

APARATO Y MÉTODO PARA EXPANDIR TÉRMICAMENTE

MICROESFERAS TERMOPLÁSTICAS EXPANDIBLES A

MICROESFERAS TERMOPLÁSTICAS EXPANDIDAS

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un aparato y método para expandir térmicamente microesferas termoplásticas expandibles para conseguir microesferas termoplásticas expandidas. En particular, el aparato y el método aseguran que las microesferas termoplásticas expandidas estén libres de aglomerados, con una distribución de densidad uniforme y se enfríen rápidamente después de la expansión.

Antecedentes de la invención

Las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente comprenden un agente de expansión encapsulado dentro de una cubierta de polímero termoplástico. Las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente se describen, por ejemplo, en el documento US 3,615,972.

Tras el calentamiento, el agente de expansión se evapora conduciendo a un aumento de la presión interna de las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente, al mismo tiempo que la cubierta de polímero termoplástico se suaviza, lo que resulta en una expansión de las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente para formar las microesferas expandidas. Las microesferas termoplásticas expandidas térmicamente tienen un diámetro a menudo de al menos 2-5 veces el diámetro de las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente.

Las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente están disponibles en forma de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente, secas, que fluyen libremente o como una suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente, es decir, donde
5 las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente están presentes en un líquido portador.

Las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente o las microesferas expandidas se utilizan en varias aplicaciones. Las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente se utilizan, por
10 ejemplo, en papeles de impresión térmica, cerámica porosa, moldeo por inyección, extrusión de materiales termoplásticos, tintas de impresión, papel y cartón. Las microesferas termoplásticas expandidas se usan por ejemplo como un sensibilizador en explosivos de emulsión, pinturas a base de líquidos, revestimientos a base de líquidos y diversos materiales
15 termoendurecibles, tales como mármol cultivado, masilla de poliéster y madera artificial. Las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente y/o las microesferas termoplásticas expandidas también se pueden usar en composiciones cementosas, por ejemplo para proporcionar durabilidad de congelación-descongelación a
20 composiciones cementosas.

El transporte de las microesferas termoplásticas expandidas puede no ser comercialmente viable, ya que las microesferas termoplásticas expandidas requieren un volumen significativo debido a su tamaño expandido. Por lo tanto, las microesferas termoplásticas expandibles
25 térmicamente se transportan al usuario final que produce las

microesferas termoplásticas expandidas *in situ* a partir de las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente. Las microesferas termoplásticas se expanden posteriormente para formar las microesferas termoplásticas expandidas cerca o directamente en un
5 proceso para la aplicación final, por ejemplo, cualquiera de los mencionados anteriormente.

En la técnica se conocen aparatos y métodos para expandir térmicamente las microesferas termoplásticas expandibles para formar las microesferas termoplásticas expandidas.

10 El documento JP 2005-254213 describe un aparato y un método para fabricar una microcápsula expandida por calor. El aparato y el método utilizan un tubo de calefacción/espumación. El documento JP 2005-254213 describe que una suspensión de agua de microcápsulas expandibles por calor se alimenta forzadamente al tubo de
15 calefacción/espumación con vapor de alta temperatura aplicando una contrapresión que excede la presión del vapor. Las microcápsulas expandibles por calor son descargadas al aire y luego expandidas.

El documento US 4,513,106 describe un aparato y un método para formar microesferas termoplásticas expandidas a partir de microesferas
20 termoplásticas expandibles térmicamente. El documento US 4,513,106 describe que el vapor se introduce en una suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en una zona de presión en una cantidad suficiente para calentar las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente y expandirlas al menos parcialmente. Las
25 microesferas termoplásticas expandidas parcialmente dejan

posteriormente la zona de presión bajo una caída de presión por lo cual las microesferas se expanden adicionalmente y se aceleran en una corriente con una velocidad de al menos 1 m/s.

El documento WO 03/051793 describe un método de fabricación de un explosivo proporcionando microesferas expandibles térmicamente con vapor para causar la expansión térmica de las microesferas para formar microesferas expandidas húmedas.

Los aparatos y métodos de los documentos JP 2005-254213, US 4,513,106 y WO 03/051793 tienen inconvenientes porque las microesferas termoplásticas expandidas resultantes se pegan y forman aglomerados en el aparato y en el producto final. Además, el vapor o la humedad agregada a las microesferas termoplásticas expandidas, como se describe en el documento antes mencionado, lleva a menudo a la incompatibilidad de la humedad en las microesferas termoplásticas expandidas y su uso en aplicaciones finales.

Las microesferas termoplásticas expandidas son buenos aislantes del calor y cuando se fabrican esto plantea un problema cuando se fabrican y almacenan. Las microesferas termoplásticas expandidas a menudo continúan expandiéndose durante el almacenamiento. Además, debido a que las microesferas termoplásticas expandidas tienen una cubierta de polímero termoplástico, cuando esta cubierta está caliente, esto hace que las microesferas termoplásticas expandidas se peguen entre sí y formen aglomerados durante la fabricación y/o el almacenamiento. Las microesferas termoplásticas expandidas aglomeradas son indeseables en aplicaciones en las cuales se requieren

microesferas termoplásticas expandidas uniformemente dispersas.

Sería deseable mejorar la tecnología de expansión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en una suspensión para que se evite la aglomeración de microesferas termoplásticas expandidas
5 fabricadas proporcionando microesferas termoplásticas altamente dispersas y expandidas uniformemente.

