

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 471**

51 Int. Cl.:

B01F 3/04 (2006.01)
B01F 3/08 (2006.01)
B01F 3/12 (2006.01)
B01F 5/06 (2006.01)
B01F 11/02 (2006.01)
A61K 31/60 (2006.01)
A61K 33/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.06.2008 E 08789163 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2012 EP 2158028**

54 Título: **Equipo y método para mezclar produciendo cizalla y cavitación en un líquido**

30 Prioridad:

28.06.2007 US 937501 P

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

01.04.2013

73 Titular/es:

**THE PROCTER & GAMBLE COMPANY (100.0%)
ONE PROCTER & GAMBLE PLAZA
CINCINNATI, OHIO 45202, US**

72 Inventor/es:

**MORRISON, LOWEN, ROBERT, JR.;
QUAN, KE-MING;
NUNES, RAUL, VICTORINO;
SHANOV, VESSELIN, NIKOLOV y
CIMILUCA, PAUL, ALFRED**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 399 471 T3

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

DESCRIPCIÓN

Equipo y método para mezclar produciendo cizalla y cavitación en un líquido

Campo de la invención

La presente invención se dirige a un equipo y método para mezclado mediante cizalla y cavitación.

Antecedentes de la invención

La cavitación se refiere al proceso de formar un vacío parcial en el interior de un espacio no lleno en un líquido. Esto se puede llevar a cabo de diferentes maneras, como mediante el uso de un cuerpo sólido que se mueve rápidamente (como una hélice), hidrodinámicamente, o mediante ondas sónicas de alta frecuencia.

Los equipos y métodos para producir cavitación se han descrito en las patentes US-3.399.031; US-4.675.194; US-5.026.167; y US-5.837.272. Un equipo concreto para producir cavitación hidrodinámica se conoce como el homogeneizador de alta presión SONOLATOR[®], fabricado por Sonic Corp. de Stratford, CT, EE. UU. El homogeneizador de alta presión SONOLATOR[®] dirige líquido presurizado a través de un orificio hasta el interior de una cámara con una hoja en forma de cuchilla en su interior. El líquido se dirige a la hoja, y la acción del líquido sobre la hoja hace que la hoja vibre en frecuencias sónicas o ultrasónicas. Esto produce cavitación hidrodinámica en el líquido en el área que rodea la hoja.

El homogeneizador de alta presión SONOLATOR[®] se ha utilizado durante muchos años, y se ha usado en un sistema en línea, de alimentación simple o múltiple, para crear de forma instantánea emulsiones, dispersiones y mezclas finas, uniformes y estables en las industrias química, de la higiene personal, farmacéutica, y de alimentos y bebidas.

En WO99/44413A1 se refiere a un homogeneizador para homogeneizar pequeñas cantidades de un líquido, como leche, especialmente leche para usar en equipo de control de la calidad en leche. El homogeneizador tiene al menos un paso restringido situado en una pared de una cámara. El paso restringido está formado por dos piedras que tienen un movimiento relativo.

En US-2006/0109738A1 se refiere a un dispositivo de dispersión para dispersar, homogeneizar y mezclar fluidamente sistemas multicomponentes y para dispersar, homogeneizar, mezclar y micronizar sólidos. El dispositivo incluye un cuerpo de boquilla, dos conjuntos de boquillas de entrada y dos conjuntos de boquillas de salida que están alojadas en el cuerpo de boquilla.

Se ha descubierto, sin embargo, que aunque un homogeneizador de alta presión funciona bien a determinadas presiones, el uso de un equipo de ese tipo está limitado por encima de determinadas presiones (p. ej., mayores o iguales a 7×10^6 Pascales (1000 psi)), especialmente cuando funciona continuamente a dicha presión. El uso limitado se debe al elevado desgaste y corrosión de la hoja. El desgaste de la hoja se puede producir incluso a una presión inferior a 7×10^6 Pascales (1000 psi) (por ejemplo, a una presión mayor o igual a aproximadamente $3,4 \times 10^6$ Pascales (500 psi)) en periodos de tiempo más cortos si el líquido contiene sólidos, especialmente cristales sólidos. Además del desgaste de la hoja, el fluido presurizado puede causar tanto erosión como corrosión en el orificio, deteriorando así adicionalmente el rendimiento global del equipo.

La búsqueda de equipos y métodos mejorados para mezclado produciendo cizalla y cavitación, y de componentes para dichos equipos, sin embargo, ha continuado. En particular, es deseable que se desarrollen equipos y métodos mejorados para mezclado produciendo cizalla y cavitación que superen los problemas anteriormente mencionados. La investigación ha conducido al desarrollo de hojas vibratorias para aquellos aparatos que utilizan hojas que tengan características mejoradas de vibración.

Sumario de la invención

La presente invención se dirige a un equipo y método para mezclado produciendo cizalla y cavitación, y a componentes para el equipo. Hay numerosas realizaciones no limitativas de la presente invención.

En una realización no limitativa, se describe un equipo para mezclado produciendo cizalla y cavitación. El equipo comprende, como componentes básicos: una cámara de mezclado y/o cavitación que tiene un acceso, al menos una entrada, y una salida; y un elemento provisto con un orificio ubicado adyacente de la entrada de la cámara de mezclado y cavitación. El elemento provisto de orificio comprende partes que rodean el orificio, y al menos parte de las partes que rodean el orificio pueden estar formadas por al menos un material que tiene una dureza que es superior a la de al menos uno de: la dureza de carburo de tungsteno cementado, o una dureza Vickers mayor o igual a aproximadamente 20 GPa. Las partes que rodean el orificio pueden tener, por ejemplo, una dureza Vickers entre aproximadamente 20 y aproximadamente 100 o más GPa, o de forma alternativa entre aproximadamente 30 y

aproximadamente 95 GPa, o de forma alternativa entre aproximadamente 60 y aproximadamente 95 GPa, u otro intervalo más estrecho comprendido entre dichos intervalos. Por comodidad de uso, el nivel o dureza y los intervalos comprendidos en este párrafo se pueden denominar como “los intervalos de dureza”. El equipo además comprende al menos una hoja dispuesta en la cámara de mezclado y cavitación opuesta al elemento provisto de un orificio. La hoja, o al menos el borde anterior de la hoja puede estar formado por al menos un material que tenga una dureza Vickers en los intervalos de dureza anteriormente especificados.

Breve descripción de los dibujos

- 10 La siguiente descripción detallada resultará más clara a partir de los dibujos, en los que:
- La Fig. 1 es una vista en sección transversal parcialmente fragmentada de una realización de un equipo para mezclado produciendo cizalla y cavitación.
- 15 La Fig. 2 es una vista en perspectiva ampliada de una realización de un elemento provisto de un orificio para usar en el equipo mostrado en la figura Fig. 1.
- La Fig. 3 es una sección transversal del elemento mostrado en la Fig. 2 tomada a lo largo de la línea 3-3 de la Fig. 2.
- 20 La Fig. 4 es una vista en perspectiva ampliada de una realización de una hoja para usar en el equipo mostrado en la figura Fig. 1.
- La Fig. 5 es una vista en sección transversal fragmentada esquemática simplificada tomada desde un ángulo similar al de la Fig. 3 que muestra un componente de orificio que comprende un composite o materiales diferentes.
- 25 La Fig. 6 es una vista en sección transversal simplificada de una hoja mostrada en un soporte parcialmente fragmentado para la misma, en donde la hoja comprende un composite o materiales diferentes.
- La Fig. 6A es una vista en sección transversal simplificada similar a la Fig. 6 que muestra otra realización de una hoja que comprende un composite o materiales diferentes.
- 30 La Fig. 7 es una gráfica tridimensional que muestra la frecuencia de resonancia de una hoja de diamante en función del espesor y la longitud de la hoja.
- 35 La Fig. 8 es una gráfica tridimensional que muestra la frecuencia de resonancia de una hoja de diamante en función del espesor y relación dimensional (longitud/anchura) de la hoja.
- La Fig. 9 es el diagrama de fases ternario B-C-N (boro-carbono-nitrógeno).
- 40 Las realizaciones mostradas en los dibujos son ilustrativas y no están previstas como limitativas de la invención definida por las reivindicaciones. Además, las características individuales de los dibujos y la invención serán más evidentes y mejor comprendidas a la vista de la descripción detallada.

Descripción detallada

- 45 La presente invención se dirige a un equipo según la reivindicación 1 y un método según la reivindicación 14 para mezclado produciendo cizalla y cavitación, y a componentes para el equipo. Debe entenderse que, en algunas realizaciones, la capacidad del equipo y del método para inducir cizalladura no solo es útil para el mezclado, sino también útil para la dispersión de partículas sólidas en líquidos, y para la rotura de partículas sólidas. En algunas realizaciones, la capacidad del equipo y del método para inducir cizalla y producir cavitación puede ser también útil para la formación de gotículas y/o vesículas.
- 50 La Fig. 1 muestra una realización no limitativa de un equipo 20 para mezclado produciendo cizalla y cavitación. Como se muestra en la Fig. 1, el equipo 20 comprende: una cámara 22 de mezclado y cavitación que comprende un acceso 24, al menos una entrada 26 y una salida 28; y un elemento o estructura 30 tal como un componente de orificio provisto de un orificio 32. El elemento 30 está ubicado adyacente al acceso 24 de la cámara 22 de mezclado y cavitación. El equipo 20 puede también comprender una hoja 60, tal como una hoja en forma de cuchilla, dispuesta en la cámara 22 de mezclado y cavitación opuesta al elemento 30 provisto de un orificio 32.
- 55 El equipo 20 puede comprender un homogeneizador de alta presión SONOLATOR® comercializado por Sonic Corp. de Stratford, CT, EE. UU. como se muestra; o, en otras realizaciones un homogeneizador Gaulin comercializado por Invensys APV, Lake Mills, WI, EE. UU.; un procesador de material fluido como MICROFLUIDIZER comercializado por Microfluidics Corp. de Newton, MA, EE. UU.; un atomizador; o cualquier otro equipo adecuado. Los homogeneizadores de alta presión SONOLATOR® se han descrito en la US-3.176.964 concedida a Cottell, y col. y US-3.926.413 concedida a D’Urso. Aunque la siguiente descripción se ha expresado principalmente en términos de los componentes del homogeneizador de alta presión SONOLATOR®, deberá entenderse que los materiales
- 60
- 65

descritos en la presente memoria se pueden usar para las piezas sometidas a desgaste en cualquier otro tipo de dispositivo de mezclado u homogeneizado a alta presión, incluidos, aunque no de forma limitativa la válvula y/o disco usado en otros homogeneizadores de alta presión. En algunas realizaciones, puede ser deseable para el equipo descrito en la presente memoria, y los componentes del mismo, excluir los usados en dispositivos para cortar chorros de agua y equipos que usan chorro de arena. Así, es deseable que el equipo sea capaz de mezclar los materiales alimentados al equipo, en lugar de meramente pulverizar agua. Este mezclado puede tener lugar en el interior de una cámara de mezclado, como la cámara 22 de cavitación.

El elemento 30 provisto del orificio 32 puede estar en cualquier configuración adecuada. En la realizaciones mostrada en la Fig. 2, el elemento 30 comprende una carcasa 31 que comprende una parte 34 en forma de placa con una protuberancia 36 en la región central de la parte 34 en forma de placa. La parte 34 en forma de placa define laterales o alas 38 en dirección al lado de la protuberancia 36. La Fig. 2 muestra que la protuberancia 36 comprende paredes laterales 40 que tienen una superficie 42 superior o frontal unida a la misma. La superficie frontal 42 de la protuberancia 36 tiene un orificio 32 practicado en la misma, y partes 44 que rodean el orificio 32.

