimerización y en el mismo laboratorio de Trostberg, Alemania, como un polímero análogo que presenta una viscosidad intrínseca de 24-26 dl/g.

Ejemplo 1:

Para cada prueba se colocó un bloque de Gel A en una superficie plana. En cada prueba se empleó un chorro de agua de alta presión a diferente presión de agua y velocidad de la boquilla, utilizando una boquilla de Hammelmann, tipo P, que tiene un diámetro de 1 mm, que se movió linealmente sobre la parte superior del Gel A. La profundidad de corte resultante se midió y se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1:

Presión	velocidad de la boquilla	Agua de corte	profundidad de corte
bar	cm/s	l/min	cm
200	15	6,5	3,5
200	5	6,5	7
500	5	10,3	17
750	5	12,6	34

Ejemplo 2:

En cada prueba se empleó un bloque de Gel A colocado en una superficie plana. Para cada prueba se empleó un chorro de agua de alta presión a diferentes presiones de agua utilizando una boquilla de Hammelmann, tipo P con un diámetro de 0,8 mm que se movió linealmente sobre la parte superior del Gel A y se midió la profundidad de corte resultante que se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2:

Presión	velocidad de la boquilla	Agua de corte	profundidad de corte
bar	cm/s	l/min	cm
250	5	4,7	7
500	5	6,6	14
750	5	8,1	22
1000	5	9,3	28

Ejemplo 3:

En cada prueba se colocó un bloque de Gel A sobre una superficie plana. Para cada prueba se empleó un chorro de agua de alta presión a diferentes presiones de agua utilizando una boquilla de Hammelmann, tipo P con un diámetro de 0,6 mm que se movió linealmente sobre la parte superior del Gel A. La profundidad de corte resultante se midió y se muestra en la Tabla 3

Tabla 3

Presión	velocidad de la boquilla	Agua de corte	profundidad de corte
bar	cm/s	l/min	cm
250	5	2,6	4
500	5	3,7	8,5
750	5	4,5	13
1000	5	5,3	18

Fresado rotativo

Ejemplo 4:

se cortaron 10 kg de un gel de poliacrilamida hidratado, que tiene un contenido de polímero activo de aproximadamente el 30% en peso, en trozos de aproximadamente 10 cm x 10 cm x 7 cm y se designó como Gel B. El gel de poliacrilamida hidratado se preparó por polimerización en solución de soluciones acuosas de acrilato de sodio al 30% en peso y acrilamida al 70% en peso. Este polímero se preparó con la misma receta de monómero y con las mismas condiciones de iniciación y polimerización y en el mismo laboratorio de Trostberg, Alemania, como un polímero análogo que presenta una viscosidad intrínseca de 24-26 dl/g.

Se colocó un tubo con un diámetro interior de 210 mm en posición vertical (es decir, en posición vertical con un extremo del tubo en la parte superior y el otro extremo del tubo en la parte inferior) y equipado con una malla de 4 mm en el extremo inferior del tubo. Se montó un cabezal de corte rotativo con 6 boquillas de tipo P y 0,6 mm de diámetro (fabricante Hammelmann) en la pared interior del tubo, introduciéndolo a través de una abertura cortada en el lateral del tubo. El eje de rotación del cabezal de corte rotativo se alineó a -20° respecto al eje horizontal y osciló en un ángulo de -45°. La presión del agua se fijó en 1000 bares.

Para cada prueba se colocó uno de los trozos de Gel B dentro de la parte superior del tubo y se pesó con una tapa que pesaba aproximadamente 10 kg. A medida que el trozo de Gel B era forzado a bajar por el tubo por el peso de la tapa, era cortado en pequeños trozos por los chorros de agua del cabezal de corte rotativo. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4:

Tiempo de corte	Revoluciones del cabezal	Resultado
[seg]	[1/min]	
50	1500	el gel se cortó completamente en trozos < 5mm y se descargó a través de la malla; el gel se disolvió parcialmente en el agua
30	1500	el gel se cortó de forma incompleta, con trozos de 5 mm de diámetro y hasta varios cm de diámetro todavía presentes por encima de la malla

(continuación)