Sería deseable proporcionar un aparato y un método para expandir microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en una suspensión espesa sin la necesidad de introducir agua extra, es decir,
10 vapor.

Sería deseable proporcionar un aparato y un método para expandir microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en una suspensión que sea flexible con respecto a qué líquido portador se usa en la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles
15 térmicamente.

Sería deseable proporcionar un aparato y un método para expandir microesferas en una suspensión que es flexible con respecto a un medio para calentar la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente para formar las microesferas termoplásticas expandidas.

20 Sería deseable proporcionar un aparato y un método para expandir microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en una suspensión que evita la aglomeración de las microesferas termoplásticas expandidas formadas en el aparato.

Sería deseable proporcionar un aparato y un método para expandir
25 microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en una

suspensión que se pueda usar para una amplia gama de grados de microesferas que tienen diversas temperaturas de expansión.

Sería deseable proporcionar un aparato y un método para expandir microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en una
5 suspensión que no continúa expandiéndose una vez que han dejado un aparato de expansión.

Existe una necesidad de proporcionar un aparato y un método para expandir las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en una suspensión que supera por lo menos los inconvenientes antes
10 mencionados.

Breve descripción de la invención

De acuerdo con la presente invención, se ha encontrado posible conseguir estos y otros objetos proporcionando un aparato y un método como se describe en la presente descripción.

15 En un primer aspecto, la presente invención se refiere a un aparato para expandir microesferas termoplásticas expandibles térmicamente. El aparato comprende una zona de calentamiento que es capaz de soportar una presión de al menos 4 bares. La zona de calentamiento tiene una tubería de entrada y una tubería de salida. El aparato comprende una
20 bomba para alimentar una suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en la zona de calentamiento. La bomba es capaz de generar una presión de al menos 4 bares en la zona de calefacción. El aparato comprende un medio para calentar la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en la zona de
25 calentamiento a una temperatura de al menos 60°C sin contacto directo

alguno de la suspensión con algún medio de transferencia de calor fluido. La tubería de salida del aparato está unida a una tubería de distribución entre una entrada y una salida de la tubería de distribución.

En un aspecto adicional, la presente invención se refiere a un
5 método para expandir microesferas termoplásticas expandibles
térmicamente. El método comprende proporcionar una suspensión de
microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en una zona de
calentamiento. La suspensión se calienta posteriormente en la zona de
calentamiento a una temperatura de al menos 60°C y se genera una
10 presión de al menos 4 bares. El calentamiento se consigue sin contacto
directo alguno de la suspensión con algún medio fluido de transferencia
de calor. La presión dentro de la zona de calentamiento se mantiene de
tal manera que las microesferas termoplásticas expandibles
térmicamente no se expanden completamente. La suspensión se retira
15 de la zona de calentamiento a través de una tubería de salida y después
a través de una tubería de distribución. La tubería de salida está unida
a la tubería de distribución entre una entrada y una salida de la tubería
de distribución. La suspensión se retira en una zona con una presión
menor para expandir completamente las microesferas termoplásticas
20 expandibles térmicamente.

Breve descripción de las figuras

La figura 1 muestra un aparato para expandir microesferas
termoplásticas expandibles térmicamente de acuerdo con la presente
descripción.

25 Las figuras 2a y 2b muestran vistas ampliadas de una sección

extrema de una tubería de salida y una tubería de distribución de acuerdo con la presente descripción.

Descripción detallada

Para una comprensión completa de la presente invención y las ventajas de la misma, se hace referencia a la siguiente descripción detallada y a las figuras adjuntas.

Se debe apreciar que los diversos aspectos y modalidades de la descripción detallada y las figuras adjuntas tal como se describen en el presente documento son ilustraciones de las formas específicas para poner en práctica la invención y no limitan el alcance de la invención cuando se toman en consideración con las reivindicaciones y la descripción detallada, así como las figuras adjuntas. Asimismo se apreciará que las características de diferentes aspectos y modalidades de la invención se pueden combinar con características de diferentes aspectos y modalidades de la invención.

El aparato y el método de acuerdo con la presente invención se pueden usar para todo tipo de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente.

Tal como se usa en la presente descripción, las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente se refieren a una cubierta de polímero termoplástico que encapsula un agente de expansión. Cuando se expanden con calor, las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente se denominan microesferas termoplásticas expandidas.

En un primer aspecto, la presente invención se refiere a un aparato para expandir microesferas termoplásticas expandibles térmicamente. El

aparato se muestra en la figura 1. El aparato comprende una zona de calentamiento 4 que es capaz de soportar una presión de al menos 4 bares. La zona de calentamiento 4 tiene una tubería de entrada 10 y una tubería de salida 8. El aparato comprende una bomba 1 para alimentar
5 una suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en la zona de calentamiento 4. La bomba 1 es capaz de generar una presión de al menos 4 bares en la zona de calentamiento 4. El aparato comprende un medio para calentar la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en la zona de
10 calentamiento 4 a una temperatura de al menos 60°C sin contacto directo de la suspensión con algún medio fluido de transferencia de calor. La tubería de salida 8 del aparato está unida a una tubería de distribución 12 entre una entrada 13 y una salida 14 de la tubería de distribución 12.