La expresión “unido/a”, tal y como se utiliza en la presente memoria descriptiva abarca configuraciones en las que un elemento se asegura directamente a otro elemento fijando el elemento directamente al otro elemento; configuraciones en las que el elemento se asegura indirectamente al otro elemento fijando el elemento a un(os) elemento(s) intermedio(s) que, a su vez, se fijan al otro elemento; y configuraciones en las que un elemento forma parte del otro elemento, es decir, un elemento es prácticamente parte del otro elemento.

El orificio 32 puede estar en cualquier configuración adecuada. Las configuraciones adecuadas incluyen, aunque no de forma limitativa: forma de ranura, forma de ojo, forma elíptica, triangular, cuadrada, rectangular, con forma de cualquier otro polígono, o circular. En algunas realizaciones, como se muestra en la Fig. 2, puede ser deseable que la anchura del orificio exceda la altura del orificio. La anchura del orificio 32 puede ser cualquier múltiplo de la altura del orificio incluyendo, aunque no de forma limitativa: 1,1, 1,2, 1,3, 1,4, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, etc. hasta 100 o más veces la altura del orificio. El orificio 32 puede tener cualquier anchura adecuada incluyendo aunque no de forma limitativa, hasta aproximadamente 2,54 cm (1 pulgada), o más. El orificio 32 puede tener cualquier altura adecuada incluyendo aunque no de forma limitativa, hasta aproximadamente 1,3 cm (aproximadamente 0,5 pulgadas), o más.

La Fig. 3 muestra que el elemento 30 provisto del orificio 32 puede comprender uno o más componentes o un sistema componente de orificios. Por ejemplo, en la realización mostrada en la Fig. 3, el elemento 30 provisto del orificio 32 comprende una carcasa 31 con una protuberancia 36 hueca, y la protuberancia 36 hueca tiene una pieza 46 de inserción en su interior. La pieza 46 de inserción puede estar en cualquier configuración adecuada. En la realización mostrada en la Fig. 3, la pieza 46 de inserción es un elemento en forma de bala que tiene una o más partes 48 de borde en la parte intermedia y/o trasera de la pieza 46 de inserción. La pieza 46 de inserción tiene un paso interior para el transporte de líquido a su través, y una parte 50 de boquilla en la parte delantera de la pieza de inserción. Este paso interior se muestra con más detalle en la Fig. 5. La Fig. 5 también muestra que las partes 44 que rodean el orificio 32 forman una pared 52 que se adelgaza en al menos algunos lugares a medida que se acerca al orificio 32. Son posibles otras numerosas configuraciones para la pieza 46 de inserción incluyendo, aunque no de forma limitativa configuraciones planas en forma de placa. La pieza 46 de inserción puede estar hecha de un material más duro que otras partes o componentes de la estructura que comprende el elemento 30. La pieza 46 de inserción se usa de forma que otras partes o componentes más grandes del elemento 30 puedan fabricarse en un material menos duro y, por tanto, menos caro.

El elemento 30, y los componentes del mismo, se pueden fabricar en cualquier material o materiales adecuados. Los materiales adecuados incluyen, aunque no de forma limitativa: titanio, acero inoxidable, acero para herramientas, carburo de tungsteno cementado, materiales cerámicos (incluyendo materiales cerámicos de óxidos y materiales cerámicos no de óxidos), nitruro de silicio (Si_3N_4), nitruro de titanio (TiN), óxido de aluminio (Al_2O_3) (en la forma de monocristal conocida como zafiro), carburo de silicio (SiC), carburo de titanio (TiC), carburo de boro (B_4C), diboruro de titanio (TiB_2), óxido de boro (B_6O), nitruro de boro cúbico (cBN) (incluyendo cBN policristalino y cBN de crecimiento epitaxial, BC_2N cúbico, carbono tipo diamante (DLC), diamante (p. ej., diamante en bruto) (natural y sintético), composites de diamante y/o nitruro de boro cúbico, y recubrimientos de cualesquiera de los materiales anteriores, incluidos, aunque no de forma limitativa materiales recubiertos de diamante (materiales recubiertos de diamante policristalino y recubrimientos diamantinos de crecimiento epitaxial) y el carbono tipo diamante. Otros materiales adecuados incluyen combinaciones de metales de transición no compresibles que sean relativamente blandos (como osmio, renio y rutenio) con grupos de elementos pequeños principalmente covalentes con enlaces cortos (como boro, carbono, nitrógeno, u oxígeno) para endurecer los metales, materiales artificiales como diboruro de osmio (OsB_2), diboruro de renio (ReB_2) y diboruro de rutenio (RuB_2). Otros materiales potencialmente de interés incluyen: carburo de osmio (OsC), nitruro de osmio (OsN), dióxido de osmio (OsO_2), carburo de renio (ReC), nitruro de renio (ReN), dióxido de renio (ReO_2), carburo de rutenio (RuC), nitruro de rutenio (RuN), y dióxido de rutenio (RuO_2). Algunos de estos materiales se pueden formar en ausencia de alta presión, por lo que son más económicos de producir. Estos últimos materiales se han descrito en los siguientes artículos: R.W. Cumberland, y col., “Osmium diboride, an ultra-incompressible, hard material”, J. Am. Chem. Soc., 127, 7264 (2005); R.B. Kaner, y col., “Designing superhard materials”, Science, 308, 1268 (2005); H. Chung, y col., “Synthesis of Ultra-Incompressible Superhard Rhenium Diboride at Ambient Pressure”, Science, vol. 316, 20 de abril de 2007; y, “Materials, Taking a

Super-hard Approach”, R&D Magazine, mayo de 2007, publicado por Advantage Business Media, Rockaway, NJ, EE. UU.

5 La dureza Vickers H_v de algunos de estos materiales se proporciona en la Tabla 1 siguiente. Según J. Mater, Res., vol. 17, N.º 12, diciembre de 2002, Materials Research Society, los materiales con una dureza Vickers mayor o igual a 40 GPa se consideran materiales superduros.

Tabla 1. Dureza Vickers de diferentes materiales

Material	Dureza Vickers aproximada Gigapascales (Gpa)
Acero para herramientas	4,5-6,5
Carburo cementado maquinado ¹	11-19
Nitruro de silicio (Si_3N_4)	22
Nitruro de titanio (TiN)	22-31
Óxido de aluminio (Al_2O_3) (Zafiro)	23
Carburo de silicio (SiC)	28
Carburo de boro (B_4C)	30
Diboruro de titanio (TiB_2)	32
Óxido de boro (B_6O)	35
Diboruro de renio (ReB_2)	30-48
Nitruro de boro cúbico (cBN)	62
BC cúbico $_2N$	75
Diamante	95

10 ¹ Medida de la dureza del material mediante microdureza, <http://www.brycoat.com/hardness.htm>

Todos los valores de dureza Vickers especificados en las reivindicaciones adjuntas se midieron según la norma ASTM E92-72.

15 En las realizaciones mostradas en las Figs. 2 y 3, el elemento 30 comprende una carcasa 31 y una pieza 46 de inserción. En dicha realización, puede ser deseable que al menos la parte 50 de la boquilla en la parte delantera de la pieza 46 de inserción esté hecha de un material que tenga una dureza Vickers mayor o igual que 20 GPa porque esta es la parte del sistema componente del orificio que está sometida a las mayores tensiones cuando líquidos y/u otros materiales se pulverizan a través de la parte 50 de boquilla. De forma alternativa, puede ser deseable que toda la pieza 46 de inserción esté hecha de un material que tenga una dureza en los intervalos de dureza anteriormente especificados. En otras realizaciones, en las que hay un sistema componente de orificio monocomponente (es decir, sin pieza de inserción independiente), puede ser deseable que al menos las partes 44 que rodean el orificio 32 (que estarán sometidas a las tensiones mayores) estén hechas de un material que tenga una dureza en los intervalos de dureza anteriormente especificados.

25 Así, en algunas realizaciones no limitativas, las partes 44 del elemento 30 que rodean el orificio 32 pueden tener una dureza Vickers mayor o igual a aproximadamente 20 GPa. Las partes 44 que rodean el orificio 32 pueden tener una dureza Vickers en cualquier incremento en una unidad de dureza Vickers por encima de 20 GPa. En otras realizaciones, todo o parte de cualquiera de los componentes del sistema componente de orificio puede estar hecho de los materiales descritos en la presente memoria, y al menos parte de dichos componentes pueden estar parcial o totalmente recubiertos con un material descrito en la presente memoria que tenga una dureza superior.

30 Los materiales que tienen una dureza Vickers mayor o igual a aproximadamente 20 GPa que son útiles en la presente invención incluyen, aunque no de forma limitativa, nitruro de silicio, nitruro de titanio, óxido de aluminio, carburo de silicio, carburo de titanio, carburo de boro, diboruro de titanio, óxido de boro, diboruro de renio, nitruro de boro cúbico, BC_2N cúbico, carbono tipo diamante, diamante (p. ej., diamante en bruto) (natural y sintético), y composites de diamante y/o nitruro de boro cúbico, y recubrimientos de los materiales anteriores, incluidos, aunque no de forma limitativa materiales recubiertos de diamante y carbono tipo diamante. También existen materiales teóricos (p. ej. nitruro de carbono), que algunas personas esperan que tenga una dureza similar a la del diamante.

40 Estos materiales, si están disponibles, cuando lo estén, pueden ser también adecuados para su uso en la presente invención. Algunos de estos materiales se describen más detalladamente a continuación.

45 El nitruro de boro cúbico (cBN) es un material sintético que está disponible tanto en forma bruta (como estructura policristalina y como monocristal), y en la forma de recubrimientos (los recubrimientos policristalinos y recubrimientos de crecimiento epitaxial).

50 El carbono de tipo diamante (DLC) se caracteriza por estructuras con enlaces SP2 y SP3 y, como resultado, tiende a ser amorfo. El carbono de tipo diamante solo está disponible de forma típica en forma de recubrimientos (en lugar de la forma en bruto) y es extremadamente resistente al desgaste, y químicamente muy estable frente a la erosión y la corrosión.

Los diamantes (naturales y sintéticos) se caracterizan por estructuras con enlaces SP³. Los diamantes sintéticos (artificiales) incluyen diamante policristalino (PCD) y monocristales de diamante, así como recubrimientos. El diamante policristalino (PCD) puede incluir diamante en bruto, que comprende una estructura tridimensional de varios cristales sinterizados entre sí, y recubrimientos de diamante policristalino depositados sobre un sustrato adecuado.

Los composites de diamante y cBN comprenden de forma típica composites de diamante policristalino (PCD) y cBN policristalino. El diamante policristalino (PCD) usado en estos composites puede ser natural o sintético. Los composites adecuados pueden comprender cualesquiera proporciones adecuadas de PCD y cBN, de 1% - 99% PCD a 1% - 99% de cBN. Los composites de diamante y cBN se forman de forma típica a elevadas temperaturas y elevada presión sinterizando partículas de diamante policristalino (PCD) y cBN junto con aglutinantes como níquel, cobalto o hierro.

Además, los materiales adecuados que tienen una dureza en los intervalos de dureza anteriormente indicados pueden comprender cualesquiera otros materiales incluidos en el alcance del diagrama de fases ternario B-C-N (boro-carbono-nitrógeno) mostrado en la Fig. 9.