Tiempo de corte	Revoluciones del cabezal	Resultado
30	3000	muy poco corte de gel, sólo una pequeña cavidad cortada en los trozos más cercanos al cabezal de molienda
30	750	gel completamente cortado, muy poco gel disuelto

Ejemplo 5:

Se colocó un tubo con un diámetro interior de 210 mm en posición vertical (es decir, en posición vertical con un extremo del tubo en la parte superior y el otro extremo del tubo en la parte inferior) y se equipó con una malla de 1 mm del tubo y el extremo inferior del tubo. Se montó un cabezal de corte rotativo con 6 boquillas de tipo P y 0,6 mm de diámetro (fabricante Hammelmann) en la pared interior del tubo, introduciéndolo a través de una abertura cortada en el lateral del tubo. El eje de rotación del cabezal de corte giratorio se alineó a -20° con respecto al eje horizontal y osciló en un ángulo de -45°. La presión del agua se fijó en 1000 bares.

Se colocó otro de los trozos de Gel B, como se describe en el Ejemplo 5, dentro de la parte superior del tubo y se pesó con una tapa que pesaba aproximadamente 10 kg. A medida que el trozo de Gel B era forzado a bajar por el tubo por el peso de la tapa, era cortado en pequeños trozos por los chorros de agua del cabezal de corte rotativo. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5:

Tiempo de corte	Revoluciones del cabezal	Resultado
[seg]	[1/min]	
50	1500	el gel se cortó completamente en trozos < 5mm y se descargó a través de la malla; el gel se disolvió parcialmente en el agua
30	1500	el gel se cortó de forma incompleta, con trozos de 5 mm de diámetro y hasta varios cm de diámetro todavía presentes por encima de la malla
30	3000	muy poco corte de gel, sólo una pequeña cavidad cortada en los trozos más cercanos a la cabeza de molienda
30	750	gel completamente cortado, muy poco gel disuelto

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para producir una solución acuosa de polímero que comprende los pasos de

(a) proporcionar un polímero hidratado (13) que ha sido preparado por polimerización en solución acuosa de monómeros etilénicamente insaturados, cuyo polímero hidratado comprende al menos un 10% en peso de polímero activo;
(b) cortar (2) el polímero hidratado sometiendo el polímero hidratado a al menos una etapa de corte que comprende al menos una corriente de líquido acuoso (5) a una presión de al menos 150 bares para reducir el tamaño del polímero hidratado,
(c) disolver el polímero hidratado en un líquido acuoso para obtener una solución acuosa de polímero.

2.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en el que en el paso (b) el polímero hidratado se corta en trozos de polímero hidratado (14).

3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2 en el que la etapa de corte en el paso (b) está contenida por una pared circundante (1) con una entrada en un extremo y una salida en el otro extremo, preferentemente en el que el polímero hidratado (13) entra en la sección de la pared circundante a través de la entrada y pasa a través de la etapa de corte (2) y en el que los trozos de polímero hidratado (14) salen por la salida.

4. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la al menos una corriente de líquido acuoso (5) del paso (b) tiene una presión de 150 bar a 5000 bar, preferentemente de 200 bar a 2000 bar, más preferentemente de 250 bar a 1000 bar.

5.- Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la etapa de corte en el paso (b) comprende además al menos un miembro de corte estático (12).

6. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el polímero hidratado se corta por contacto con el al menos un miembro de corte estático (12) antes de entrar en contacto con la al menos una corriente de líquido acuoso (5).

7. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que en el paso (b) la al menos una corriente de líquido acuoso (5) se genera a partir de al menos una boquilla (2), la cual al menos una boquilla oscila.

8. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que en el paso (b) una multiplicidad de corrientes de líquido acuoso es expulsada desde una multiplicidad de boquillas (2).

9. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que en el paso (b) la al menos una corriente de líquido acuoso (5) se genera a partir de al menos una boquilla (2), la cual al menos una boquilla gira.

10. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 9, en el que en el paso (b) se proporciona una cortina de agua (11) u otro líquido acuoso en el interior de la sección tubular (1).

11. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que el paso (c) comprende (c1) someter los trozos de polímero hidratado a una reducción de tamaño adicional y a una disolución completa o parcial mediante una etapa de procesamiento mecánico,

cuya etapa de procesamiento mecánico comprende un medio para cizallar y/o cortar los trozos de polímero hidratado en presencia de un líquido acuoso y formar una solución acuosa del polímero, que opcionalmente contiene partículas de polímero hidratado no disueltas,
en el que la solución acuosa de polímero, que opcionalmente contiene partículas de polímero no disueltas, se pasa a un tanque de mezcla para permitir que se disuelvan las partículas de polímero no disueltas, proporcionando así la solución acuosa de polímero.

12. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la etapa de procesamiento mecánico del paso (c1) comprende transportar los trozos de polímero hidratado a una cámara que comprende,

- un rotor; y
- un estator fijo que consiste en una pluralidad de palas.

13. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la distancia entre las palas del estator es de 200 a 2000 µm .

14. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 en el que el paso (c) comprende (c2) pasar los trozos de polímero hidratado del paso (b) a un tanque de mezcla que contiene un líquido acuoso y permitir que los trozos de polímero hidratado se disuelvan, proporcionando así la solución acuosa de polímero.

15. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en el que el polímero hidratado del paso (a) se proporciona a partir de una polimerización en solución acuosa de uno o más monómeros etilénicamente insaturados solubles en agua.

16. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en el que el polímero hidratado es un polímero de acrilamida, opcionalmente con otros comonómeros etilénicamente insaturados solubles en agua.

17. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, en el que el polímero hidratado se selecciona del grupo que consiste en un homopolímero de acrilamida; un copolímero de acrilamida con acrilato de sodio; y un copolímero de acrilamida con acrilato de calcio.

18. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, en el que el polímero hidratado se selecciona del grupo que consiste en un copolímero de acrilamida con comonómeros catiónicos etilénicamente insaturados.

19. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, en el que el polímero hidratado es de un polímero que presenta una viscosidad intrínseca de al menos 3 dl/g.

20. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, en el que el polímero hidratado comprende del 10 al 80% en peso de polímero activo, preferentemente del 25 al 60%, y más preferentemente del 20 al 45%.

21. Un aparato, para producir una solución acuosa de polímero, que comprende

(a) un medio para proporcionar un polímero hidratado (13) que ha sido preparado por polimerización en solución acuosa de monómeros etilénicamente insaturados, cuyo polímero hidratado comprende al menos un 10% en peso de polímero activo;
(b) al menos un medio para cortar (2) el polímero hidratado para formar trozos de polímero hidratado (14), comprendiendo dicho medio al menos una corriente de líquido acuoso a una presión de al menos 150 bar;
(c) medios para disolver el polímero hidratado en un líquido acuoso para obtener una solución acuosa de polímero.

22. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 21, en el que la al menos una corriente de líquido acuoso (5), comprendida por el al menos un medio (b) para cortar el polímero hidratado, fluye desde una boquilla (2) que tiene un diámetro de orificio de boquilla inferior a 3,00 mm, preferentemente de 0,25 mm a 2,00 mm.

23. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 21 o la reivindicación 22, en el que los medios (c) para disolver el polímero hidratado en el líquido acuoso comprenden (c1) un dispositivo de procesamiento mecánico para someter los trozos de polímero hidratado a una reducción de tamaño adicional y a una disolución completa o parcial; y/o (c2) un tanque de mezcla que contiene un líquido acuoso para recibir los trozos de polímero hidratado de la etapa (b) con el fin de efectuar una solución de los trozos de polímero hidratado.