Las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente pueden
15 ser las comercializadas por AkzoNobel bajo la marca comercial Expancel®. Las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente y su fabricación se describen en, por ejemplo, los siguientes documentos: US 3,615,972; US 3,945,956; US 4,287,308; US 5,536,756; US 6,235,800; US 6,235,394; US 6,509,384; US 6,617,363; US
20 6,984,347; US 2004/0176486, EP 486080, EP 566367, EP 1067151, EP 1230975, EP 1288272, EP 1598405, EP 1811007, EP 1964903, WO 2002/096635, WO 2004/072160, WO 2007/091960, WO 2007/091961, WO 2007/142593, JP 1987-286534 y JP 2005-272633, que se incorporan por referencia en el presente documento.

25 La cubierta de polímero termoplástico puede estar hecha de

polímeros o copolímeros polimerizando varios monómeros etilénicamente insaturados. Los monómeros etilénicamente insaturados pueden ser monómeros que contienen nitrilo, tales como acrilonitrilo, metacrilonitrilo, alfa-cloroacrilonitrilo, alfa-etoxiacrilonitrilo, 5 fumaronitrilo y crotonitrilo, ésteres acrílicos, tales como acrilato de metilo o acrilato de etilo, ésteres metacrílicos tales como metacrilato de metilo, metacrilato de isobornilo y metacrilato de etilo, haluros de vinilo, tales como cloruro de vinilo, haluros de vinilideno, tales como cloruro de vinilideno, vinilpiridina, ésteres vinílicos, tales como acetato de vinilo, 10 estireno, opcionalmente sustituidos, tales como estireno, estirenos halogenados y alfa-metilestireno, dienos, tales como butadieno, isopreno y cloropreno y cualquier mezcla de los mismos.

Los monómeros etilénicamente insaturados también pueden comprender monómeros reticulantes multifuncionales. Los monómeros multifuncionales reticulantes incluyen cualquiera de divinilbenceno, 15 di(met)acrilato de etilenglicol, di(met)acrilato de dietilenglicol, di(met)acrilato de trietilenglicol, di(met)acrilato de propilenglicol, di(met)acrilato de 1,4-butanodiol, di(met)acrilato de 1,6-hexanodiol, di(met)acrilato de glicerol, di(met)acrilato de 1,3-butanodiol, 20 di(met)acrilato de neopentilglicol, di(met)acrilato de 1,10-decanodiol, tri(met)acrilato de pentaeritritol, tetra(met)acrilato de pentaeritritol, hexa(met)acrilato de pentaeritritol, di(met)acrilato de dimetilol triciclododecano, tri(met)metacrilato de trialilometilal, metacrilato de alilo, tri(met)acrilato de trimetilolpropano, triacrilato de trimetilolpropano, 25 di(met)acrilato de tributanodiol, di(met)acrilato de PEG #200,

di(met)acrilato de PEG #400, di(met)acrilato de PEG #600, monoacrilato de 3-acriloiloxiglicol, isocianato de triacrilometilal o trialililo, isocianurato de trialilo o cualquier mezcla de los mismos. Los monómeros multifuncionales reticulantes constituyen de 0.1 a 1% en peso, lo más preferiblemente de 0.2 a 0.5% en peso de las cantidades totales de monómeros etilénicamente insaturados de la cubierta de polímero termoplástico.

Es preferible que la cubierta polimérica termoplástica constituya de 60 a 95% en peso de la microesfera termoplástica expandible térmicamente y más preferiblemente de 75 a 85% en peso.

Una temperatura de reblandecimiento de la cubierta polimérica termoplástica corresponde a su temperatura de transición vítrea (T_g). T_g está dentro del intervalo de 50 a 250°C y más preferiblemente en el intervalo de 70 a 200°C.

El agente de expansión en las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente puede ser un líquido que tiene una temperatura de ebullición (a temperatura ambiente y presión) no superior a la T_g . El agente de expansión puede ser al menos un hidrocarburo o cualquier mezcla de los mismos. Los hidrocarburos se pueden seleccionar de n-pentano, isopentano, neopentano, butano, isobutano, hexano, isohexano, neohexano, heptano, isoheptano, octano e isooctano. Los hidrocarburos también pueden ser éter de petróleo, hidrocarburos clorados o fluorados, tales como cloruro de metilo, cloruro de metileno, dicloroetano, dicloroetileno, tricloroetano, tricloroetileno y triclorofluormetano. El agente de expansión es preferiblemente al menos

uno de isobutano, isopentano, isohexano, ciclohexano, isooctano, isododecano y cualquier mezcla de los mismos. El agente de expansión es más preferiblemente isobutano e isopentano.

El agente de expansión está presente en una cantidad de 5 a 40%
5 en peso de las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente.

La temperatura de ebullición (a temperatura ambiente y presión) del agente de expansión es preferiblemente entre -20 y 200°C, más preferiblemente entre -20 y 150°C e incluso más preferiblemente entre -20 y 100°C.

10 Una temperatura a la cual las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente comienzan a expandirse a presión atmosférica se denomina T_{inicio} . La T_{inicio} depende del tipo y la combinación de la cubierta de polímero termoplástico y el agente de expansión. Las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente
15 utilizadas en la presente invención tienen preferiblemente una T_{inicio} entre 40 y 230°C y más preferiblemente entre 60 y 180°C.

El aparato comprende la zona de calentamiento 4 dentro de la cual fluye una suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente. La zona de calentamiento 4 puede tener la forma de un
20 recipiente, tubería o tubo. La zona de calentamiento 4 está provista de la tubería de entrada 10 y de la tubería de salida 8.