El elemento 30, y los componentes del mismo se pueden conformar de cualquier manera adecuada. Cualquiera de los componentes del sistema 30 componente de orificio se puede formar a partir de partes sólidas de los materiales descritos anteriormente que están disponibles en bruto. Los componentes también se pueden formar de una parte sólida de uno de los materiales especificados anteriormente, que esté recubierto en al menos una parte de su superficie por uno o más materiales diferentes especificados anteriormente. En estas realizaciones, o en otras realizaciones, el sistema 30 componente de orificio se puede formar a partir de más de una parte. En este último caso, las diferentes partes se pueden formar a partir de diferentes materiales. Por ejemplo, en una realización, el orificio 32 puede estar provisto de una pieza de inserción, tal como una pieza 46 de inserción, recortada de un diamante usando un láser o un cortador de diamante en caliente, herramientas de corte de diamante y pulida opcionalmente con polvo de diamante. Esta pieza 46 de inserción se puede insertar o unir a una parte metálica que forme el resto del sistema componente de orificio, tal como la carcasa 31. En otros casos, la totalidad del elemento 30, incluyendo la carcasa 31 puede estar fabricado de diamante en bruto, y no necesite una pieza de inserción.

La Fig. 5 muestra un ejemplo de una realización en la que una parte de al menos uno de los componentes del elemento 30 está hecho de uno de los materiales descritos en la presente memoria, y esta parte puede estar recubierta total o parcialmente con un material descrito en la presente memoria que tenga mayor dureza. Por ejemplo, la parte interior, A, que comprende la pieza 46 de inserción del elemento 30 puede estar hecha de: acero, titanio, o carburo de tungsteno cementado, y la parte B exterior de la misma puede comprender un recubrimiento de nitruro de boro cúbico (cBN) (en forma tanto de recubrimiento policristalino y recubrimiento de crecimiento epitaxial), o un recubrimiento de diamante. Estas y otras combinaciones adecuadas de materiales para dicha estructura de composite se han relacionado en la Tabla 2 siguiente.

En otras realizaciones, el elemento 30 provisto del orificio 32 no necesita tener una dureza en el nivel especificado anteriormente. Por ejemplo, en otras realizaciones, el elemento 30 provisto del orificio 32 puede tener partes que rodean el orificio 32 con una dureza Vickers de menos de aproximadamente 20 GPa.

El equipo para mezclado produciendo cizalla y cavitación comprende un hoja 60. La hoja 60 se usa, por ejemplo, si se desea utilizar el equipo 20 para formar emulsiones con un tamaño de gota promedio inferior al obtenido si no estuviera presente la hoja. Como se muestra en la Fig. 1, la hoja 60 tiene una parte frontal 62 que comprende un borde anterior 64, y una parte trasera 66 que comprende un borde posterior 68. Como se muestra en la Fig. 4, la hoja 60 tiene también una superficie superior 70, una superficie inferior 72, y un espesor, h, medido entre las superficies superior e inferior. Además, la hoja 60 tiene un par de bordes laterales 74 y una anchura b medida entre los bordes laterales 74.

La hoja 60 puede tener cualquier configuración adecuada. Como se muestra en la Fig. 4, la hoja puede comprender una parte cónica 76 en la que el espesor de la hoja aumenta desde el borde anterior 64 en dirección desde el borde anterior 64 hacia el borde posterior 68 a lo largo de una parte de la distancia entre el borde anterior 64 y el borde posterior 68. La hoja 60 mostrada en la Fig. 4 tiene una única arista cónica o afilada que forma su borde anterior 64. Debe entenderse que, en otras realizaciones, la hoja 60 puede tener dos, tres o cuatro o más aristas cónicas o afiladas. Por ejemplo, la hoja 60 puede tener una configuración rectangular o cuadrada y cualquiera o todos sus lados pueden estar afilados. Dicha configuración puede ser útil para que la hoja 60 se pueda insertar en el equipo 20 con cualquier de las aristas afiladas orientadas para conformar el borde anterior 64 de la hoja 60. Esto multiplicará la vida útil de la hoja antes de que sea necesario repararla.

La hoja 60 puede tener cualquier dimensión adecuada. En algunas realizaciones, la hoja 60 puede tener un intervalo de tamaños desde muy pequeña con 1 mm de longitud y 7 micrómetros de espesor a muy grande con 50 cm de longitud y más de 100 mm de espesor. Un ejemplo no limitativo de una hoja pequeña es de aproximadamente 5 mm

de longitud y 0,2 mm de espesor. Un ejemplo no limitativo de una hoja mayor es 100 mm de longitud y 100 mm de espesor.

5 Como se muestra en la Fig. 1, cuando la hoja 60 se introduce en el equipo 20, una parte de la parte trasera de la hoja 60 queda sujeta, o unida de otra forma dentro del equipo de forma que la posición queda fijada. La hoja 60 se puede configurar de cualquier manera adecuada de forma que pueda quedar unida dentro del equipo. Como se muestra en la Fig. 4, en una realización no limitativa, la parte trasera 66 de la hoja 60 tiene al menos un orificio 78 en la misma para alojar una estructura que atraviesa el orificio. Este orificio y estructura sirven al menos como parte del mecanismo usado para retener la hoja 60 en su sitio dentro del equipo 20. La hoja 60 también puede quedar unida a un soporte que comprende metal u otro material adecuado. El resto de la hoja 60, incluyendo la pieza delantera 62 de la hoja 60, está libre y en voladizo con respecto a la parte fija.

15 La hoja 60 puede comprender cualquier material o materiales adecuados. De forma deseable, la hoja comprenderá un material, o materiales, que sean químicamente compatibles con los fluidos a procesar. (Análogamente, esto también puede ser deseable para los componentes del sistema componente de orificio). Puede ser deseable que la hoja comprenda al menos parcialmente un material que sea químicamente resistente a una o más de las siguientes condiciones: pH bajo (pH inferior a aproximadamente 5); pH elevado (pH superior a aproximadamente 9); sales (iones cloruro); y oxidación.

20 Los materiales adecuados para la hoja 60 incluyen, aunque no de forma limitativa, cualquier material o materiales descritos en la presente memoria como adecuados para usar en el sistema componente de orificio, y en los componentes del mismo. Debe entenderse, sin embargo, que los materiales especificados en la presente memoria no tienen necesariamente todas las propiedades deseadas de resistencia química. La totalidad de la hoja 60 puede estar comprendida de uno de los materiales anteriores.

25 De forma alternativa, una parte de la hoja 60 puede comprender uno de los materiales descritos en la presente memoria como adecuado para usar en el sistema componente de orificio, y otra parte (o partes) de la hoja 60 puede comprender otro de estos materiales. Por ejemplo, en algunos casos, puede ser deseable que una parte de la hoja, tal como la parte cónica 76 comprenda un material más duro que el resto de la hoja 60. Esto puede ser deseable ya que la parte cónica 76 forma el borde anterior 74 de la hoja 60 y será la parte de la hoja sometida a mayor desgaste durante el uso. El resto de la hoja 60 puede estar comprendido de algún otro material, como un material que tenga una o más de las siguientes propiedades: que sea menos duro, menos caro, más dúctil, o menos quebradizo que la parte cónica 76.

35 La Tabla 2 muestra ejemplos no limitativos de muchas de las diferentes posibles combinaciones de materiales que se pueden usar para construir uno o más componentes de un elemento 30 o una hoja 60 de composite. La letra "A" de la Tabla 2 representa una parte de uno o más componentes del elemento 30, o una estructura de hoja 60 de composite mostrada en las Figs. 5 y 6, respectivamente, que se puede denominar como una parte "interior" o estructura, y la letra "B" representa un componente de la estructura de composite que se puede denominar como la parte "externa o recubrimiento. En un ejemplo no limitativo, la parte interior A de la hoja 60 podría comprender PCD sinterizado que tiene un recubrimiento de diamante, B, formado mediante deposición de vapor químico.

45 Como se muestra en la Fig. 6, puede ser adicionalmente deseable que el equipo 20 esté provisto de un material 80 de amortiguamiento entre la hoja 60 y la estructura 82 a la que la hoja 60 está sujeta. El material adecuado para amortiguamiento incluye, aunque no de forma limitativa, caucho, material de TEFLON[®], y una lámina de indio.

50 Como se muestra en la Fig. 6A, es también posible proporcionar más de un recubrimiento a todo o parte de las superficies de los componentes del sistema 30 componente del orificio o de la hoja 60. La hoja 60 mostrada en la Fig. 6A tiene un recubrimiento B sobre la misma y, de forma adicional tiene un segundo recubrimiento C, dispuesto sobre el recubrimiento B. En este caso, el recubrimiento B forma un recubrimiento intermedio. Existen numerosos recubrimientos adecuados para los componentes del sistema 30 componente del orificio de composite, o de la hoja 60 de composite. Los recubrimientos B y C pueden comprender el mismo material; o bien, pueden comprender cualesquiera materiales diferentes descritos en la presente memoria que sean adecuados para su aplicación en forma de recubrimientos. Estos recubrimientos adicionales se pueden proporcionar para cualquier fin adecuado. Por ejemplo, si el recubrimiento C tiene la dureza deseada, pero no es química o térmicamente compatible con el material que forma la parte interna A, puede ser deseable formar un recubrimiento intermedio B que sea compatible con el material que forma la parte interna A y con el material de recubrimiento de forma que el material de recubrimiento C se pueda unir adecuadamente a la parte interna A.

60 Además, cualquiera de las estructuras descritas en la presente memoria se pueda reparar con cualquiera de los recubrimientos descritos en la presente memoria. Por ejemplo, si un componente del sistema 30 componente del orificio o de la hoja 60 se degrada por desgaste, es posible reparar el componente u hoja deteriorado con los recubrimientos descritos en la presente memoria (como reparar los mismos con un recubrimiento de diamante formado por deposición química de vapor).

Tabla 2. Combinaciones de materiales en las estructuras de material composite del orificio y la hoja

Componente A	Componente B
Titanio	Nitruro de silicio, nitruro de titanio, óxido de aluminio, carburo de silicio, carburo de titanio, carburo de boro, diboruro de titanio, óxido de boro, nitruro de boro cúbico (cBN), BC ₂ N cúbico, carbono tipo diamante (DLC), diamante y recubrimientos de cualquiera de los materiales anteriores, incluidos, aunque no de forma limitativa materiales recubiertos de diamante (materiales recubiertos de diamante policristalino y recubiertos de diamante con crecimiento epitaxial), carbono tipo diamante, y composites de diamante y nitruro de boro cúbico.
Acero inoxidable	Lo mismo que anteriormente
Acero para herramientas	Lo mismo que anteriormente
Carburo cementado maquinado	Lo mismo que anteriormente
Nitruro de silicio (Si ₃ N ₄)	Lo mismo que anteriormente, salvo nitruro de silicio
Nitruro de titanio (TiN)	Lo mismo que anteriormente, salvo nitruro de silicio y nitruro de titanio
Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃) (Zafiro)	Lo mismo que anteriormente, salvo nitruro de silicio, nitruro de titanio y óxido de aluminio
Carburo de silicio (SiC)	Lo mismo que anteriormente, salvo nitruro de silicio, nitruro de titanio, óxido de aluminio y carburo de silicio
Carburo de boro (B ₄ C)	Lo mismo que anteriormente, salvo nitruro de silicio, nitruro de titanio, óxido de aluminio, carburo de silicio y carburo de boro
Diboruro de titanio (TiB ₂)	Óxido de boro, diboruro de renio, nitruro de boro cúbico, BC ₂ N cúbico, y diamante
Óxido de boro (B ₆ O)	Diboruro de renio, nitruro de boro cúbico BC ₂ N cúbico, y diamante
Diboruro de renio (ReB ₂)	Nitruro de boro cúbico BC ₂ N cúbico, y diamante
Composites de nitruro de boro cúbico (cBN), BC ₂ N cúbico, y diamante	Nitruro de boro cúbico BC ₂ N cúbico, y diamante
Nitruro de boro cúbico (cBN)	BC ₂ N cúbico y diamante
BC ₂ N cúbico	Diamante
Diamante (monocristal y policristalino)	Recubrimiento de diamante

5 La hoja 60, o diferentes partes de la misma, pueden tener cualquier dureza adecuada. En una realización no
limitativa, al menos la parte cónica 76 de la hoja 60 está formada de un material con una dureza en los intervalos de
dureza especificados anteriormente. En otras realizaciones, al menos la parte cónica 76 de la hoja 60 puede estar
formada de un material con una dureza Vickers en cualquier incremento en una unidad de dureza Vickers por
encima de 20 GPa. En dichas realizaciones el resto de la hoja puede comprender un material que tenga una dureza
Vickers inferior a 20 GPa. Por ejemplo, la parte cónica 76 de la hoja 60 puede estar provista de un recubrimiento de
10 diamante, y el resto de la hoja 60 estar hecha de acero inoxidable.