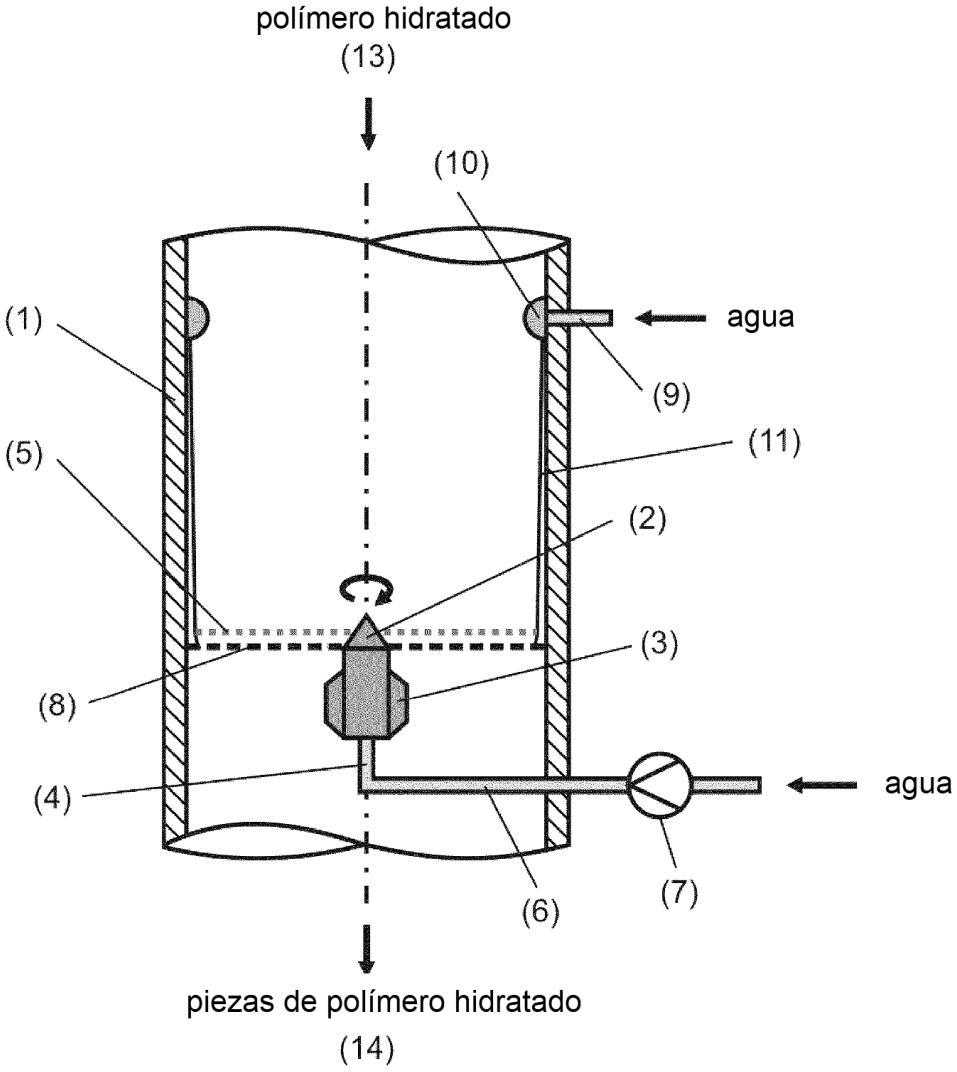
24. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 21 a 23, en el que los medios (c) comprenden (c1)

(i) un dispositivo para someter los trozos de polímero hidratado a reducción de tamaño adicional y a una disolución completa o parcial mediante un dispositivo de procesamiento mecánico, cuyo dispositivo de procesamiento mecánico comprende un medio para cizallar y/o cortar los trozos de polímero hidratado, en presencia de un líquido acuoso, para formar una solución acuosa del polímero, que contiene opcionalmente partículas de polímero hidratado no disueltas ,
(ii) un tanque de mezcla, para disolver el polímero no disuelto,
(iii) un dispositivo para hacer pasar la solución acuosa de polímero, que opcionalmente contiene partículas de polímero no disuelto, al tanque de mezcla para permitir que se disuelva cualquier polímero no disuelto, proporcionando así la solución acuosa de polímero.

25. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 21 a 24, en el que los medios (c) comprenden (c2)

(i) un tanque de mezcla que contiene un líquido acuoso, para disolver los trozos de polímero hidratado,
(ii) un dispositivo para pasar los trozos de polímero hidratado del paso (b) al tanque de mezcla y permitir que los trozos de polímero hidratado se disuelvan, proporcionando así la solución acuosa de polímero.