La zona de calentamiento 4 calienta la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en la misma sin contacto directo alguno de la suspensión con algún medio de transferencia de
25 calor fluido, es decir, vapor o gas calentado.

La zona de calentamiento 4 puede ser un intercambiador de calor. La zona de calentamiento 4 cuando está en forma de intercambiador de calor comprende entonces por lo menos una tubería o tubo rodeado por un medio de transferencia de calor que no está en contacto directo con

5 la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente. El intercambiador de calor puede, por ejemplo, comprender varias tuberías o tubos preferiblemente paralelos, por ejemplo de 2 a 10 o de 3 a 7 tuberías o tubos, preferiblemente conectados a una entrada común y a una salida común. Las tuberías o

10 tubos pueden tener cada uno un diámetro interior de 2 a 25 mm, o preferiblemente de 4 a 15 mm o incluso más preferiblemente de 6 a 12 mm. También es posible tener sólo una tubería o tubo. El uso de una sola tubería o tubo tiene la ventaja de disminuir el riesgo de distribución desigual del flujo causado por el atascamiento parcial en uno de varias

15 tuberías o tubos paralelos. Tal tubería o tubo únicos están preferiblemente rodeados por un medio de transferencia de calor, colocado en un recipiente o tanque que contiene el medio de transferencia de calor. El medio de transferencia de calor puede ser cualquier medio fluido adecuado tal como agua caliente, vapor o aceite.

20 La zona de calentamiento 4 puede estar provista de al menos un elemento calefactor eléctrico. Al menos un elemento calefactor eléctrico puede estar situado dentro o fuera de la zona de calentamiento 4, o cualquier combinación de las mismas. El elemento calefactor eléctrico puede estar previsto en el centro de la zona de calentamiento 4, de tal

25 manera que la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles

térmicamente fluya en el espacio alrededor de ese elemento calefactor eléctrico dentro de la zona de calentamiento 4. Es preferible que los elementos calefactores eléctricos estén provistos tanto dentro como fuera de al menos una tubería o tubo.

- 5 La zona de calentamiento 4 puede estar provista de una fuente de microondas de radiación electromagnética, tal como microondas.

 La zona de calentamiento 4 está preferiblemente hecha de un metal térmicamente conductor, tal como acero o cobre. El metal térmicamente conductor es ventajoso cuando se proporciona calentamiento de la
10 suspensión por medio de un medio de transferencia de calor fluido o por elementos calefactores eléctricos.

 Si el calentamiento es proporcionado por la fuente de radiación electromagnética, la zona de calentamiento 4 está hecha de un material permeable para dicha radiación que emana de la fuente de radiación
15 electromagnética, tal como un material polimérico.

 La zona de calentamiento 4 calienta la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente a una temperatura de al menos 60°C. La temperatura en la zona de calentamiento 4 se mide por medio de un termómetro 7. Sin embargo, con la zona de calentamiento 4 de la
20 presente invención es posible expandir las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente que requieren temperaturas más altas que las prácticamente alcanzables mediante vapor, por ejemplo, utilizando elementos calefactores eléctricos o aceite caliente como medio de transferencia de calor. La temperatura a la cual la suspensión de
25 microesferas termoplásticas expandibles térmicamente se calienta en la

zona de calentamiento 4 depende del tipo de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente. La temperatura es de al menos 60°C y preferiblemente dentro del intervalo de 60 a 250°C, más preferiblemente de 80 a 230°C e incluso más preferiblemente de 80 a 5 200°C.

De acuerdo con la presente invención, se utiliza la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente. Mediante el uso de la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente, se evita la formación de polvo. Mediante el uso de la 10 suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente, se evita el bloqueo del aparato mediante microesferas termoplásticas expandidas secas.

La suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente se obtiene proporcionando un líquido portador a las 15 microesferas termoplásticas expandibles térmicamente. El líquido portador es inerte para las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente. El líquido portador puede soportar temperaturas a las cuales se calienta la suspensión. El líquido portador puede ser agua o un líquido a base de agua para formar una suspensión acuosa de 20 microesferas termoplásticas expandibles térmicamente. El líquido portador puede ser un líquido orgánico, tal como aceite vegetal, aceite mineral y glicerol o cualquier mezcla de los mismos. Dado que los líquidos orgánicos están exentos de agua y dado que no es necesario agregar vapor o agua a la suspensión, es posible preparar una 25 suspensión libre de agua de microesferas termoplásticas expandibles

térmicamente, esto es ventajoso cuando las microesferas termoplásticas expandidas térmicamente resultantes son necesarias en aplicaciones que necesitan ser libres de agua.

Además, como no es necesario agregar ningún otro medio fluido a la suspensión, es posible preparar una suspensión de microesferas expandidas que tienen un alto contenido de sólidos controlados de las microesferas termoplásticas expandidas.

Un contenido de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente está entre 5 a 50% en peso, preferiblemente entre 5 a 30% en peso y más preferiblemente entre 10 a 20% en peso. Cuando el contenido está dentro de estos intervalos, es óptima la capacidad de bombeo de la suspensión y/o el transporte de la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en el aparato.

La suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente se alimenta a la zona de calentamiento 4 a través de la tubería de entrada 10 mediante una bomba 1. La bomba 1 proporciona una presión suficientemente alta (al menos 4 bares) en la zona de calentamiento 4 para que las microesferas termoplásticas no se expandan completamente en la zona de calentamiento 4 cuando se calientan. Las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente se pueden expandir parcialmente dentro de la zona de calentamiento 4, por ejemplo, a un volumen de 10 a 80% o de 20 a 70% del volumen después de la expansión completa fuera de la zona de calentamiento 4, pero

también se puede evitar la expansión completamente dentro de la zona de calentamiento 4 manipulando la presión proporcionada por la bomba 1. La bomba 1 puede ser cualquiera de una bomba de diafragma hidráulica, una bomba de pistón, bombas de rosca (por ejemplo, bombas de rosca excéntricas), bombas de engranajes, bomba de lóbulo rotativo y bombas centrífugas. Se prefieren particularmente las bombas hidráulicas de diafragma. La bomba 1 proporciona una fuerza requerida para transportar la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente a través del aparato.

10 La presión dentro del aparato se mide mediante un manómetro 3.

El aparato puede estar provisto además de un conducto (no mostrado) para transportar la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente a la bomba 1, por ejemplo desde un tanque (no mostrado) que contiene la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente. El conducto (no mostrado) estaría conectado a una válvula de tres vías 9 que dirige la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente a través del aparato.

La presión proporcionada por la bomba 1 y requerida en la zona de calentamiento 4 depende de las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente específicas. Preferiblemente, la presión es de al menos 10 bares. El límite de presión superior está determinado por consideraciones prácticas y puede ser, por ejemplo, de hasta 40 bares o de hasta 50 bares.

25 Como se ha indicado anteriormente, las microesferas

termoplásticas expandibles térmicamente no se expanden completamente en la zona de calentamiento 4 cuando se calienta. A medida que las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente son transportadas a una salida 14 de una tubería de distribución 12, las
5 microesferas termoplásticas expandibles térmicamente se expanden final y completamente cuando la presión cae en la salida 14 debido a que las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente alcanzan un área de presión suficientemente baja (tal como la presión atmosférica) para facilitar la expansión final.

10 Como se muestra en las figuras 2a y 2b, la tubería de distribución 12 está unida a la tubería de salida 8. La tubería de distribución 12 está unida entre la entrada 13 y la salida 14 de la tubería de distribución 12. La figura 2b muestra una vista en sección transversal de la figura 2a.

Con el montaje como se muestra en las figuras 2a y 2b, a medida
15 que las microesferas termoplásticas expandidas entran en la tubería de distribución 12, rebotan alrededor de las paredes internas de la tubería de distribución 12 antes de abandonar la tubería de distribución 12 a través de la salida 14. Se ha encontrado que esto lleva a una menor aglomeración de las microesferas termoplásticas expandidas. Se cree
20 que esto es el resultado de que las microesferas termoplásticas expandidas golpean las paredes internas de la tubería de distribución 12 y por un tipo de efecto de vórtice que se produce en la tubería de distribución 12 al tener la entrada 13 que facilita el flujo de aire que entra en la tubería de distribución 12. El flujo de aire que entra en la tubería
25 de distribución 12 facilita el enfriamiento de las microesferas

termoplásticas expandidas a medida que entran en la tubería de distribución 12.

La tubería de salida 8 puede tener un diámetro interno constante.

La tubería de salida 8 puede aumentar en diámetro interno de tal
5 manera que una sección de extremo a una abertura de la tubería de salida 8 tiene un diámetro interno de al menos el doble del diámetro interno de la tubería de salida 8. La sección de extremo a la abertura de la tubería de salida 8 puede tener un diámetro interior de hasta seis veces el diámetro interno de la tubería de salida 8.

10 Cuando la sección de extremo a una abertura de la tubería de salida 8 tiene un diámetro interno de al menos el doble del diámetro interno de la tubería de salida 8, esto facilita una expansión más eficiente de las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente. Cuando la sección de extremo a una abertura de la tubería de salida 8
15 tiene un diámetro interno de al menos dos veces el diámetro interno de la tubería de salida 8, esto crea una restricción de flujo de las microesferas termoplásticas expandidas fabricadas en la tubería de salida 8 para mantener la presión dentro de la zona de calentamiento 4. Se observa que cuando la sección extrema a una abertura de la tubería
20 de salida 8 tiene un diámetro interno de al menos el doble del diámetro interno de la tubería de salida 8, permite que las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente se expandan más libremente en tres dimensiones, lo que lleva a microesferas termoplásticas expandidas uniformemente de menor densidad e impide la aglomeración
25 de las microesferas termoplásticas expandidas, proporcionando una

distribución de densidad más uniforme (y menos densa) de las microesferas termoplásticas expandidas.

Además, se ha observado que teniendo la sección extrema a una abertura de la tubería de salida 8 con un diámetro interno de al menos el doble del diámetro interno de la tubería de salida 8 evita el bloqueo de la abertura de la tubería de salida 8 cuando las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente se expanden a medida que llegan a la presión atmosférica al dejar la tubería de salida 8 y la tubería de distribución 12.

10 Como las microesferas termoplásticas expandidas son buenos aislantes térmicos, se elimina el riesgo que las microesferas termoplásticas expandidas y en particular las capas de polímero termoplástico se peguen entre sí y se formen aglomerados.