Se describen a continuación algunos ejemplos no limitativos de métodos para formar una hoja 60. Éstos incluyen:
conformar una estructura de composite recubierta; conformar una hoja mediante capas de recubrimiento de un
material para formar o fabricar la estructura final de la hoja; y, conformar una hoja de material en bruto. Se pueden
15 usar las mismas técnicas para conformar componentes del sistema componente del orificio, o componentes de otros
tipos de dispositivos.

Existen numerosos métodos para conformar estructuras de composite recubiertas como estructuras recubiertas de
diamante, estructuras recubiertas de cBN, estructuras de composite recubiertas de diamante, o estructuras
20 recubiertas con cualquiera del resto de materiales descritos en la presente memoria que se pueden aplicar en forma
de recubrimientos. Los métodos adecuados incluyen, aunque no de forma limitativa: deposición física de vapor,
deposición química de vapor, y deposición mediante plasma. En una realización no limitativa, se forma una hoja de
composite a partir de un sustrato de acero inoxidable, titanio o tungsteno cementado que conforma el interior de la
hoja, que se recubre con un recubrimiento de diamante, cBN, o de carbono tipo diamante.

En otra realización, se fabrica una hoja 60 de diamante policristalino sólido recubriendo un sustrato monocristal de
silicio generalmente plano, u oblea, con diamante usando plasma mediante técnicas convencionales de deposición
por plasma, como la deposición química de vapor mediante plasma (CVD), o mediante deposición con filamento en
caliente. En este método, el sustrato de silicio se siembra inicialmente con núcleos de diamante pequeños (con un
30 tamaño aproximado de 1 micrómetro) frotando pasta de diamante o polvo de diamante sobre el sustrato. El enfoque
del recubrimiento de diamante puede usar hidrocarburos saturados o insaturados, tales como metano, acetileno o
etileno en atmósfera de hidrógeno o de gas noble (como argón) y/o ambiente de plasma para depositar el

recubrimiento que contiene diamante. El recubrimiento que contiene diamante se puede depositar capa-sobre-capa sobre el sustrato de silicio. Cuando el espesor de la película de diamante alcanza un espesor de aproximadamente 2 mm, el proceso se interrumpe, y el sustrato de silicio se puede retirar. Este proceso se puede denominar como deposición química de vapor enriquecida por plasma (o "PECVD"). El sustrato de silicio se puede retirar (en seco o húmedo) por mordedura, o mediante molienda mecánica. Esto creará una estructura de hoja que es rugosa en ambas caras. Se puede proporcionar un borde anterior cónico a la hoja mediante ablación por láser y/o molienda mecánica. A continuación, se pueden usar medios químicos y/o mecánicos para pulir la estructura de la hoja.

En otras realizaciones, la hoja 60 puede comprender un material en bruto, como material de diamante en bruto. Dicho material se puede formar de cualquier forma adecuada como sinterización a alta presión y alta temperatura en presencia de elementos de ligado tales como cobalto, níquel o hierro usando prensas que forman el diamante sintético a partir de polvo de diamante. Conformar la hoja a partir de ciertos materiales, como diamante en bruto, puede ser útil para proporcionar a la hoja características de vibración acústica más eficaces.

Las propiedades acústicas pueden variar significativamente de un material a otro. Por tanto, la forma y tamaño de la hoja puede tener que diferir dependiendo del material de la hoja para un modo de resonancia dado. El umbral de cavitación (la mínima presión acústica en la presentación de la cavitación) depende de la frecuencia acústica. A frecuencias ultrasónicas elevadas, la cavitación es cada vez más difícil. La intensidad máxima de cavitación se produce a frecuencias ultrasónicas inferiores. Se desea disponer de un diseño de la hora de manera que su frecuencia de resonancia esté en la banda de frecuencia acústica y ultrasónica inferior de aproximadamente 15 kHz a 100 kHz, u otra banda de frecuencias más estrecha comprendida en dicha banda incluyendo, aunque no de forma limitativa de aproximadamente 18 kHz a 40 kHz.

La hoja 60 se ilustra esquemáticamente como una placa rectangular en la Fig. 4. Suponiendo (por simplicidad) que el orificio no está presente, y que un extremo 68 de la hoja está sujeto, mientras que los otros tres están libres. La placa tiene una longitud a (desde el punto de unión), anchura de b y espesor de h . La frecuencia natural de la hoja puede expresarse como

$$f_{ij} = \frac{k_{ij}^2}{2\pi a^2} \left[\frac{Eh^2}{12\rho(1-\nu^2)} \right]^{1/2} \quad \text{Ec. 1}$$

en la que f_{ij} es la frecuencia de resonancia para los índices modales (i,j), siendo i el número modal en longitud, y siendo j el número modal en anchura; k_{ij} es un parámetro dimensional de la frecuencia; E es el módulo de elasticidad, ρ es la densidad, y ν es la relación de Poisson.

Para la onda de compresión, la velocidad de la onda C se puede expresar como

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \text{Ec. 2}$$

Sustituyendo la Ec. 2 en la Ec. 1, la ecuación de la frecuencia de resonancia se transforma en,

$$f_{ij} = \frac{k_{ij}^2}{2\pi a^2} Ch \left[\frac{1}{12(1-\nu^2)} \right]^{1/2} \quad \text{Ec. 3}$$

Las propiedades mecánicas de varios materiales superduros, y del carburo de tungsteno cementado, se indican en la Tabla 3 para comparación. El nitruro de boro cúbico, y el BC_2N cúbico (c- BC_2N) son materiales superduros con una dureza próxima a la del diamante. Estos materiales son similares al diamante en que todos son: isotropos (sus propiedades son iguales en todas las direcciones), están unidos covalentemente y, todos los enlaces son enlaces SP_3 . Existen diferencias en las propiedades mecánicas de estos materiales dependiendo de si la estructura del material es policristalina o de monocristal. Sin embargo, la magnitud de la diferencia debida al estado de cada material es relativamente pequeña comparada con las diferencias en dichas propiedades entre los materiales. Las propiedades mecánicas relacionadas en la Tabla 3 siguiente son los valores en el estado policristalino, pero se espera que estos valores se aproximen a los del estado en monocristal.

Tabla 3. Propiedades mecánicas de materiales superduros: diamante, c- BC_2N y cBN en comparación con el carburo de tungsteno cementado.

Material	Módulo elástico (GPa)	Densidad (gramo/cm ³)	Predicción de la velocidad acústica (m/s)
Carburo de tungsteno cementado (94% WC +6%Co)	630	14,900	6502
Carburo de tungsteno cementado (75% WC +25%Co)	470	12,900	6036
cBN	909	3,500	16.115
c-BC ₂ N	980	3,358	17.083
Diamante	1141	3,512	18.024

5 Debido a su elevado módulo elástico (>900 MPa) y densidad aparente relativamente baja (3,512 g/cm³), el diamante tiene la velocidad acústica más rápida siendo 18.024 m/s. Esto se compara con el titanio, de 6070 m/s; el acero inoxidable, de 5900 m/s; el agua de 1500 m/s y el aire, de 310 m/s.

10 Puede ser deseable que la hoja 60 tenga un módulo elástico mayor o igual a aproximadamente 700, 750, 800, 850, ó 900 GPa. Puede ser deseable que la hoja tenga una densidad inferior o igual a aproximadamente cualquiera de las siguientes: 12, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, ó 3,6 g/cm³. Puede ser deseable que la hoja 60 tenga, o esté hecha a partir de un material que tenga, una predicción de la velocidad acústica mayor o igual a aproximadamente cualquiera de las siguientes: 7640, 8000, 9000, 10.000, 11.000, 12.000, 13.000, 14.000, 15.000, ó 16.000 m/s.

15 Las fórmulas y propiedades indicadas anteriormente permiten que se modelen diferentes características de la hoja 60, para su aplicación a hojas fabricadas con diferentes materiales. El modelado define un intervalo de combinaciones de espesor y longitud de la hoja que proporcionan a la hoja la frecuencia de resonancia deseada. La Fig. 7 muestra la frecuencia de una hoja hecha de diamante en bruto en función del espesor y longitud de la hoja. Como se muestra en la Fig. 8, a diferencia de las hojas hechas con otros materiales, en el caso de hojas hechas a partir de determinados materiales superduros (especialmente aquellos que tienen bajas densidades, como el diamante), se ha descubierto que la relación dimensional (relación entre la longitud de la hoja y su anchura) afecta poco al modo de resonancia. En otras palabras, la hoja puede ser más ancha o más estrecha, afectando poco a la frecuencia de resonancia. Esto permite que la hoja sea relativamente ancha sin cambiar la longitud de la hoja. Esto puede proporcionar la ventaja de permitir que se manejen mayores caudales en el equipo simplemente aumentando las anchuras del orificio y de la hoja, sin cambiar la longitud, o espesor de la hoja.

25 También se describe un proceso para mezclado produciendo cizalla y cavitación en un fluido. El proceso utiliza un equipo 20 como el descrito anteriormente. El proceso comprende proporcionar una cámara de mezclado o cavitación, como la 22, y un elemento 30, como el sistema componente del orificio, con un orificio 32 practicado en el mismo. El elemento 30 comprende partes 44 que rodean el orificio 32, y las partes 44 que rodean el orificio 32 pueden estar provistas de una dureza en los intervalos de dureza especificados anteriormente.

30 El proceso además comprende introducir al menos un fluido en al menos un acceso a la cámara 22 de mezclado o cavitación de forma que el fluido atravesase el orificio 32 practicado en el elemento 30. El al menos un fluido se puede suministrar al equipo 20 de cualquier forma adecuada incluyendo, aunque no de forma limitativa mediante el uso de bombas y de los motores que alimenten las mismas. Las bombas pueden suministrar al menos un fluido al equipo a la presión deseada. Puede existir cualquier número adecuado de entradas, como 26, a la cámara de cavitación (p. ej., 1, 2, 3, 4, 5, etc.) El o los fluidos, o la mezcla de fluidos, atraviesa el orificio 32 bajo presión. El orificio 32 está configurado para mezclar los fluidos y producir cavitación en el o los fluidos, o en la mezcla de los fluidos.