Figura 1


polímero hidratado
(13)
(10)
agua
(1)
(9)
(11)
(5)
(2)
(3)
(8)
(4)
agua
(6)
(7)
piezas de polímero hidratado
(14)

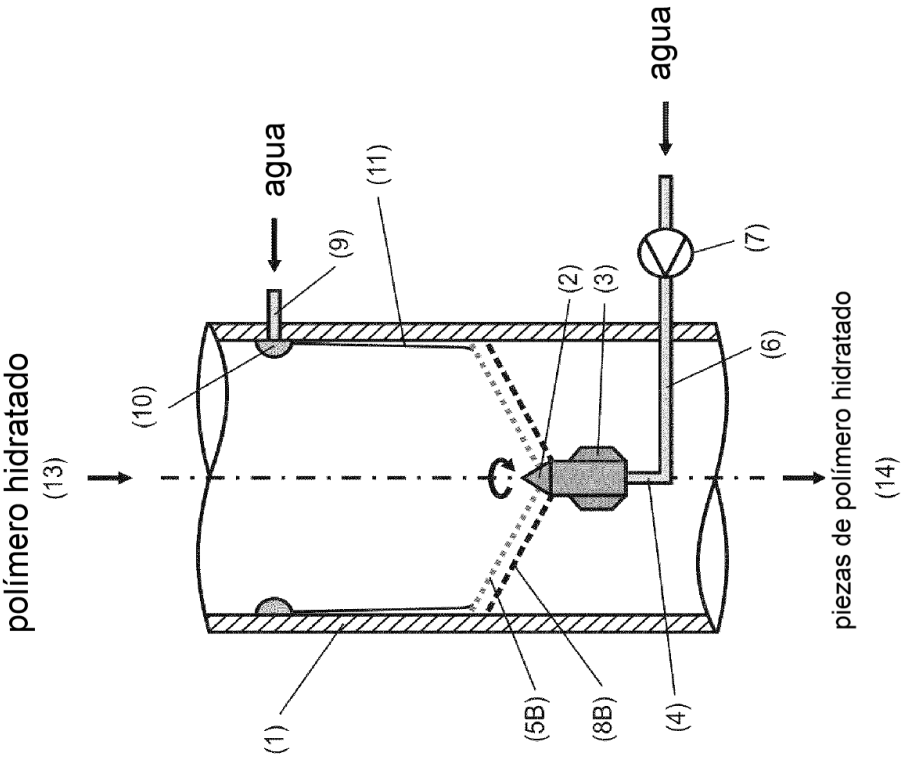


Figura 2B