Con el montaje como se muestra en las figuras 2a y 2b, mientras las microesferas termoplásticas expandidas entran en la tubería de distribución 12, atraviesan una dirección de flujo proporcionada por un medio de enfriamiento que se puede aplicar a través de la entrada 13. En esta modalidad, la tubería de distribución 12 permite el enfriamiento instantáneo de las microesferas termoplásticas expandidas e impide inmediatamente la expansión y aglomeración de las microesferas termoplásticas expandidas. El medio de enfriamiento se pasa desde la entrada 13 de la tubería de distribución 12 en una dirección de flujo como se muestra en las figuras 2a y 2b.

Los medios de enfriamiento pueden ser aire, agua, gas nitrógeno o cualquier otro gas o líquido, siempre que sean inertes a las

microesferas termoplásticas expandidas. Los medios de enfriamiento también pueden ser un flujo de partículas tales como partículas de tiza, partículas de carbonato de calcio, partículas de sílice, partículas de arcilla y partículas de TiO_2 o cualquier combinación de las mismas. La
5 adición de tales partículas a través de la entrada 13 de la tubería de distribución 12 asegura una mezcla homogénea de microesferas termoplásticas expandidas y las partículas mientras las microesferas termoplásticas expandidas y las partículas atraviesan una dirección de flujo proporcionada por la entrada 13. Esto es importante cuando se
10 requieren microesferas termoplásticas expandidas modificadas en la aplicación final.

La tubería de distribución 12 puede comprender al menos un elemento de mezcla/separación 15 o combinaciones de los mismos. Al menos un(os) elemento(s) de mezcla/separación 15 está(n) situado(s)
15 dentro del dispositivo de mezcla/separación 12 corriente abajo de la unión de la tubería de salida 8 a la tubería de distribución 12, como se muestra en la figura 2b.

Al menos un(os) elemento(s) de mezcla/separación 15 se puede(n) seleccionar entre mezcladores estáticos, mezclador giratorio, cuchilla
20 giratoria o tamiz o una unidad divisora de corriente.

Al tener una combinación de medios de enfriamiento y elementos de mezcla/separación 15, es posible enfriar instantáneamente las microesferas termoplásticas expandidas y simultáneamente proporcionar una mezcla de alta energía del material. El dispositivo de
25 mezcla/separación 12 proporciona una mezcla eficaz de los medios de

enfriamiento con las microesferas termoplásticas expandidas. El flujo de los medios de enfriamiento lleva las microesferas termoplásticas expandidas a través de la tubería de distribución 12. De esta manera se proporciona suficiente energía mecánica para que la tubería de
5 distribución 12 separe las microesferas termoplásticas expandidas individuales entre sí.

Con el fin de asegurar además una salida y calentamiento uniformes de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en la zona de calentamiento 4, puede estar presente un amortiguador de
10 pulsación 2. El amortiguador de pulsación 2 estabiliza un flujo de la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en el aparato.

La tubería de salida 8 de la zona de calentamiento 4 está preferiblemente aislada para facilitar la expansión máxima de las
15 microesferas termoplásticas expandibles térmicamente.

La tubería de salida 8 de la zona de calentamiento 4 puede ser una tubería rígida o una tubería flexible. Cuando está en forma de tubería flexible, esto facilita dirigir las microesferas termoplásticas expandidas a su aplicación de uso final sin mover todo el aparato.

20 El aparato y el método descritos en la presente descripción son particularmente útiles para la expansión *in situ* de las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente para aplicaciones basadas en agua, por ejemplo, pinturas, recubrimientos a base de agua, recubrimientos para papel de impresión térmica y otros, cerámica
25 porosa, cartón de yeso, arcilla de modelado, rellenos de grietas y

composiciones cementosas. El aparato y el método descritos en la presente descripción son particularmente útiles para la expansión *in situ* de las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente para aplicaciones no basadas en agua, por ejemplo, masilla de poliéster, 5 formulaciones de madera artificial a base de poliéster, poliuretano o epoxi, mármol cultivado a base de poliéster, recubrimientos de carrocerías, elastómeros, selladores, adhesivos, resinas fenólicas, estuco, compuestos de relleno de cables y espumas microcelulares de poliuretano. Las microesferas termoplásticas expandidas que salen del 10 aparato se pueden agregar directamente a las líneas de producción de tales productos. Por ejemplo, el flujo de microesferas termoplásticas expandidas se puede agregar directamente en el flujo de emulsión durante la producción de explosivos de emulsión o directamente en el flujo de emulsión durante el llenado de un orificio con explosivos de 15 emulsión procedentes de un camión. En este último caso, los explosivos pueden ser sensibilizados en el sitio minero y transportados sin sensibilizar a la mina.

Se puede usar una válvula de control 6 dentro del aparato para dirigir el flujo dentro del aparato y para mantener la presión dentro del 20 aparato.

Se puede utilizar una válvula de seguridad 5 en el aparato antes de la zona de calentamiento 4 con el fin de cortar un flujo de la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente a la zona de calentamiento 4 y/o mantener una presión dentro de la zona 25 de calentamiento 4.

El aparato se puede limpiar reemplazando la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente, por ejemplo, con agua y hacer funcionar el aparato manipulando las posiciones de la válvula de seguridad 5, la válvula de control 6 y la válvula de tres vías 9.

Las enseñanzas de la presente invención permiten la expansión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente directamente en el aparato para que las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente tengan una distribución de densidad uniforme y estén bien dispersas (es decir, no aglomeradas).

Los siguientes ejemplos no limitativos demuestran los efectos de la presente invención.