40 El fluido puede comprender cualquier líquido o gas adecuado. En algunas realizaciones, puede ser deseable que el fluido comprenda dos o más fases diferentes, o múltiples fases. Las diferentes fases pueden comprender una o más fases líquidas, gaseosas o sólidas. En el caso de líquidos, a menudo es deseable que el líquido contenga suficiente gas disuelto para cavitación. Los líquidos adecuados incluyen, aunque no de forma limitativa: agua, aceite, disolventes, gases licuados, suspensiones y materiales fundidos que normalmente son sólidos a temperatura ambiente. Los materiales sólidos fundidos incluyen, aunque no de forma limitativa, ceras, materiales orgánicos, materiales inorgánicos, polímeros, alcoholes grasos, y ácidos grasos.

50 El o los fluidos pueden tener también partículas sólidas en su interior. Las partículas pueden comprender cualquier material adecuado incluyendo, aunque no de forma limitativa: materiales que contienen TiO₂, bismuto, ZnO, CaCO₃, Na₂SO₄, y Na₂CO₃. Las partículas pueden tener cualquier tamaño adecuado, incluyendo partículas macroscópicas y nanopartículas. En algunos casos, al menos algunas de estas partículas sólidas pueden ser amorfas. En algunos casos, al menos algunas de estas partículas sólidas pueden ser cristalinas. En algunos casos, al menos algunas de estas partículas sólidas pueden ser abrasivas.

Estas partículas pueden estar presentes en cualquier cantidad adecuada dentro del líquido. Las cantidades adecuadas pueden estar en cualquier rango adecuado, incluidos, aunque no de forma limitativa entre aproximadamente 0,01% a aproximadamente 40% o más; de forma alternativa entre aproximadamente 0,1% a aproximadamente 10%; o, de forma alternativa entre aproximadamente 0,5% y aproximadamente 4% en peso.

El proceso además comprende proporcionar una hoja que pueda vibrar, tal como la hoja 60, dispuesta en la cámara 22 de mezclado o cavitación opuesta al elemento 30 provisto de un orificio 32. La hoja 60 está provista de una dureza en los intervalos de dureza especificados anteriormente. El proceso además incluye una etapa de conformar el líquido en una corriente de chorro e impactar la corriente de chorro contra la hoja que pueda vibrar con fuerza suficiente para inducir a la hoja a vibrar armónicamente a una intensidad que sea suficiente para generar cavitación en el fluido. La cavitación puede ser hidrodinámica, acústica o ultrasónica. En algunas realizaciones, la hoja 60 experimenta vibraciones ultrasónicas armónicas a una frecuencia de aproximadamente 15 kHz a aproximadamente 100 kHz.

El proceso puede llevarse a cabo bajo cualquier presión adecuada. En algunas realizaciones, la presión medida a la entrada del orificio inmediatamente antes del punto en que el fluido atraviesa el orificio es mayor o igual a aproximadamente 3,45 MPa (500 psi), o cualquier cifra superior a 3,45 MPa (500 psi) incluyendo, aunque no de forma limitativa: 6,89, 10,3, 13,8, 17,2, 20,7, 24,1, 27,6, 31,0, 34,5, 37,9, 41,4, 44,8, 48,3, 51,7, 55,2, 58,6, 62,1, 65,5, 68,9 MPa (1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000, 5500, 6000, 6500, 7000, 7500, 8000, 8500, 9000, 9500, 10.000 psi), y cualquier incremento de 3,45 MPa (500 psi) por encima de 68,9 MPa (10.000 psi), incluyendo 103,4, 137,9 MPa (15.000, 20.000 psi), o superior.

Un volumen dado de fluido puede tener cualquier tiempo de residencia dentro de la cámara de cavitación. Algunos tiempos de residencia adecuados incluyen, aunque no de forma limitativa, de aproximadamente 1 milisegundo a aproximadamente 1 segundo o más. El fluido o fluidos pueden fluir con cualquier caudal adecuado por la cámara de cavitación. Los intervalos de caudal adecuado van de aproximadamente 1 a aproximadamente 1.000 l/minuto, o más, o cualquier intervalo más estrecho de caudales comprendidos en dicho intervalo incluyendo, aunque no de forma limitativa de aproximadamente 5 a aproximadamente 1.000 l/min.

El proceso puede también llevarse a cabo de forma continuada durante cualquier periodo de tiempo adecuado, lo que reduce el desgaste del elemento 30 provisto de orificio, y de la hoja 60. Los tiempos adecuados incluyen, aunque no de forma limitativa, tiempos mayores o iguales a aproximadamente: 30 minutos, 45 minutos, 1 hora, y cualquier incremento de 30 minutos superior a 1 hora.

Ejemplo 1

A continuación se describe un ejemplo no limitativo de un proceso para usar un SONOLATOR[®] con al menos uno de los componentes descritos en la presente memoria. En este ejemplo, el proceso se puede usar para producir una composición estable que comprende un agregado inorgánico. Dicha composición puede, por ejemplo, comprender una versión mejorada de una composición farmacéutica líquida que contiene bismuto. Las composiciones farmacéuticas líquidas que contienen bismuto se han descrito en US-4.940.695 concedida a Coveney, y col. y en US-5.013.560 concedida a Stentz, y col. Un ejemplo bien conocido de dicha composición es el PEPTO-BISMOL[®] comercializado por The Procter & Gamble Company. Este proceso y las composiciones formadas también comprenden invenciones por derecho propio.

Dicha composición farmacéutica líquida que contiene bismuto puede comprender varios componentes. Éstos incluyen: un agente farmacéutico que contiene bismuto; un sistema de suspensión capaz de suspender el agente farmacéutico que contiene bismuto y el resto de componentes en un medio acuoso; agua; conservantes como ácido benzoico y ácido sórbico; e ingredientes opcionales.

El agente farmacéutico que contiene bismuto puede estar en forma de una sal farmacéuticamente aceptable. Los agentes farmacéuticos que contienen bismuto incluyen, por ejemplo, aluminato de bismuto, subcarbonato de bismuto, subcitrate de bismuto, citrato de bismuto, dicitrato bismutato tripotásico, galato de bismuto, subgalato de bismuto, subnitrate de bismuto, tartrato de bismuto, subsacililato de bismuto, y mezclas de los mismos. El citrato de bismuto y el galato de bismuto son solubles en agua, y no necesitan desagregarse. Dichas composiciones farmacéuticas comprenden de forma típica, en peso, de aproximadamente 0,1% a aproximadamente 5%, de forma alternativa entre aproximadamente de aproximadamente 0,5% a aproximadamente 5%, de aproximadamente 1% a aproximadamente 4%, o de aproximadamente 1,6% a aproximadamente 1,9% de un agente farmacéutico que contiene bismuto.

Los sistemas de suspensión pueden comprender un polímero de éter de celulosa no iónico farmacéuticamente aceptable, silicato de aluminio y magnesio, o mezclas de los mismos. Los agentes suspensores no iónicos tales como los polímeros de éter de celulosa se seleccionan del grupo que consiste en alquilcelulosas (p. ej., metilcelulosa), hidroxialquilcelulosas (p. ej., hidroxipropilmetilcelulosa; hidroxibutilmetilcelulosa; hidroxietilmetilcelulosa; etilhidroxietilcelulosa), hidroxialquilcelulosas (p. ej., hidroxietilcelulosa; hidroxipropilcelulosa), y mezclas de las mismas. Los ejemplos representativos de polímeros de éter de celulosa no iónicos

farmacéuticamente aceptables son: METHOCEL A[®] (metilcelulosa, comercializado por The Dow Chemical Company); METOLOSE SM[®] (metilcelulosa, comercializado por Shin Etsu Chemical Products, Ltd.); y METHOCEL E[®] (hidroxipropilmetilcelulosa, comercializada por The Dow Chemical Company). Las composiciones farmacéuticas comprenden de forma típica, en peso, de aproximadamente 0,1% a aproximadamente 5%, de forma alternativa de aproximadamente 0,1% a aproximadamente 3%, de aproximadamente 0,5% a aproximadamente 1,5%, o de aproximadamente 0,8% a aproximadamente 1,2%, de un polímero de éter de celulosa no iónico.

El sistema de suspensión de las composiciones descrito en la presente memoria también puede estar basado en arcilla y comprender un silicato de aluminio y magnesio, caolín, y combinaciones de los mismos. El silicato de aluminio y magnesio (o alúminosilicato de magnesio) tiene la fórmula $Al_2 MgO_8 Si_2$, y se produce de forma natural en minerales tales como esmectita como colerainita, saponita, y safirina. Los silicatos de aluminio y magnesio refinados útiles en la presente invención están fácilmente disponibles, tales como VEEGUM[®] un silicato de aluminio y magnesio fabricado por R. T. Vanderbilt Company, Inc. Las composiciones farmacéuticas comprenden de forma típica, en peso, de aproximadamente 0,1% a aproximadamente 5%, de forma alternativa de aproximadamente 0,1% a aproximadamente 3%, de aproximadamente 0,5% a aproximadamente 1,5%, o de aproximadamente 0,8% a aproximadamente 1,2%, de un silicato de aluminio y magnesio.

Otro material potencialmente útil para los sistema de suspensión es la goma xantano, o una mezcla de goma xantano y silicato de aluminio y magnesio. La goma xantano es un polisacárido de elevado peso molecular producido por fermentación de cultivos puros de carbohidratos con el microorganismo Xanthomonas camoestrís. La goma xantano está comercializada por diferentes fuentes comerciales, incluyendo RHODIGEL (comercializada por Rhone Poulenc Industries) y KELTROL (comercializada por Kelco Division of Merck & Co., Inc.). La goma xantano se usa de forma típica a un nivel de aproximadamente 0,1% a aproximadamente 5%, de forma alternativa de aproximadamente 0,1% a aproximadamente 3%, o de aproximadamente 0,5% a aproximadamente 1,5%.

Los sistemas de suspensión para las composiciones descritas en la presente memoria comprenden de forma típica de aproximadamente 0,1% a aproximadamente 10%, de forma alternativa de aproximadamente 0,5% a aproximadamente 5%, o de aproximadamente 1% a aproximadamente 3%, en peso de la composición.

Las composiciones líquidas descritas en la presente memoria además comprenden de aproximadamente 80% a aproximadamente 99%, de forma alternativa de aproximadamente 90% a aproximadamente 99%, o de aproximadamente 93% a aproximadamente 98% de agua.

Las composiciones pueden comprender conservantes tales como ácido benzoico y ácido sórbico. La composición puede comprender de aproximadamente 0,01% a aproximadamente 0,075%, de forma alternativa de aproximadamente 0,01% a aproximadamente 0,06%, o de aproximadamente 0,025% a aproximadamente 0,05%, de ácido benzoico. La composición puede comprender de aproximadamente 0,01% a aproximadamente 0,04%, de forma alternativa de aproximadamente 0,01% a aproximadamente 0,03%, o de aproximadamente 0,0125% a aproximadamente 0,025%, de ácido sórbico. El intervalo de porcentajes en peso de estos componentes conservantes son en peso de la especie protonada, estén o no todos los ácidos en la forma protonada en la composición.

Las composiciones farmacéuticas pueden comprender componentes opcionales adicionales seleccionados como adecuados para la composición concreta que se está preparando. La elección de los componentes opcionales farmacéuticamente aceptables a usar en las composiciones está básicamente determinada por las propiedades, especialmente las propiedades estéticas deseadas para la composición.