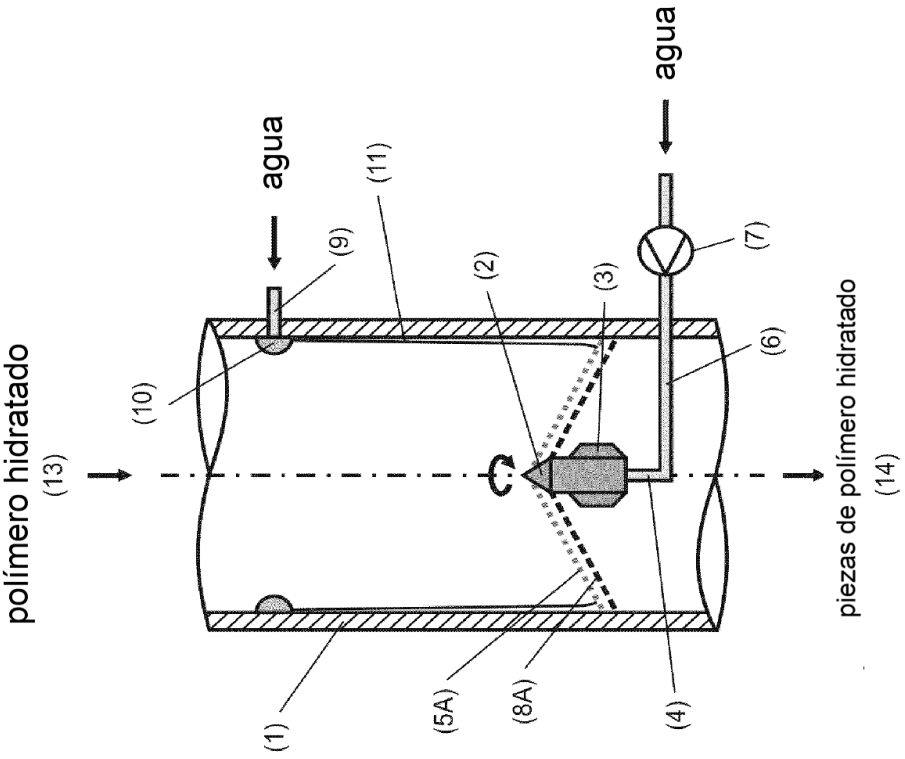


Figura 2A

Figura 3

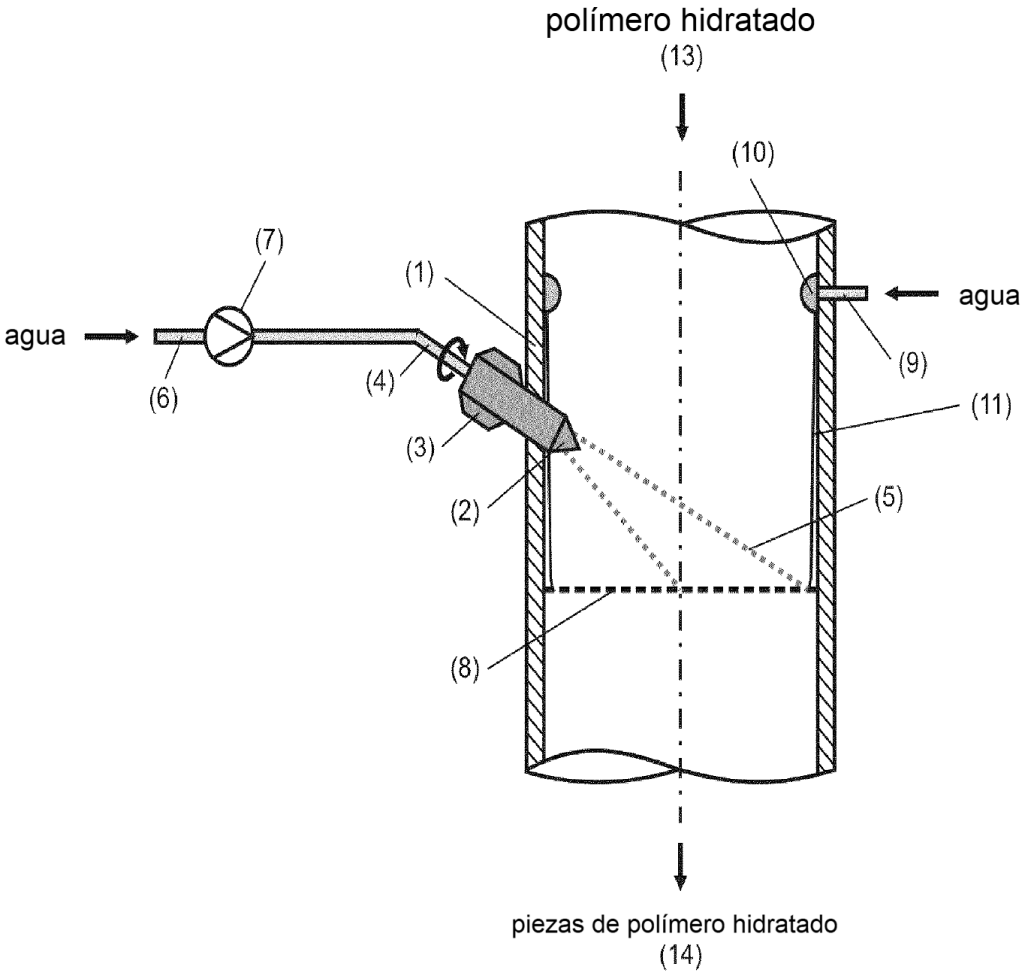
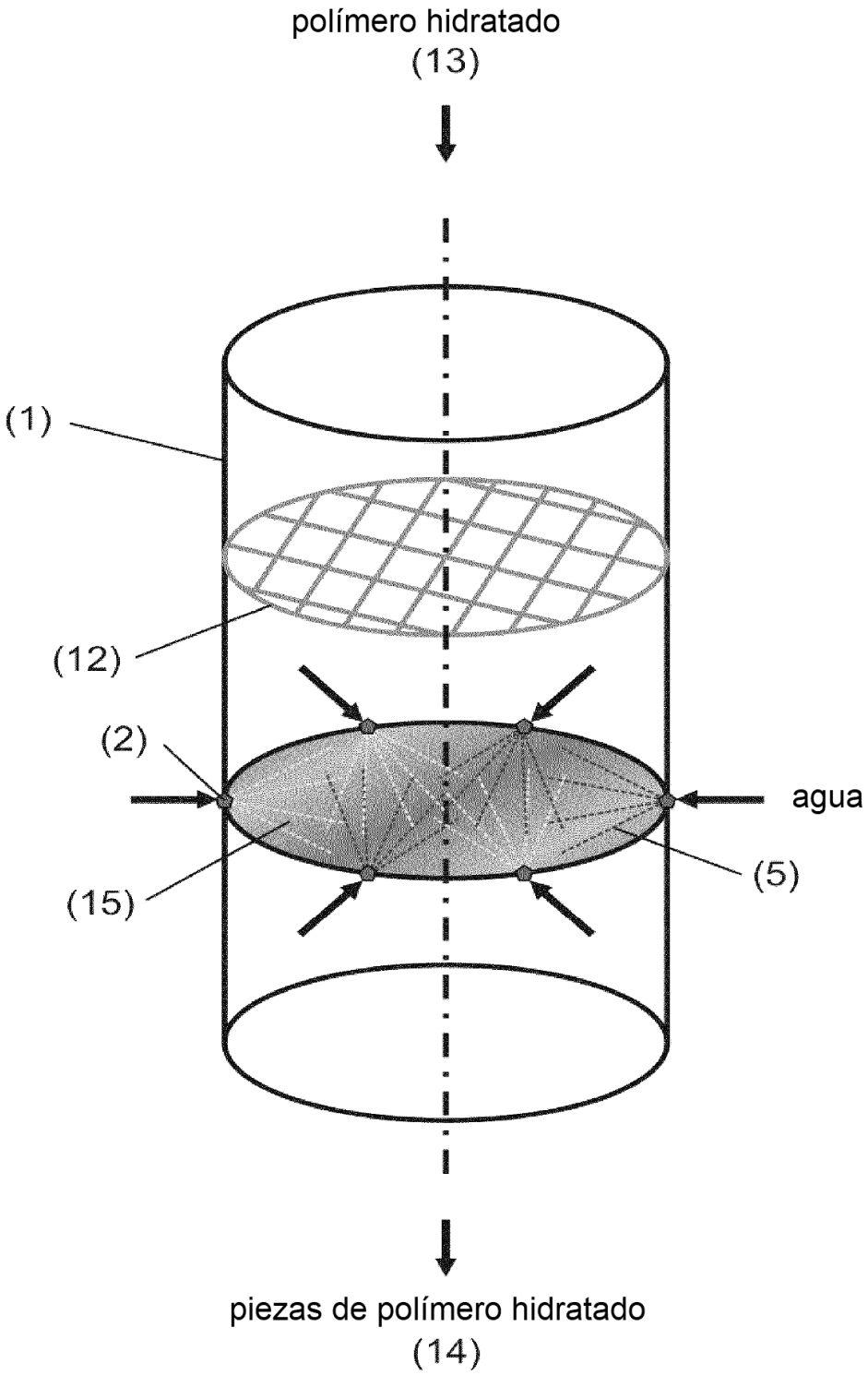

polímero hidratado
(13)
(10)
(7)
(1)
agua
agua
(9)
(4)
(6)
(11)
(3)
(5)
(2)
(8)
piezas de polímero hidratado
(14)

Figura 4


polímero hidratado
(13)
(1)
(12)
(2)
agua
(15)
(5)
piezas de polímero hidratado
(14)