Ejemplo 1 – Expansión con la tubería de distribución

Como experimento de control, se expandió una suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente (Expancel 461WU40) en un aparato mediante un método en el cual se usó una tubería de salida de diámetro constante sin una tubería de distribución. Las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente se expandieron utilizando un aparato con una sola tubería de cobre de 15 m de longitud (zona de calentamiento) situada en un depósito lleno de agua caliente mantenido a una temperatura de 100°C. La tubería de cobre tenía un diámetro interno constante de 7.8 mm. Se bombeó una suspensión acuosa de microesferas al 20% en peso con una bomba de diafragma a una velocidad de 80 litros/hora a través de la tubería de cobre. La bomba de diafragma generó una presión de 6 bares. Las

microesferas termoplásticas expandidas salieron de la tubería de cobre a través de la tubería de salida.

Como experimento de acuerdo con la presente invención, se expandieron térmicamente las microesferas termoplásticas (Expancel
5 461WU40) en un aparato mediante un método como el descrito anteriormente, pero donde se usó una tubería de distribución unida a la tubería de salida.

Con el experimento de acuerdo con la presente invención, se encontró que el nivel de aglomeración mejoró mediante una inspección
10 visual del material expandido. Además, se encontró que la temperatura de las microesferas termoplásticas expandidas era mucho más fría (65°C) en una bolsa de almacenamiento después de 10 minutos de expansión en comparación con el experimento de control (90°C). Esto es indicativo de que no se produciría mayor expansión y reduciría el riesgo
15 de aglomeración al colocarlas en las bolsas, en comparación con el experimento de control en el cual un mismo volumen de microesferas termoplásticas expandidas se embolsó en una bolsa de almacenamiento de mismo tamaño.

Ejemplo 2 - Expansión con tubería de distribución

20 Un grado de aglomeración (dispersabilidad) se puede clasificar en una escala de 5 puntos, donde 1 está altamente aglomerado y 5 está completamente libre de aglomerados.

Se detectó un grado de aglomeración utilizando el siguiente método. El producto de microesferas termoplásticas expandidas se
25 dispersa en aglutinante Mowilith LDM 1871S de viscosidad 0.95 – 1.50

Pas (según se mide con un Brookfield sp. 3, 10 rpm) para proporcionar una dispersión al 5% en peso. La dispersión resultante se homogeneiza usando un mezclador planetario (57.5 mm) a 100 rpm durante 5 minutos. La dispersión homogeneizada de las microesferas termoplásticas expandidas se aplica a una lámina de plástico hasta un grosor de película de 180 μm . La película se secó durante 10 minutos. El número de aglomerados se analizó en un área de 10x10 cm de la película.

Como experimento de control, se expandieron varias suspensiones de Expancel 461WU40 en un aparato por un método similar al Ejemplo 1 en una zona de calentamiento calentada por aceite a una temperatura de 100.5 °C a una velocidad de flujo de 120 kg de suspensión por hora. Se evaluaron cuatro concentraciones en suspensión con un contenido seco diferente de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente. Las microesferas termoplásticas expandidas se produjeron en una bolsa de plástico de 50 L. Se utilizó una tubería de salida de diámetro constante y no se conectó una tubería de distribución a la tubería de salida.

Los aglomerados resultantes se analizaron en un área de película de 10x10 cm y los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

% de contenido seco	Densidad de producto seco (g/L)	Dispersabilidad
20	30.8	1
15	27.3	1
10	24.6	1
7.5	23.2	1

Como experimento de acuerdo con la presente invención, se expandieron varias suspensiones de Expancel 461WU40 en un aparato mediante un método similar al experimento de control en una zona de calentamiento calentada por aceite a una temperatura de 100.5°C a una
5 velocidad de flujo de 120 kg de suspensión por hora. Se evaluaron cuatro concentraciones en suspensión con un contenido seco diferente de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente. Las microesferas termoplásticas expandidas se produjeron en una bolsa de plástico de 50 L. La entrada de la tubería de distribución se sometió a
10 un medio de enfriamiento de aire presurizado (5.3 bares).

Los aglomerados resultantes se analizaron en un área de película de 10x10 cm y los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

15	% de contenido seco	Densidad de producto seco (g/L)	Dispersabilidad
	20	48.5	3
	15	43.1	3.5
	10	38.0	4
	7.5	37.0	5

20 Como se puede ver, la dispersabilidad mejora notablemente incluso cuando la densidad es mayor. Lo que es evidente a partir del ejemplo de acuerdo con la presente invención es que al tener un menor contenido en seco - mejora la dispersabilidad y la expansión es mejor (menor densidad). Al enfriar las microesferas en expansión
25 inmediatamente a la salida de la tubería de salida por aire, se evita la

expansión. Se obtiene una mayor densidad en comparación con el caso cuando no se aplica medio de enfriamiento alguno.

Al combinar la tubería de distribución y el dispositivo y los medios de enfriamiento de las microesferas termoplásticas expandidas con aire, las mismas se producen con un grado de aglomeración mucho menor.

Ejemplo 3 - tubería de salida con diámetro creciente, con tubería de distribución

Se realizó un experimento similar al experimento 2, con una suspensión que tenía un contenido en seco de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente de 10%.

Como experimento de control, la tubería de salida tenía un diámetro interno constante de 7.8 mm con una tubería de distribución y se aplicó un medio de enfriamiento de aire presurizado de 5.3 bares a través de la entrada.