Algunos ejemplos de sustancias que pueden servir como componentes opcionales farmacéuticamente aceptables son azúcares tales como lactosa, glucosa y sacarosa; endulzantes no nutritivos como sacarina, aspartamo, acesulfamo, y ciclamato; agentes colorantes; agentes saborizantes como salicilato de metilo; etc. Un componente opcional preferido es el ácido salicílico que se puede usar para reducir el pH y/o proporcionar alguna ventaja conservante. Otros aditivos y sustancias activas farmacéuticas compatibles (p. ej., fármacos AINE; agentes antiseoretorios bloqueantes del receptor H_2) se pueden incluir entre los componentes opcionales farmacéuticamente aceptables para usar en estas composiciones.

Los ejemplos siguientes describen y demuestran más detalladamente realizaciones dentro del ámbito de la presente invención. Estos ejemplos se ofrecen solamente con fines ilustrativos y no están diseñados como limitaciones de la presente invención, ya que son posibles muchas variaciones de las mismas sin apartarse de su espíritu o de su ámbito.

El PEPTO BISMOL[®] líquido se puede fabricar preparando productos intermedios independientes de silicato de aluminio y magnesio (tales como VEEGUM[®]), metilcelulosa ("methocel"), y subsalicilato de bismuto ("BSS") en agua. Estos productos intermedios se pueden enviar por separado al SONOLATOR[®] en el que se producen las transformaciones deseadas, tales como dispersión, hidratación y desagregación. Los procesos de interés en la presente memoria pueden incluir menos de las transformaciones citadas y pueden, pero no es necesario, incluir todas las etapas descritas a continuación. Los productos intermedios se pueden formar en cualquier orden. Además, se puede combinar una cualquiera o más de las etapas descritas a continuación.

Uno de los problemas que aparecen al intentar preparar PEPTO BISMOL[®] líquido en un SONOLATOR[®] es la erosión de las piezas de acero inoxidable (hoja y orificio) suministradas de forma típica con el SONOLATOR[®] debido al impacto de las partículas cristalinas de subsalicilato de bismuto sobre estas superficies. En el proceso descrito a continuación, se usó un homogeneizador SONOLATOR[®] de alta presión Modelo A con una hoja de diamante sintético.

Adición de VEEGUM[®]

- 1.) Una cantidad de agua a temperatura ambiente (20 °C – 30 °C) equivalente al 20% en peso del peso final del lote se agrega a un tanque equipado con un agitador.
- 2.) La cantidad formulada total de VEEGUM[®] (obtenida de R.T. Vanderbilt Company, Norwalk, Connecticut, EE. UU.) se introdujo en el embudo de un mezclador TRIBLENDER™. El mezclador TRIBLENDER™ se obtuvo de Tri Clover, una división de Alfa Laval, Lund, Suecia. El mezclador TRIBLENDER™ incorpora lo sólidos a una corriente de alta velocidad de agua mediante efecto Venturi. Cuando aparece el vacío, los sólidos se succionan o arrastran al agua.
- 3.) La corriente de VEEGUM[®] en agua se bombea a continuación al SONOLATOR[®] a 0,41-0,62 MPa (60-90 psi). Esta presión de cabeza se usa para permitir que la bomba del SONOLATOR[®] arrastre la mezcla VEEGUM[®]/agua al interior del orificio del SONOLATOR[®].
- 4.) La mezcla VEEGUM[®]/agua se fuerza a través del orificio del SONOLATOR[®] a alta presión. La mezcla VEEGUM[®]/agua está a una presión de 4,1-14 MPa (600-2000 psi) cuando entra en el orificio del SONOLATOR[®].
- 5.) La mezcla VEEGUM[®]/agua se dirige a la hoja en el interior del SONOLATOR[®]. La hoja se ajusta óptimamente entre 2,5 a 5,25 vueltas desde la posición más alejada posible con respecto al orificio. (La posición de giro 2,5 está a aproximadamente mitad de camino entre la posición más alejada posible con respecto al orificio y la posición más cercana adyacente al orificio. La posición de giro 5,25 está directamente adyacente al orificio. Se usa el mismo ajuste para el resto de transformaciones de este ejemplo.)
- 6.) A medida que la mezcla VEEGUM[®]/agua sale del orificio del SONOLATOR[®], se expande e impacta contra la hoja. Durante esta expansión, la presión cae y aparece la cavitación en regiones cerca de la hoja, que resuena de forma ultrasónica. Sin desear quedar vinculado por teoría concreta alguna, se cree que la cavitación es el mecanismo de transferencia de energía a la mezcla. Las burbujas que se forman implotan y producen ondas de presión que generan la energía que produce las transformaciones deseadas. Para VEEGUM[®], la transformación deseada es la separación de las placas de VEEGUM[®] de su disposición apilada en placas individuales (dispersión) que seguidamente son más propensas a su hidratación en agua.
- 7.) La mezcla VEEGUM[®]/agua dispersada e hidratada sale del SONOLATOR[®] por orificios situados en la parte posterior del SONOLATOR[®]. El tamaño de estos orificios se controla mediante un mando de ajuste de la contrapresión en el SONOLATOR[®]. A medida que la contrapresión aumenta, los orificios se cierran, y la mezcla VEEGUM[®]/agua queda retenida en el SONOLATOR[®] durante periodos de tiempo más prolongados. El diferencial de presión entre corriente arriba y corriente abajo del orificio disminuye, y la cavitación se reduce. Para todas las transformaciones de este ejemplo, el ajuste de la contrapresión es cero a 2 vueltas hacia dentro (de totalmente abierto a ligeramente cerrado).
- 8.) A continuación, la mezcla VEEGUM[®]/agua se bombea al tanque del lote final, desde donde se recoge sin agitación.
- 9.) Se agrega una cantidad (7% - 10% del peso final del lote) de agua fría (5 °C – 12 °C) a la mezcla VEEGUM[®]/agua en el tanque del lote.

Adición de metilcelulosa

- 10.) Una cantidad de agua caliente (45 °C – 70 °C) equivalente al 20% en peso del peso final del lote se agrega a un tanque equipado con un agitador.
- 11.) La cantidad formulada total de metilcelulosa (comercializada por Dow Chemical Company, Midland, Michigan, EE. UU.) se introdujo en el embudo de un mezclador TRIBLENDER™. Cuando aparece el vacío, la metilcelulosa se arrastra al agua.
- 12.) La corriente de metilcelulosa en agua se bombea a 0,41-0,62 MPa (60-90 psi) al SONOLATOR[®].

- 13.) La mezcla metilcelulosa /agua se fuerza a través del orificio del SONOLATOR® a alta presión. La mezcla metilcelulosa /agua está a una presión de 2,8 – 10 MPa (400-1500 psi) cuando entra en el orificio del SONOLATOR®.
- 5 14.) La metilcelulosa/agua se dirige a la hoja en el interior del SONOLATOR. A medida que la mezcla metilcelulosa/agua sale del orificio, se expande e impacta contra la hoja. Como antes, la cavitación se produce en regiones cerca de la hoja, y se producen las transformaciones deseadas. Para metilcelulosa, esta transformación es la separación de las cadenas de polímero de la metilcelulosa de su disposición entrelazada/con enlaces de hidrógeno en cadenas individuales (dispersión), que son más susceptibles a la hidratación en agua fría.
- 10 15.) La mezcla dispersada metilcelulosa/agua sale del SONOLATOR® por orificios situados en la parte posterior del SONOLATOR®.
- 15 16.) La mezcla metilcelulosa/agua se bombea a continuación al tanque del lote final en donde se añade con agitación la mezcla VEEGUM®/agua enfiada.
- 17.) Se agrega una cantidad (7% - 10% del peso del lote) de agua fría (5 °C – 12 °C) a la mezcla VEEGUM®/metilcelulosa/agua en el tanque del lote. La temperatura de esta mezcla se ajusta por debajo de 30 °C para proceder a la siguiente etapa.
- 20 18.) Se agrega una premezcla de solución de tinte, y se mezcla en esta etapa.
- Adición de polvo seco de subsalicilato de bismuto.
- 25 19.) Una cantidad de agua a temperatura ambiente (20 °C – 30 °C) equivalente al 20% en peso del peso final del lote se agrega a un tanque equipado con un agitador.
- 30 20.) La cantidad formulada total de BSS (comercializado por MCP Metal Specialties, Inc., Fairfield, CT, EE. UU.) se introdujo en el embudo de un mezclador TRIBLENDER™. Cuando aparece el vacío, el BSS se arrastra al agua.
- 21.) La corriente de BSS en agua se bombea a continuación al SONOLATOR® a 0,41-0,62 MPa (60-90 psi).
- 35 22.) La mezcla BSS/agua tiene una presión de 2-8,3 MPa (300-1200 psi) cuando entra en el orificio del SONOLATOR®. El orificio hecho de acero inoxidable es susceptible a una erosión rápida debido al impacto de las partículas de BSS. Esta erosión conduce a un aumento en el tamaño del orificio, que da como resultado una reducción de las presiones de operación y una disminución en la capacidad para realizar la transformación deseada. Se cree que el uso de diamante u otros materiales de dureza elevada reduce el efecto de la erosión del orificio debido al impacto de las partículas.
- 40 23.) La mezcla BSS/agua se fuerza a través del orificio a alta presión e impactan sobre la hoja. Las hojas de acero inoxidable están sometidas a erosión rápida debido al impacto de las partículas de BSS a alta presión. El uso de una hoja de diamante resiste la erosión debida al impacto de las partículas de BSS.
- 45 24.) A medida que la corriente de BSS/agua sale del orificio, se expande e impacta contra la hoja. Como antes, la cavitación se produce en regiones cerca de la hoja, y se producen las transformaciones deseadas. Para BSS, esta transformación es la desagregación de cristales que rompe los agregados de BSS en cristales individuales fáciles de suspender.
- 50 25.) El BSS transformado (desagregado) sale del SONOLATOR® por orificios situados en la parte posterior del SONOLATOR®.
- 55 26.) La mezcla BSS/agua se bombea a continuación al tanque del lote final en donde se añade con agitación a la mezcla VEEGUM®/metilcelulosa/agua enfiada.
- 27.) Una premezcla que contiene saborizantes, tampones y conservantes, se agrega en este punto con agitación.
- 28.) El lote se completa a continuación agregando agua a temperatura ambiente con agitación en la cantidad necesaria para conseguir el peso final del lote.
- 60 Dicho proceso puede proporcionar numerosas ventajas. Deberá entenderse, sin embargo, que obtener estas ventajas no es obligatorio salvo que se especifique en las reivindicaciones adjuntas. Una ventaja es la capacidad de proporcionar una distribución de tamaño de partículas más estrecha y un tamaño de partículas promedio del agente farmacéutico que contiene bismuto en un único paso a través del SONOLATOR® de lo que sería posible salvo que se usen varios pasos por otros tipos de dispositivos de mezclado como mezcladores de alta cizalla. Las partículas de un tamaño más pequeño son útiles para proporcionar una composición más estable, que sea menos susceptible a
- 65

que los ingredientes se separen por sedimentación. Las partículas de bismuto de un tamaño más pequeño del agente farmacéutico que contiene bismuto también permiten reducir las cantidades de agentes de suspensión a utilizar. Por ejemplo, la cantidad de los ingredientes marcados con un asterisco en la tabla siguiente pueden ser aproximadamente un 10% inferiores a lo que sería necesario en los procesos anteriores que usan mezcladores de alta cizalla. Otra ventaja es que las transformaciones pueden ser más eficaces en que pueden avanzar más hacia su finalización que cuando se usan otros tipos de dispositivos de mezclado. Además, los componentes descritos en la presente memoria pueden ser lo suficientemente duraderos para permitir que los equipos se usen para fabricar cantidades a gran escala de las composiciones de interés. El proceso descrito en la presente memoria también puede ser capaz de realizarse durante un período de tiempo más corto (p. ej., en aproximadamente la mitad del tiempo) que los procesos que utilizan otros tipos de dispositivos de mezclado, consiguiendo que el proceso sea más eficaz y económico.