En un experimento adicional, la tubería de salida se reemplazó con el cual se ensancha con un diámetro interior de 7.8 mm a 16.0. A través de la entrada se aplicó una tubería de distribución y un medio refrigerante de aire a presión de 5.3 bares.

Los aglomerados resultantes se analizaron en un área de película de 10x10 cm y los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

% de contenido seco	Densidad de producto seco (g/L)	Dispersabilidad
10	38.0	4
10	30.1	5

La Tabla 3 muestra en la fila superior; el diámetro constante la tubería antes de enfriar con aire y en la fila inferior; el diámetro de la tubería aumentada antes del enfriamiento con aire.

Los resultados demuestran claramente con la tubería de salida más
5 amplia que las microesferas termoplásticas se producen con una densidad mucho menor y con un menor grado de aglomeración.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para expandir microesferas termoplásticas expandibles térmicamente, el aparato comprende:

5 - una zona de calentamiento (4) capaz de soportar una presión de al menos 4 bares, la zona de calentamiento (4) tiene una tubería de entrada (10) y una tubería de salida (8),

 - una bomba (1) para alimentar una suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en la zona de calentamiento
10 (4) y capaces de generar una presión de al menos 4 bares en la zona de calentamiento (4);

 - un medio para calentar la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en la zona de calentamiento (4) hasta una temperatura de al menos 60°C sin contacto directo de la
15 suspensión con algún medio de transferencia de calor fluido y en donde

 - la tubería de salida (8) está unida a una tubería de distribución (12) entre una entrada (13) y una salida (14) de la tubería de distribución (12).

2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la
20 tubería de salida (8) tiene un diámetro interno constante.

3. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la tubería de salida (8) aumenta en diámetro interno de manera que una sección extrema a una abertura de la tubería de salida (8) aumenta en un diámetro interno de al menos dos veces el
25 diámetro interior de la tubería de salida (8).

4. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la tubería de distribución (12) comprende al menos un elemento de mezcla/separación (15) dentro de, o combinaciones de los mismos, corriente abajo de la unión de la tubería de salida (8) a la
5 tubería de distribución (12).

5. El aparato de acuerdo con la reivindicación 4, en donde al menos los elementos de mezcla/separación (15) se seleccionan de un mezclador giratorio, un mezclador estático, una cuchilla giratoria, una unidad de división de vapor o un tamiz.

10 6. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los medios para calentar la suspensión son al menos un elemento calefactor eléctrico, un intercambiador de calor o una fuente de radiación electromagnética.

7. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones
15 anteriores, que comprende además un amortiguador de pulsación (2) situado entre la bomba (1) y la zona de calentamiento (4).

8. Un método para expandir microesferas termoplásticas expandibles térmicamente que comprende las etapas:

- proporcionar una suspensión de microesferas termoplásticas
20 expandibles térmicamente en una zona de calentamiento (4),

- calentar la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en la zona de calentamiento (4) a una temperatura de por lo menos 60°C y generar una presión de al menos 4 bares, en donde el calentamiento se consigue sin contacto directo alguno
25 de la suspensión con cualquier medio de transferencia de calor fluido,

- mantener la presión dentro de la zona de calentamiento (4) para que las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente no se expandan completamente; y

- retirar la suspensión de la zona de calentamiento (4) a través de una tubería de salida (8) y después a través de una tubería de distribución (12), en donde la tubería de salida (8) está unida a la tubería de distribución (12) entre una entrada (13) y una salida (14) de la tubería de distribución (12) en una zona con una presión más baja para expandir completamente las microesferas termoplásticas expandibles térmicamente.

9. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en donde la tubería de salida (8) se usa con un diámetro interno constante.

10. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-9, en donde se usa la tubería de salida (8) que aumenta en diámetro interno de manera que una sección de extremo a una abertura de la tubería de salida (8) aumenta en un diámetro interno de al menos el doble del diámetro interno de la tubería de salida (8).

11. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-10, en donde la tubería de distribución (12) comprende al menos un elemento de mezcla/separación (15) dentro de, o combinaciones de los mismos, corriente abajo de la unión de la tubería de salida (8) con la tubería de distribución (12).

12. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-11, que comprende además agregar un medio de enfriamiento a través de la entrada (13), en donde el medio de enfriamiento es cualquiera de

un gas, un líquido o partículas o cualquier combinación de los mismos, seleccionado de agua, gas nitrógeno, partículas de tiza, partículas de carbonato de calcio, partículas de sílice, partículas de arcilla y partículas de TiO_2 .

5 13. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-12, en donde la presión en la zona de calentamiento (4) se mantiene entre 4 a 50 bares.

 14. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-13, en donde la suspensión de microesferas expandibles se calienta
10 en la zona de calentamiento a una temperatura de al menos 60 a 250 °C.

 15. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-14, en donde un contenido de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente en la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente está entre 5 y 50% en peso.

15 16. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-15, en donde un líquido portador en la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente es un líquido a base de agua o un líquido a base de aceite.

 17. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones
20 8-16, en donde el calentamiento de la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente se lleva a cabo por al menos uno de un elemento calefactor eléctrico, un intercambiador de calor o una fuente de radiación electromagnética.

RESUMEN

En la presente invención se describe un aparato y un método para expandir una suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente. El aparato y el método expanden la suspensión de microesferas termoplásticas expandibles térmicamente sin contacto
5 directo alguno con cualquier medio de transferencia de calor de fluido. El aparato y el método utilizan una tubería de distribución unida a una tubería de salida.