Se indican a continuación ejemplos no limitativos de composiciones que contienen bismuto que se pueden fabricar con el proceso descrito en la presente memoria.

Ejemplos 2-5 – Composiciones que contienen bismuto

Ingrediente	porcentaje en peso %			
	Ej. 2	Ej. 3	Ej. 4	Ej. 5
Subsalicilato de bismuto	1,7700	3,5400	1,7700	3,5400
Metilcelulosa	0,9774*	0,9774*	0,8000	0,8000
Silicato de aluminio y magnesio	0,8932*	0,8932*	0,8000	0,8000
Salicilato de metilo	0,0888	0,0888	0,0888	0,0888
Ácido salicílico	0,0710	0,0710	0,0710	0,0710
Sacarina sódica	0,0612	0,0612	0,0612	0,0612
Salicilato de sodio	0,0604	0,0604	0,0604	0,0604
Ácido benzoico	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250
Ácido sórbico	0,0126	0,0126	0,0126	0,0126
D&C Red n.º 22	0,0074	0,0074	0,0074	0,0074
D&C Red n.º 28	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
Agua purificada (United States Pharmacopoeia (USP))	96,0280	94,2580	96,2986	94,2586

Las magnitudes y los valores descritos en la presente memoria no deben entenderse como estrictamente limitados a los valores numéricos exactos mencionados. Salvo que se indique lo contrario, se pretende que cada magnitud signifique el valor mencionado y un intervalo funcionalmente equivalente que rodea dicho valor. Por ejemplo, una magnitud descrita como “40 mm” significa “aproximadamente 40 mm”.

Debe entenderse que cada limitación máxima numérica dada en esta memoria descriptiva incluye cada limitación numérica inferior, tal como si las limitaciones numéricas inferiores estuvieran expresadas por escrito en la presente memoria. Cada limitación numérica mínima dada en esta memoria descriptiva incluirá cada limitación numérica superior, tal como si las limitaciones numéricas superiores estuvieran expresadas por escrito en la presente memoria. Cada intervalo numérico dado a lo largo de toda esta memoria descriptiva incluirá cada intervalo numérico más limitado que esté dentro de dicho intervalo numérico más amplio, como si dichos intervalos numéricos más limitados estuvieran todos expresamente indicados en la presente memoria.

REIVINDICACIONES

1. Un equipo (20) para mezclado produciendo cizalla y cavitación en un líquido, comprendiendo dicho equipo (20):
 - 5 una cámara (22) de mezclado, comprendiendo dicha cámara de mezclado un acceso (24), al menos una entrada (26) y una salida (28); y
 - 10 un elemento (30) provisto de un orificio (32), estando ubicado dicho elemento (30) adyacente al acceso (24) de dicha cámara de mezclado, en donde dicho elemento (30) comprende partes que rodean dicho orificio (32), y al menos alguna de dichas partes que rodean dicho orificio (32) tienen una dureza Vickers mayor o igual a 20 GPa; y caracterizado por que dicho equipo además comprende una hoja (60) que puede vibrar en dicha cámara de mezclado dispuesta en oposición al elemento (30) provisto de un orificio (32), teniendo dicha hoja (60) un borde anterior (64), en donde el borde anterior (64) de dicha hoja (60) tiene una dureza Vickers mayor o igual a 20 GPa.
 - 15 2. El equipo (20) de la reivindicación 1, en el que dicha al menos alguna de dichas partes que rodean dicho orificio (32) tienen una dureza Vickers de entre 20 GPa y 100 GPa, más preferiblemente entre 30 GPa y 95 GPa, con máxima preferencia entre 60 GPa y 95 GPa.
 - 20 3. El equipo (20) de la reivindicación 1, en el que al menos alguna de dichas partes que rodean dicho orificio (32) están al menos parcialmente comprendidas por uno o más de los siguientes materiales: nitruro de silicio, nitruro de titanio, óxido de aluminio, carburo de silicio, carburo de titanio, carburo de boro, diboruro de titanio, óxido de boro, diboruro de renio, nitruro de boro cúbico, BC_2N cúbico, carbono tipo diamante, diamante, composites de diamante y nitruro de boro cúbico, y recubrimientos de cualquiera de estos materiales, incluyendo materiales recubiertos de diamante y carbono tipo diamante
 - 25 4. El equipo (20) de la reivindicación 3, en el que dicha al menos alguna de dichas partes que rodean dicho orificio (32) comprende un recubrimiento de diamante, preferiblemente una estructura de diamante en bruto.
 - 30 5. El equipo (20) de la reivindicación 1, en el que el borde anterior (64) de dicha hoja (60) tiene una dureza Vickers de entre 20 GPa y 100 GPa, más preferiblemente entre 30 GPa y 95 GPa, con máxima preferencia entre 60 GPa y 95 GPa.
 - 35 6. El equipo (20) de la reivindicación 1, en el que dicho borde anterior (64) de dicha hoja (60) comprende uno o más de los siguientes materiales: nitruro de silicio, nitruro de titanio, óxido de aluminio, carburo de silicio, carburo de titanio, carburo de boro, diboruro de titanio, óxido de boro, diboruro de renio, nitruro de boro cúbico, BC_2N cúbico, carbono tipo diamante, diamante, composites de diamante y nitruro de boro cúbico, y recubrimientos de cualquiera de estos materiales, incluyendo materiales recubiertos de diamante y carbono tipo diamante
 - 40 7. El equipo (20) de la reivindicación 6, en el que dicho borde anterior (64) de dicha hoja (60) comprende un recubrimiento de diamante, preferiblemente una estructura de diamante en bruto.
 - 45 8. El equipo (20) de la reivindicación 1, en el que dicha totalidad de la hoja (60) comprende una estructura de diamante en bruto.
 9. El equipo (20) de la reivindicación 1, en el que dicha hoja (60) comprende un material que tiene un módulo elástico mayor o igual a 700 GPa.
 - 50 10. El equipo (20) de la reivindicación 1, en el que dicha hoja (60) comprende al menos un material que tiene una densidad inferior o igual a 12 g/cm^3 .
 11. El equipo (20) de la reivindicación 1, en el que dicha hoja (60) comprende al menos un material que tiene una predicción de velocidad acústica mayor o igual a 7,640 m/s.
 - 55 12. El equipo (20) de la reivindicación 1, en el que dicha hoja experimenta vibraciones armónicas a una frecuencia de 15 kHz a 100 kHz, preferiblemente de 20 kHz a 40 kHz.
 - 60 13. El equipo (20) de la reivindicación 1, en el que dicho orificio (32) tiene forma de ranura.
 14. Un proceso para producir cizalla y cavitación en un líquido, comprendiendo dicho proceso:
 - 65 obtener un equipo (20) con una cámara (22) de cavitación, comprendiendo dicha cámara (22) de cavitación un acceso (24), al menos una entrada (26) y una salida (27); y un elemento (30) provisto de un orificio (32), estando ubicado dicho elemento (30) adyacente al acceso (24) de dicha cámara (22) de cavitación, en donde

dicho elemento (30) comprende partes que rodean dicho orificio (32), y al menos alguna de dichas partes que rodean dicho orificio (32) están provistas de una dureza Vickers mayor o igual a 20 GPa; e

5 introducir un líquido en el acceso (24) a dicha cámara (22) de cavitación de forma que dicho líquido atraviese el orificio (32) en dicho elemento (30), en el que dicho orificio (32) permite que dicho líquido pase a su través bajo presión, y dicho orificio (32) está configurado, tanto individualmente, como junto con algún otro componente, para producir turbulencia y cizalla en dicho líquido, y en el que dicho equipo además comprende una hoja (60) que puede vibrar dispuesta en oposición al elemento (30) provisto de un orificio (32), teniendo dicha hoja (60) un borde anterior (64), en el que el borde anterior (64) de dicha hoja (60) está provisto de una dureza Vickers
10 mayor o igual a 20 GPa, y el proceso incluye una etapa de conformar dicho líquido en una corriente a presión y hacer incidir dicha corriente a presión sobre dicha hoja (60) que puede vibrar con fuerza suficiente para inducir a dicha hoja (60) a vibrar con una intensidad suficiente para generar cavitación en dicho líquido.

15 15. Un proceso según las reivindicaciones 23 ó 24, en el que dicha presión es mayor o igual a 7×10^6 Pascales (1000 psi).

16. Un proceso según las reivindicaciones 24 ó 32, en el que dicha hoja (60) vibra a una frecuencia ultrasónica, preferiblemente de 15 kHz a 100 kHz.

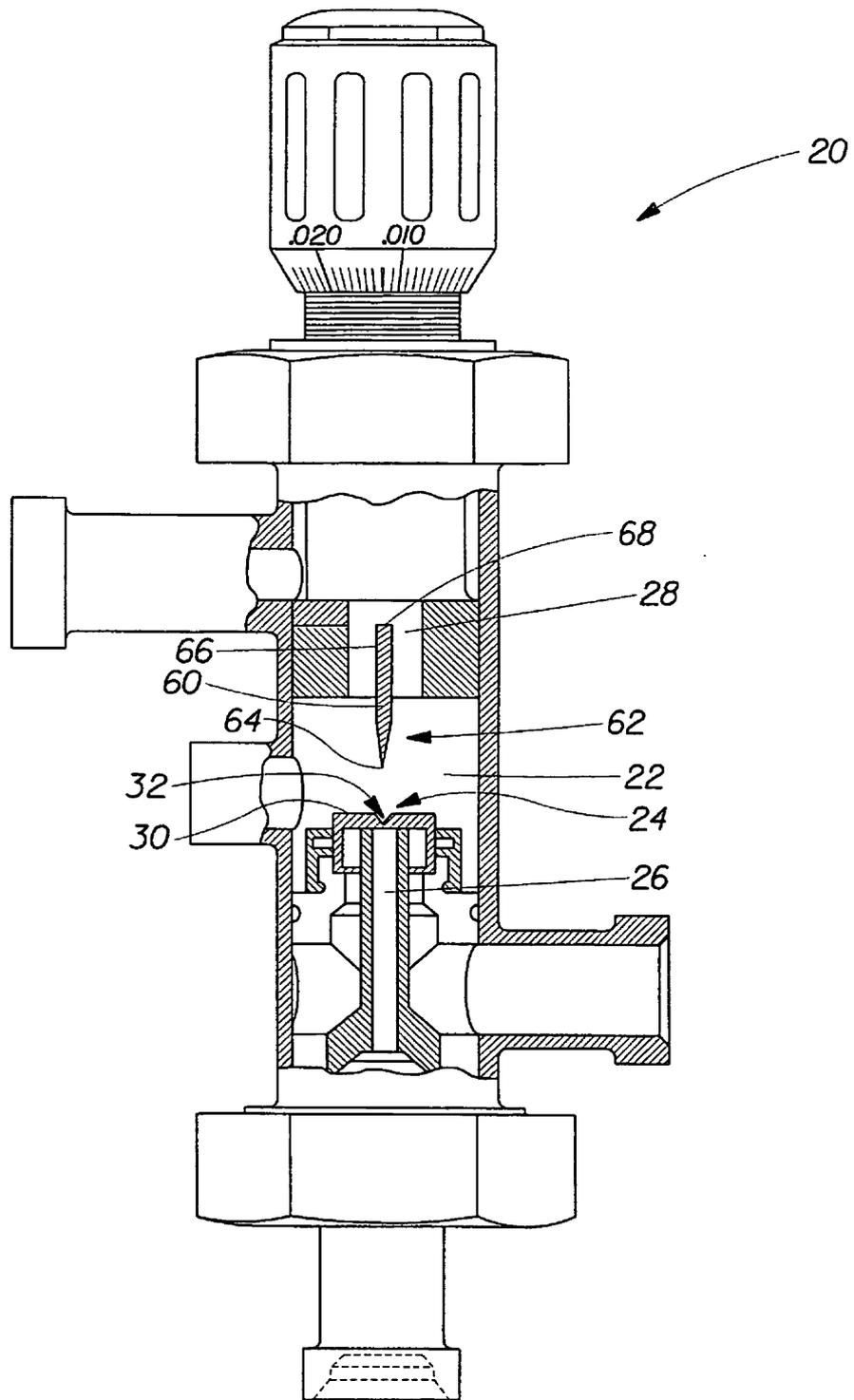
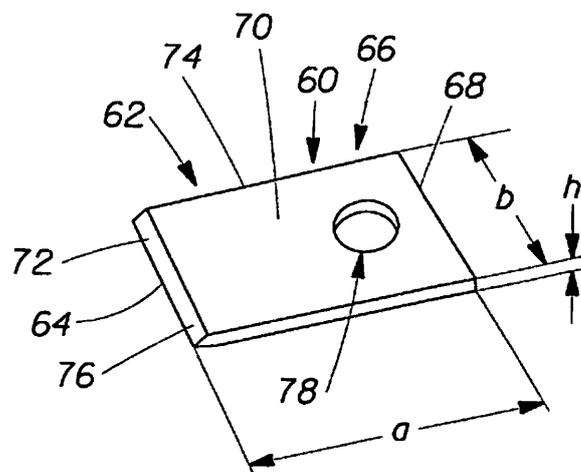
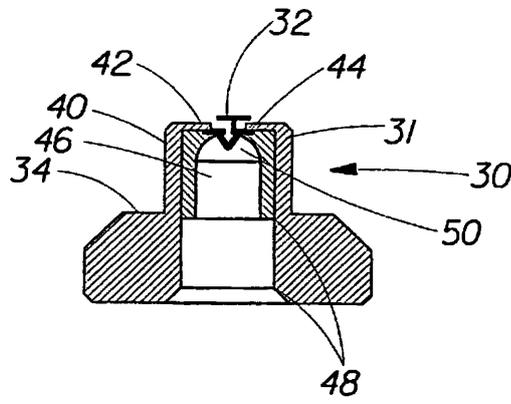
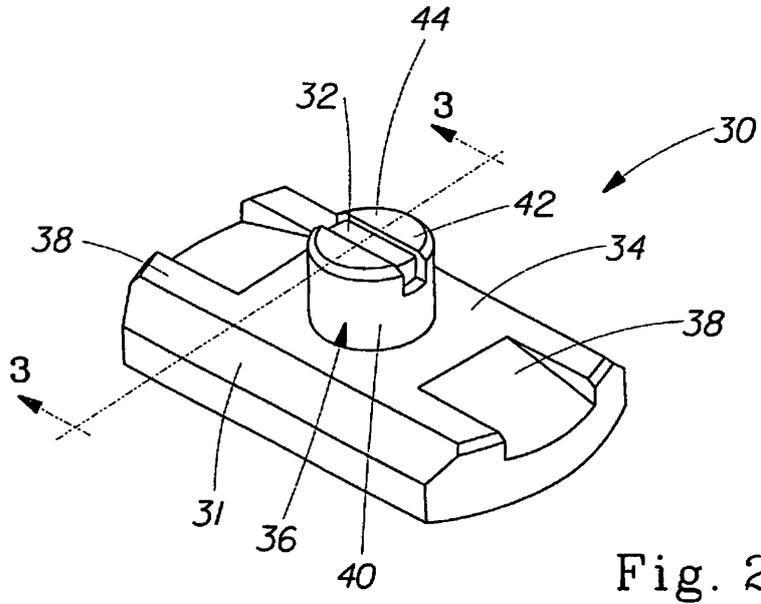


Fig. 1



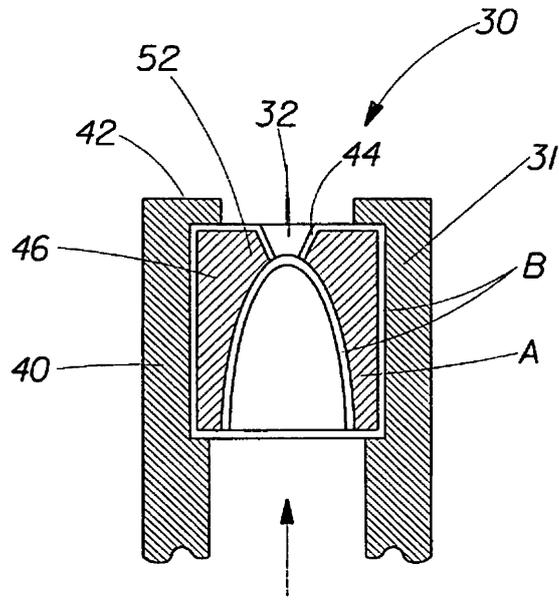


Fig. 5

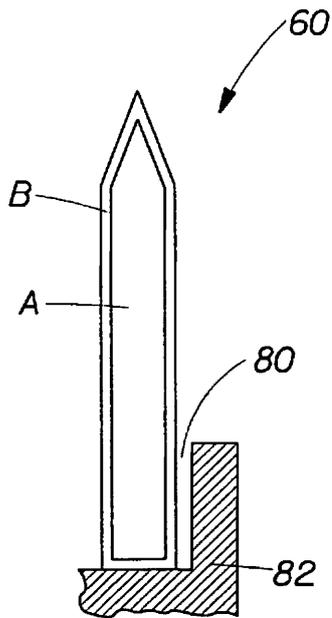


Fig. 6

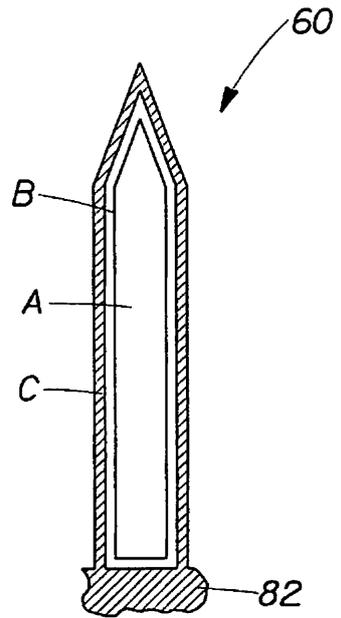


Fig. 6A

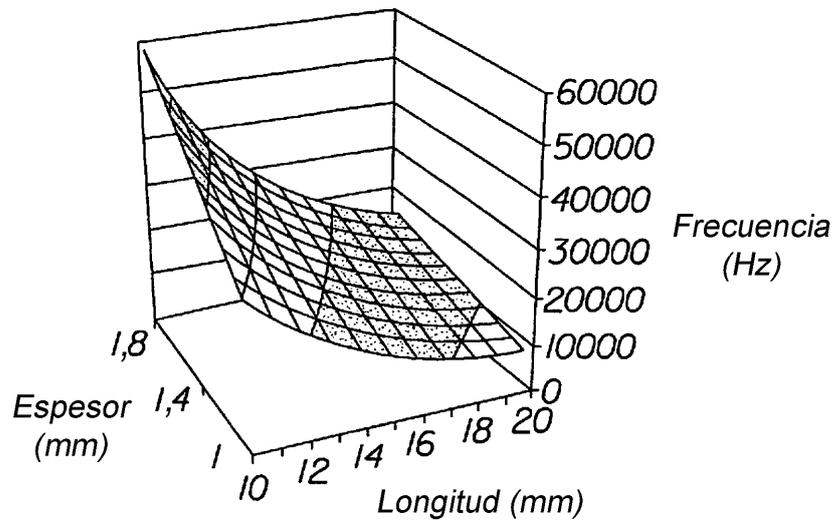


Fig. 7

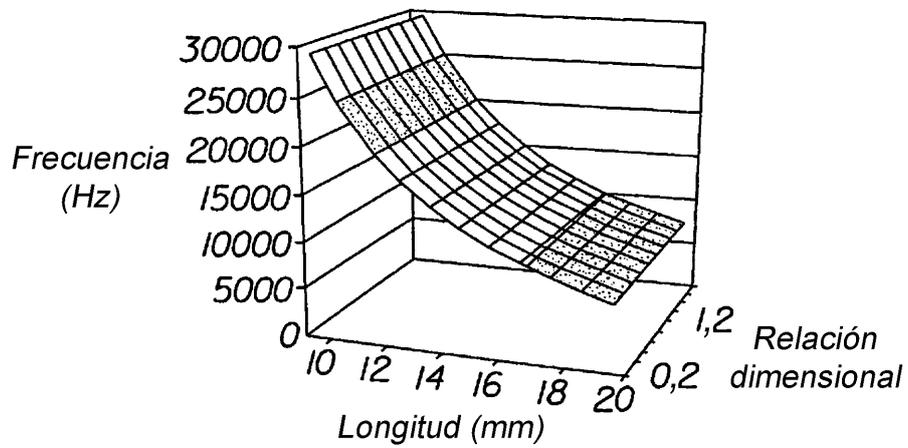


Fig. 8

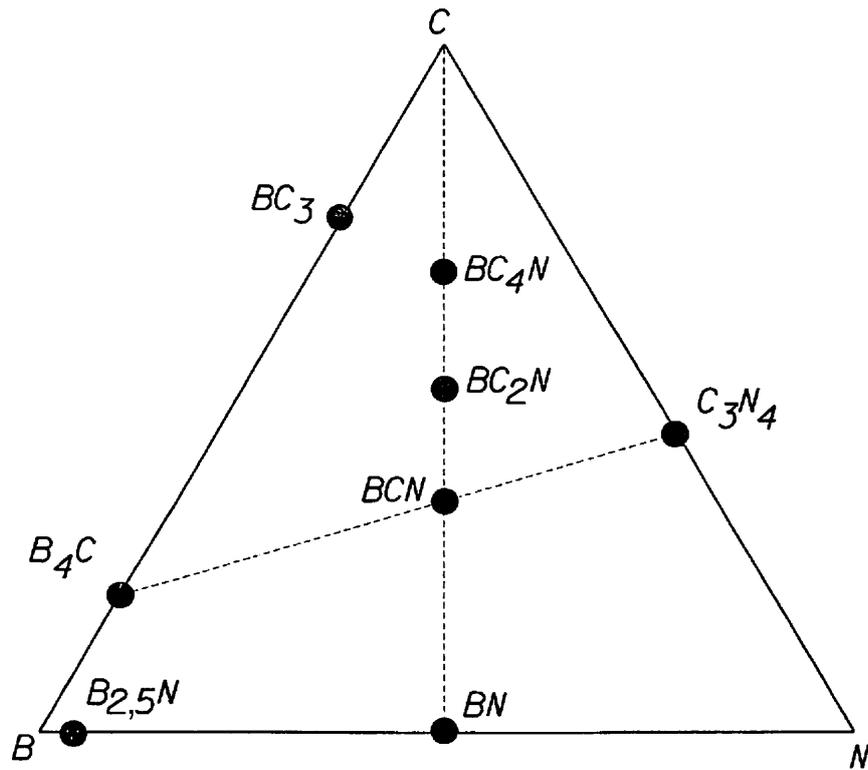


Fig. 9